



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit  
Commission fédérale de sécurité nucléaire  
Commissione federale per la sicurezza nucleare  
Swiss Federal Nuclear Safety Commission

August 2015

---

# **Stellungnahme der KNS betreffend Forderungen des ENSI für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme 2019**

---

KNS-02683.4



## Zusammenfassung

In der Stellungnahme „*Forderungen des ENSI für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) im Jahr 2019*“ hält das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) das Ergebnis seiner Überprüfung des aktuellen Standes der Erfüllung der Forderungen fest, die es mit Verfügung vom 14. November 2013 gestellt hat. Das ENSI kommt zusammenfassend zum Schluss, dass alle Forderungen mit Fälligkeit vor Ende 2014 (d.h. vor dem Stichdatum für die Erstellung der ENSI-Stellungnahme) erfüllt sind. Soweit die Forderungen die Unterbreitung von Vorschlägen für Verbesserungsmaßnahmen betrafen, bestätigt das ENSI, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen eine unter Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer ausreichende Verbesserung der Sicherheit erzielt wird. Für die Vervollständigung der eingeleiteten oder geplanten Massnahmen formuliert das ENSI schliesslich zehn so genannte EABN2019-Forderungen.

Die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) geht in der vorliegenden Stellungnahme auf die aus ihrer Sicht für die Erhöhung der Sicherheit im Vordergrund stehenden Massnahmen sowie einige ausgewählte Punkte ein. Insgesamt teilt sie die Beurteilung des ENSI, wonach die teilweise bereits umgesetzten und die geplanten bzw. geforderten Massnahmen die im Kernkraftwerk Mühleberg getroffene Vorsorge weiter verbessern, und unterstützt die zehn EABN2019-Forderungen des ENSI. Die vorgesehenen Massnahmen beinhalten insbesondere auch eine zusätzliche Brennelementbecken-Notfallkühlung sowie ein aktualisiertes Instandhaltungskonzept für den Kernmantel. Im Vordergrund des Interesses stehen Massnahmen gegen seltene Störfälle, bei deren Eintreten die bestehenden Einrichtungen und Massnahmen versagen und keine weiteren Mittel zur Einhaltung der Schutzziele mehr zur Verfügung stehen (so genannte Cliff-Edge-Szenarien):

- Ausfall der Wärmesenke: Zusätzlich zur Aare als bisher einziger Wärmesenke werden weitere Versorgungsmöglichkeiten mit Kühlwasser geschaffen. Zudem kann aufgrund der Verstärkung der Wohlensee-Staumauer der erdbebenbedingte Ausfall der Aare als Wärmesenke weitgehend ausgeschlossen werden.
- Ausfall aller Sicherheitseinrichtungen auf der –11-m-Ebene im Reaktorgebäude: Derartige Szenarien werden durch Massnahmen zum Brandschutz und gegen interne Überflutung noch seltener. Als weitere Massnahme wird eine Noteinspeisung in den Reaktorbehälter geschaffen, die unabhängig von den Einrichtungen auf der –11-m-Ebene verfügbar sein wird.

Die KNS nimmt die vorgelegten probabilistischen Bewertungen mit Vorbehalt zur Kenntnis; diese beruhen zum einen auf überarbeiteten, vom ENSI noch nicht umfassend überprüften Modellen und zum anderen nur auf Grobkonzepten für die vorgeschlagenen Massnahmen. Auf Basis der vorgelegten Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalyse bleibt festzustellen, dass die Erhöhung der Erdbebenfestigkeit der Wohlensee-Staumauer im Quervergleich der verschiedenen Massnahmen als die hinsichtlich Kernschadenshäufigkeit bei weitem wirksamste Massnahme ausgewiesen wird. Die KNS begrüsst diese Massnahme und stellt gerne fest, dass sie bereits realisiert ist.

Die KNS formuliert einen Hinweis und acht Empfehlungen. Diese sind am Ende des Berichtes rekapituliert. Drei dieser Empfehlungen sind übergeordneter Natur und beziehen sich somit nicht speziell auf das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM).

Insgesamt hat die KNS keinen Einwand gegen den Weiterbetrieb des KKM bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme im Jahr 2019, sofern die Forderungen des ENSI zeitgerecht erfüllt und die das KKM betreffenden Empfehlungen der KNS beachtet werden. Die KNS weist gleichzeitig darauf hin, dass das KKM eines der weltweit ältesten in Betrieb stehenden Kernkraftwerke ist. Dementsprechend kann weniger auf externe Betriebserfahrung Rückgriff genommen werden. Insbesondere im materialtechnischen Bereich ist deshalb eine konsequent sicherheitsgerichtete Betriebsführung und Aufsicht unabdingbar.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Gegenstand	1
1.2	ENSI-Verfügung vom 14. November 2013	1
1.3	Vorgehen für die vorliegende KNS-Stellungnahme	2
<b>2</b>	<b>Grundsätzliches</b>	<b>2</b>
2.1	Grobkonzepte	2
2.2	Massnahmen auf Sicherheitsebene 4	3
2.3	Probabilistische Bewertung	3
<b>3</b>	<b>Ausgewählte Punkte</b>	<b>5</b>
3.1	Ersatz 1E-Kabel	6
3.2	Reaktordruckbehälter	6
3.2.1	Integritätsnachweis unter Thermoschockbedingungen	6
3.2.2	Überprüfung hinsichtlich Fehlern im Grundmaterial	7
3.3	Stabilisierung des Kernmantels	7
3.4	Materialzustand Primärcontainment	8
3.5	Füllstandmessung im Reaktordruckbehälter	9
3.6	Brandschutz	11
3.7	Erdbeben	12
3.7.1	Gefährdungsannahmen	12
3.7.2	Verstärkung der Wohlensee-Staumauer	12
3.8	Kühlwasserversorgung	13
3.9	Brennelementbecken-Kühlsystem	15
3.10	Notnachspeisung in den Reaktordruckbehälter	16
<b>4</b>	<b>Gesamtbeurteilung</b>	<b>17</b>
	Hinweis und Empfehlungen	18
	aus 2.1 Grobkonzepte	18
	aus 2.2 Massnahmen auf Sicherheitsebene 4	18
	aus 3.4 Materialzustand Primärcontainment	18
	aus 3.5 Füllstandmessung im Reaktordruckbehälter	19
	aus 3.6 Brandschutz	19
	aus 3.7.1 Erdbeben Gefährdungsannahmen	19
	aus 3.9 Brennelementbecken-Kühlsystem	19
	aus 3.10 Notnachspeisung in den Reaktordruckbehälter	19
	<b>Referenzen</b>	<b>21</b>
	<b>Abkürzungen</b>	<b>22</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Gegenstand

Die vorliegende Stellungnahme der Eidgenössischen Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) bezieht sich auf das Dokument „*Forderungen des ENSI für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) im Jahr 2019*“ [ENSI St2-RLZ 2015]. Darin hält das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) das Ergebnis seiner Überprüfungen fest, ob die Forderungen gemäss Verfügung vom 14. November 2013 [ENSI Vf1-RLZ 2013] für die Restlaufzeit des Kernkraftwerks Mühleberg (KKM) mit den bereits umgesetzten oder geplanten Massnahmen erfüllt werden. Fallweise verlangt das ENSI in seiner Stellungnahme die Umsetzung vorgeschlagener Massnahmen, legt ergänzende sicherheitstechnische Bedingungen für den Weiterbetrieb fest oder fordert zusätzliche Verbesserungsmassnahmen.

## 1.2 ENSI-Verfügung vom 14. November 2013

Die Forderungen gemäss Verfügung vom 14. November 2013 [ENSI Vf1-RLZ 2013] gingen mit Anpassungen aus den Forderungen hervor, welche für den unbefristeten Langzeitbetrieb des KKM vorgesehen gewesen waren [ENSI St-LZB 2012]. Letztere basierten auf den vom Bewilligungsinhaber eingereichten Unterlagen für die Periodische Sicherheitsüberprüfung 2010 sowie den im Hinblick auf den Langzeitbetrieb verlangten zusätzlichen Sicherheitsbewertungen und speziellen Nachweisen; sie beinhalteten insbesondere auch Stabilisierungsmassnahmen für den Kernmantel sowie das Nachrüstprogramm DIWANAS mit diversitärer Wärmesenke, zusätzlichem Nachwärmeabfuhrsystem aus dem Reaktordruckbehälter und zusätzlichem Brennelementbecken-Kühlsystem. Die KNS hat zu den für den unbefristeten Langzeitbetrieb vorgesehenen Forderungen im Oktober 2013 Stellung genommen [KNS LZB 2013]. Nachdem der Verfügungsentwurf mit den Forderungen für den unbefristeten Langzeitbetrieb dem Bewilligungsinhaber im Rahmen des rechtlichen Gehörs zur Stellungnahme unterbreitet worden war, beschloss dessen Verwaltungsrat am 29. Oktober 2013, das KKM 2019 endgültig ausser Betrieb zu nehmen. Sodann machte der Bewilligungsinhaber geltend, die oben konkret angesprochenen Forderungen (Stabilisierungsmassnahmen für den Kernmantel sowie das Nachrüstprogramm DIWANAS) seien angesichts der verbleibenden Restlaufzeit nicht mehr gerechtfertigt.

Gemäss Verfügungsentwurf für den unbefristeten Langzeitbetrieb wären diese oben konkret angesprochenen Forderungen bis zum Ende der Jahresrevision 2017 umzusetzen gewesen. Somit wären diese Massnahmen bei endgültiger Ausserbetriebnahme im Jahr 2019 (EABN2019) nur noch kurze Zeit zum Tragen gekommen. Aus Sicht des ENSI waren die für den unbefristeten Langzeitbetrieb geforderten Verbesserungen im Prinzip weiterhin anzustreben, jedoch lagen keine konkreten alternativen Vorschläge mit Berücksichtigung der begrenzten Restlaufzeit vor. Deshalb forderte das ENSI in der Verfügung vom 14. November 2013 in den oben angesprochenen Punkten vom Bewilligungsinhaber, für den Betrieb über 2017 hinaus bis zum 30. Juni 2014 aufzuzeigen, wie ein unter Berücksichtigung der verbleibender Betriebsdauer ausreichender Sicherheitsgewinn erzielt werden kann [ENSI Vf1-RLZ 2013, Forderungen 5, 14, 15, 18]. In der vorliegenden Stellungnahme der KNS wird auch auf die aufgrund dieser Forderungen vom Bewilligungsinhaber vorgeschlagenen und vom ENSI beurteilten [ENSI St2-RLZ 2015] sicherheitstechnischen Massnahmen eingegangen.

In der Verfügung vom 14. November 2013 hielt das ENSI abgesehen von der oben angesprochenen Anpassung an den für den unbefristeten Langzeitbetrieb vorgesehenen Forderungen grundsätzlich fest, soweit diese zwischenzeitlich nicht bereits erfüllt waren bzw. aufgrund von zwischenzeitlich gewonnenen Erkenntnissen zu ergänzen waren [ENSI Vf1-RLZ 2013, Forderungen 10 bis 13 sowie 16 und 17]. Aufgrund des Beschlusses des Bewilligungsinhabers

zur endgültigen Ausserbetriebnahme des KKM im Jahre 2019 hielt das ENSI in einer zusätzlichen Forderung fest, welche Unterlagen bis zum 31. Dezember 2014 im Hinblick auf die Stilllegung einzureichen sind. Das ENSI will mit dieser Forderung sicherstellen, dass für die Übergangszeit zwischen Betrieb und Nachbetrieb ein hohes Mass an operationeller Sicherheit gewährleistet ist und dass genügend motiviertes und qualifiziertes Personal zur Verfügung steht.

### 1.3 Vorgehen für die vorliegende KNS-Stellungnahme

Das ENSI veröffentlichte seine Stellungnahme „*Forderungen des ENSI für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) im Jahr 2019*“ [ENSI St2-RLZ 2015] am 27. Januar 2015 und stellte sie mit Brief vom 10. Februar 2015 der KNS zur Stellungnahme zu. Zuvor hatte die KNS im Dezember 2014 auf Nachfrage hin vom ENSI zwei KKM-Berichte [KKM NRM 2014, KKM ISB 2014] zu den geforderten Vorschlägen für sicherheitstechnische Verbesserungen für die Restlaufzeit erhalten und aufgrund von deren Sichtung beschlossen, in dieser Angelegenheit eine Stellungnahme abzugeben.

In Reaktion auf den Wunsch der KNS nach detaillierteren Unterlagen informierte das ENSI die KNS in einer Präsentation über die vorgesehenen Massnahmen. Die KNS setzte sich mit den für sie verfügbaren Informationen auseinander und formulierte eine Fragenliste zuhanden des ENSI [KNS Frgn 2015]. Die Antworten dazu präsentierte das ENSI in der KNS-Sitzung vom 29. Mai und stellte sie anschliessend in schriftlicher Form zu [ENSI Antw 2015]. In der Folge erstellte die KNS die vorliegende Stellungnahme.

## 2 Grundsätzliches

### 2.1 Grobkonzepte

Bei verschiedenen Massnahmen, die in der ENSI-Stellungnahme [ENSI St2-RLZ 2015] behandelt werden, handelt es sich um Vorschläge auf Stufe Grobkonzept. Dies gilt insbesondere für die alternativen Vorschläge (a) für eine diversitäre Kühlwasserversorgung bzw. gegen den Ausfall der Hauptwärmesenke (Forderungen 11 bis 14 [ENSI Vf1-RLZ 2013]), (b) für eine zusätzliche Brennelementbecken-Kühlung (Forderung 15) und (c) für ein zusätzliches Nachwärmeabfuhrsystem bzw. gegen den Ausfall von Sicherheitssystemen, welche auf der untersten Ebene im Reaktorgebäude (RG -11 m) platziert sind (Forderungen 17, 18).

Um auf ein Grobkonzept eintreten zu können, muss selbstredend dessen Umsetzbarkeit plausibel sein oder dann plausibilisiert werden. Die sicherheitstechnische Beurteilung erfolgt sodann unter der Voraussetzung, dass die vorgeschlagenen Massnahmen auch tatsächlich umgesetzt und damit die dem Konzept zu Grunde liegenden sicherheitstechnischen Ziele erreicht werden. Die Details der Umsetzung sind in der Beurteilungsphase jedoch noch offen und Rückwirkungen der Umsetzung auf die sicherheitstechnische Beurteilung können nicht ausgeschlossen werden.

#### *Hinweis*

Bei der sicherheitstechnischen Beurteilung auf Stufe Grobkonzept geht die KNS davon aus, dass die vorgeschlagenen Massnahmen fachtechnisch korrekt umgesetzt und die dem Grobkonzept zu Grunde liegenden sicherheitstechnischen Zielsetzungen erreicht werden. Die Erfüllung dieser Voraussetzungen ist im Rahmen des Freigabeverfahrens (siehe Kernenergieverordnung Anhang 4; SR 732.11) durch die Aufsichtsbehörde sicherzustellen.

## 2.2 Massnahmen auf Sicherheitsebene 4

Gemäss vorliegenden Vorschlägen werden die Forderungen (a) für die diversitäre Kühlwasserversorgung bzw. gegen den Ausfall der Hauptwärmesenke, (b) für die zusätzliche Brennelementbecken-Kühlung und (c) für das zusätzliche Nachwärmeabfuhrsystem bzw. gegen den Ausfall von Sicherheitssystemen auf der –11-m-Ebene im Reaktorgebäude generell nicht mit qualifizierten Sicherheitssystemen erfüllt. Die vorgeschlagenen Massnahmen beinhalten fallweise mobile Einsatzmittel, Handeingriffe, Teilsysteme mit eingeschränkter Erdbebenfestigkeit oder auch verschiedene Schaltungsoptionen. Die entsprechenden Systeme und Massnahmen sind deshalb der Sicherheitsebene 4 (anlageninterne Notfallschutzmassnahmen) zuzuordnen. Demgegenüber waren die entsprechenden, für den unbefristeten Langzeitbetrieb vorgesehenen Massnahmen im Programm DIWANAS als Sicherheitssysteme konzipiert und hätten somit den Anforderungen der Sicherheitsebene 3 (Beherrschung von Auslegungsstörfällen) entsprochen.

Da die Häufigkeit der Unfallsequenzen, welche diesen Massnahmen zu Grunde liegen, in den Bereich der auslegungsüberschreitenden<sup>1</sup> Störfälle fällt, steht eine Implementierung von Massnahmen auf Sicherheitsebene 4 nicht im Widerspruch zum Sicherheitskonzept von Kernkraftwerken, wie es dem Regelwerk zu Grunde liegt. Allerdings ermöglichen die vorgeschlagenen Nachrüstungen verschiedene Einsatzvarianten und erfordern im Bedarfsfall diverse Handeingriffe oder Rückgriffe auf mobile Einsatzmittel, was die Häufigkeit von Fehlhandlungen im Ereignisfall tendenziell erhöht. Bei dieser Ausgangslage ist speziell darauf zu achten, dass die Notfallanweisungen vollständig, unmissverständlich und auch unter erschwerten Bedingungen umsetzbar sind.

### *Empfehlung 1*

Bei der Umsetzung von Massnahmen der Sicherheitsebene 4 ist der Qualität der Notfallanweisungen grosse Beachtung zu schenken. Insbesondere ist sicherzustellen, dass die Notfallanweisungen vollständig, unmissverständlich und auch unter erschwerten Bedingungen umsetzbar sind.

## 2.3 Probabilistische Bewertung

In der ENSI-Stellungnahme [ENSI St2-RLZ 2015] sind probabilistische Betrachtungen enthalten. Darin werden insbesondere die Kenngrössen Kernschadenshäufigkeit bzw. Brennstoffschadenshäufigkeit angegeben für die vorgeschlagenen Massnahmen (a) für eine diversitäre Kühlwasserversorgung bzw. gegen den Ausfall der Hauptwärmesenke, (b) für eine zusätzliche Brennelementbecken-Kühlung und (c) für ein zusätzliches Nachwärmeabfuhrsystem bzw. gegen den Ausfall von Sicherheitssystemen auf der –11-m-Ebene im Reaktorgebäude. Diese probabilistischen Kenngrössen für die jetzt vorgesehenen alternativen Massnahmen werden mit den früher vorgesehenen Massnahmen (Programm DIWANAS) verglichen. Die angegebenen Zahlenwerte sind mit geringfügigen Korrekturen aus der integralen Sicherheitsbewertung des Bewilligungsinhabers entnommen [KKM ISB 2014].

---

<sup>1</sup> Ein Störfall ist auslegungsüberschreitend, wenn das auslösende Ereignis (Häufigkeit unter  $10^{-6}$  pro Jahr für technisch bedingte Ereignisse und unter  $10^{-4}$  pro Jahr für naturbedingte Ereignisse) oder die Art und Anzahl zusätzlicher Fehler den Rahmen der Auslegung durchbricht. Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, dass radioaktive Stoffe in gefährlichem Umfang freigesetzt werden.

Vgl. dazu Art. 1 Bst. b Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2).

Anmerkungen:

- Die Modelle für die probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA) von Kernkraftwerken sind komplex und umfangreich, sodass die KNS die Ergebnisse nicht unabhängig überprüfen kann. Abgesehen von den hier angebrachten Anmerkungen wird die KNS deshalb nicht weiter auf die probabilistischen Betrachtungen eingehen.
- Die KNS weist darauf hin, dass die PSA-Ergebnisse von technischen Systemen von deren Modellierung und insbesondere von zahlreichen komponenten- oder systemspezifischen Ausfallraten abhängig sind. Für unterschiedliche Realisierungen der gleichen Funktionalität können die Ausfallraten unter Umständen stark voneinander abweichen. Die Aussagekraft von PSA-Ergebnissen, die auf Basis von Grobkonzepten ermittelt worden sind, muss deshalb hinterfragt werden. Dies gilt insbesondere, wenn PSA-Ergebnisse mit relativ geringfügigen Differenzen verglichen werden.
- Ein Vergleich der vorgelegten PSA-Ergebnisse für die verschiedenen Massnahmen zeigt, dass die Erhöhung der Erdbebenfestigkeit der Wohlensee-Staumauer als die hinsichtlich Kernschadenshäufigkeit bei weitem wirksamste Massnahme ausgewiesen wird, vgl. dazu auch Abschnitt 3.7.2. Die aufgrund der weiteren, so genannten alternativen Massnahmen ausgewiesene zusätzliche Reduktion der Kernschadenshäufigkeit fällt gering aus.
- Die hier im Vordergrund stehenden Forderungen und vorgeschlagenen Massnahmen haben den Hauptzweck, die Häufigkeit von so genannten Cliff-Edge-Szenarien<sup>2</sup> noch weiter zu vermindern. Diese Szenarien sind auslegungsüberschreitend<sup>1</sup> und mit den geforderten Massnahmen wird das Ziel verfolgt, auch in diesem auslegungsüberschreitenden Bereich Handlungsoptionen zur Verfügung zu haben. Solche Handlungsoptionen können durchaus auch mildernd wirken, wenn im Verlauf eines Störfalls bereits ein Kernschaden eingetreten ist. Es stellt sich deshalb die Frage, ob mit der Kernschadenshäufigkeit (Core Damage Frequency, CDF) bzw. der Brennstoffschadenshäufigkeit (Fuel Damage Frequency, FDF), wie sie in den vorliegenden Unterlagen dargelegt werden, die hier zur Diskussion stehenden Massnahmen adäquat bewertet werden können.

Eine ergänzende Betrachtungsweise stellt die Sicherheitsmargenanalyse dar. Sie wird in der vorliegenden ENSI-Stellungnahme für die auslösenden Ereignisse Erdbeben und externe Überflutung erwähnt. Abgesehen vom vorliegend eingeschränkten Anwendungsfeld können die Ergebnisse nicht aggregiert werden und stehen deshalb für eine Gesamtbeurteilung nicht im Vordergrund.

- Für die Massnahmen (a) für eine diversitäre Kühlwasserversorgung bzw. gegen den Ausfall der Hauptwärmesenke (Forderungen 11 bis 14), (b) für eine zusätzliche Brennelementbecken-Kühlung (Forderung 15) und (c) für ein zusätzliches Nachwärmeabfuhrsystem bzw. gegen den Ausfall der Sicherheitssysteme auf der –11-m-Ebene im Reaktorgebäude (Forderungen 17, 18) werden die PSA-Ergebnisse der aktuell vorgeschlagenen („alternativen“) Massnahmen inklusive Verstärkung der Wohlensee-Staumauer jenen der entsprechenden Massnahmen aus dem DIWANAS-Programm ohne Verstärkung der Wohlensee-Staumauer in tabellarischer Form gegenübergestellt. Einzig in der Gesamtbewertung werden auch die Ergebnisse für das DIWANAS-Programm inklusive Verstärkung der Wohlensee-Staumauer angegeben, in diesem Fall aber die Ergebnisse für die Verstärkung der Wohlensee-Staumauer alleine weggelassen.

Die KNS stellt zu diesen Vergleichen fest, dass die Verstärkung der Wohlensee-Staumauer, wie bereits erwähnt, als bezüglich Kernschadenshäufigkeit bei weitem wirksamste Einzelmassnahme ausgewiesen wird. Die Massnahme liegt zwar ausserhalb des Aufsichtsbereiches des ENSI, aber angesichts von deren Wirksamkeit gebietet sicherheits-

---

<sup>2</sup> Cliff-Edge-Szenarien sind jene – wegen des vorhandenen Sicherheitskonzepts seltenen – Situationen, in denen die bestehenden Einrichtungen und Massnahmen versagen und keine weiteren oder alternativen Mittel zur Einhaltung der Schutzziele mehr zur Verfügung stehen.

gerichtetes Handeln, dass diese Massnahme auch in Verbindung mit dem DIWANAS-Programm realisiert worden wäre. Die Gegenüberstellung von alternativen Massnahmen einschliesslich Mauerverstärkung und DIWANAS-Massnahmen unter Ausschluss der Mauerverstärkung erscheint deshalb wenig sachdienlich.

- Im Rahmen der integralen Sicherheitsbewertung [ENSI St2-RLZ 2015, Abschnitt 15.2.2, S. 57/58] stellt das ENSI fest, dass die vom Bewilligungsinhaber ermittelten Ergebnisse mit den vorgesehenen Massnahmen die Kriterien gemäss Richtlinie ENSI-A06 für die Kernschadenshäufigkeit ( $CDF < 10^{-5}$  pro Jahr) und die Brennstoffschadenshäufigkeit ( $FDF < 10^{-5}$  pro Jahr) erfüllen. Sodann hält das ENSI auch fest, dass die Kernschadenshäufigkeit das Kriterium der „Gefährdungsannahmenverordnung“<sup>3</sup> und damit auch das von der Internationale Atomenergie-Organisation (IAEA) empfohlene Sicherheitsziel für bestehende Kernkraftwerke ( $CDF < 10^{-4}$  pro Jahr) deutlich erfüllt.

Nach Ansicht der KNS ist in der vorliegenden Situation nicht die Erfüllung der letztgenannten Mindestanforderung massgebend, sondern die strengere Anforderung, ob alle angemessenen Vorkehrungen im Rahmen der gesetzlichen Nachrüstpflicht getroffen sind. Das dafür massgebende gesetzliche Kriterium ist gemäss Art. 12 Abs. 1 Bst. b „Gefährdungsannahmenverordnung“ (SR 732.112.2)  $CDF < 10^{-5}$  pro Jahr und entspricht der erwähnten Anforderung aus der Richtlinie ENSI-A06. Gemäss angegebenen Werten für das PSA-Modell 2012 verfehlt das KKM dieses Kriterium um den Faktor 2,35. Auf dieser Basis hielt das ENSI in seiner Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) 2010<sup>4</sup> fest, dass Massnahmen zur Reduktion des Risikos zu identifizieren und – sofern angemessen – umzusetzen sind [ENSI St-PSÜ 2013, Abschnitt 7.7, S. 343]. Gemäss vorliegenden Ergebnissen für das PSA-Modell 2014, welches laut ENSI-Stellungnahme allerdings noch nicht umfassend überprüft werden konnte, ist auch das Kriterium „ $CDF < 10^{-5}$  pro Jahr“ bereits im Basismodell, d.h. auch ohne Nachrüstungen erfüllt. [ENSI St2-RLZ 2015, Tabelle 2, S. 39]

### 3 Ausgewählte Punkte

Nachfolgend geht die KNS auf die aus ihrer Sicht für die Erhöhung der Sicherheit im Vordergrund stehenden Massnahmen ein sowie auf ausgewählte Punkte, zu denen sie aufgrund der Auseinandersetzung mit der ENSI-Stellungnahme [ENSI St2-RLZ 2015] Kommentare, Hinweise oder Empfehlungen abgibt.<sup>5</sup> Die Auswahl der letztgenannten Themen beinhaltet keinen direkten Hinweis auf die sicherheitstechnische Bedeutung, welche die KNS den ausgewählten Punkten zuordnet. Die Reihenfolge richtet sich nach der ENSI-Stellungnahme. Die nachfolgend erwähnten Forderungen (Zitate in Gelbton unterlegt) sind Gegenstand der Verfügung vom 14. November 2013 [ENSI Vf1-RLZ 2013] und basieren auf der ENSI-Stellungnahme gleichen Datums [ENSI St1-RLZ 2013]. Nachfolgend erwähnte Fragen der KNS beziehen sich auf das Dokument [KNS Frgn 2015], Antworten des ENSI auf das Dokument [ENSI Antw 2015] und gegebenenfalls die zugehörige Dokumentation.

<sup>3</sup> Art. 12 Abs. 1 UVEK-Verordnung über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen; SR 732.112.2

<sup>4</sup> Zur zeitlichen Abfolge: Im Rahmen der Bewertung der PSÜ 2010 (ENSI-Stellungnahme vom Dezember 2013) wurde das inzwischen nachgereichte PSA-Modell vom Juni 2012 einbezogen. Die Unterlagen für die Periodische Sicherheitsüberprüfung 2010 wurden nach Angaben des ENSI fristgerecht Ende 2010 eingereicht. Die Stellungnahme des ENSI erschien am 12. Dezember 2013, verzögert aufgrund der Aufarbeitung des Unfalles im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi im Jahr 2011 und der gerichtlichen Auseinandersetzungen um die Betriebsbewilligung KKM.

<sup>5</sup> Gemäss Art. 5 Abs. 4 KNS-Verordnung (VKNS, SR 732.16) kann sich die KNS in ihren Stellungnahmen auf ausgewählte Punkte beschränken.

### 3.1 Ersatz 1E-Kabel

*Forderung 3: Das KKM wird aufgefordert, bis zum 31. Dezember 2014 alle 1E-Kabel der Sicherheitssysteme im Reaktorgebäude, für welche keine Auslegungsdokumentation vorhanden ist, zu ersetzen. Für die übrigen sicherheitsrelevanten Kabel ist der Austausch bzw. die Requalifikation laut Konzept vom 27. Juni 2013 bis spätestens 2018 umzusetzen. Die entsprechende Dokumentation ist dem ENSI vorzulegen.*

#### *Zum Sachstand*

In der ENSI-Stellungnahme wird als Angabe des Betreibers unter anderem festgehalten, dass der Rückbau der alten Kabel grossmehrheitlich während der Jahreshauptrevision 2013 erfolgen sollte. Aus dem weiteren Text geht hervor, dass die Ersatzmassnahmen im Mai 2014 zum Abschluss gebracht wurden.

Auf die entsprechende Nachfrage der KNS hin bestätigt das ENSI, dass alle alten 1E-Kabel im Reaktorgebäude, für welche keine Auslegungsdokumentation vorhanden war, einschliesslich Brandschottung ordentlich rückgebaut worden sind, was in Inspektionen stichprobenweise überprüft worden ist.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Die KNS begrüsst, dass der ordnungsgemässe Rückbau der alten, nicht dokumentierten Kabel im Reaktorgebäude vom ENSI überprüft worden ist. Denn der Ersatz von nicht dokumentierten Kabeln durch anforderungsgemäss qualifizierte Kabel kann seine sicherheitsgerichtete Wirkung nur dann vollumfänglich entfalten, wenn die alten Kabel, die Brandlasten darstellen, auch wirklich entfernt sind. Dies gilt insbesondere im Perimeter des sicherheitstechnisch wichtigen Reaktorgebäudes, aber auch für Teilabschnitte der betroffenen Kabelstränge in anderen Gebäuden.

### 3.2 Reaktordruckbehälter

#### 3.2.1 Integritätsnachweis unter Thermoschockbedingungen

*Forderung 4: Das KKM wird aufgefordert, die bisher durchgeführten thermohydraulischen und bruchmechanischen Analysen zum Integritätsnachweis des Reaktordruckbehälters bei postulierten Rissen unter Thermoschockbedingungen gemäss dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik zu aktualisieren. Die Ergebnisse der aktualisierten Berechnungen sind dem ENSI bis zum 31. Dezember 2014 in einem Bericht vorzulegen.*

#### *Zum Sachstand*

Die Unterlagen mit dem aktualisierten Integritätsnachweis für den Reaktordruckbehälter unter Thermoschockbedingungen sind laut ENSI-Stellungnahme rechtzeitig eingereicht worden und werden vom ENSI überprüft. Eine abschliessende Beurteilung war zur Zeit der Erstellung der ENSI-Stellungnahme noch nicht möglich.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Für die KNS ist diese Forderung von besonderer Bedeutung, weil sie darauf ausgerichtet ist, die Integrität des Primärkreises und damit die Druckumschliessung sowie eine Barrierenfunktion sicherzustellen. [KNS LZB 2013, Abschnitt 5, S. 21]

### 3.2.2 Überprüfung hinsichtlich Fehlern im Grundmaterial

#### *Zum Sachstand*

Die KNS erkundigte sich ergänzend, wie ausgeschlossen werden kann, dass der Reaktor-druckbehälter (RDB) im KKM von Materialfehlern betroffen ist, wie sie in den belgischen Kernkraftwerken (KKW) Doel-3 und Tihange-2 vorgefunden worden sind („Wasserstofflocken“).

Das ENSI weist in seiner Antwort insbesondere auch darauf hin, dass in der Jahreshauptrevision 2012 ein repräsentativer Bereich des Grundmaterials mit Ultraschall geprüft worden ist. Der repräsentative Bereich umfasst einen vertikalen Streifen von 500 mm Breite, womit die gegebenenfalls in horizontalen Mustern auftretenden Fehler der erwähnten belgischen KKW erfasst würden.

#### *Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI hält zusammenfassend fest, dass aufgrund der Angaben in der Herstellungsdokumentation, der wesentlich geringeren Wanddicke des RDB im KKM im Vergleich zum RDB im KKW Doel-3 und der damit verbundenen unterschiedlichen Wärmebehandlungsprozesse bei der Herstellung sowie der repräsentativen Ultraschallprüfungen von einem fehlerfreien Zustand des Grundmaterials der Schmiederinge im KKM ausgegangen werden kann.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Für die KNS ist damit zufriedenstellend abgeklärt, dass das Grundmaterial des RDB im KKM nicht von „Wasserstofflocken“ betroffen ist.

### 3.3 Stabilisierung des Kernmantels

**Forderung 5: Das KKM hat für den Betrieb über das Jahr 2017 hinaus bis zum 30. Juni 2014 aufzuzeigen, wie es auch ohne Umsetzung der im Instandhaltungskonzept vom 23. Dezember 2011 beschriebenen Stabilisierungsmassnahmen für den Kernmantel einen unter Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer ausreichenden Sicherheitsgewinn erzielen kann.**

#### *Zum Sachstand*

Auf den Ersatz der vier bestehenden Zuganker durch eine verbesserte und einzelfehlerfeste Konstruktion, wie sie für den unbefristeten Langzeitbetrieb gefordert war, soll verzichtet werden.

Im Gegenzug soll das zerstörungsfreie Prüfprogramm intensiviert werden: In den Zwischenjahren des bisherigen zweijährigen Grundrhythmus werden Sonderprüfungen eingeschoben, deren Umfang nach Massgabe der aktuellen Entwicklung festgelegt wird. Somit werden in jeder Jahreshauptrevision Ultraschallmessungen durchgeführt werden, wobei zur Erfassung der neu aufgetretenen Querrisse ab 2015 ein dafür qualifiziertes Messsystem eingesetzt wird.

Das bruchmechanische Berechnungsmodell wurde nach Stand von Wissenschaft und Technik verfeinert und wird für alljährliche prospektive Analysen auf Basis der neuesten verfügbaren Messdaten eingesetzt.

#### *Aus der Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI akzeptiert den Verzicht auf eine einzelfehlersichere Zuganker-Ersatzkonstruktion. Zum zerstörungsfreien Prüfprogramm hat das ENSI die EABN2019-Forderung 1 formuliert, wonach in jeder Jahreshauptrevision zerstörungsfreie Prüfungen (Ultraschallmessungen) mit qualifizierten Prüfsystemen durchzuführen sind. Auch zur Erfassung der neu aufgetretenen Querrisse wird ab 2015 ein dafür qualifiziertes Messsystem eingesetzt. Gemäss EABN2019-Forderung 2 sind die Befunde der Kernmantelprüfung in jeder Jahreshauptrevision zu bewerten. Darüber hinaus ist nachzuweisen, dass der rechnerisch zu ermittelnde Spannungsintensitätsfaktor unabhängig von der Orientierung und Risstiefe  $75 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{1/2}$  nicht überschreitet und die Querrisse nicht länger als 320 mm werden.

Nach Aussage des ENSI sind diese Kriterien sehr konservativ. Bei deren Einhaltung sieht das ENSI die Integrität des rissbehafteten Kernmantels als gewährleistet an.

Die in der Verfügung vom 14. November 2013 erhobene Forderung 5 wird durch die oben erwähnten EABN2019-Forderungen 1 und 2 ersetzt.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Für die KNS ist mit den geforderten Untersuchungen und Strukturintegritätsnachweisen bei Einhaltung der vorgegebenen Kriterien sichergestellt, dass der Kernmantel seine sicherheitstechnische Funktion erfüllt.

### **3.4 Materialzustand Primärcontainment**

*Forderung 6: Das KKM wird aufgefordert, dem ENSI bis zum 31. Dezember 2013 ein Konzept vorzulegen, wie der Materialzustand des Primärcontainments umfassender beurteilt werden kann. Dazu sind insbesondere die bisher als unzugänglich eingestuftten Bereiche des Drywells sowie die ermüdungsrelevanten Bereiche der Überströmröhre zu betrachten. Es sind zerstörungsfreie Messtechniken, Analysen zu den relevanten Korrosionsmechanismen und mögliche Abhilfemassnahmen zu berücksichtigen. Basierend auf den Erkenntnissen hat das KKM das weitere Instandhaltungskonzept für das Primärcontainment festzulegen.*

#### *Aus der Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI begrüsst in seiner Stellungnahme insbesondere das vom Bewilligungsinhaber aufgezeigte Vorgehen zur Überwachung der mikrobiologischen Situation durch erweiterte Kontrollmessungen. Weiterhin hält das ENSI die Realisierung einer zusätzlichen Drainagebohrung zur schnelleren Entfeuchtung der Sandbettzone für sinnvoll. In Beantwortung einer Frage der KNS erwähnt das ENSI seine Forderung im Rahmen der Alterungsüberwachung, die Untersuchungen zu den möglichen Korrosionsmechanismen an der Stahldruckschale im Bereich der Sandbettzone zu erweitern sowie die Stichproben der Wanddickenmessungen in der Sandbettzone zu erhöhen. Des Weiteren begrüsst das ENSI die laufenden Entwicklungsarbeiten zur Anwendung einer zerstörungsfreien Messtechnik an den unzugänglichen Bereichen des Drywells. Allerdings erfordern diese weitere Entwicklungsarbeiten. Falls diese bis Mitte 2015 nicht zu einem erfolgreichen Abschluss führen, sind andere ergänzende Massnahmen vorzulegen und durchzuführen.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Für die KNS ist diese Forderung von besonderer Bedeutung, weil sie darauf ausgerichtet ist, die Integrität des Primärcontainments und damit eine wichtige Barrieren- und Druckumschliessungsfunktion sicherzustellen. [KNS LZB 2013, Abschnitt 5, S. 22]

Nach Ansicht der KNS müssen die Instandhaltungsmassnahmen sicherstellen, dass mit den eingesetzten Untersuchungsmethoden Korrosionsvorgänge, welche zu einem Versagen des Primärcontainments im Anforderungsfall, d.h. bei erhöhtem Druck, führen könnten, insbesondere auch in der Sandbettzone erfasst werden können. Die KNS begrüsst deshalb, dass die mikrobiologischen Untersuchungen erweitert und zusätzliche Kernbohrungen für Wanddickemessungen in der Sandbettzone durchgeführt werden sollen. Die laufenden Entwicklungsarbeiten zur Anwendung einer zerstörungsfreien Messtechnik („Guided Waves“) an den unzugänglichen Bereichen des Drywells sind nach Ansicht der KNS von grundsätzlicher Bedeutung, aber mittel- bis längerfristig orientiert, d.h. die praktische Relevanz dürfte im Rahmen der Restlaufzeit des KKM nicht erreicht werden. Hingegen können diese Technologien für den Langzeitbetrieb der anderen schweizerischen Kernkraftwerke von Bedeutung sein.

Bereits in ihrer Stellungnahme zum Langzeitbetrieb [KNS LZB 2013, Abschnitte 2.2, 3.5 und 5, S. 5, 10 und 22] hatte die KNS empfohlen, vor allem im Hinblick auf die Beurteilung von unzugänglichen Teilen des Primärcontainments, aber auch unzugänglicher baulicher Strukturen im Rahmen der regulatorischen Forschung die Entwicklung und Anwendung zweckmässiger zerstörungsfreier Prüfmethoden zu fördern. Damit sollen längerfristig möglichst objektive Grundlagen für die Beurteilung der Kernanlagen zur Verfügung stehen.

#### *Empfehlung 2*

Technologien zur Überwachung von Komponenten und Strukturen an unzugänglichen Stellen sollen vom ENSI als Forschungsthema mittel- bis längerfristig weiterverfolgt und gefördert werden.

### **3.5 Füllstandmessung im Reaktordruckbehälter**

*Forderung 8: Das KKM hat die Nachrüstung einer diversitären, automatischen Auslösung der Sicherheitsfunktion „Kühlmitteleinspeisung in den RDB“ sicherheitstechnisch zu bewerten und die Ergebnisse dem ENSI bis zum 31. Dezember 2013 einzureichen.*

#### *Zum Sachstand*

Laut ENSI-Stellungnahme hat der Bewilligungsinhaber unter anderem auch alternative Füllstandmessverfahren zur bisher verwendeten Druckdifferenzmessung untersucht und hinsichtlich ihrer Eignung zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen bewertet. Dazu wird festgehalten, dass das KKM wie der TÜV-Süd [TÜVS FSM 2012] zu dem Ergebnis kommt, dass als alternative Messverfahren für die Füllstandmessung in Siedewasserreaktoren einzig Verfahren mit Thermoelementen existieren, die geeignet wären, eine Kernfreilegung entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik zu detektieren. Sodann wird darauf verwiesen, dass die zuvor erlassene Forderung für die Nachrüstung von Siedewasserreaktoren in den USA 1983 mit In-core-Thermoelementen wegen unzureichenden Zeitverhaltens zurückgezogen wurde. Das KKW Gundremmingen (KRB II, Deutschland) wurde 2012 mit In-core-Thermoelementen nachgerüstet, aber lediglich zur diversitären Auslösung von Sicherheitsfunktionen auf der Sicherheitsebene 4; deren Einbindung in den Reaktorschutz war nicht zulässig. Gemäss Angaben in der ENSI-Stellungnahme kommt der Bewilligungsinhaber gesamthaft zum Ergebnis, dass zurzeit keine qualifizierten, diversitären RDB-Füllstandmessungen für die Beherrschung von Auslegungsstörfällen verfügbar sind.

### *Aus der Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI beurteilt den Sicherheitsgewinn einer In-Core-Thermoelemente-Messung für Siedewasserreaktoren sowohl für die Beherrschung von Auslegungsstörfällen wie auch für auslegungsüberschreitende Störfälle als gering. Es kommt zum Ergebnis, dass im KKM die bestehende Druckdifferenzmessung zur Bestimmung des RDB-Füllstandes mit den Nachrüstungen in den 90er-Jahren dem Stand der Nachrüsttechnik entspricht und ein Common Mode Ausfall auch auf der Grundlage der weltweiten Betriebserfahrung praktisch ausgeschlossen werden kann. Das ENSI erachtet damit die Forderung 8 aus der ENSI-Verfügung vom 14. November 2013 als erfüllt.

### *Beurteilung durch die KNS*

Nach dem Verständnis der KNS basiert der angegebene Bericht des TÜV-Süd auf den Gegebenheiten für Siedewasserreaktoren in Deutschland. Soweit der Bericht mögliche alternative Messverfahren erwähnt, werden nur pauschale Kurzbewertungen angegeben. Dass als alternative Messverfahren für die Füllstandmessung in Siedewasserreaktoren einzig Verfahren mit Thermoelementen existieren, kann dem Bericht allenfalls indirekt entnommen werden, wenn die Bedeutung des Wortes „existieren“ auf qualifizierte und in Deutschland bereits eingesetzte Systeme eingeschränkt wird. In diesem Sinn repräsentiert der Bericht eine Branchensicht.

Die KNS nimmt die Beurteilung des ENSI zum Stand der Nachrüsttechnik zur Kenntnis. Mit der Bezugnahme auf den Stand der Nachrüsttechnik liegt nach dem Verständnis der KNS eine Branchensicht vor. Insbesondere im Rahmen der Restlaufzeit des KKM fällt damit eine Erweiterung der Füllstandmessung mit diversitärer Messtechnik ausser Betracht.

In ihrer Stellungnahme zum Langzeitbetrieb [KNS LZB 2013, Abschnitt 4.2, S. 16/17] wies die KNS darauf hin, dass die Kenntnis des Füllstandes im Reaktordruckbehälter für den sicheren Betrieb einer Reaktoranlage essenziell ist. In Siedewasserreaktoren ist der Füllstand eine leittechnische Schlüsselgrösse und für die Auslösung wichtiger Sicherheitsfunktionen massgebend oder daran mitbeteiligt. Grundsätzliche sicherheitstechnische Überlegungen legen nahe, dass leittechnische Schlüsselgrössen wie der Wasserfüllstand im Reaktordruckgefäss mehrfach und nach verschiedenartigen Messprinzipien ermittelt werden oder dass die damit kontrollierten Sicherheitsfunktionen auch noch von anderen Messgrössen gesteuert werden. In der Verfahrenstechnik stehen verschiedenartige Messprinzipien für die Füllstandmessung zur Verfügung. Allerdings sind Füllstandmesssysteme von Kernreaktoren zumindest zu wesentlichen Teilen im Primärcontainment untergebracht und müssen gegebenenfalls auch unter den dort herrschenden Störfallbedingungen zuverlässig arbeiten. Deshalb ist die Qualifizierung von Füllstandmesssystemen für Kernreaktoren eine grosse Herausforderung. In ihrer Stellungnahme zum Langzeitbetrieb [KNS LZB 2013, Abschnitt 5, S. 22] gab die KNS die Empfehlung ab zu prüfen, welche anderen Systeme zur Füllstandsmessung im Reaktordruckbehälter in der Kerntechnik eingesetzt werden, und auch ausserhalb der Kerntechnik eingesetzte Technologien in Betracht zu ziehen.

Die KNS hält fest, dass branchenübergreifend zahlreiche Messverfahren für die Füllstandmessung verfügbar sind; offenbar finden keine Alternativen Eingang in die hier massgebende Linie von Siedewasserreaktoren.

### *Empfehlung 3*

Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit soll das ENSI darauf hinwirken, dass für die Erfassung von sicherheitstechnisch wichtigen Grössen in Kernkraftwerken, darunter insbesondere auch für den Füllstand in Siedewasserreaktoren, diversitäre Messsysteme verfügbar sind und Reaktoranlagen, bei denen entsprechende Lücken bestehen, mit diversitären Messsystemen nachgerüstet werden. Bei Nichtverfügbarkeit sollen diversitäre Messsysteme entwickelt und qualifiziert werden.

### 3.6 Brandschutz

*Forderung 16: Das KKM hat bis zum 30. Juni 2014 die erweiterten Analysen bezüglich der Auswirkungen von Bränden und Überflutung im Reaktorgebäude beim ENSI einzureichen.*

*Forderung 17: Das KKM hat für Brände und interne Überflutungen im Reaktorgebäude systematisch aufzuzeigen, dass alle angemessenen Vorkehrungen zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung mittels fest installierter Systeme oder kurzfristig verfügbarer, vorbereiteter Massnahmen getroffen wurden. Eine sicherheitstechnische Bewertung der geplanten sowie der umgesetzten Nachrüstungen und Massnahmen ist dem ENSI bis zum 30. Juni 2014 in einem Bericht vorzulegen.*

#### *Zum Sachstand*

Um die Gefährdung durch interne Überflutung zu reduzieren, wurden unter anderem Sprühflutanlagen (Brandlöschung) und Sprinklersysteme (Brandeindämmung) zu Feinsprühlöschanlagen umgebaut [ENSI St2-RLZ 2015, Abschnitte 14.1 und 11.2.1.2]. Mittels unterschiedlicher neuer Brandsensoren wird die Auslösung dieser Löschanlagen automatisiert, sodass ein Brand bereits in seiner Entstehung bekämpft wird.

Auf die Frage der KNS nach dem Nachweis der Löschwirkung der Feinsprühlöschanlagen wird vom ENSI darauf hingewiesen, dass die zuständige Planungsunternehmung zertifiziert ist und die Berechnungen nach den Richtlinien einer bekannten, unabhängigen deutschen Prüfinstitution für Brandschutz durchgeführt worden sind. Derzeit prüft das ENSI die eingeforderten Abnahmeberichte von einer akkreditierten Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle sowie von der Gebäudeversicherung Bern, welche der Bewilligungsinhaber termingerecht eingereicht hat.

Ausserdem erkundigte sich die KNS nach den eingesetzten Typen von Brandsensoren und deren Funktionstauglichkeit in den relevanten Störfallsituationen. In seiner Antwort bezeichnet das ENSI einen Schmierölbrand an den zu schützenden Pumpen als relevanten Störfall.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Die KNS weist darauf hin, dass das Befolgen von anerkannten Bemessungsmethoden und eine Überprüfung der korrekten Installation mit Funktionstest nicht hinreichend ist, um die Löschwirkung eines bestimmten Löschanlagen in einer bestimmten Anwendungssituation sicherzustellen.

#### *Empfehlung 4*

Für den Nachweis der Löschwirkung muss die vorgesehene Systemanwendung für den spezifischen Einsatzfall validiert sein.

Nach dem Verständnis der KNS stellt der Schmierölbrand das vom Brandschutzsystem zu beherrschende massgebende Ereignis dar. Zusätzlich stellt sich dabei die Frage, unter welchen vorbestehenden Bedingungen (z.B. Temperatur, Feuchtigkeit, Druck, Strahlenfeld) in der Umgebung des Brandschutzsystems dieses massgebende Ereignis zu beherrschen ist. Diese Umgebungsbedingungen können aufgrund eines anderweitig ausgelösten, bereits ablaufenden Störfalls von den Normalbedingungen stark abweichen. In diesem Sinn sind jene Störfälle und zugehörigen Umgebungsbedingungen relevant, bei denen die Löschwirkung des Brandschutzsystems gewährleistet sein muss und als Voraussetzung dafür die Brandsensoren funktionstauglich sein müssen.

### *Empfehlung 5*

Im Rahmen der Systemspezifikation ist zu klären, unter welchen – unter Umständen von den normalen Betriebsbedingungen stark abweichenden – Umgebungsbedingungen das Brandschutzsystem und somit auch die Brandsensoren funktionstauglich sein müssen. Die entsprechende Umsetzung ist im Freigabeverfahren sicherzustellen.

## **3.7 Erdbeben**

### **3.7.1 Gefährdungsannahmen**

#### *Zum Sachstand*

Als Feststellung des Bewilligungsinhabers ist in der ENSI-Stellungnahme festgehalten, dass die Erdbebengefährdung gemäss den Zwischenergebnissen des PEGASOS Refinement Project tiefer liegt als die um 20% reduzierte Gefährdung aus dem PEGASOS-Projekt, die der Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2010 zugrunde gelegen hat [ENSI St2-RLZ 2015, Abschnitt 11.3.1, S. 37 unten]. Aus diesem Grund ist auch der Beitrag von Erdbeben zur Kernschadenshäufigkeit reduziert.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Die KNS nimmt die Aussagen in der Sachebene zur Kenntnis. Sie stellt aber fest, dass alleine im obigen ersten Satz zum Sachstand von drei verschiedenen Gefährdungsannahmen die Rede ist, welche in den letzten Jahren zur Diskussion standen oder (provisorisch) anwendbar sind: (1) Gefährdung gemäss ursprünglichen PEGASOS-Ergebnissen, (2) die um 20 % reduzierte Gefährdung gemäss PEGASOS-Ergebnissen und schliesslich (3) PEGASOS Refinement Project Intermediate Hazard. Dabei geht aus der letzten Bezeichnung direkt hervor, dass es sich um eine weitere Zwischenlösung handelt.

In ihrer Stellungnahme zu den Fukushima-Folgemaassnahmen in der Schweiz [KNS FFM 2012] stellte die KNS fest, dass die Fragen der massgebenden Erdbebengefährdung damals bereits seit mehr als zehn Jahren hängig waren. Inzwischen sind daraus mehr als fünfzehn Jahre geworden. Die KNS wiederholt deshalb die damalige Empfehlung 5.1.1.

### *Empfehlung 6*

Die Untersuchungen zur Bestimmung der Erdbebengefährdung der schweizerischen Kernkraftwerke (PEGASOS Refinement Project) sind zeitnah zu einem Abschluss zu bringen und die massgebenden Erdbebengefährdungen durch das ENSI festzulegen.

### **3.7.2 Verstärkung der Wohlensee-Staumauer**

*Forderung 12: Es sind Massnahmen zur Reduktion der Gefährdung aufgrund von erdbeben-induzierter Überflutung zu treffen. Deren Umsetzung hat bis zum 31. Dezember 2014 zu erfolgen.*

#### *Zum Sachstand*

Die Gleitsicherheit der Wohlensee-Staumauer wurde erhöht, indem der Untergrund auf der Luftseite der Stauanlage mit 72 Stahlbeton-Bohrpfählen (18 m Tiefe, 1,5 m Durchmesser) verstärkt wurde. Die mit massiven Stahlrohren (Durchmesser 1,2 m, Wandstärke 22 mm) bewehrten Pfähle verübeln die hinsichtlich Abgleiten kritischen, relativ dünnen und weichen Tonstein/Mergel-Schichten mit den kompakten Sandstein/Mergel-Schichten im Untergrund

der Stauanlage. Nach Angaben des Bewilligungsinhabers ist die seismische Kapazität der Stauanlage direkt abhängig bzw. bestimmt durch den Schubwiderstand der Bohrpfähle.

#### *Beurteilung durch das ENSI*

Die Erdbebensicherheit der mit Pfählen verstärkten Stauanlage des Wasserkraftwerks Mühleberg wurde mittels einer sehr detaillierten Analyse untersucht. Die Tragsicherheit des Wasserkraftwerks im Erdbebenfall konnte durch die Verstärkung erheblich erhöht werden. Die Berechnung der Erdbebenkapazität der Staumauer erfolgte nach aktuellem Stand der Technik und liefert plausible Resultate.

Zusammenfassend beurteilt das ENSI die Berechnungen als korrekt und die Verstärkungsmassnahme als wirksam. Das ENSI erachtet damit die Forderung 12 aus der Verfügung vom 14. November 2013 als erfüllt.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Die KNS hat in ihrer Stellungnahme zum Langzeitbetrieb [KNS LZB 2013, Abschnitt 4.2, S. 19/20] auf die sicherheitstechnische Wirksamkeit der Verstärkung der Wohlensee-Staumauer hingewiesen und das Projekt zur Realisierung empfohlen.<sup>6</sup> Die KNS stellt gerne fest, dass das Projekt bereits realisiert ist. Laut den vom Bewilligungsinhaber vorgelegten PSA-Ergebnissen (vgl. dazu Abschnitt 2.3) stellt die Erhöhung der Erdbebenfestigkeit der Wohlensee-Staumauer im Quervergleich der verschiedenen Massnahmen die hinsichtlich Kernschadenshäufigkeit bei weitem wirksamste Einzelmassnahme dar.

### **3.8 Kühlwasserversorgung**

*Forderung 11: Das KKM hat bis zum Ende der Jahresrevision 2015 einen zusätzlichen, erdbebenfesten Anschluss im SUSAN-Kühlwassersystem für den Einsatz mobiler Pumpen zu installieren.*

*Forderung 13: Das KKM hat bis zum Ende der Jahresrevision 2015 eine zusätzliche, von der Aare unabhängige Kühlwasserversorgung für das SUSAN-Notstandsystem nachzurüsten.*

*Forderung 14: Das KKM hat für den Betrieb über das Jahr 2017 hinaus bis zum 30. Juni 2014 aufzuzeigen, wie es auch ohne Realisierung der zusätzlichen, erdbebenfesten und überflutungssicheren, von der Aare unabhängigen Kühlwasserversorgung einen unter Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer ausreichenden Sicherheitsgewinn erzielen kann.*

#### *Zum Sachstand*

Im Rahmen des Nachrüstprogrammes DIWANAS war eine Grundwasserfassung im Saanetal mit erdbeben- und überflutungssicherer Zulaufleitung vorgesehen. Als Alternative dazu sollen verschiedene Massnahmen realisiert werden:

- Am SUSAN-Gebäude (Notstandsystem) werden mit Feuerwehranschlüssen Möglichkeiten für die Bespeisung des Notstand-Kühlwassersystems mittels mobiler Pumpen vorbereitet. Diese Noteinspeisemöglichkeiten gelten als erdbebenfest. Als Bezugsquelle für Wasser werden die Aare genannt, aber auch das Hochreservoir oder die Saane, welche mit einer Transportleitung durch die Feuerwehr erschlossen werden kann.

---

<sup>6</sup> Diese Massnahme liegt ausserhalb des Aufsichtsbereichs des ENSI.

- Die bereits bestehende Wasserleitung vom Hochreservoir Runtigerain wird neu auch in das Notstand-Kühlwassersystem einspeisen können. (Die Leitung vom Hochreservoir ist bereits für eine Noteinspeisung in den Reaktordruckbehälter vorhanden, wird aber mangels Erdbebenfestigkeit im Rahmen der Auslegung nicht kreditiert.) Die Inbetriebsetzung dieser Noteinspeisung erfordert nur wenige Handgriffe innerhalb des gebunkerten SUSAN-Gebäudes (Notstandsystem).
- Die Verfügbarkeit von Wasser ab dem Hochreservoir Runtigerain wird substantiell verstärkt: Das Grundwasserpumpwerk in der Rewag wird erneuert. Dabei wird die Förderleistung erhöht und das Brunnensystem soll auch im Fall einer Überflutung noch fördern können. Sodann wird ein neues Zwischenpumpwerk an überflutungssicherem Standort errichtet. Überdies wird der Verbund mit benachbarten Wasserversorgungen ausgebaut. Nach Auskunft des ENSI wurde die Erneuerung des Rewag-Pumpwerks von den zuständigen kantonalen Ämtern am 5.8.2014 bewilligt und sollte Ende 2015 abgeschlossen sein.

#### *Aus der Beurteilung durch das ENSI*

Nach Beurteilung des ENSI können mit den geplanten Massnahmen neben der Aare auch die Saane sowie das Hochreservoir als zuverlässige Wasserbezugsquellen kreditiert werden. Damit wird das KKM insbesondere bei einem extremen Hochwasser über mindestens eine diversitäre Wärmesenke verfügen. Die fehlende Erdbebenfestigkeit der Einspeisung in das Notstand-Kühlwassersystem ab dem Hochreservoir bewertet das ENSI durch die Verstärkung der Stauanlage als kompensiert; selbst bei einem Versagen der Staumauer würde die Möglichkeit bestehen, mittels mobiler Pumpen die langfristige Nachwärmeabfuhr sicherzustellen.

Die Forderungen 11 und 13 werden in die EABN2019-Forderung 7 überführt, wonach das KKM die geplante, von der Aare unabhängige Noteinspeisung in das Notstand-Kühlsystem bis zum Ende der Jahresrevision 2015 nachzurüsten hat. Damit erachtet das ENSI auch die Forderung 14 als erfüllt.

#### *Beurteilung durch die KNS*

In ihrer Stellungnahme zum Langzeitbetrieb [KNS LZB 2013, Abschnitt 4.2, S. 19] teilte die KNS in Bezug auf die Nachrüstmassnahmen innerhalb der Kernanlage – also abgesehen von der ausserhalb der Kernanlage durchgeführten, sicherheitstechnisch als sehr wirksam ausgewiesenen Verstärkung der Wohlensee-Staumauer – die Auffassung, dass dem Teilprojekt „diversitäre Wärmesenke“ Priorität zukommt. Sie wies aber auf die zeitlichen Risiken eines Bewilligungsverfahrens nach Art. 49 ff. Kernenergiegesetz (KEG, SR 732.1) für die damals vorgesehene Grundwasserfassung Saanetal hin. Mit Hinweis auf andere denkbare Lösungen empfahl die KNS die Realisierung einer adäquaten Lösungsvariante sowie – ausserhalb des Kernkraftwerks – die Verstärkung der Wohlensee-Staumauer.

Die KNS stellt fest, dass mit den nunmehr vorgesehenen Massnahmen verschiedene Varianten und Kombinationsmöglichkeiten geschaffen werden, um nötigenfalls eine alternative Versorgung mit Kühlwasser zu gewährleisten. Bezüglich Varianten und Kombinationsmöglichkeiten verweist die KNS auf ihre Ausführungen in Abschnitt 2.2 und die Empfehlung 1, wonach bei diesen Gegebenheiten der Qualität der Notfallanweisungen besonders grosse Beachtung zu schenken ist.

Sodann räumt die KNS ein, dass die jetzt alternativ vorgesehenen Massnahmen auf Sicherheitsebene 4 zwar für die überwiegende Zahl von denkbaren Situationen eine sicherheitstechnische Verbesserung darstellen, aber naturgemäss in relativ seltenen Fällen weniger Erfolgchancen bieten als die Massnahmen gemäss dem zuvor vorgesehenen DIWANAS-Programm. Namentlich bei einem angenommenen gleichzeitigen Ausfall des SUSAN-Einlaufbauwerks (Notstandsystem) und der Sicherheitssysteme auf der –11-m-Ebene des Reaktorgebäudes bieten die alternativen Massnahmen weniger gute Voraussetzungen für die Störfallbeherrschung. Die entsprechenden Eintrittshäufigkeiten sind aber sehr gering.

Insgesamt beurteilt die KNS die vorgesehenen, zum DIWANAS-Programm alternativen Massnahmen als zweckmässig.

### 3.9 Brennelementbecken-Kühlsystem

**Forderung 15: Das KKM hat für den Betrieb über das Jahr 2017 hinaus bis zum 30. Juni 2014 aufzuzeigen, wie es auch ohne Realisierung eines erdbebenfesten und überflutungssicheren Brennelementbecken-Kühlsystems, einen unter Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer ausreichenden Sicherheitsgewinn erzielen kann.**

#### *Zum Sachstand*

Im Rahmen des DIWANAS-Programms war ein zusätzliches, fest installiertes Brennelementbecken-Kühlsystem mit Einbindung in das Notstandssystem vorgesehen. Anstelle dieses Systems soll bis Ende 2016 eine einsträngige Brennelementbecken-Notfallkühlung installiert werden. Diese besteht aus einem Eintauchkühler im Brennelementbecken (BEB), der ab der ebenfalls neu vorgesehenen Noteinspeisung für das Notstand-Kühlsystem (siehe Abschnitt 3.8, 2. Spiegelstrich) gespeist werden kann. Damit bestehen verschiedene alternative Möglichkeiten für den Wasserbezug (Hochreservoir, Notstand-Kühlwassersystem, diverse Anschlüsse für mobile Mittel). Fest montierte Vor- und Rücklaufleitungen sollen ab dem neuen Armaturenschacht (beim SUSAN-Gebäude) auf die Betriebsebene des Reaktorgebäudes (RG +29 m) führen, wo sie mit Blindflansch enden. Damit Arbeiten auf der Ebene RG +29 m nicht behindert werden, sind dort nicht feste Verrohrungen, sondern im Anforderungsfall montierbare Schlauchverbindungen zum Eintauchkühler vorgesehen.

#### *Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI erachtet die Abweichungen von der im Rahmen des DIWANAS-Programms vorgesehenen Ausführung der BEB-Notfallkühlung als akzeptabel, da es sich um eine Übergangslösung handelt; nach der EABN2019 wird der Eintauchkühler an ein Sicherheitskühlsystem der Sicherheitsebene 3 angebunden. Das vorgeschlagene System stellt aus Sicht des ENSI sicher, dass bei Ausfall der betrieblichen BEB-Kühlung nicht direkt auf die Noteinspeisung in das BEB mit Verdampfungskühlung zurückgegriffen werden muss. Daneben stellt das ENSI fest, dass das neu geplante BEB-Notfallkühlsystem die grundlegenden Anforderungen hinsichtlich Erdbebenfestigkeit und Überflutungssicherheit erfüllt. In seiner Beurteilung erwähnt das ENSI unter anderem auch, dass für die Inbetriebnahme der BEB-Notfallkühlung die Schlauchverbindungen zum Eintauchkühler auf der Betriebsebene des Reaktorgebäudes (RG +29 m) montiert werden müssen. Daraus ergibt sich die strahlenschutztechnische Anforderung, dass zum Zeitpunkt dieser Handmassnahme eine ausreichende Wasserüberdeckung der Brennelemente im BEB gewährleistet ist. Insgesamt wird aus Sicht des ENSI die BEB-Kühlung mit der geplanten Nachrüstmassnahme entscheidend verbessert und ein unter Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer ausreichender Sicherheitsgewinn erzielt.

Die Forderung 15 wird deshalb in die EABN2019-Forderung 8 überführt, wonach das KKM bis Ende 2016 die vorgeschlagene BEB-Notfallkühlung nachzurüsten hat. Sodann ist diese bis zum 30. September 2020 zu einem Sicherheitssystem umzubauen.

#### *Beurteilung durch die KNS*

Nach Meinung der KNS erhöht die Nachrüstung des KKM mit einer BEB-Notfallkühlung den Handlungsspielraum in extremen Situationen und ist somit eine sicherheitsgerichtete Massnahme.

Bei den vorgelegten Unterlagen vermisst die KNS insbesondere Angaben zur Grobauslegung des Eintauchkühlers, der im BEB vermutlich relativ viel Platz beanspruchen wird. Daten zur

Grobauslegung erachtet die KNS deshalb als Bestandteil einer in diesem Fall wünschbaren Plausibilisierung des vorgeschlagenen Grobkonzepts (vgl. dazu Abschnitt 2.1).

Die Forderung geht auf Erfahrungen beim Unfall im KKW Fukushima Daiichi zurück, in dessen Akutphase Unklarheit darüber bestand, ob die Brennelemente in den BEB der havarierten Reaktoren genügend gekühlt waren. An diese Situation anknüpfend erinnert die KNS daran, dass die Strahlenbelastung in den Reaktorgebäuden der havarierten Blöcke relativ schnell anstieg und die Notfallmassnahmen teilweise massiv behinderte. Bezüglich der vorgeschlagenen Notfalkühlung stellt sich deshalb die Frage, ob das Betriebskonzept, welches für die Inbetriebnahme Handmassnahmen (Montage von Flanschen und Verbindungsschläuchen) auf der Betriebsebene des Reaktorgebäudes voraussetzt, zweckmässig ist. Nach Ansicht der KNS müssen die Rohrleitungen grundsätzlich betriebsbereit montiert sein, wenn die Notfalkühlung im Anforderungsfall ihren Zweck erfüllen soll. Falls betriebliche Behinderungen durch die zusätzlichen Rohrleitungen ins Gewicht fallen sollten, sind für die KNS temporäre Demontagen in Phasen intensiver Arbeiten auf der Betriebsebene des Reaktorgebäudes denkbar (z.B. bei Revisionsstillstand, Brennstoffbewegungen).

#### *Empfehlung 7*

Das gemäss Grobkonzept für die Brennelementbecken-Notfalkühlung vorgesehene Betriebskonzept mit Flanschen und Verbindungsschläuchen, die im Anforderungsfall im Vor- und Rücklauf der Brennelementbecken-Notfalkühlung zu montieren sind, ist sicherheitsgerichtet zu überprüfen.

### **3.10 Notnachspeisung in den Reaktordruckbehälter**

**Forderung 18:** *Das KKM hat für den Betrieb über das Jahr 2017 hinaus bis zum 30. Juni 2014 aufzuzeigen, wie es auch ohne Realisierung eines zusätzlichen Nachwärmeabfuhrsystems einen unter Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer ausreichenden Sicherheitsgewinn erzielen kann.*

#### *Zum Sachstand*

Das geplante System ermöglicht die folgenden Massnahmen: Sofern die im Reaktorgebäude angeordneten Sicherheitseinspeisesysteme ausfallen, erfolgt nach einer automatischen Druckentlastung des Reaktordruckbehälters (RDB) die Notnachspeisung aus dem Notstand-Kühlwassersystem. Die notwendigen hydraulischen Schaltungen erfolgen vollautomatisch über Motorventile. Zur Druckerhöhung verfügt das System über eine zusätzliche, festinstallierte Dieselmotorpumpe, welche im neuen Armatureschacht untergebracht ist. Alternativ kann die RDB-Notnachspeisung auch mit Wasser aus dem Hochreservoir erfolgen; diese letztgenannte Fahrweise muss manuell ausgelöst werden.

#### *Beurteilung durch das ENSI*

Nach Angaben in der ENSI-Stellungnahme dient die Notnachspeisung in den RDB aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten Analysen und getroffenen Massnahmen zur weiteren Verminderung der Gefährdung der Beherrschung auslegungsüberschreitender Störfälle. Das System muss deshalb nicht die Anforderungen eines Sicherheitssystems (Sicherheitsebene 3) erfüllen, sondern kann nach Anforderungen der Sicherheitsebene 4 realisiert werden.

Nach Einschätzung des ENSI kann mit dem vorgeschlagenen System ein unter der Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer ausreichender Sicherheitsgewinn erzielt werden. Die Forderung 18 aus der Verfügung vom 14. November 2013 soll deshalb überführt werden in die EABN2019-Forderung 10. Der zufolge soll das KKM bis zum Ende der Jahresrevision 2016 mit der vorgeschlagenen erdbeben- und überflutungssicheren RDB-Notnachspeisung nachgerüstet werden.

### *Beurteilung durch die KNS*

Die KNS beurteilt die geforderte Nachrüstung als zweckmässig zur weiteren Verminderung der Gefährdung. Im Speziellen weist sie jedoch auf die Zündquelle und die Brandlast hin, die durch den Dieselmotor und dessen Brennstoffvorrat in den Armaturenschacht eingebracht wird. Durch einen Brand in diesem Raum wären wesentliche Teile der aktuell vorgesehenen Nachrüstungen verloren.

### *Empfehlung 8*

Der Armaturenschacht ist mit einer Brandschutzanlage auszurüsten.

## **4 Gesamtbeurteilung**

In der Stellungnahme „*Forderungen des ENSI für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) im Jahr 2019*“ [ENSI St2-RLZ 2015] hält das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) das Ergebnis seiner Überprüfung des aktuellen Standes der Erfüllung der Forderungen fest, die es mit Verfügung vom 14. November 2013 [ENSI Vf1-RLZ 2013] gestellt hat. Das ENSI kommt zusammenfassend zum Schluss, dass alle Forderungen mit Fälligkeit vor Ende 2014 (d.h. vor dem Sticht datum für die Erstellung der ENSI-Stellungnahme) erfüllt sind. Soweit die Forderungen die Unterbreitung von Vorschlägen für Verbesserungsmaßnahmen betrafen, bestätigt das ENSI, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen eine unter Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer ausreichende Verbesserung der Sicherheit erzielt wird. Für die Vervollständigung der eingeleiteten oder geplanten Massnahmen formuliert das ENSI schliesslich zehn so genannte EABN2019-Forderungen.

Die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) geht in der vorliegenden Stellungnahme auf die aus ihrer Sicht für die Erhöhung der Sicherheit im Vordergrund stehenden Massnahmen sowie einige ausgewählte Punkte ein. Insgesamt teilt sie die Beurteilung des ENSI, wonach die teilweise bereits umgesetzten und die geplanten bzw. geforderten Massnahmen die im Kernkraftwerk Mühleberg getroffene Vorsorge weiter verbessern, und unterstützt die zehn EABN2019-Forderungen des ENSI. Die vorgesehenen Massnahmen beinhalten insbesondere auch eine zusätzliche Brennelementbecken-Notfallkühlung sowie ein aktualisiertes Instandhaltungskonzept für den Kernmantel. Im Vordergrund des Interesses stehen Massnahmen gegen seltene Störfälle, bei deren Eintreten die bestehenden Einrichtungen und Massnahmen versagen und keine weiteren Mittel zur Einhaltung der Schutzziele mehr zur Verfügung stehen (so genannte Cliff-Edge-Szenarien):

- Ausfall der Wärmesenke: Zusätzlich zur Aare als bisher einziger Wärmesenke werden weitere Versorgungsmöglichkeiten mit Kühlwasser geschaffen. Zudem kann aufgrund der Verstärkung der Wohlensee-Staumauer der erdbebenbedingte Ausfall der Aare als Wärmesenke weitgehend ausgeschlossen werden.
- Ausfall aller Sicherheitseinrichtungen auf der -11-m-Ebene im Reaktorgebäude: Derartige Szenarien werden durch Massnahmen zum Brandschutz und gegen interne Überflutung noch seltener. Als weitere Massnahme wird eine Noteinspeisung in den Reaktorbehälter geschaffen, die unabhängig von den Einrichtungen auf der -11-m-Ebene verfügbar sein wird.

Die KNS nimmt die vorgelegten probabilistischen Bewertungen mit Vorbehalt zur Kenntnis; diese beruhen zum einen auf überarbeiteten, vom ENSI noch nicht umfassend überprüften Modellen und zum anderen nur auf Grobkonzepten für die vorgeschlagenen Massnahmen.

Auf Basis der vorgelegten Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalyse bleibt festzustellen, dass die Erhöhung der Erdbebenfestigkeit der Wohlensee-Staumauer im Quervergleich der verschiedenen Massnahmen als die hinsichtlich Kernschadenshäufigkeit bei weitem wirksamste Massnahme ausgewiesen wird. Die KNS begrüsst diese Massnahme und stellt gerne fest, dass sie bereits realisiert ist.

Die KNS formuliert einen Hinweis und acht Empfehlungen. Diese sind nachfolgend aufgelistet. Insbesondere die Empfehlungen 2, 3 und 6 sind übergeordneter Natur und beziehen sich somit nicht speziell auf das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM).

Insgesamt hat die KNS keinen Einwand gegen den Weiterbetrieb des KKM bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme im Jahr 2019, sofern die Forderungen des ENSI zeitgerecht erfüllt und die das KKM betreffenden Empfehlungen der KNS beachtet werden. Die KNS weist gleichzeitig darauf hin, dass das KKM eines der weltweit ältesten in Betrieb stehenden Kernkraftwerke ist. Dementsprechend kann weniger auf externe Betriebserfahrung Rückgriff genommen werden. Insbesondere im materialtechnischen Bereich ist deshalb eine konsequent sicherheitsgerichtete Betriebsführung und Aufsicht unabdingbar.

## **Hinweis und Empfehlungen**

### **aus 2.1 Grobkonzepte**

#### *Hinweis*

Bei der sicherheitstechnischen Beurteilung auf Stufe Grobkonzept geht die KNS davon aus, dass die vorgeschlagenen Massnahmen fachtechnisch korrekt umgesetzt und die dem Grobkonzept zu Grunde liegenden sicherheitstechnischen Zielsetzungen erreicht werden. Die Erfüllung dieser Voraussetzungen ist im Rahmen des Freigabeverfahrens (siehe Kernenergieverordnung Anhang 4; SR 732.11) durch die Aufsichtsbehörde sicherzustellen.

### **aus 2.2 Massnahmen auf Sicherheitsebene 4**

#### *Empfehlung 1*

Bei der Umsetzung von Massnahmen der Sicherheitsebene 4 ist der Qualität der Notfallanweisungen grosse Beachtung zu schenken. Insbesondere ist sicherzustellen, dass die Notfallanweisungen vollständig, unmissverständlich und auch unter erschwerten Bedingungen umsetzbar sind.

### **aus 3.4 Materialzustand Primärcontainment**

#### *Empfehlung 2*

Technologien zur Überwachung von Komponenten und Strukturen an unzugänglichen Stellen sollen vom ENSI als Forschungsthema mittel- bis längerfristig weiterverfolgt und gefördert werden.

### aus 3.5 Füllstandmessung im Reaktordruckbehälter

#### *Empfehlung 3*

Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit soll das ENSI darauf hinwirken, dass für die Erfassung von sicherheitstechnisch wichtigen Grössen in Kernkraftwerken, darunter insbesondere auch für den Füllstand in Siedewasserreaktoren, diversitäre Messsysteme verfügbar sind und Reaktoranlagen, bei denen entsprechende Lücken bestehen, mit diversitären Messsystemen nachgerüstet werden. Bei Nichtverfügbarkeit sollen diversitäre Messsysteme entwickelt und qualifiziert werden.

### aus 3.6 Brandschutz

#### *Empfehlung 4*

Für den Nachweis der Löschwirkung muss die vorgesehene Systemanwendung für den spezifischen Einsatzfall validiert sein.

#### *Empfehlung 5*

Im Rahmen der Systemspezifikation ist zu klären, unter welchen – unter Umständen von den normalen Betriebsbedingungen stark abweichenden – Umgebungsbedingungen das Brandschutzsystem und somit auch die Brandsensoren funktionstauglich sein müssen. Die entsprechende Umsetzung ist im Freigabeverfahren sicherzustellen.

### aus 3.7.1 Erdbeben Gefährdungsannahmen

#### *Empfehlung 6*

Die Untersuchungen zur Bestimmung der Erdbebengefährdung der schweizerischen Kernkraftwerke (PEGASOS Refinement Project) sind zeitnah zu einem Abschluss zu bringen und die massgebenden Erdbebengefährdungen durch das ENSI festzulegen.

### aus 3.9 Brennelementbecken-Kühlsystem

#### *Empfehlung 7*

Das gemäss Grobkonzept für die Brennelementbecken-Notfallkühlung vorgesehene Betriebskonzept mit Flanschen und Verbindungsschläuchen, die im Anforderungsfall im Vor- und Rücklauf der Brennelementbecken-Notfallkühlung zu montieren sind, ist sicherheitsgerichtet zu überprüfen.

### aus 3.10 Notnachspeisung in den Reaktordruckbehälter

#### *Empfehlung 8*

Der Armaturenschacht ist mit einer Brandschutzanlage auszurüsten.

---

Diese Stellungnahme wurde von der KNS in ihrer 85. Sitzung (27. August 2015)<sup>7</sup> verabschiedet.

Brugg, 31. August 2015

Eidgenössische Kommission  
für nukleare Sicherheit

Der Präsident

sign. Dr. B. Covelli

Geht an: Eidgenössisches Nuklear-Sicherheitsinspektorat ENSI

z.K. an: Bundesamt für Energie (BFE)

---

<sup>7</sup> Datum korrigiert am 03.12.2015

## Referenzen

- [ENSI St-LZB 2012] Sicherheitstechnische Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg; ENSI 11/1700; Brugg, 20. Dezember 2012 (intern KNS 11/292)
- [ENSI St1-RLZ 2013] Forderungen des ENSI im Hinblick auf die endgültige Ausserbetriebnahme des Kernkraftwerks Mühleberg im Jahr 2019; ENSI 11/1842; Brugg, 14. November 2013 (intern KNS-02565.1)
- [ENSI Vf1-RLZ 2013] Verfügung im Hinblick auf die endgültige Ausserbetriebnahme des KKM im Jahr 2019; ENSI, Brugg, 14. November 2013 (intern KNS-02565)
- [ENSI St-PSÜ 2013] Sicherheitstechnische Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2010 des Kernkraftwerks Mühleberg; ENSI 11/1864; Brugg, 12. Dezember 2013
- [ENSI St2-RLZ 2015] Forderungen des ENSI für den Weiterbetrieb des KKM bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme 2019; ENSI 11/1999; Brugg, 23. Januar 2015 (intern KNS-02683)
- [ENSI Brf 2015] Zustellung der ENSI-Stellungnahme zur EABN2019 des KKM; Brief an KNS; ENSI, Brugg, 10. Februar 2015 (intern KNS-02683.1)
- [ENSI Antw 2015] Antworten des ENSI zu den Fragen der KNS in Bezug auf die Stellungnahme ENSI 11/1999; ENSI 11/2045; Brugg, 10. Juni 2015 (intern KNS-02683.3)
- [KKM ISB 2014] Integrale Sicherheitsbewertung der geplanten Nachrüstmassnahmen unter Berücksichtigung der verbleibenden Betriebsdauer bis Ende 2019; Aktennotiz AN-AM-2014/034; BKW Energie AG, KKM, 02.06.2014 (intern KNS-02677)
- [KKM NRM 2014] Nachrüstmassnahmen für EABN2019; Aktennotiz AN-AM-2014/076 Rev. a; BKW Energie AG, KKM, 24.10.2014 [Revision A der Erstfassung vom 27.06.2014, erstellt in Reaktion auf eine Nachforderung des ENSI aufgrund der Grobprüfung] (intern KNS-02677.1)
- [KNS FFM 2012] Reaktorkatastrophe von Fukushima – Folgemassnahmen in der Schweiz; KNS-AN-2435; Brugg, 28. März 2012
- [KNS LZB 2013] Langzeitbetrieb Kernkraftwerk Mühleberg; Stellungnahme der KNS; KNS 11/292.5; KNS, Brugg, 24. Oktober 2013
- [KNS Frgn 2015] Fragen der KNS zur ENSI-Stellungnahme: „Forderungen des ENSI für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) im Jahr 2019“; KNS-02683.2; Brugg, 5. Mai 2015
- [TÜVS FSM 2012] Diversitäre Füllstandsmessung in Anlagen mit Siedewasserreaktor in Deutschland; IS-ETA 5-MUC; TÜV-Süd, München, 28.07.2012 (intern KNS 11/292.8)

## Abkürzungen

BEB	Brennelementbecken
BKW	Bernische Kraftwerke AG
CDF	Core Damage Frequency Kernschadenshäufigkeit
DIWANAS	Diversitäre Wärmesenke und Nachwärmeabfuhrsystem (im Hinblick auf den unbefristeten Langzeitbetrieb im KKM vorgesehene Nachrüstprogramm)
EABN[JJJJ]	endgültige Ausserbetriebnahme [im Jahr JJJJ]
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
FDF	Fuel Damage Frequency Brennstoffschadenshäufigkeit
IAEA	International Atomic Energy Agency Internationale Atomenergie-Organisation
KEG	Kernenergiegesetz (SR 732.1)
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit
PEGASOS	Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
RDB	Reaktordruckbehälter
RG	Reaktorgebäude
SR	Systematische Sammlung des Bundesrechts
SUSAN	Spezielles, unabhängiges System zur Abführung der Nachzerfallswärme (Notstandssystem im KKM)



Eidgenössische Kommission  
für nukleare Sicherheit  
Gaswerkstrasse 5  
5200 Brugg  
Schweiz / Switzerland

Telefon +41 58 481 86 86  
[contact@kns.admin.ch](mailto:contact@kns.admin.ch)  
[www.kns.admin.ch](http://www.kns.admin.ch)