



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

Oktober 2013

---

# **Langzeitbetrieb Kernkraftwerk Mühleberg Stellungnahme der KNS**

---

KNS 11/292.5



## Zusammenfassung

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) nahm am 6. November 1972 seinen kommerziellen Betrieb auf. Die der ursprünglichen Auslegung mit damaligen Annahmen zugrunde gelegte Nutzungsdauer von 40 Jahren wurde somit Ende 2012 erreicht. Im Hinblick auf die Fortführung des Betriebs über diesen Zeitpunkt hinaus (sogenannter Langzeitbetrieb) hat das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) eine Stellungnahme verfasst. Mit dem vorliegenden Dokument nimmt die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) zum erwähnten Bericht des ENSI Stellung.

Die KNS stellt fest, dass das ENSI in seiner Stellungnahme die für den Langzeitbetrieb relevanten Fragestellungen aufgreift. Im vorliegenden Dokument werden im Wesentlichen die Themen behandelt, zu denen die KNS aufgrund der ENSI-Stellungnahme Fragen an das ENSI gestellt hat und die in einem Informationsaustausch zwischen ENSI und KNS erörtert wurden. Diese Themen sind im Einzelnen von unterschiedlicher Bedeutung für die Sicherheit. Die in der vorliegenden Stellungnahme von der KNS dazu festgehaltenen Kommentare, Anregungen, Erwartungen oder Empfehlungen betreffen mehrheitlich die Sicherheit von Kernkraftwerken im Allgemeinen, in einigen Fällen das KKM im Speziellen.

Hinsichtlich des Langzeitbetriebs des KKM unterstützt die KNS generell die Forderungen des ENSI. Aufgrund der zu erwartenden Risikoverminderung im auslegungsüberschreitenden Bereich beurteilt die KNS die Realisierung einer diversitären Wärmesenke und die ausserhalb des Kernenergie-Aufsichtsbereichs liegende Verstärkung der Stauanlage des Wasserkraftwerks Mühleberg als wichtig. Sie geht davon aus, dass das KKM mit diesen Massnahmen den gesetzlichen Richtwert für die Kernschadenshäufigkeit im Rahmen der Nachrüstpflicht erreicht (unter  $10^{-5}$  pro Jahr). Ausserdem sind für die KNS auch die diversitäre Auslösung der Kühlmittelspeisung in den Reaktordruckbehälter (z.B. auf Basis einer diversitären Füllstandsmessung) sowie die geforderten Analysen zum Integritätsnachweis des Reaktordruckbehälters und des geforderten Konzepts zur Beurteilung des Materialzustands des Primärcontainments von grosser Bedeutung. In Bezug auf den Kernmantel sind die Beurteilung durch das ENSI und die Vorgehensweise nach Auffassung der KNS nachvollziehbar und werden von der KNS unterstützt.

Im Übrigen erachtet die KNS die verschärften Vorgaben für die deterministischen Störfallanalysen als konsequente Schlussfolgerungen aus dem Unfall von Fukushima und begrüsst das Vorgehen des ENSI. Sie nimmt befriedigt zur Kenntnis, dass die Erdbebensicherheit der Stauanlagen, in deren Einflussbereich das KKM steht, den Anforderungen des ENSI im Rahmen der Auslegung genügt. Sodann anerkennt die KNS den Beitrag zur Erhöhung der Anlagensicherheit, der mit Nachrüstungen zum Schutz der Ebene -11 m im Reaktorgebäude und somit der dort untergebrachten Sicherheitseinrichtungen erbracht worden ist; sie begrüsst weitere Verbesserungen in diesem Punkt, die aufgrund einer Forderung des ENSI im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2010 im Gang sind.

Die KNS kommt unter Berücksichtigung aller ihr bekannten Gegebenheiten zum Schluss, dass der Betrieb des KKM aus sicherheitstechnischer Sicht über 40 Jahre Nutzungsdauer hinaus fortgeführt werden kann, falls die vom ENSI geforderten Verbesserungen zeitgerecht umgesetzt und die Empfehlungen, Anregungen und Kommentare 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	ENSI-Stellungnahme zum Langzeitbetrieb KKM	1
1.2	Zum vorliegenden Dokument	1
<b>2</b>	<b>Alterungsmanagement</b>	<b>2</b>
	Alterungsmanagement und Instandhaltung: Ersatz	2
2.1	Mechanische Komponenten	3
	Neue Revision des KATAM	3
	Thermomechanische Beanspruchungen	4
2.2	Bauwerke	4
	Überwachung unzugänglicher Strukturen	4
	Hinweise auf Alkali-Aggregat-Reaktion?	5
<b>3</b>	<b>Erneuerung der zeitlich befristeten Nachweise</b>	<b>6</b>
3.1	Werkstoffzustand Reaktordruckbehälter	6
	Material der Bestrahlungsproben und Materialeigenschaften im Bereich von Schweissnähten	6
3.2	Integrität des Reaktordruckbehälters	7
	Verbindung von Plattierung und Grundmaterial	7
3.3	Integrität des Kernmantels	7
	Frist für Stabilisierungsmassnahmen am Kernmantel	7
3.4	Ermüdungssicherheit von Behältern und Rohrleitungen	8
	Vibrationen	8
3.5	Integrität der Stahldruckschale des Containments	9
<b>4</b>	<b>Sicherheitsstatus aus deterministischer Sicht</b>	<b>10</b>
	Vorgaben zu den deterministischen Störfallanalysen aufgrund des Unfalls von Fukushima Daiichi	10
	Absperrbare Hilfskühlwasserversorgung zum Reaktorgebäude	11
4.1	Vorsorge gegen externe Ereignisse	12
	Hochwasserschutz	12
	Erdbebenvorsorge	13
	Kombination von Erdbeben und externer Überflutung: Erdbebennachweise im Aufsichtsbereich ENSI vs. Stauanlagenaufsicht	13
4.2	Stand der Nachrüsttechnik	15
	Begriff „Stand der Nachrüsttechnik“	15
	Füllstand im Reaktordruckbehälter	16
	Projekt DIWANAS	17
	Sicherheit gegen Aufschwimmen des Reaktor- und des SUSAN-Gebäudes	20
<b>5</b>	<b>Gesamtbeurteilung</b>	<b>21</b>
	Unterstützung der Forderungen des ENSI	21
	Weitere Kommentare und Anregungen der KNS	23
	Schlusskommentar	24
	<b>Referenzen</b>	<b>27</b>
	<b>Abkürzungen</b>	<b>29</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 ENSI-Stellungnahme zum Langzeitbetrieb KKM

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) nahm am 6. November 1972 seinen kommerziellen Betrieb auf. Die der ursprünglichen Auslegung mit damaligen Annahmen zugrunde gelegte Nutzungsdauer von 40 Jahren wurde somit Ende 2012 erreicht. Im Hinblick auf die Fortführung des Betriebs über diesen Zeitpunkt hinaus (sogenannter Langzeitbetrieb) hat das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) eine Stellungnahme verfasst:

*Sicherheitstechnische Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg*; ENSI 11/1700; Brugg, 20. Dezember 2012  
(kurz: ENSI-Stellungnahme) [ENSI KKM-LZB 2012]

Darin beurteilt das ENSI die technischen Voraussetzungen für einen sicheren Betrieb des KKM über 40 Jahre hinaus. Dabei konzentriert sich das ENSI insbesondere darauf, dass die in der Schweiz gesetzlich festgelegten Ausserbetriebnahmekriterien<sup>1</sup> in absehbarer Zukunft nicht erreicht werden und dass der Bewilligungsinhaber der Anforderung nachkommt, die Anlage nachzurüsten, soweit dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüsttechnik notwendig ist und darüber hinaus, soweit dies zur weiteren Verminderung der Gefährdung beiträgt und angemessen ist.<sup>2</sup> Zusätzlich zu den gesetzlichen Grundlagen in der Schweiz beachtet das ENSI bei der Beurteilung auch die Anforderungen der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) sowie Erfahrungen aus dem Betrieb von Kernanlagen, insbesondere auch Erkenntnisse aus dem Unfall im Kernkraftwerk (KKW) Fukushima Daiichi.

Die Beurteilung durch das ENSI bezieht sich insbesondere auf die Ende 2010 vom KKM eingereichten Unterlagen für die Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) sowie vom ENSI zusätzlich eingeforderte, in der ersten Jahreshälfte 2011 eingereichte Sicherheitsbewertungen und Nachweise zum Langzeitbetrieb. Ausserdem reichte das KKM Ende 2011 ein überarbeitetes Instandhaltungskonzept für den Kernmantel sowie Mitte 2012 ein umfassendes Nachrüstkonzept für eine diversitäre Wärmesenke und ein zusätzliches Nachwärmeabfuhrsystem ein. Schliesslich musste das KKM im Nachgang zum Unfall im KKW Fukushima Daiichi die Auslegung hinsichtlich Erdbeben und Überflutung, die Sicherheit der Kühlwasserversorgung und die Auslegung der Brennelementbeckensysteme überprüfen und entsprechende Nachweise und Dokumentationen einreichen. Auch auf diese Ergebnisse wird in der ENSI-Stellungnahme Bezug genommen; in der ENSI-Stellungnahme sind diese Unterlagen unter „1.2 Eingereichte Dokumente“ allerdings nicht aufgeführt.

## 1.2 Zum vorliegenden Dokument

Mit dem vorliegenden Dokument nimmt die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) zum obgenannten Bericht des ENSI Stellung. Zu diesem Zweck hat sich die KNS mit der ENSI-Stellungnahme zum Langzeitbetrieb KKM befasst und aufgrund der internen Besprechung Fragen an das ENSI formuliert [KNS KKM-F 2013]. Das ENSI beantwortete diese Fragen in zwei KNS-Sitzungen und reichte die Antworten auch schriftlich nach [ENSI KKM-Aw1 2013] [ENSI KKM-Aw2 2013]. In der Folge wurden seitens der KNS zu drei Themenkreisen Rückfragen gestellt [KNS KKM-RF 2013]; diese wurden vom ENSI schriftlich beantwortet [ENSI KKM-RAw 2013].

---

<sup>1</sup> Verordnung des UVEK über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken (SR 732.114.5)  
UVEK Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

<sup>2</sup> Art. 22 Abs. 2 Bst. h Kernenergiegesetz (KEG; SR 732.1)

Die Struktur der vorliegenden KNS-Stellungnahme widerspiegelt diese Vorgehensweise, indem im Wesentlichen die Fragestellungen seitens der KNS und die zugehörigen Antworten des ENSI wiedergegeben sind, gefolgt von einem KNS-Kommentar. Fragen und Antworten, die nur der Informationsvermittlung an die KNS dienen, sind im vorliegenden Dokument weggelassen. Abschliessend wird eine zusammenfassende Beurteilung festgehalten.

Die Gliederung der KNS-Stellungnahme richtet sich im Wesentlichen nach den Sachkapiteln der ENSI-Stellungnahme zum Langzeitbetrieb KKM.

## 2 Alterungsmanagement

Massgebendes Element des Alterungsmanagements in den schweizerischen Kernkraftwerken sind die auf eine behördliche Forderung hin in den 90er Jahren aufgebauten Alterungsüberwachungsprogramme (AÜP). Im Wesentlichen werden im Rahmen der AÜP die bekannten Alterungsmechanismen erfasst und in sogenannten Steckbriefen allen sicherheitsrelevanten Komponenten und Baustrukturen zugeordnet. In den Instandhaltungsprogrammen für diese Komponenten und Baustrukturen werden dann entsprechende Prüfungen durchgeführt und bei festgestellten Abweichungen geeignete Massnahmen getroffen. Die AÜP sind in die drei Sparten Bautechnik, Elektro- und Leittechnik sowie Maschinenteknik gegliedert, um den unterschiedlichen Gegebenheiten in diesen Bereichen mit angepassten Vorgehensweisen Rechnung zu tragen. Die Struktur und die Grundlagendokumente der AÜP wurden gemeinsam von Arbeitsgruppen aller schweizerischer KKW im Rahmen der Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter (GSKL) erstellt und werden in dieser Kooperation unterhalten.

### Alterungsmanagement und Instandhaltung: Ersatz

Im Rahmen der Instandhaltung kann ein Ersatz mit Komponenten oder Systemen notwendig werden, welche u.U. nicht nach den ursprünglich anwendbaren, sondern nach aktuellen, allgemein gültigen Zulassungsnormen hergestellt werden.

Frage KNS            Wie wird bei Änderungen der Zulassungsnormen vorgegangen?

Antwort ENSI        *Ersatzkomponenten und Ersatzteile, die der Bewilligungsinhaber im Lager zum Einsatz bereit hält, und die nach den bei der Beschaffung gültigen Normen und Standards hergestellt sind, können ohne Genehmigung vom ENSI und SVTI-N<sup>3</sup> in die Anlage eingebaut werden (Besitzstandswahrung). Der Bewilligungsinhaber hat den Ersatz im Monatsbericht dem ENSI zu melden.*

*Falls Ersatzteile neu beschafft werden, sind die Anforderungen in Kap. 5.2.2 der Richtlinie ENSI-B06<sup>4</sup> Revision 2 zu erfüllen:  
Ist die Auslegungsspezifikation älter als 5 Jahre, so ist vor der Beschaffung zu prüfen, ob die Spezifikation den Stand der Technik erfüllt („Delta-Vergleich“). Die Überprüfung ist zu dokumentieren. Falls die Auslegungsspezifikation erneuert werden muss, ist sie zur Freigabe bei der Aufsichtsbehörde einzureichen (=Änderung: Richtlinie ENSI-G11)<sup>5</sup>.*

---

<sup>3</sup> SVTI-N            Nuklearinspektorat des Schweizerischen Vereins für technische Inspektionen (SVTI)

<sup>4</sup> Richtlinie ENSI-B06 *Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Instandhaltung*

<sup>5</sup> Eine Änderung in der Spezifikation von Systemen, Strukturen und Komponenten hat zur Folge, dass im Sinn des Wortgebrauchs des Regelwerks ein *Ersatz* zu einer (anlagentechnischen) *Änderung* wird. Für deren Umsetzung ist ein entsprechendes Freigabeverfahren zu durchlaufen. Im Bereich der sicherheitstechnisch klassierten Behälter und Rohrleitungen gelten dafür die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G11 (*Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Planung, Herstellung und Montage*).

*Weiterhin gilt immer:*

*Für die Herstellung von Ersatzkomponenten und sicherheitsrelevanter Ersatzteile sind die Vorprüfunterlagen gemäss Richtlinie ENSI-G11 dem Sachverständigen rechtzeitig vor der Herstellung zur Prüfung einzureichen.*

Die KNS begrüsst, dass Ersatzbeschaffungen auf Basis von aktuellen, dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechenden Spezifikationen erfolgen. In der Umsetzung führen Spezifikationsänderungen an sicherheitsklassierten Systemen, Strukturen und Komponenten dazu, dass ein Freigabeverfahren zu durchlaufen ist. Dies kann zu Verzögerungen bei der Umsetzung moderner Normen führen, welche den aktuellen Stand der Technik darstellen und in der Regel auch im Interesse der Sicherheit anzuwenden sind. Im Interesse einer zeitgerechten Umsetzung ist soweit möglich zu vermeiden, dass der Genehmigungsprozess für Änderungen zu administrativ bedingten Verzögerungen führt. Ein effizientes Verfahren für die aufsichtsrechtliche Abwicklung von Änderungen ist deshalb nötig. Gleichzeitig ist aber auch sicherzustellen, dass bei den Änderungen die Auslegungsbasis mit den zu erfüllenden Funktionen und Randbedingungen vollständig berücksichtigt ist.

## 2.1 Mechanische Komponenten

### Neue Revision des KATAM

Das Referenzdokument für die möglichen Schadensformen von mechanischen Komponenten ist der *Katalog von Alterungsmechanismen von mechanischen Ausrüstungen* (KATAM). Die aktuelle Revision 4 erschien Ende 2011, also nach Einreichen der Dokumente, welche der ENSI-Stellungnahme zum Langzeitbetrieb zugrunde liegen. Das ENSI hält in seiner Stellungnahme denn auch fest, dass alle Steckbriefe auf der Grundlage des aktuellen KATAM hinsichtlich der zu berücksichtigenden Alterungsmechanismen zu überprüfen sind [ENSI KKM-LZB 2012, S. 11]. Wegen der besonders grossen sicherheitstechnischen Bedeutung des Reaktordruckbehälter (RDB) und des Primärcontainments stellte die KNS dazu die folgende Frage.

Frage KNS      Ergeben sich aufgrund der neuesten Revision des KATAM Änderungen in den Steckbriefen für den Reaktordruckbehälter (RDB) und das Primärcontainment?

Antwort ENSI      *Grundsätzlich ergeben sich keine neuen zu berücksichtigenden Alterungsmechanismen. Die wichtigsten Alterungsmechanismen für den RDB und das Primärcontainment sind aus der bisherigen Alterungsüberwachung gut bekannt (Neutronenversprödung und thermomechanische Ermüdung für den RDB sowie Korrosion für die Stahldruckschale). Das ENSI erwartet jedoch, dass neben dem KATAM-Katalog noch weitere aktuelle interne und externe Erfahrungsmeldungen zur Verfolgung des Standes von Wissenschaft und Technik bei der aktuellen Überarbeitung der Steckbriefe berücksichtigt werden. Für das Primärcontainment hat das ENSI im Rahmen seiner Stellungnahme zum Langzeitbetrieb ein erweitertes Instandhaltungskonzept gefordert (erweiterte Prüfungen gemäss Forderung 4.7-1 der ENSI-Stellungnahme).*

Die KNS unterstützt die Erwartungen des ENSI und geht davon aus, dass alle verfügbaren Erfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnisse zeitnah in die Steckbriefe aufgenommen werden. Gemäss Richtlinie ENSI-B01<sup>6</sup> sind die AÜP-Unterlagen und -Dokumente spätestens alle zehn Jahre zu revidieren. Angesichts des Alters des Kernkraftwerksparks in der Schweiz regt die KNS an, eine Verkürzung dieser Frist zu prüfen.

<sup>6</sup> Richtlinie ENSI-B01 *Alterungsüberwachung*

## Thermomechanische Beanspruchungen

In der ENSI-Stellungnahme werden grosse Sicherheitszuschläge zur Zeit der Konstruktion des KKM als Grund dafür angeführt, dass der Materialzustand für die meisten Komponenten des KKM noch erhebliche Sicherheitsreserven aufweise [ENSI KKM-LZB 2012, S. 11]. Klassische Sicherheitszuschläge sind bei direkten mechanischen Einwirkungen (Festigkeit, Verschleiss) wirksam, bei anderen Alterungsmechanismen aber nicht.

Fragen KNS      Wie wird das Auftreten von thermomechanischen Problemen ausgeschlossen?  
Wie wird bei vorhandenen thermomechanischen Schäden das künftige Verhalten beurteilt?

Antwort ENSI    *Die ermüdungsrelevanten Komponenten sind der Ermüdungsüberwachung gemäss Richtlinie ENSI-B01<sup>6</sup> unterstellt. Treten während des Betriebs thermomechanische Beanspruchungen auf, welche durch die Auslegung nicht abgedeckt sind, ist die Vorgehensweise in Anhang 6 der Richtlinie ENSI-B01 festgelegt. Die betroffenen Komponenten sind in die Ermüdungsüberwachung einzubeziehen, wobei jährlich der Erschöpfungsgrad auszuweisen ist. Beim Überschreiten bestimmter Grenzwerte hat der Betreiber geeignete Massnahmen zu ergreifen.*

*Stützeninnenkanten und Schweissnähte, welche häufigen thermischen Zyklen oder besonderen Ermüdungsbelastungen wie Temperaturschichtungen oder Kalteinspeisungen unterworfen sind, sind im Rahmen der Wiederholungsprüfprogramme gemäss Festlegung NE-14<sup>7</sup> für die Sicherheitsklassen 1 und 2 zu 100% prüfpflichtig.*

Die KNS stimmt zu, dass bei lückenloser Einhaltung der erwähnten Vorgaben sicherheitsrelevante thermomechanische Probleme ausgeschlossen werden können. Sie weist aber auf die Schwierigkeit hin, nieder- oder hochfrequente Beanspruchungen zu erkennen, insbesondere jene, „welche durch die Auslegung nicht abgedeckt sind.“ Für die systematische Lokalisierung der Anlageteile, die möglicherweise von solchen Beanspruchungen betroffenen sind, empfiehlt die KNS sicherzustellen, dass Methoden der Betriebsüberwachung nach Stand von Wissenschaft und Technik angewendet werden, wobei auch Erfahrungen aus dem nicht-nuklearen Bereich zu berücksichtigen sind.

## 2.2 Bauwerke

### Überwachung unzugänglicher Strukturen

Im Rahmen der Alterungsüberwachung bzw. der Instandhaltung ist auch der auslegungsgemässe Zustand der Bauwerke periodisch zu überprüfen und nötigenfalls wieder herzustellen. In der Beurteilung des ENSI wird die Überwachung von nicht zugänglichen Stellen angesprochen, insbesondere die Betonstrukturen, welche den unteren Teil der Stahldruckschale des Primärcontainments erfassen.

Frage KNS      Welche Überlegungen führen zur Beurteilung, dass die eingeleiteten Massnahmen zur Überwachung der unzugänglichen Bauteile zweckmässig sind?

---

<sup>7</sup> Festlegung NE 14 Wiederholungsprüfungen von nuklear abnahmepflichtigen mechanischen Komponenten der Sicherheitsklassen 1 bis 4; Revision 6, 01.01.2005; SVTI Nuklearinspektorat, Wallisellen



Antwort ENSI *Ausgehend von Überlegungen der Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Mühleberg (KKM) wurden in der neusten Revision des GSKL-Leitfadens für Bautechnik-Steckbriefe folgende Vorgaben zur Überwachung von schwer oder nicht zugänglichen Bauteilen gemacht:*

- *Schwer oder nicht zugängliche Baustrukturen sollen ingenieurmässig indirekt beurteilt werden, d.h. anhand von allgemeinen Informationen sowie Inspektions- und Messergebnissen von in der Nähe liegenden und vergleichbar belasteten zugänglichen Bauteilen.*
- *Da direkte Sonderinspektionen (z.B. Ausgrabung bei Grundwasserabdichtungen oder Beton hinter Stahllinern) die betroffenen Bauteile gefährden können, sollen diese Inspektionen nur im Bedarfsfall, d.h. bei Anzeichen von vorhandenen Schäden, durchgeführt werden.*

*Mit diesem Vorgehen können potenzielle Schäden entdeckt und bei Bedarf instandgesetzt werden.*

*Für das KKM bestand bisher keine Notwendigkeit, das Containment für eventuelle Nachrüstmassnahmen öffnen zu müssen, wie das beispielsweise im KKB für den Austausch der Dampferzeuger 1993 und 1999 erfolgt ist. In den Neunzigerjahren wurde die Kuppel des Reaktorgebäudes neu abgedichtet. Im Rahmen der SUSAN<sup>8</sup> Nachrüstung sind für neue Leitungen zur externen Bespeisung des Brennelementlagerbeckens Bohrungen durch das Betoncontainment ausgeführt worden. Abgesehen davon befindet sich das Betoncontainment des KKM noch im Originalzustand.*

Die KNS beurteilt das geschilderte Vorgehen als anerkannten Stand der Technik. Sie weist aber darauf hin, dass indirekte, ingenieurmässige Beurteilungen fallweise sehr anspruchsvoll sein können und mit Unsicherheiten verbunden sind. Um längerfristig (und auch für andere Anlagen) möglichst objektive Beurteilungsgrundlagen zur Verfügung zu haben, empfiehlt die KNS, im Rahmen der regulatorischen Forschung die Entwicklung und Anwendung zweckmässiger zerstörungsfreier Prüfmethode zu fördern. Vgl. dazu auch Abschnitt 3.5.

### **Hinweise auf Alkali-Aggregat-Reaktion?**

Bei verschiedenen älteren Beton-Bauwerken (nicht auf Kernanlagen bezogen) treten Probleme aufgrund der Alkali-Aggregat-Reaktion auf. In der ENSI-Stellungnahme sind keine Hinweise auf entsprechende Abklärungen ersichtlich.

Frage KNS Sind im KKM (und in den anderen schweizerischen KKW) Abklärungen hinsichtlich Alkali-Aggregat-Reaktion im Beton durchgeführt worden?

Antwort ENSI *Bei der Alkali-Aggregat-Reaktion im Beton reagiert das alkalische Porenwasser mit Bestandteilen der Gesteinskörnung (Kieszuschlag). Diese Reaktion führt zu Ausdehnungen im Beton. Ist die Ausdehnung behindert, werden Zwangskräfte erzeugt und es können Risse im Beton entstehen. Alle schweizerischen KKW haben u.a. auch kalkhaltige Gesteinskörner im Beton, was jedoch keinen Rückschluss zulässt auf eine erhöhte Anfälligkeit hinsichtlich Alkali-Aggregat-Reaktion. Für diese Reaktion müssen mindestens die drei folgenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein:*

- *permanente und ausreichende Feuchtigkeit,*
- *hoher wirksamer Alkaligehalt in der Porenlösung,*
- *reaktive Gesteinskörnung.*

---

<sup>8</sup> SUSAN Spezielles, unabhängiges System zur Abführung der Nachzerfallswärme (Notstandssystem)

*Die Baustrukturen des KKM und der anderen schweizerischen KKW werden periodisch und systematisch auf Schäden infolge Alkali-Aggregat-Reaktion untersucht, wobei derartige Schäden bisher noch nicht beobachtet wurden. Dies ist insbesondere dadurch zu erklären, dass die Bauteile von Kernanlagen im Gegensatz zu Stauanlagen nicht permanent der Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Alle Bauteile im Grundwasser sind mit Abdichtungen geschützt.*

Die KNS nimmt befriedigt zur Kenntnis, dass bei den schweizerischen KKW bisher keine Anzeichen für eine Alkali-Aggregat-Reaktion im Beton beobachtet wurden.

### **3 Erneuerung der zeitlich befristeten Nachweise**

#### **3.1 Werkstoffzustand Reaktordruckbehälter**

##### **Material der Bestrahlungsproben und Materialeigenschaften im Bereich von Schweissnähten**

Die intensive Bestrahlung des Reaktordruckbehälters (RDB) mit Neutronen führt zu einer Versprödung des Materials. Um die Entwicklung der Materialeigenschaften zu verfolgen, werden im RDB Materialproben so positioniert, dass sie einer intensiveren Bestrahlung ausgesetzt sind als die Wand des RDB. In bestimmten Zeitabständen wird ein Probensatz zerstörend geprüft.

Die Proben bestehen aus denselben Werkstoffen wie die im Reaktordruckbehälter eingesetzten Grund- und Schweisswerkstoffe. Eine allfällige Materialschwächung durch Schweissungen tritt jedoch häufig im Übergangsbereich zwischen Grundmaterial und eigentlicher Schweissnaht auf, der sogenannten Wärmeeinflusszone.

Frage KNS            Wie kann aufgrund der Materialproben auf den Zustand des gesamten Bereiches der Schweissnähte, also auch der Misch- oder Übergangszonen geschlossen werden?

Antwort ENSI        *Die Probensätze des Bestrahlungsüberwachungsprogramms enthalten normgerechte Proben der originalen RDB-Materialien von Grundmaterial, Schweissgut und Wärmeeinflusszone. Die Werkstoffreaktion der Neutronenbestrahlung hängt im Wesentlichen von der chemischen Zusammensetzung des Stahles ab, deshalb beziehen sich die Versprödungsmodelle speziell darauf. Ergebnisse aus internationalen Projekten haben zudem bestätigt, dass das Materialverhalten der Proben der Wärmeeinflusszone durch die Proben des Schweissgutmaterials abgedeckt ist. Demzufolge fordert das Regelwerk Prüfungen an Proben des Grundmaterials und des Schweissguts. Damit ist das Versprödungsverhalten aller Zonen der Schweissnaht abgedeckt.*

Die KNS nimmt zur Kenntnis, dass das Materialverhalten der Proben der Wärmeeinflusszone durch das Verhalten der Proben des Schweissgutmaterials abgedeckt ist, d.h. dass sich die Wärmeeinflusszone unter Neutronenbestrahlung günstiger entwickelt als das Schweissgutmaterial. Ausserdem nimmt die KNS befriedigt zur Kenntnis, dass auch Materialproben der Wärmeeinflusszone vorhanden sind.

### 3.2 Integrität des Reaktordruckbehälters

#### Verbindung von Plattierung und Grundmaterial

Der Reaktordruckbehälter (RDB) besteht aus legiertem Kohlenstoffstahl und ist innenseitig mit Edelstahl plattiert. Das Grundmaterial aus Kohlenstoffstahl gewährleistet die notwendige Festigkeit und wird durch die Plattierung aus Edelstahl gegen das praktisch reine Wasser im Primärsystem geschützt. Reines Wasser ist bei den vorherrschenden Betriebstemperaturen sehr korrosiv. Die Plattierung muss mechanisch so beschaffen sein, dass kein Wasser an den Kohlenstoffstahl gelangt.

Frage KNS        Wie wird ermittelt, ob die Verbindung zwischen Plattierung und Grundmaterial nach wie vor einwandfrei ist?

Antwort ENSI    *Die Prüfung auf eine lokale Delamination der Plattierung vom Grundmaterial ist bei den Ultraschall-Prüfungen des Reaktordruckbehälters im Rahmen des Wiederholungsprüfprogramms im Bereich der Rundnähte sowie der Stutzeinschweisnähte und der Stutzeninnenkanten inbegriffen. Bisher sind keine wesentlichen Auffälligkeiten aus diesen Prüfungen bekannt. Bei den visuellen Prüfungen im Reaktordruckbehälter mittels Kamerasystemen können Schädigungen der Plattierung gut erkannt werden.*

Nach Auskunft des ENSI sind die visuellen Prüfungen belastbar, weil von Schadensstellen gut sichtbare, rostfarbene „Ausblutungen“ ausgehen würden.

Die KNS geht davon aus, dass der Unversehrtheit der Plattierung die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt wird und die Überwachungsmethoden laufend den neuesten Erkenntnissen angepasst werden.

### 3.3 Integrität des Kernmantels

#### Frist für Stabilisierungsmassnahmen am Kernmantel

Der Kernmantel ist im Wesentlichen eine rohrförmige Schweisskonstruktion (Durchmesser ca. 3 m, Höhe 7,3 m, Wandstärke 31 mm). Im Normalbetrieb wirkt er in erster Linie als Führungsrohr für die Kühlwasserumwälzung und übernimmt unkritische Haltefunktionen. Sicherheitstechnisch wichtigere Trag- oder Positionierungsfunktionen hat der Kernmantel bei Erdbeben und/oder beim Abriss einer Umwälz- oder Dampfleitung. Beim Abriss einer Umwälzleitung stellt der Kernmantel auch sicher, dass der Kern zu mindestens zwei Dritteln der Kernhöhe geflutet werden kann.

1990 wurden bei einer visuellen Inspektion erstmals Risse an Umfangs-Schweisnähten des Kernmantels festgestellt. Seitdem wurden die Risslängen periodisch gemessen. Seit 2011 steht dafür ein verbessertes Ultraschall-Prüfsystem zur Verfügung, das einen deutlich erhöhten Prüfumfang und eine sichere Tiefenbestimmung der vorhandenen Risse ermöglicht. 1996 wurden vier Zuganker montiert, welche die erwähnten Sicherheitsfunktionen auch unter Annahme von vollständig durchgerissenen Umfangs-Schweisnähten sicherstellen sollen. Seit 2000 werden zudem wasserchemische Massnahmen durchgeführt; damit soll die für die Risse ursächliche Spannungsrisskorrosion eingedämmt, d.h. das Wachstum der vorhandenen Risse verlangsamt und die Entstehung neuer Risse verhindert werden.

Für die struktur- und bruchmechanische Bewertung wird seit 2009 ein neues, auf der Finite-Elemente-Methode basierendes, modernes Modell angewendet. In den Berechnungen wird

die Wirkung der Zuganker nicht berücksichtigt. Sodann werden die Risse wanddurchdringend modelliert und zur Auswertung die Maxima der Spannungsintensitätsfaktoren über die Rissfront herangezogen, was nach Aussage von KKM teils erhebliche Konservativitäten beinhaltet. Laut ENSI konnte das KKM auf dieser Basis nachweisen, dass die oben erwähnten Funktionen des Kernmantels für die aktuelle und die in den nächsten Betriebsjahren zu erwartende Risskonfiguration vollumfänglich gewährleistet sind.

Im Hinblick auf einen Langzeitbetrieb erachtet das ENSI die Umsetzung des Instandhaltungskonzeptes als erforderlich, welches vom KKM mit Datum 23. Dezember 2011 eingereicht worden ist. Dazu gehören eine Verbesserung der bruchmechanischen Modellierung sowie eine einzelfehlerfeste und weniger korrosionsanfällige Zugankerkonstruktion, die sowohl hinsichtlich Materialfehlern wie auch der Vorspannung prüfbar ist. Mit Forderung 4.3-1 verlangt das ENSI, dass diese Stabilisierungsmassnahmen spätestens in der Jahresrevision 2017 umgesetzt werden.

Frage KNS            Warum wird für die Stabilisierungsmassnahmen am Kernmantel eine so lange Frist eingeräumt?

Antwort ENSI        *Das KKM hat auf entsprechende Forderungen des ENSI mit umfangreichen bruchmechanischen Analysen des Kernmantels reagiert. Diese Analysen werden mit einem sehr detaillierten Finite-Elemente-Modell durchgeführt. Die Modellierung beinhaltet mehrere Konservativitäten. Unter anderem wurden die Risse zunächst als wanddurchdringend modelliert. In neueren Berechnungen wird der Riss über den gesamten Umfang mit abdeckender Risstiefe abgebildet. Trotz der Konservativitäten im Modell konnte gezeigt werden, dass der Kernmantel auch im derzeitigen Zustand noch über erhebliche Sicherheitsreserven verfügt. Stabilisierungsmassnahmen sind deshalb kurz- oder mittelfristig nicht erforderlich. Die Zugankerkonstruktion stellt lediglich eine redundante Massnahme dar, für das äusserst unwahrscheinliche Szenario, dass der Kernmantel über den gesamten Umfang komplett durchzureissen droht.*

Die Vorgehensweise und die Beurteilung durch das ENSI sind nach Auffassung der KNS nachvollziehbar. Die KNS unterstützt die Forderung des ENSI im Hinblick auf den Langzeitbetrieb.

### **3.4 Ermüdungssicherheit von Behältern und Rohrleitungen**

#### **Vibrationen**

Laut ENSI-Stellungnahme werden neben den grossen Lasttransienten, die ab Betriebsaufnahme aufgezeichnet worden sind, seit 2008 auch thermohydraulisch bedingte hochzyklische Belastungen aufgezeichnet und bei Bedarf ausgewertet. Diese Thematik wurde in der vorliegenden Stellungnahme bereits in Abschnitt 2.1, Unterabschnitt *Thermomechanische Belastungen* angesprochen.

Daneben weist das ENSI in seiner Beurteilung [ENSI KKM-LZB 2012, S. 31 oben] darauf hin, dass Ermüdung „auch durch hochzyklische Beanspruchungen auftreten [kann], z.B. turbulente Mischströmungen oder Vibrationen, welche Messtechnisch weniger gut erfassbar sind.“ In der Tat sind Vibrationen insbesondere in den Rohrleitungssystemen von verfahrenstechnischen Anlagen (was im Prinzip ein Kernkraftwerk ebenfalls ist) eine bekannte Herausforderung. Als einziger konkreter Hinweis auf Vibrationsprobleme wird in der ENSI-Stellungnahme im Abschnitt 4.4 *Integrität der Kerneinbauten* der bereits 1974 erfolgte Austausch der Speisewasserverteileringe erwähnt [ENSI KKM-LZB 2012, S. 29 oben], „bei dem gleichzeitig die Situation bezüglich Vibrationen und thermischer Belastungen verbessert wurde.“

**Fragen KNS** Wird den denkbaren Auswirkungen von Vibrationen die nötige Aufmerksamkeit geschenkt?  
Ist für die vibrationsbelasteten Bauteile die Dauerwechselfestigkeit sichergestellt?

**Antwort ENSI** *Vibrationen werden im Anhang 6 der Richtlinie ENSI-B01 (A6.1 d.) als ermüdungsrelevantes Phänomen adressiert. Grundsätzlich sind durch Vibrationen beanspruchte Komponenten aufgrund der hohen Anzahl von Lastzyklen, die innerhalb kurzer Zeit erreicht werden, dauerschwingfest ausgelegt. Trotzdem ist es nicht völlig ausgeschlossen, dass im späteren Betrieb Vibrationen auftreten, die zum Zeitpunkt der Auslegung unberücksichtigt geblieben sind. Mögliche Ursachen können u.a. sein:*

- *Nachträgliche Änderung von Betriebsbedingungen, z.B. Leistungserhöhung,*
- *Folgeerscheinungen von übermässigen Verschleiss oder anderen Schäden,*
- *Unerkannte strömungsphysikalische Vorgänge (FIV, flow induced vibrations).*

*Sollten solche Schwingungen erkannt werden, die zu Spannungen oberhalb der Dauerschwingfestigkeit gemäss Designkurve führen, ist die betroffene Komponente entsprechend Richtlinie ENSI-B01 der Ermüdungsüberwachung zu unterstellen und ggf. sind geeignete weitere Massnahmen durchzuführen.*

*Schweisnähte grösser DN 50<sup>9</sup>, welche besonderen Ermüdungsbelastungen in Form von Vibrationen ausgesetzt sind, sind im Rahmen der Wiederholungsprüfprogramme gemäss NE-14<sup>7</sup> für die Sicherheitsklasse 2 zu 100% prüfpflichtig.*

Wie bereits für thermomechanische Belastungen (Abschnitt 2.1) weist die KNS auch hier auf die Schwierigkeit hin, alle jene Vibrationen zu erkennen, welche zu Materialermüdungen führen können. Die KNS räumt ein, dass die integrale Erfassung und Beherrschung von Schwingungen und Vibrationen in Anlagen bis auf Weiteres der Vorderfront der Forschung zugeordnet werden muss. Für den Langzeitbetrieb ist aus Sicht der KNS aber wichtig, dass Schwingungs- und Vibrationsproblemen die nötige Beachtung zukommt. Für die systematische Lokalisierung von entsprechend belasteten bzw. möglicherweise überlasteten Anlage-teilen empfiehlt die KNS sicherzustellen, dass Methoden der Betriebsüberwachung nach Stand von Wissenschaft und Technik angewendet werden, wobei auch Erfahrungen aus dem nichtnuklearen Bereich zu berücksichtigen sind.

### 3.5 Integrität der Stahldruckschale des Containments

Aus der Alterungsüberwachung sind mehrere relevante korrosive Schadensmechanismen bekannt, die an der Stahldruckschale des Containments wirksam sein können, insbesondere auch aufgrund von bekannten Leckagen aus dem Reaktorbecken. Für die Sandbettzone, über die das Drywell auf den unteren Baustrukturen des Reaktorgebäudes abgestützt wird, liegen nach Angaben des ENSI ungünstige Betriebserfahrungen aus vergleichbaren Anlagen vor. Vor allem diese Zone könnte durch nicht direkt erkennbare Korrosionsangriffe geschädigt werden. Das ENSI stellt fest, dass das KKM umfangreiche Abklärungen durchgeführt und Massnahmen zur Alterungsüberwachung des Containments getroffen hat; auch liegen die bisherigen Wandstärkenmessdaten am Primärcontainment deutlich über der Mindestanforderung des gesetzlichen Ausserbetriebnahmekriteriums.

<sup>9</sup> DN 50 [an Rohrleitungen mit] Nenndurchmesser 50 mm  
(ungefährer Innendurchmesser, je nach Nenndruckstufe und Werkstoffklasse)

Allerdings beurteilt das ENSI die Information zum aktuellen Zustand des Drywells sowie zur Korrosionsthematik für einen möglichen Langzeitbetrieb als nicht ausreichend abgesichert. Das ENSI sieht daher die Notwendigkeit, den Istzustand des Drywells auch in den bisher als unzugänglich eingestuften Bereichen des Drywells zukünftig besser erfassen zu können, und formuliert in diesem Sinn die Forderung 4.7-1 (siehe Auflistung in Abschnitt 5).

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. Vor allem im Hinblick auf die Beurteilung von unzugänglichen Teilen des Primärcontainments erachtet es die KNS als wichtig, möglichst objektive Beurteilungsgrundlagen zur Verfügung zu haben, auch längerfristig für die Beurteilung anderer Kernanlagen. Die KNS empfiehlt, im Rahmen der regulatorischen Forschung, die Entwicklung und Anwendung zweckmässiger zerstörungsfreier Prüfmethoden zu fördern. Vgl. dazu auch Abschnitt 2.2, Untertitel *Überwachung unzugänglicher Strukturen*.

## 4 Sicherheitsstatus aus deterministischer Sicht

### Vorgaben zu den deterministischen Störfallanalysen aufgrund des Unfalls von Fukushima Daiichi

In der ENSI-Stellungnahme wird an verschiedenen Textstellen [ENSI KKM-LZB 2012, z.B. S. 37, 40, 60, 67] darauf hingewiesen, dass die Störfallanalysen für Erdbeben, Hochwasser und erdbebenbedingtes Hochwasser aufgrund der aktuellsten Gefährdungsannahmen und der aus dem Unfallablauf von Fukushima gewonnenen Erkenntnisse aktualisiert worden seien.

Frage KNS            Welche „aus dem Unfallablauf von Fukushima gewonnenen Erkenntnisse“ sind, abgesehen von den Gefährdungsannahmen, gemeint?

Antwort ENSI        *Der Unfallablauf von Fukushima wurde ausgelöst durch ein sehr starkes Erdbeben mit nachfolgendem Tsunami. Die Naturkatastrophe führte zu einer grossflächigen Zerstörung der Infrastruktur. Für die deterministische Störfallanalyse wurde daher insbesondere eine lange Autarkiezeit (3 Tage) der KKW gefordert. Nachfolgend sind die zu unterstellenden Randbedingungen aufgelistet:*

- *Kombination Erdbeben/Überflutung*
- *Ausfall der externen Stromversorgung*
- *Einzelfehler, konservative Anfangs- und Randbedingungen, etc.*
- *Nachweis der Überführung in einen sicheren Zustand und des stabilen Haltens dieses Zustandes während mindestens 3 Tagen*
- *Keine Zuhilfenahme externer Notfallschutzmittel während mindestens 3 Tagen*
- *Ausfall der Flusswasser-Einlaufbauwerke bei fehlendem Nachweis der Verstopfungssicherheit*
- *Kühlung der Brennelement-Becken ist ohne Betreten des Beckenrands sicherzustellen*

Über die angepassten Gefährdungsannahmen für Erdbeben und Überflutung sowie die üblichen Vorgaben für deterministische Störfallanalysen hinaus (erste drei Punkte in obiger Liste) haben sich aufgrund des Unfalls von Fukushima die (in obiger Liste) letztgenannten vier verschärften Bedingungen ergeben. Die KNS erachtet diese Vorgaben als konsequente Schlussfolgerungen aus dem Unfall von Fukushima und begrüsst das Vorgehen des ENSI.

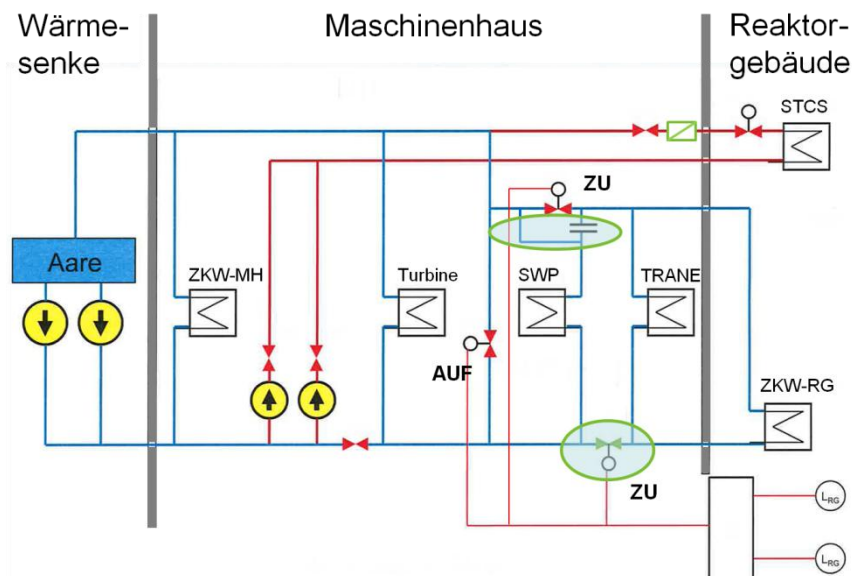
## Absperrbare Hilfskühlwasserversorgung zum Reaktorgebäude

Das Primärcontainment des KKM besteht aus dem birnenförmigen Drywell und der torusförmigen Druckabbaukammer. Letztere ist ganz unten im Reaktorgebäude auf der Ebene –11 m aufgebaut. Auf diesem untersten Boden und im gleichen Raum sind auch zentrale Komponenten (Pumpen) von mehreren Sicherheitssystemen untergebracht. Bei interner Überflutung oder Brand in diesem Bereich der Anlage ist somit von systemübergreifenden, d.h. gleichzeitig mehrere Systeme betreffenden Ausfällen auszugehen. Um dieses Risiko zu reduzieren, wurde die nachfolgend angesprochene Nachrüstung vorgenommen.

Zur Beherrschung des Störfalls „Interne Überflutung des Reaktorgebäudes auf der Ebene –11 m bei Leckagen des Hilfskühlwassersystems“ wurde eine motorisierte Absperrarmatur in der Vorlaufleitung des Hilfskühlwassersystems nachgerüstet und für die Störfallbeherrschung kreditiert.

Frage KNS            Wo genau befindet sich diese Absperrarmatur im Hilfskühlwassersystem, aus welchen Komponenten besteht sie und wie funktioniert sie?

Antwort ENSI        *Das KKM hat in der Revision 2011 den Strang des Hilfskühlwassersystems (HiKW) zum Zwischenkühler im Reaktorgebäude (ZKW-RG) mit einer motorisierten Absperrarmatur nachgerüstet. Die Armatur dient der automatischen Absperrung des HiKW-Stranges zum ZKW-RG vom Hilfskühlwassersystem im Falle einer internen Überflutung im Reaktorgebäude (RG) auf der Ebene –11 m. Die motorisierte Absperrarmatur befindet sich im Maschinenhaus auf der Kote 0 m. Die automatische Schliessung der Absperrklappe ist Teil der betrieblichen Isolationslogik bei Hilfskühlwasserleckagen im RG. Diese Logik wird durch beide SUSAN-Alarme „Niveau RG > –10,9 m“ (10 cm Wasserpegel über dem Boden) aktiviert. Zur Isolationslogik gehört ebenfalls das Sicherstellen eines Bypasses und Abschalten des Aggregates zur Gebäudekühlung, welches durch den Strang zum ZKW-RG versorgt wird. Damit wird sichergestellt, dass der HiKW-Strang zum ZKW-RG im Falle einer internen Überflutung des RG durch das Hilfskühlwasser vom Reaktorgebäude abgesperrt wird (und die Sicherheitssysteme im RG verfügbar bleiben),*



Schematische Darstellung des Hilfskühlwassersystems:  
Eingekreist sind Nachrüstungen (1 Ventil im Vorlaufstrang [unten] und 1 Umgehungsleitung im Rücklaufstrang [Mitte oben]), damit nötigenfalls die Hilfskühlwasserzufuhr zum Reaktorgebäude (ZKW-RG) abgeschaltet werden kann (1 Ventil AUF, 2 Ventile ZU).

*jedoch das Hilfskühlwassersystem für andere Verbraucher weiterhin zur Verfügung steht. Zusätzlich wurde eine Rückschlagklappe zwischen Aare und STCS-Wärmetauscher<sup>10</sup> eingebaut.*

Die KNS stellt fest, dass diese Nachrüstung zum Schutz der Ebene –11 m beiträgt, wo viele Sicherheitseinrichtungen untergebracht sind. Sie anerkennt den damit geleisteten Beitrag zur Erhöhung der Anlagensicherheit.

#### 4.1 Vorsorge gegen externe Ereignisse

##### Hochwasserschutz

Um eine Verstopfung des Einlaufbauwerkes für das Notstandssystem (SUSAN) durch Geschiebe bei einem extremen Aare-Hochwasser zu beherrschen, wurden senkrecht auf den Einlaufkanal aufgebaute Periskop-Rohre nachgerüstet. Es stellt sich die Frage, welche Wasserfrachten kurz unterhalb des Wohlensees auftreten und wie weit diese auch den Wasserrücklauf vom KKM in die Aare stören könnten.

Fragen KNS      Welche Untersuchungen zu den Strömungsverhältnissen liegen vor?  
Ist die Auswahl der untersuchten Szenarien abdeckend?

Antwort ENSI    *Dem Sicherheitsnachweis des KKM lag ein Hochwasser zugrunde, das mit einem Durchfluss vom 1'166 m<sup>3</sup>/s deutlich über dem vom BFE<sup>11</sup> für Talsperren definierten Sicherheitshochwasser liegt. Im Rahmen des Nachweises wurde sowohl die Verstopfungsmöglichkeit der Einlauf- wie auch der Auslaufbauwerke des KKM untersucht. Da aufgrund von Versuchen der ETHZ<sup>12</sup> eine Verstopfung des Einlaufbauwerkes der SUSAN-Kühlwasserversorgung bei Extremhochwasser nicht ausgeschlossen werden konnte, wurden seitens KKM während des Revisionsstillstands 2011 Nachrüstmassnahmen durchgeführt, um die Verstopfungsgefahr des SUSAN-Einlaufbauwerkes zu minimieren (Periskoprohre). Für den Langzeitbetrieb plant das KKM, zusätzlich eine von der Aare unabhängige Kühlwasserversorgung zu errichten.*

*Bezüglich der (aus baulichen Gründen geringen) Verstopfungsgefahr des SUSAN-Auslaufbauwerkes haben die Untersuchungen gezeigt, dass die SUSAN-Kühlwasserpumpen in der Lage sind, in den Leitungen des SUSAN-Kühlwasserauslaufs einen Wasserdruck aufzubauen, mit dem die Betonabdeckungen (notwendig für Wartungsarbeiten) des Auslaufbauwerkes angehoben werden, sollte der Auslauf über das Bauwerk in die Aare nicht freigeblasen werden und verstopfen. Damit ist aus Sicht des ENSI der SUSAN-Kühlwasserauslauf in jedem Fall sichergestellt.*

Die KNS nimmt zur Kenntnis, dass die Verstopfungsmöglichkeit sowohl der Einlauf- wie der Auslaufbauwerke untersucht wurde und dass diesen Untersuchungen ein extremes Hochwasser zugrunde gelegt war.

---

<sup>10</sup> STCS      Shut down and Torus Cooling System  
Abfahr- und Toruskühlsystem (Torus = Druckabbaukammer)

<sup>11</sup> BFE      Bundesamt für Energie  
Das BFE ist Aufsichtsbehörde des Bundes für die Sicherheit der Stauanlagen;  
Art. 29 Abs. 1 Stauanlagenverordnung (StAV; SR 721.101.1).

<sup>12</sup> ETHZ      Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
VAW      Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie



## Erdbebenvorsorge

Die Beurteilung der Erdbebengefährdung am Standort KKM wird in der ENSI-Stellungnahme als Bestandteil der Beurteilung für den Langzeitbetrieb erwähnt.

Frage KNS        Welche konkreten Erdbeben-Gefährdungsannahmen sind für das KKM zu unterstellen?

Antwort ENSI    *Das KKM hat die seismischen Gefährdungsannahmen auf der Grundlage des neuen Erdbebenkataloges des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED) und der im Rahmen des PEGASOS Refinement Project (PRP)<sup>13</sup> erhobenen Standortdaten neu ermittelt (PRP Intermediate Hazard). Für die Berechnung wurden die aktuellen Resultate der Abminderungsmodellierung verwendet.*

Im Rahmen der Besprechung der Fragen legte das ENSI dar, dass der „Intermediate Seismic Hazard“ [SwiNuc PRP-ISH 2011] für das 10'000-jährliche Erdbeben beim KKM eine nominelle Beschleunigung von 0,24 g PGA<sup>14</sup> ausweist. Dies bedeutet eine Verdoppelung gegenüber den Gefährdungsannahmen zum Zeitpunkt der Projektierung des KKM (0,12 g PGA) und eine Erhöhung um 60% für das später nachgerüstete Notstandgebäude SUSAN (0,15 g PGA). Die für die aktuelle Gefährdungsannahme eingereichten Nachweise für die ausreichende Erdbebenfestigkeit werden vom ENSI akzeptiert. Überdies hält das ENSI in seiner Stellungnahme [ENSI KKM-LZB 2012, S. 41 unten] als Ergebnis seiner Überprüfung fest, dass die Kernkühlung unter Einwirkung eines 10'000-jährlichen Erdbebens gewährleistet ist.

Die KNS nimmt diese Vorgaben und die Beurteilung der Erdbebenanalyse für das KKM zur Kenntnis.

## Kombination von Erdbeben und externer Überflutung: Erdbebennachweise im Aufsichtsbereich ENSI vs. Stauanlagenaufsicht

Im schweizerischen Kontext kann eine kombinierte Gefährdung durch Erdbeben und externe Überflutung insbesondere dann auftreten, wenn ein Erdbeben eine Stauanlage sowie ein KKW in deren Abflussbereich trifft und zu einem unkontrollierten Wasserabfluss aus der Stauanlage führt, welcher das KKW gefährdet. Eine entsprechende Konstellation ist beim KKM mit den drei Stauanlagen Mühleberg, Schiffenen und Rossens gegeben. Die Stabilitäts- und Festigkeitsnachweise der Staumauern von Mühleberg, Schiffenen und Rossens mussten deshalb für die vom ENSI neu festgelegte Erdbebengefährdung erbracht werden. Durchgeführt wurden diese Nachweise nach den Richtlinien, welche die Aufsichtsbehörde des Bundes für die Sicherheit der Stauanlagen erlassen hatte.<sup>16, 11</sup>

Frage KNS        Sind die Anforderungen des ENSI damit vollständig umgesetzt?

Antwort ENSI    *Ja, das ENSI stellt fest, dass gemäss der Überprüfung des BFE die Erdbebensicherheit der Staumauern von Mühleberg, Schiffenen und Rossens für die vom ENSI vorgegebene 10'000-jährliche Erdbebengefährdung nachgewiesen werden konnte. Somit ist eine durch Erdbeben hervorgerufene, unkontrollierte Wasserabgabe ausgeschlossen und der in der Verfügung vom 1. April 2011 geforderte Nachweis wurde erbracht.*

<sup>13</sup> PEGASOS    Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz

<sup>14</sup> PGA        Peak Ground Acceleration (maximale Bodenbeschleunigung)

*Technisch genügen die Nachweise hohen Anforderungen. Bei den Berechnungen wurde die Boden-Bauwerk-Interaktion in dreidimensionalen Modellen berücksichtigt. Die Berechnungen wurden im Zeitschrittverfahren durchgeführt, d.h. die Strukturen wurden mit zum Erdbebenspektrum kompatiblen Beschleunigungszeitverläufen in Schritten von 0,01 Sekunden belastet. Für die Annahmen der Baugrundeigenschaften wurden aufwändige Bodenuntersuchungen durchgeführt.*

Die KNS nimmt befriedigt zur Kenntnis, dass mithin die Erdbebensicherheit der Stauanlagen, in deren Einflussbereich das KKM steht, den Anforderungen des ENSI genügt.

Frage KNS            Wie unterscheiden sich Erdbebennachweise im Aufsichtsbereich des ENSI und der BFE-Sektion Talsperren?

Antwort ENSI        *Im Wesentlichen unterscheiden sich die Erdbebennachweise für Stauanlagen und jene für Kernkraftwerke in vier Punkten.*

- 1. Die Erdbebengefährdungsannahmen für Stauanlagen basieren auf den Erdbeben-Risikokarten der Schweiz von 1977. Die Gefährdungsannahmen für Kernanlagen basieren auf der Studie PEGASOS respektive dessen Nachfolgeprojekt PEGASOS Refinement Project (PRP). Im vorliegenden Fall wurde der Erdbebennachweis für die Stauanlagen Mühleberg, Schiffenen und Rossens jedoch mit Zwischenresultaten aus dem PRP-Projekt geführt.*
- 2. Während das BFE ausschliesslich deterministische Erdbebennachweise fordert, verlangt das ENSI sowohl deterministische als auch probabilistische Untersuchungen.*
- 3. Bei Stauanlagen verlangt das BFE Erdbebennachweise für das Sperrbauwerk, für das Staubecken inkl. der Uferbereiche sowie für die Funktionstüchtigkeit der Nebenanlagen wie Ablässe, Hochwasserentlastungen und Wehrklappen. Für das ENSI ist nur der Nachweis relevant, dass das Erdbeben nicht zu einem unkontrollierten Wasserabfluss führt, der das untenliegende Kernkraftwerk gefährdet. Dies bedeutet beispielsweise, dass für das ENSI im Gegensatz zum BFE kein Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Wehrklappen des Stauwehrs Mühleberg erforderlich wäre.*
- 4. Da die Bauwerke von Kernanlagen aus stark armiertem Stahlbeton, Stau-mauern in der Regel aus massivem, nicht armiertem Beton bestehen, sind die Widerstände dieser Baustrukturen unterschiedlich zu behandeln. Beim Stahlbeton der Kernanlagen wird unterstellt, dass der Beton selbst keine Zugkräfte übernehmen kann und diese Kräfte ausschliesslich vom eingelegten Bewehrungsstahl übernommen werden. Dieses Nachweis-konzept entspricht den Vorgaben der Normen des SIA<sup>15</sup>. Da bei Stau-mauern in der Regel kein Bewehrungsstahl vorhanden ist, erlauben die Richtlinien für die Sicherheit der Stauanlagen, geringe zulässige Zug-spannungen im Beton zu berücksichtigen. Die entsprechenden Werte entstammen nicht aus den Normen des SIA, sondern sind in den Richt-linien des BFE (ehemals BWG<sup>16</sup>) festgehalten.*

---

<sup>15</sup> SIA            Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

<sup>16</sup> BWG           Bundesamt für Wasser und Geologie  
(per 1.1.2006 aufgelöst und in verschiedene andere Bundesämter überführt, darunter die Aufsicht des Bundes für die Sicherheit der Stauanlagen ins BFE)

Für die KNS sind diese Ausführungen nachvollziehbar. Sie stellt aber fest, dass das ENSI keinen Nachweis für die Funktionstüchtigkeit der Abflussorgane einer Stauanlage verlangt, insbesondere auch nicht für den von ihm vorgegebenen höheren Maximalabfluss. Nicht funktionierende Abflussorgane können ein unkontrolliertes Überlaufen von Wasser über das Sperrenbauwerk zur Folge haben, was im Prinzip zu gefährlichen Auswaschungen am Damm oder am Mauerfuss führen kann. Ein zeitliches Zusammentreffen von extrem hohem Zufluss und (erdbebenbedingtem) Versagen aller Abfluss-Kontrollorgane ist allerdings sehr unwahrscheinlich.

## 4.2 Stand der Nachrüsttechnik

### Begriff „Stand der Nachrüsttechnik“

Der Ausdruck „Stand der Nachrüstungstechnik“ erscheint in der Kernenergiegesetzgebung erstmals in Art. 22 Abs. 2 Bst. g Kernenergiegesetz (KEG; SR 732.1). Als allgemeine Pflicht des Bewilligungsinhabers ist dort festgehalten:

[Im Rahmen der Verantwortlichkeit für die Sicherheit der Anlage und des Betriebs muss der Bewilligungsinhaber insbesondere ...]

*g. die Anlage soweit nachrüsten, als dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüstungstechnik notwendig ist, und darüber hinaus, soweit dies zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung beiträgt und angemessen ist;*

...

In der ENSI-Stellungnahme werden der Begriff „Stand der Nachrüsttechnik“ und ausserdem Varianten des Ausdrucks verwendet: gültiger Stand der Nachrüsttechnik, internationaler Stand der Nachrüsttechnik, neuester Stand der Nachrüsttechnik.

Frage KNS            Wie ist der Stand der Nachrüsttechnik definiert?

Antwort ENSI        *Eine vorläufige Definition des Stands der Nachrüsttechnik ist im Entwurf der Richtlinie ENSI-A03<sup>17</sup> enthalten. Der Stand der Nachrüsttechnik orientiert sich an Nachrüstungen von in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken, die sich unter vergleichbaren Einsatzbedingungen bewährt haben.*

*Grundsätzlich gelten für bestehende KKW die gesetzlich festgelegten Auslegungsgrundsätze für neue KKW (z.B. gestaffeltes Sicherheitskonzept, Barrierenkonzept, hohe Fertigungsqualität, Einzelfehlersicherheit), die Berücksichtigung aktueller Gefährdungsannahmen bei den Sicherheitsnachweisen und das Prinzip der Verhältnismässigkeit bei Nachrüstungen. Die Forderung nach Umsetzung des Stands der Nachrüsttechnik impliziert Abweichungen bei der Umsetzung der Auslegungsgrundsätze, die insbesondere beim Automatisierungsgrad von Sicherheitsfunktionen sowie dem Schutz gegen seltene externe Ereignisse akzeptiert werden. Diese akzeptierten Abweichungen drücken sich auch in den Kriterien für die zu führenden Sicherheitsnachweise aus, indem für bestehende KKW nicht das gleiche Sicherheitsniveau (integral beschrieben durch die Kernschadenshäufigkeit) wie für neue KKW gilt.*

Die KNS räumt ein, dass die Festlegung des Standes der Nachrüsttechnik schwierig ist, insbesondere im Hinblick auf die praktische Umsetzung. Sie legt jedoch Wert auf die Feststellung, dass die Nachrüstpflcht nicht auf das beschränkt werden darf, was bereits andernorts nach-

<sup>17</sup> Richtlinie ENSI-A03 (derzeit in Bearbeitung) betrifft die Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)

gerüstet worden ist. Die KNS erwartet in Anlehnung an Art. 22 Abs. 2 Bst. g KEG, dass nach Massgabe der Verhältnismässigkeit bei Nachrüstungen auch gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse und alle relevanten Erfahrungen, auch von ausserhalb der Kerntechnik, umgesetzt werden, wenn sie zur Verminderung der Gefährdung beitragen.

### **Füllstand im Reaktordruckbehälter**

Die Kenntnis des Wasserfüllstandes im Reaktordruckbehälter ist für den sicheren Betrieb einer Reaktoranlage essenziell. In Siedewasserreaktoren wird der Füllstand direkt messtechnisch erfasst und ist eine leittechnische Schlüsselgrösse. Insbesondere ist der Füllstand für die Auslösung wichtiger Sicherheitsfunktionen massgebend oder daran mitbeteiligt: Auslösung einer Reaktor-Schnellabschaltung (Scram), Abschluss des Primärcontainments (d.h. Schliessen von Leitungen, welche die Druckschale des Primärcontainments durchdringen), Lüftungstechnischer Abschluss des Reaktorgebäudes, Start von Kernsprühsystem und Notstromdiesel, Auslösung des alternativen Reaktorabschalt- und Isolationssystems, Auslösung des sogenannten raschen Alarmsystems für die Bevölkerung usw. Weitere, teilweise betriebliche Funktionen sind Turbinenschnellschluss, Reduktion der Wasserumwälzung im Reaktorkern (d.h. Reduktion der Reaktorleistung), Überspeisungsschutz usw.

Grundsätzliche sicherheitstechnische Überlegungen legen nahe, dass leittechnische Schlüsselgrössen wie der Wasserfüllstand im Reaktordruckgefäss mehrfach und nach verschiedenartigen Messprinzipien ermittelt werden oder dass die damit ausgelösten Sicherheitsfunktionen auch noch von anderen Messgrössen ausgelöst werden. Letzteres setzt aber voraus, dass physikalisch relevante, alternative Messgrössen zur Verfügung stehen. Was die Füllstandsmessung betrifft, stehen in der Verfahrenstechnik verschiedenartige Messprinzipien zur Verfügung. Füllstandsmesssysteme von Kernreaktoren sind jedoch zumindest zu wesentlichen Teilen im Primärcontainment untergebracht und müssen gegebenenfalls auch unter den dort herrschenden Störfallbedingungen zuverlässig arbeiten. Deshalb ist die Qualifizierung von Füllstandsmesssystemen für Kernreaktoren eine grosse Herausforderung.

Im Zusammenhang mit der Forderung an das KKM, die Nachrüstung einer diversitären, automatischen Auslösung der Sicherheitsfunktion „Kühlmitteleinspeisung in den Reaktordruckbehälter“ sicherheitstechnisch zu bewerten (Forderung 5.2-1), zitiert das ENSI in seiner Stellungnahme einen Expertenbericht über diversitäre Füllstandsmessungen in Siedewasserreaktoren in Deutschland [TÜVS FSM 2012].

Frage KNS            Welche Möglichkeiten für (qualifizierte) Füllstandsmessungen bestehen?

Antwort ENSI        *Entsprechend dem Wissensstand des ENSI gibt es neben dem in allen Siedewasserreaktoren verwendeten Verfahren zur Füllstandsmessung mittels Referenzwassersäule und Druckdifferenzmessung zwei weitere qualifizierte Verfahren, um eine unzureichende Wasserüberdeckung des Kerns zu detektieren.*

*Beim ersten Verfahren wird, wie auch bei Druckwasserreaktoren, die Temperatur des Kühlmittels in speziellen Messrohren am Austritt des Kerns gemessen. Sind die Temperaturen höher als die zugehörige Sättigungstemperatur des Reaktordrucks, wird von einem unzureichenden Füllstand im Reaktordruckbehälter ausgegangen und entsprechende Massnahmen müssten eingeleitet werden.*

*Beim zweiten Verfahren wird mittels Leitfähigkeitssonden am diskreten Installationsort der Sonde bestimmt, ob diese mit Wasser oder Dampf bedeckt ist. Dieses Messverfahren wurde am Forschungszentrum Rossendorf entwickelt und qualifiziert. Es ist bisher in keiner Anlage installiert.*

In Ergänzung zur obigen Antwort stellte das ENSI den erwähnten Bericht der KNS zur Verfügung [TÜVS FSM 2012]. Darin wird das in deutschen Siedewasserreaktoren vorhandene Differenzdruck-Messverfahren kurz dargestellt. Sodann werden Vorkommnisse, hauptsächlich in Deutschland, beim Betrieb derartiger Messeinrichtungen und daraus gewonnene Erkenntnisse zusammengefasst. Bei den im oben erwähnten Bericht angesprochenen „diversitären Verfahren“ stehen mess- und verfahrenstechnische Verfeinerungen im Vordergrund, um Störungen in den vorhandenen Differenzdruck-Messsystemen oder einen zu tiefen Füllstand zu erkennen. Als eigentliche diversitäre Füllstandsmessungen werden Dehnungsmessstreifen an der Standzarge der Reaktordruckbehälter und Ultraschallmessung erwähnt, aber als zu ungenau respektive ungeeignet für die Anwendung ausgeschieden. Das in der obigen ENSI-Antwort im zweiten Absatz beschriebene Messverfahren ist unter der Bezeichnung Kern-Austrittstemperaturmessung bekannt. Im oben erwähnten Bericht wird es unter dem Titel „Verfahren zum Detektieren einer Kernfreilegung“ angeführt. Nach dem Verständnis der KNS kann dieses Messverfahren erst bei signifikanter Kernabdeckung ein Auslösesignal liefern [CSNI CET 2010]. Somit kann die Kern-Austrittstemperaturmessung im Rahmen der gestaffelten Abwehr einen Beitrag zu lindernden Massnahmen auf fortgeschrittener Stufe einer Störfallentwicklung leisten (sogenannte Sicherheitsebene 4). Aber für die im Vordergrund stehende Störfallbeherrschung im Rahmen der Auslegung (Sicherheitsebene 3) käme dieses Auslösesignal zu spät. Die Funktionalität einer Füllstandsmessung kann ein derartiges System nicht erfüllen.

Die KNS teilt die Ansicht des ENSI [ENSI KKM-LZB 2012, S. 48], dass der Auslegungsgrundsatz der Diversität für die Auslösung der Sicherheitsfunktion „Kühlmitteleinspeisung in den RDB“ im Hinblick auf den Langzeitbetrieb nach Möglichkeit berücksichtigt werden sollte, und unterstützt die entsprechende Forderung 5.2-7 des ENSI (siehe Auflistung in Abschnitt 5). Die KNS weist darauf hin, dass mindestens zwei Siedewasserreaktoren (ABWR von GE Hitachi; KERENA von Areva) angeboten werden und über Auslösungen der Sicherheitsfunktionen nach Stand der Technik verfügen. Sie empfiehlt zu prüfen, welche anderen Systeme zur Füllstandsmessung in der Kerntechnik eingesetzt werden, und auch ausserhalb der Kerntechnik eingesetzte Technologien in Betracht zu ziehen.

### **Projekt DIWANAS**

Das aktuelle Nachrüstprojekt DIWANAS (Diversitäre WÄrmesenke und NACHwärmeabfuhr System) umfasst (a) die Nachrüstung einer zur Aare diversitären Wärmesenke, (b) eines erdbeben- und überflutungssicheren Brennelementbecken-Kühlsystems und (c) eines zusätzlichen Systems zur Nachwärmeabfuhr, das unabhängig von den bestehenden Sicherheitssystemen auf der Ebene –11 m des Reaktorgebäudes ist. (Eine etwas ausführlichere Beschreibung ist unten in der ENSI-Antwort enthalten.)

Die KNS erkennt in der Nachrüstung einer zur Aare diversitären Wärmesenke und in der Nachrüstung eines erdbeben- und überflutungssicheren Brennelementbecken-Kühlsystems Massnahmen, denen aufgrund der Erkenntnisse aus den Ereignissen im KKW Fukushima Daiichi eine höhere Bedeutung und Dringlichkeit zugemessen wird [ENSI KKM-Vf3 2011, Forderungen 1 und 2]. Das zusätzliche System zur Nachwärmeabfuhr (ZNA) geht auf eine Forderung im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung zurück. [KKM DIWANAS 2012]

Für das Nachrüstprojekt DIWANAS muss gemäss verfügbaren Unterlagen einerseits das Freigabeverfahren schon im Gang sein, andererseits wird in verschiedenen Punkten von ausstehenden Optimierungen gesprochen.

Frage KNS            Was ist der aktuelle Stand des Projektes DIWANAS (technisches Konzept, verfahrenstechnische Auslegung, Freigabeverfahren und Umsetzung)?

Antwort ENSI *Technisches Konzept*

*Das KKM hat am 29.06.2012 die Konzeptfreigabe für das Projekt DIWANAS beim ENSI eingereicht. In dem Projekt sind drei Nachrüstprojekte zu einer optimierten Gesamtlösung DIWANAS zusammengeführt. Das Projekt beinhaltet:*

- Die Nachrüstung einer zur Aare diversitären Wärmesenke, indem eine erdbeben-, überflutungs- und verstopfungssichere Grundwasserfassung Saanetal (GWFS) neu errichtet wird. Die GWFS besteht aus einem oder mehreren Horizontalfilterbrunnen, einem Wassersammelschacht sowie einer Zuleitung zu dem auf dem KKM-Areal neu zu errichtenden SUSAN-Nord Gebäude. Dort bindet die Zuleitung in das bestehende SUSAN-Kühlwassersystem ein.*
- Die Nachrüstung eines erdbeben- und überflutungssicheren Brennelementbecken (BEB)-Kühlsystems, das in das SUSAN-System eingebunden ist. Das neue BEB-Kühlsystem besteht aus einem Einhängenkühler im Brennelement-Lagerbecken und im SUSAN-Gebäude installierten BEB-Kühlpumpen, die mit Kühlwasser aus der Aare bzw. der Saane versorgt werden.*
- Die Nachrüstung eines zusätzlichen Systems zur Nachwärmeabfuhr (ZNA), das unabhängig von den bestehenden Sicherheitssystemen auf der –11 m Ebene des Reaktorgebäudes ist. Das System besteht aus Einspeisepumpen, die aus einem 150 m<sup>3</sup> Wasserbassin im neuen SUSAN-Nord Gebäude Kühlmittel in den Reaktordruckbehälter fördern, und einem separaten Nachkühlkreis, dessen Komponenten im oberen Teil des Reaktorgebäudes angeordnet sind.*

*Verfahrenstechnische Auslegung*

*Die im Rahmen des Projektes DIWANAS neu errichteten Systeme werden in das bestehende Notstandsystem (SUSAN) eingebunden und stellen eine Erweiterung des Notstandsystems dar. Grundsätzlich ist für die Gewährleistung der Funktion dieser neuen Systeme die Verfügbarkeit bestimmter SUSAN-Teilsysteme erforderlich. Bei der Auslegung der neuen Systeme werden die aktuellen Gefährdungsannahmen insbesondere für Erdbeben und externe Überflutung sowie die auch weitgehend für das Notstandsystem gegenüber den ursprünglichen Sicherheitssystemen geltenden Auslegungsgrundsätze Redundanz, Diversität, funktionale Unabhängigkeit und räumliche Trennung berücksichtigt. Die neuen Systeme sind notstromgesichert, erdbeben- und überflutungssicher und beherrschen einen beliebigen Einzelfehler in aktiven Komponenten. Wie bereits bei der Auslegung des Notstandsystems muss ein Einzelfehler in passiven Komponenten (z.B. Rohrleitungen, Wärmetauscher) nicht unterstellt werden, wenn diese gemäss Richtlinie HSK-R-101<sup>18</sup> eine nachweislich hohe Qualität aufweisen und keine latenten Schädigungsmechanismen unterstellt werden müssen. Diese Voraussetzungen sind im Rahmen des Freigabeverfahrens nachzuweisen.*

*Freigabeverfahren und Umsetzung*

*Das ENSI hat am 01.02.2013 die Konzeptfreigabe für das Projekt DIWANAS erteilt. Das KKM beabsichtigt, die Gesuchsunterlagen für die weiteren Hier-*

---

<sup>18</sup> Richtlinie HSK-R-101 *Auslegungskriterien für die Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren*

HSK Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (per 1.1.2009 überführt in ENSI)

*archiestufen in mehrere Teilprojekte zu unterteilen. Das Teilprojekt GWFS hat hierbei die höchste Priorität. Die konkrete Planung für die Umsetzung dieser Teilprojekte wurde dem ENSI Ende Juni 2013 eingereicht.*

Anlässlich der Besprechung der Fragen der KNS präsentierte das ENSI auf Basis der probabilistischen Sicherheitsanalyse für das KKM (Modell Juni 2012) vorläufige Abschätzungen zur Änderung der Kenngrösse Kernschadenshäufigkeit (Core Damage Frequency, CDF), welche aufgrund verschiedener erwogener Anlageänderungen erzielt werden dürften. Demnach ist von der beantragten Verstärkung der Stauanlage des Wasserkraftwerks Mühleberg für sich alleine betrachtet eine Reduktion der Kernschadenshäufigkeit um etwa 47% zu erwarten. (Diese Massnahme erfolgt ausserhalb des Kernenergie-Aufsichtsbereichs und wird deshalb hier nicht weiter erörtert.) Die Nachrüstung einer diversitären Wärmesenke dürfte je nach konkreter Ausgestaltung für sich alleine betrachtet eine Reduktion der Kernschadenshäufigkeit um etwa 39% bis 50% ermöglichen. Das zusätzliche Nachwärmeabfuhrsystem ZNA dürfte laut diesen Angaben die Kernschadenshäufigkeit um etwa 10% reduzieren. (Anmerkung: Die mit den genannten Einzelmassnahmen erzielbaren Verbesserungen sind teilweise gegenseitig abhängig. Dies bedeutet, dass die Auswirkung der Kombination der Massnahmen nicht durch Summieren der Wirkung der Einzelmassnahmen ermittelt werden kann. Insbesondere die Massnahme „Verstärkung Stauanlage Mühleberg“ ergibt eine weniger grosse Verbesserung, wenn die Massnahme „diversitäre Wärmesenke“ bereits umgesetzt ist bzw. angenommen wird, und umgekehrt.)

In der ENSI-Stellungnahme [ENSI KKM-LZB 2012, S. 63 oben] wird der Gesamtwert für die Kernschadenshäufigkeit des KKM mit  $2,35 \times 10^{-5}$  pro Jahr angegeben (Modell Juni 2012); unter Einrechnung der erwähnten Verbesserungen erscheint somit eine Kernschadenshäufigkeit unter  $10^{-5}$  pro Jahr erzielbar. Die KNS nimmt mit Befriedigung zur Kenntnis, dass demnach mit den angesprochenen Nachrüstungen der gesetzliche Richtwert für die Kernschadenshäufigkeit im Rahmen der Nachrüstpflicht<sup>19</sup> erfüllt werden kann.

Nach den Angaben unter dem Titel „*Freigabeverfahren und Umsetzung*“ in der obigen Antwort des ENSI hat das Teilprojekt „diversitäre Wärmesenke“ Priorität. Die KNS teilt diese Auffassung in Bezug auf die angesprochenen Nachrüstmassnahmen innerhalb der Kernanlage. Aufgrund des Verfahrensentscheids des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) vom 29. Juli 2013 [UVEK VE-GWFS 2013] ist für die Realisierung der im Konzept festgehaltenen Lösung mit einer Grundwasserfassung im Saanetal ein Bewilligungsverfahren nach Art. 49 ff. KEG durchzuführen. Da ein derartiges Bewilligungsverfahren im Vergleich mit einem aufsichtsrechtlichen Freigabeverfahren mit einem erhöhten Zeitbedarf verbunden ist, bleibt nach Ansicht der KNS offen, ob das Projekt Grundwasserfassung Saanetal zeitnah umgesetzt werden kann. Die KNS weist darauf hin, dass für die Realisierung einer diversitären Wärmesenke auch andere technische Lösungen denkbar sind, deren Umsetzung nicht den zeitlichen Risiken eines Bewilligungsverfahrens nach Art. 49 ff. KEG ausgesetzt ist. So hatte das KKM nach Angaben des ENSI [ENSI KKM-Vf3-Stn 2011] verschiedene Lösungsvarianten untersucht und zunächst einen Kompaktkühlturm vorgeschlagen. Das ENSI stimmte diesem Vorschlag mit Realisierungshorizont Sommer 2015 (Termin für Konzepteingabe Ende Juni 2012, 36 Monate Realisierungszeit) zu. In den Ende Juni 2012 eingereichten Gesuchsunterlagen für die Konzeptfreigabe hielt das KKM dann aber fest, dass der Bau eines Kompaktkühlturms „*seitens KKM aus realisierungstechnischen Gründen nicht weiterverfolgt*“ wird; stattdessen soll die erwähnte Grundwasserfassung Saanetal nachgerüstet werden [KKM DIWANAS 2012].

---

<sup>19</sup> Art. 12 Abs. 1 Bst. b der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2):

[Der Bewilligungsinhaber hat nachzuweisen, dass]

b. bei einer Häufigkeit eines Kernschadens zwischen  $10^{-4}/a$  und  $10^{-5}/a$  für bestehende Kernkraftwerke alle angemessenen Vorkehrungen getroffen wurden;

...

Die KNS begrüsst die Nachrüstung einer diversitären Wärmesenke und empfiehlt die Realisierung einer adäquaten Lösungsvariante. Ausserhalb des Rahmens der Kernanlage begrüsst die KNS die geplante Verstärkung der Stauanlage des Wasserkraftwerks Mühleberg und empfiehlt die Realisierung dieses Projekts.

Frage KNS            Was ist unter „Optimierungen“ zu verstehen und wie werden diese Optimierungen quantifiziert?

Antwort ENSI        *Der Konzeptantrag für das Projekt DIWANAS beinhaltet zum Teil technische Optionen, die z.B. den genauen Aufstellungsort neuer Komponenten im Reaktorgebäude, die Automatisierung des Wasserbezugs aus der GWFS oder auch die Erweiterung von Accident-Management Massnahmen betreffen. Mit Hilfe der probabilistischen Sicherheitsanalyse werden diese Optionen in den weiteren Hierarchiestufen ganzheitlich bewertet und darauf basierend diejenigen mit dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis weiterverfolgt.*

Im Grundsatz begrüsst die KNS die sicherheitstechnische Bewertung von Ausführungsvarianten.

### **Sicherheit gegen Aufschwimmen des Reaktor- und des SUSAN-Gebäudes**

Nach Angaben von KKM sind das Reaktorgebäude bis auf 8 m und das SUSAN-Gebäude bis auf 6 m Fluthöhe über dem Gelände gegen das Eindringen von Wasser geschützt.

Frage KNS            Werden die Auftriebskräfte auf die Gebäude bei 8 m bzw. 6 m Fluthöhe beherrscht?

Antwort ENSI        *Für das SUSAN-Gebäude wurde unter Annahme einer Überflutungshöhe von 6 m eine Auftriebssicherheit (ständige Lasten / Auftriebskräfte) von ca. 1,4 nachgewiesen. Für das Reaktorgebäude beträgt diese Sicherheit unter Annahme einer Überflutungshöhe von 8 m mehr als 2.*

*Diese Faktoren sind globale Sicherheitsfaktoren, das heisst sowohl die ständigen Lasten (Eigengewicht Gebäude und ständiges Gewicht der Ausrüstungen) als auch die Auftriebskräfte wurden ohne Berücksichtigung von Lastbeiwerten ermittelt und einander gegenübergestellt. Eigene Berechnungen des ENSI haben ergeben, dass die Auftriebssicherheit des SUSAN-Gebäudes auch unter Berücksichtigung von Lastbeiwerten der neusten SIA-Normen und unter Vernachlässigung des ständigen Gewichts der Ausrüstungen nachgewiesen werden kann.*

*Die Sicherheit gegen Auftrieb infolge Überflutung ist somit für beide Bauwerke mit grossen Reserven gegeben.*

Auf eine Rückfrage zum SUSAN-Gebäude hin ergänzte das ENSI die obigen Angaben durch Referenzierung der Betonnorm SIA 162 (1968), welche zur Zeit der Nachweisführung gültig gewesen sei. Laut ENSI resultierte aus Berechnungen nach den aktuell gültigen Normen SIA 269 ff.<sup>20</sup> (2011) für die Sicherheit gegen Aufschwimmen ein Sicherheitsfaktor über eins, wobei das Eigengewicht des Gebäudes mit einem Beiwert von 0,95 reduziert und die übrigen Auflasten (anlagetechnische Ausrüstung) nicht berücksichtigt wurden.

Aufgrund von eigenen Abschätzungen für das SUSAN-Gebäude kann die KNS bestätigen, dass die Sicherheit gegen Aufschwimmen mit einem Faktor über eins nachgewiesen werden kann, der resultierende Sicherheitsfaktor aber unter dem Wert des ursprünglichen Nachweises liegen dürfte.

---

<sup>20</sup> Normenreihe SIA 269 ff. *Erhaltung von Tragwerken*



## 5 Gesamtbeurteilung

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) erreichte Ende 2012 die der ursprünglichen Auslegung mit damaligen Annahmen zugrunde gelegte Nutzungsdauer von 40 Jahren. Im Hinblick auf die Fortführung des Betriebs über diesen Zeitpunkt hinaus (sogenannter Langzeitbetrieb) hat das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) die *Sicherheitstechnische Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg* (kurz: ENSI-Stellungnahme) [ENSI KKM-LZB 2012] verfasst.

Mit dem vorliegenden Dokument nimmt die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) zum obgenannten Bericht des ENSI Stellung. Die KNS stellt fest, dass das ENSI in seiner Stellungnahme die für den Langzeitbetrieb relevanten Fragestellungen aufgreift. Dabei beachtet das ENSI zusätzlich zu den gesetzlichen Grundlagen in der Schweiz auch die Anforderungen der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) sowie Erfahrungen aus dem Betrieb von Kernanlagen, speziell auch Erkenntnisse aus dem Unfall im Kernkraftwerk (KKW) Fukushima Daiichi. Bei seiner Begutachtung achtet das ENSI insbesondere darauf, dass die in der Schweiz gesetzlich festgelegten Ausserbetriebnahmekriterien<sup>1</sup> in absehbarer Zukunft nicht erreicht werden und dass der Bewilligungsinhaber der Anforderung nachkommt, die Anlage nachzurüsten, soweit dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüsttechnik notwendig ist und darüber hinaus, soweit dies zur weiteren Verminderung der Gefährdung beiträgt und angemessen ist.<sup>2</sup>

### Unterstützung der Forderungen des ENSI

Aus seinen Beurteilungen leitet das ENSI die nachfolgend aufgelisteten zehn Forderungen an den Betreiber ab, welche die KNS generell unterstützt und teilweise kommentiert:

- ENSI-Forderung 3.1-1: *Das KKM wird aufgefordert, dem ENSI bis zum 31. Dezember 2013 ein Konzept vorzulegen, wie die Aspekte der Materialalterung für die mechanischen Komponenten der Sicherheitsklasse 4 berücksichtigt werden.*
- ENSI-Forderung 3.2-1: *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, für die keine Auslegungsdokumentation vorhanden ist, ist dem ENSI bis zum 30. Juni 2013 eine Ersatzplanung einzureichen.*
- ENSI-Forderung 4.2-1: *Das KKM wird aufgefordert, die bisher durchgeführten thermo-hydraulischen und bruchmechanischen Analysen zum Integritätsnachweis des Reaktor-druckbehälters 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.*

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.

- ENSI-Forderung 4.3-1: *Das KKM hat die im Instandhaltungskonzept vom 23. Dezember 2011 beschriebenen Stabilisierungsmassnahmen für den Kernmantel spätestens in der Jahresrevision 2017 umzusetzen. Dem ENSI ist bis zum 31. Dezember 2013 der Konzeptfreigabebeantrag einzureichen.*

Nach Auffassung der KNS sind die Beurteilung durch das ENSI und die Vorgehensweise in Bezug auf den Kernmantel nachvollziehbar. Die KNS unterstützt die Forderung des ENSI im Hinblick auf den Langzeitbetrieb.

- ENSI-Forderung 4.7-1: *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 eingestufte Bereiche des Drywells sowie die ermüdungsrelevanten Bereiche der Überströmrohre zu betrachten. Es sind zerstörungsfreie Messtechniken, Analysen zu den relevanten Korrosionsmechanismen und mögliche Abhilfemassnahmen zu berücksichtigen. Basierend auf den Erkenntnissen hat das KKM im Hinblick auf den Langzeitbetrieb das weitere Instandhaltungskonzept für das Primärcontainment festzulegen.*

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.

Vor allem im Hinblick auf die Beurteilung von unzugänglichen Teilen des Primärcontainments (vgl. Abschnitt 3.5), aber auch unzugänglicher baulicher Strukturen (vgl. Abschnitt 2.2) empfiehlt die KNS, im Rahmen der regulatorischen Forschung die Entwicklung und Anwendung zweckmässiger zerstörungsfreier Prüfmethoden zu fördern, um längerfristig (und auch für andere Kernanlagen) möglichst objektive Beurteilungsgrundlagen zur Verfügung zu haben.

- ENSI-Forderung 5.1-1: *Das KKM hat vor der nächsten Beladung eines Brennelementbehälters den deterministischen Sicherheitsnachweis zu erbringen, dass die Vorsorgemassnahmen für den Störfall „Absturz eines Brennelementbehälters“ ausreichend sind. Der entsprechende Nachweis für den Störfall „Torusleckagen“ ist bis zum 31. Dezember 2013 zu führen.*
- ENSI-Forderung 5.2-1: *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.*

Für die KNS ist diese Forderung von besonderer Bedeutung, weil der Füllstand eine wichtige sicherheitstechnische Schlüsselgrösse ist.

Die KNS empfiehlt 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. Vgl. dazu Abschnitt 4.2, Untertitel *Füllstand im Reaktordruckbehälter*.

- ENSI-Forderung 5.2-2: *Das KKM hat die Nachrüstung einer automatischen Auslösung der Reaktorschnellabschaltung bei hohem RDB-Füllstand sowie weitere diversitäre Massnahmen zur Sicherstellung des Überspeisungsschutzes des RDB sicherheitstechnisch zu bewerten und die Ergebnisse dem ENSI bis zum 31. Dezember 2013 einzureichen.*
- ENSI-Forderung 5.2-3: *Das KKM hat für auslegungsüberschreitende externe Ereignisse systematisch aufzuzeigen, dass alle angemessenen Vorkehrungen zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung mittels fest installierter Systeme oder kurzfristig verfügbarer, vorbereiteter Massnahmen getroffen wurden. Es ist aufzuzeigen, dass Margen gegenüber den Anforderungen bei externen Ereignissen im Auslegungsbereich bestehen. Eine sicherheitstechnische Bewertung der geplanten sowie der umgesetzten Nachrüstungen und Massnahmen ist dem ENSI bis zum 30. Juni 2013 in einem Bericht vorzulegen.*
- ENSI-Forderung 5.3-1: *Das KKM hat die Realisierung einer zusätzlichen, von der Aare unabhängigen Kühlwasserversorgung sowie die Nachrüstung eines erdbebenfesten Brennelementbecken-Kühlsystems und eines zusätzlichen Nachwärmeabfuhrsystems bis zum Ende der Jahresrevision 2017 umzusetzen. Die Umsetzungsplanung ist dem ENSI bis zum 30. Juni 2013 einzureichen. Die Erweiterung der Brennelementbecken-Instrumentierung ist bis zum 31. Dezember 2013 zu realisieren.*

Die KNS unterstützt insbesondere die Realisierung einer zusätzlichen, von der Aare unabhängigen Kühlwasserversorgung. Für das aktuell vorgeschlagene System einer Grundwasserfassung im Saanetal ist ein Bewilligungsverfahren nach Art. 49 ff. Kernenergiegesetz (KEG; SR 732.1) erforderlich. Da ein derartiges Bewilligungsverfahren im Vergleich mit einem aufsichtsrechtlichen Freigabeverfahren mit einem erhöhten Zeitbedarf verbunden ist, bleibt nach Ansicht der KNS offen, ob das Projekt Grundwasserfassung Saanetal zeitnah umgesetzt werden kann. Die KNS weist darauf hin, dass für die Realisierung einer diversitären Wärmesenke auch andere technische Lösungen denkbar sind. Vgl. dazu Abschnitt 4.2, Untertitel *Projekt DIWANAS*.

### **Weitere Kommentare und Anregungen der KNS**

Für Nachrüstungsprojekte im KKM geht aus vorliegenden Risikobetrachtungen hervor, dass die ausserhalb des Kernenergie-Aufsichtsbereichs geplante Verstärkung der Stauanlage des Wasserkraftwerks Mühleberg eine relativ grosse Reduktion der Kernschadenshäufigkeit ermöglicht. Die KNS begrüsst deshalb dieses Projekt. Vgl. dazu Kommentar in Abschnitt 4.2, Untertitel *Projekt DIWANAS*.

Aufgrund von Fragestellungen, welche die KNS im Zusammenhang mit der Erarbeitung der vorliegenden Stellungnahme mit dem ENSI erörtert hat, äussert die KNS mit Blick auf alle Kernkraftwerke die folgenden Anregungen und Erwartungen:

- Ersatz von Komponenten: Die KNS begrüsst, dass Ersatzbeschaffungen auf Basis von aktuellen, dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechenden Spezifikationen erfolgen. Damit allfällige Anpassungen (mit Änderung von Spezifikationen) nicht administrativ verzögert werden, ist nach Ansicht der KNS ein effizientes Verfahren für die aufsichtsrechtliche Abwicklung von Änderungen nötig. Gleichzeitig ist aber auch sicherzustellen, dass bei den Änderungen die Auslegungsbasis mit den zu erfüllenden Funktionen und Randbedingungen vollständig berücksichtigt ist. Vgl. dazu Abschnitt 2.
- Revision von Dokumenten der Alterungsüberwachung: Die KNS geht mit dem ENSI davon aus, dass alle verfügbaren Erfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnisse zeitnah in die Steckbriefe aufgenommen werden. Angesichts des Alters des Kernkraftwerksparks in der Schweiz regt die KNS an, eine Verkürzung der aktuell auf 10 Jahre festgelegten Frist für die Revision der Steckbriefe zu prüfen. Vgl. Abschnitt 2.1, Untertitel *Neue Revision des KATAM*.
- Allgemein sind Kernkraftwerke wie die meisten Anlagen der thermischen Verfahrenstechnik Vibrationen (vgl. Abschnitt 3.4) und thermomechanischen Beanspruchungen (vgl. Abschnitt 2.1) ausgesetzt. Für die systematische Lokalisierung der Anlageteile, die durch solche Beanspruchungen belastet bzw. möglicherweise überlastet sind, empfiehlt die KNS sicherzustellen, dass Methoden der Betriebsüberwachung nach Stand von Wissenschaft und Technik angewendet werden, wobei auch Erfahrungen aus dem nichtnuklearen Bereich zu berücksichtigen sind.
- Plattierung der Reaktordruckbehälter: Die KNS geht davon aus, dass der Unversehrtheit der Plattierung die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt wird und die Überwachungsmethoden laufend den neuesten Erkenntnissen angepasst werden. Vgl. dazu Abschnitt 3.2.
- Nachrüstungen: Die KNS erwartet in Anlehnung an Art. 22 Abs. 2 Bst. g Kernenergiegesetz (KEG; SR 732.1), dass nach Massgabe der Verhältnismässigkeit bei Nachrüstungen auch gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse und alle relevanten Erfahrungen, auch von ausserhalb der Kerntechnik, umgesetzt werden, wenn sie zur Verminderung der Gefährdung beitragen. Vgl. dazu Abschnitt 4.2, Untertitel *Begriff „Stand der Nachrüsttechnik“*.

## Schlusskommentar

Im vorliegenden Dokument werden im Wesentlichen die Themen behandelt, zu denen die KNS aufgrund der ENSI-Stellungnahme Fragen gestellt hat und die in einem Informationsaustausch zwischen ENSI und KNS erörtert wurden. Die einzelnen Themen sind von unterschiedlicher Bedeutung für die Sicherheit. Die in der vorliegenden Stellungnahme von der KNS dazu festgehaltenen Kommentare, Anregungen, Erwartungen oder Empfehlungen betreffen mehrheitlich die Sicherheit von Kernkraftwerken im Allgemeinen, in einigen Fällen das KKM im Speziellen.

Hinsichtlich des Langzeitbetriebs des KKM unterstützt die KNS generell die Forderungen des ENSI, wie bereits oben festgehalten. Aufgrund der zu erwartenden Risikoverminderung im auslegungsüberschreitenden Bereich beurteilt die KNS die Realisierung einer diversitären Wärmesenke (siehe Empfehlung zu ENSI-Forderung 5.3-1) und die ausserhalb des Kernenergie-Aufsichtsbereichs liegende Verstärkung der Stauanlage des Wasserkraftwerks Mühleberg als wichtig. Sie geht davon aus, dass das KKM mit diesen Massnahmen den gesetzlichen Richtwert für die Kernschadenshäufigkeit im Rahmen der Nachrüstpflicht erreicht (unter  $10^{-5}$  pro Jahr). Ausserdem sind für die KNS auch die diversitäre Auslösung der Kühlmittelspeisung in den Reaktordruckbehälter (siehe Empfehlung zu ENSI-Forderung 5.2-1) sowie die geforderten Analysen zum Integritätsnachweis des Reaktordruckbehälters (ENSI-Forderung 4.2-1) und des geforderten Konzepts zur Beurteilung des Materialzustands des Primärcontainments (ENSI-Forderung 4.7-1) von grosser Bedeutung. In Bezug auf den Kernmantel sind die Beurteilung durch das ENSI und die Vorgehensweise nach Auffassung der KNS nachvollziehbar und werden von der KNS unterstützt (ENSI-Forderung 4.3-1).

Im Übrigen erachtet die KNS die verschärften Vorgaben für die deterministischen Störfallanalysen als konsequente Schlussfolgerungen aus dem Unfall von Fukushima und begrüsst das Vorgehen des ENSI. Sie nimmt befriedigt zur Kenntnis, dass die Erdbebensicherheit der Stauanlagen, in deren Einflussbereich das KKM steht, den Anforderungen des ENSI im Rahmen der Auslegung genügt. Sodann anerkennt die KNS den Beitrag zur Erhöhung der Anlagensicherheit, der mit Nachrüstungen zum Schutz der Ebene -11 m im Reaktorgebäude und somit der dort untergebrachten Sicherheitseinrichtungen erbracht worden ist; sie begrüsst weitere Verbesserungen in diesem Punkt, die aufgrund einer Forderung des ENSI im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2010 im Gang sind.

Die KNS kommt unter Berücksichtigung aller ihr bekannter Gegebenheiten zum Schluss, dass der Betrieb des KKM aus sicherheitstechnischer Sicht über 40 Jahre Nutzungsdauer hinaus fortgeführt werden kann, falls die vom ENSI geforderten Verbesserungen zeitgerecht umgesetzt und die Empfehlungen, Anregungen und Kommentare 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.

---

Diese Stellungnahme wurde von der KNS anlässlich der 65. Sitzung (18. Oktober 2013) verabschiedet.

Brugg, 24. Oktober 2013

Eidgenössische Kommission  
für nukleare Sicherheit

Der Präsident

sign. Dr. B. Covelli

Geht an: Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)  
Bundesamt für Energie (BFE)  
Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI)

[leere Seite]

## Referenzen

- [CSNI CET 2010] Core Exit Temperature (CET) Effectiveness in Accident Management of Nuclear Power Reactor; NEA/CSNI/R(2010)9; OECD, Paris, 26-Nov-2010
- [ENSI KKM-Aw1 2013] Langzeitbetrieb KKM – Fragen der KNS – Antworten ENSI (Teil 1); Memo zuhanden KNS; ENSI, Brugg, 28.06.2013 – intern KNS 11/292.3
- [ENSI KKM-Aw2 2013] Langzeitbetrieb KKM, Fragen der KNS – Antworten des ENSI; [Teil 2;] Memo zuhanden KNS; ENSI, Brugg, 05.08.2013 – intern KNS 11/292.4
- [ENSI KKM-LZB 2012] Sicherheitstechnische Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg; ENSI 11/1700; ENSI, Brugg, 20. Dezember 2012 – intern KNS 11/292
- [ENSI KKM-RAw 2013] Zusatzfragen der KNS zum Langzeitbetrieb KKM – Email O. Fischer vom 15. August 2013; Memo mit Antworten des ENSI zuhanden KNS; ENSI, Brugg, 16.09.2013 – intern KNS 11/292.7
- [ENSI KKM-Vf3 2011] Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht vom 31. März 2011; [sogenannte „Verfügung 3“;] ENSI, Brugg, 5. Mai 2011 – intern KNS 11/287
- [ENSI KKM-Vf3-Stn 2011] Stellungnahme zu den vom KKM eingereichten Verbesserungsmassnahmen zur Erfüllung der Forderungen aus der Verfügung vom 5. Mai 2011; Aktennotiz ENSI 11/1502; ENSI, Brugg, 15. November 2011
- [KKM DIWANAS 2012] Projekt DIWANAS: Gesuchsunterlagen für die Konzeptfreigabe (H1); Aktennotiz AN-KL-2012/092; KKM, Mühleberg, 29.06.2012 – nicht öffentlich; intern KNS 11/295.8
- [KNS KKM-F 2013] Langzeitbetrieb KKM – Fragen der KNS; Fragenliste zuhanden ENSI; KNS 11/292.2; KNS, Brugg, 6. Juni 2013
- [KNS KKM-RF 2013] Langzeitbetrieb KKM – Rückfragen; Fragenliste zuhanden ENSI; KNS 11/292.6; Brugg, 15. August 2013
- [SwiNuc PRP-ISH 2011] Intermediate Seismic Hazard (May 2011) – Evaluation of an intermediate seismic hazard for the existing Swiss nuclear power plants; FGK-11.039.GS, Rev. 1; Swissnuclear, Olten, 27.06.2011
- [TÜVS FSM 2012] Diversitäre Füllstandsmessung in Anlagen mit Siedewasserreaktor in Deutschland; Bericht zuhanden ENSI; TÜV Süd, München, 28.07.2012 – nicht öffentlich; intern KNS 11/292.8
- [UVEK VE-GWFS 2013] Verfügung ... in der Sache ... Nachrüstmassnahme „Saaneleitung“ ... betreffend ... das anwendbare Verfahren (Freigabe oder Bewilligungsänderung); Verfahrensentscheid; UVEK, Bern, 29. Juli 2013 – intern KNS 11/297

[leere Seite]



## Abkürzungen

**Weblink bzw.  
SR-Nummer**  
↓

AÜP	Alterungsüberwachungsprogramm	
BEB	Brennelementlagerbecken	
BFE	Bundesamt für Energie	<a href="http://www.bfe.admin.ch">www.bfe.admin.ch</a>
BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie (per 1.1.2006 aufgelöst und in verschiedene andere Bundesämter überführt, darunter die Aufsicht des Bundes für die Sicherheit der Stauanlagen ins BFE)	
CDF	Core Damage Frequency (Kernschadenshäufigkeit)	
CET	Core Exit Temperature (Kühlmitteltemperatur am Kernaustritt)	
DIWANAS	Diversitäre WÄrmesenke und NACHwärmeabfuhr System (kombiniertes Nachrüstprojekt im KKM)	
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat	<a href="http://www.ensi.ch">www.ensi.ch</a>
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	<a href="http://www.ethz.ch">www.ethz.ch</a>
FIV	Flow Induced Vibrations (strömungsbedingte Vibrationen)	
GSKL	Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter	
GWFS	Grundwasserfassung Saanetal	
HiKW	Hilfskühlwassersystem	
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (per 1.1.2009 überführt in Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat, ENSI)	
IAEA	International Atomic Energy Agency	<a href="http://www.iaea.org">www.iaea.org</a>
IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation	
KATAM	Katalog von Alterungsmechanismen von mechanischen Ausrüstungen	
KEG	Kernenergiegesetz	SR 732.1
KKB	Kernkraftwerk Beznau	<a href="http://www.axpo.com">www.axpo.com</a>
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg	<a href="http://www.kkm.ch">www.kkm.ch</a>
KKW	Kernkraftwerk	
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit	<a href="http://www.kns.admin.ch">www.kns.admin.ch</a>
PEGASOS	Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz	<a href="http://www.ensi.ch">www.ensi.ch</a> → Dossiers → Erdbeben ...
PGA	Peak Ground Acceleration (maximale Bodenbeschleunigung)	
PRP	PEGASOS Refinement Project	<a href="http://www.ensi.ch">www.ensi.ch</a> → Dossiers → Erdbeben ...
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung	
RDB	Reaktordruckbehälter	
RG	Reaktorgebäude	
SED	Schweizerischer Erdbebendienst	<a href="http://www.seismo.ethz.ch">www.seismo.ethz.ch</a>
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein	<a href="http://www.sia.ch">www.sia.ch</a>

SR ...	Systematische Sammlung des Bundesrechts → Bundesrecht → Systematische Rechtssammlung	<a href="http://www.admin.ch">www.admin.ch</a>
STCS	Shut down and Torus Cooling System	
SUSAN	Spezielles, unabhängiges System zur Abführung der Nachzerfallswärme (Notstandsystem)	
SVTI-N	Nuklearinspektorat des Schweizerischen Vereins für technische Inspektionen <a href="http://www.svti.ch">www.svti.ch</a> → Nuklearinspektorat	
UVEK	Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation	<a href="http://www.uvek.admin.ch">www.uvek.admin.ch</a>
VAW	Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (an der ETHZ)	<a href="http://www.vaw.ethz.ch">www.vaw.ethz.ch</a>
ZKW-RG	Zwischenkühler im Reaktorgebäude	
ZNA	zusätzliches System zur Nachwärmeabfuhr (Nachrüstprojekt im KKM)	



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

Telefon +41 56 462 86 86  
[contact@kns.admin.ch](mailto:contact@kns.admin.ch)  
[www.kns.admin.ch](http://www.kns.admin.ch)