



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispektorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI

Industriestrasse 19
5200 Brugg
Tel.: 056 / 460 84 00
Fax: 056 / 460 84 99

435



AN-Nummer

ENSI 14/1531

Datum

31. August 2011

Aktenzeichen

14KEX

Typ/Charakter

Aktennotiz

Klassifikation

öffentlich

Bearbeiter

■■■■ ■■■■ ■■■■ ■■■■ /
■■■■

Visum

Sachbearbeiter ■■■■

Vorgesetzter: ■■■■

Projekt, Thema, Gegenstand (Schlagwörter)

KKB, Verfügung Fukushima, deterministischer Nachweis
10'000-jährliches Hochwasser

Seiten

18

Beilagen

-

Zeichnungen

-

Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKB zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Hochwassers

Inhaltsverzeichnis:

1	Anlass	2
1.1	Ausgangslage	2
1.2	Gegenstand und Grundlage der Beurteilung	3
1.3	Aufbau der Aktennotiz	4
2	Neubewertung der Hochwassergefährdung	4
2.1	Gefährdungsannahmen	4
2.2	Auswirkungen auf die Anlage	6
3	Deterministischer Sicherheitsnachweis	8
3.1	Überführung der Anlage in einen sicheren Zustand	8
3.2	Einhaltung des Dosisgrenzwertes	14
4	Zusammenfassung	16
5	Referenzen	17

Verteiler:

ENSI: GL, KASI, ■■■■, ■■■■, ■■■■, ■■■■, Archiv

Extern: KKB



1 Anlass

1.1 Ausgangslage

Vor dem Hintergrund der Ereignisse in Japan hat das ENSI basierend auf Kap. 2 Art. 2 Abs. 1 Bst. d der Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken (SR 732.114.5) /1/ am 18. März 2011 verfügt, dass die Auslegung der Kernkraftwerke in der Schweiz bezüglich Erdbeben und Überflutung unverzüglich zu überprüfen ist /2/.

Ferner hat das ENSI in seiner 2. Verfügung vom 1. April 2011 /3/ die Randbedingungen für diese Überprüfung sowie den terminlichen Rahmen festgelegt. Bezüglich der Gefährdung durch Hochwasser sind insbesondere die Folgeschäden wie Verstopfung oder Zerstörung von Einlaufbauwerken durch mitgeführtes Geschiebe und Schwemmgut im Detail zu untersuchen. Konkret fordert das ENSI:

„Der deterministische Nachweis für die Beherrschung des 10'000-jährlichen Hochwassers ist basierend auf den für die Rahmenbewilligungsgesuche neu bestimmten Hochwassergefährdungen (unter Berücksichtigung der ENSI-Forderungen aus den entsprechenden Gutachten) bis zum 30. Juni 2011 zu führen. Dafür gelten folgende Randbedingungen:

- Für den Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Hochwassers sind nur Ausrüstungen und Strukturen zu kreditieren, deren Hochwasserfestigkeit für die Gefährdungsannahmen nachgewiesen wurde.
- Es ist der Ausfall der externen Stromversorgung zu unterstellen.
- Es ist der deterministische Nachweis zu führen, dass eine Verstopfung oder eine Schädigung der Flusswassereinlaufbauwerke ausgeschlossen werden kann. Falls nicht gezeigt werden kann, dass die Hochwasserentlastung der vorgelagerten Stauanlagen ausreichend dimensioniert ist, darf keine Rückhaltung von Geschiebe und Schwemmgut durch diese Stauanlagen kreditiert werden. Kann der deterministische Nachweis, dass eine Verstopfung oder Schädigung der Flusswassereinlaufbauwerke ausgeschlossen werden kann, nicht erbracht werden, ist der Ausfall der vom Hochwasser betroffenen Kühlwasserfassungen zu unterstellen.
- Es ist nachzuweisen, dass die Anlage in einen sicheren Zustand überführt und dieser Zustand ohne Zuhilfenahme externer Notfallschuttmittel während mindestens 3 Tagen stabil gehalten werden kann.
- Interne Notfallschutzmassnahmen können nur kreditiert werden, wenn sie vorbereitet sind, genügend grosse Zeitfenster zur Durchführung vorhanden sind und die dafür erforderlichen Hilfsmittel auf nach einem 10'000-jährlichen Hochwasser zur Verfügung stehen.
- Die Berechnung der aus dem Störfall resultierenden Dosis erfolgt aufgrund der während des Analysezeitraums emittierten radioaktiven Stoffe und richtet sich nach der Richtlinie ENSI-G14.“



1.2 Gegenstand und Grundlage der Beurteilung

Gegenstand der Beurteilung durch das ENSI ist der nach Kapitel 3.2 der Verfügung /3/ vom 1. April 2011 zu erbringende deterministische Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Hochwassers. Der Betreiber der Anlagen KKB 1 und KKB 2, die Axpo AG / Kernkraftwerk Beznau (im Weiteren: KKB) reichte mit Brief vom 30. Juni 2011 /4/ den Anforderungen der Verfügung /3/ entsprechend den folgenden Nachweis:

- KKB, „Sicherheitstechnischer Nachweis für das 10'000-jährliche Hochwasser“, KKB-Bericht TM-511-R 11029 vom 30. Juni 2011 /5/

nebst den ergänzenden Dokumenten:

- TK Consult AG, „Überflutung Beznau, Szenarien zur Untersuchung der Überflutung der Beznau-Insel“, Bericht KKB 211D0053 bzw. TKC1618 vom März 2011 /6/;
- Gubler, R., „KKB, Radiologische Analyse Flutstörfall“, Bericht KKB 511D0282 bzw. BX-RE01-03/06/2011 vom Juni 2011 /7/

fristgerecht zur Beurteilung beim ENSI ein. Schwerpunkte der ENSI-Beurteilung bilden die vom KKB verwendeten Rahmenbedingungen der Störfallanalyse, die verwendeten Methoden und Eingangsparameter sowie die Ergebnisse. Der Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Hochwassers ist erbracht, wenn nach Art. 94 StSV /21/ nachvollziehbar gezeigt werden kann, dass der für diesen Störfall massgebende Dosisgrenzwert von 100 mSv für nichtberuflich strahlenexponierte Personen eingehalten werden kann.

Die detaillierte Beurteilung des ENSI erfolgt lediglich für die vom KKB getroffenen Aussagen zum 10'000-jährlichen Hochwasser. Die zusätzlich zu diesem Basisszenarium vom KKB beschriebene Sensitivitätsrechnung (siehe Kapitel 6.3.2 von Referenz /5/) mit einem unterstellten Wehrbruch wird in der vorliegenden Aktennotiz nicht weiter bewertet, weil ein Wehrbruch als Folge eines natürlich bedingten Hochwassers nicht zu unterstellen ist und weil die Häufigkeit anderer Ursachen von Wehrbrüchen weniger als 10^{-4} pro Jahr beträgt. Damit ist dieses Szenarium nicht Gegenstand der Verfügung /3/.

Bei der Beurteilung des sicherheitstechnischen Nachweises /5/ vom KKB stützt sich das ENSI auf folgende Grundlagen:

Für den Nachweis des ausreichenden Schutzes sind gemäss Art. 5 Abs. 4 der UVEK-Verordnung über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2, /10/) Gefährdungen mit einer Häufigkeit grösser gleich 10^{-4} pro Jahr zu berücksichtigen.

Der Nachweis für das 10'000-jährliche Hochwasser ist gemäss Art. 2 Abs. 1 der UVEK-Verordnung /10/ anhand deterministischer Störfallanalysen zu führen, indem die Einhaltung der grundlegenden Schutzziele aufgezeigt wird. Zusätzlich zum auslösenden Ereignis ist ein unabhängiger Einzelfehler gemäss Art. 8 Abs. 4 KEV zu unterstellen.

Die Auswirkungen des 10'000-jährlichen Hochwassers müssen mit den getroffenen Schutzmassnahmen so begrenzt bleiben, dass das Kernkraftwerk in einen sicheren Anlagenzustand überführt werden kann. Dieser ist erreicht, wenn die Einhaltung der technischen Kriterien gemäss Art. 11 der UVEK-Verordnung /10/ und im Hinblick auf die Frage der Ausserbetriebnahme die radiologischen Kriterien gemäss Art. 3 der UVEK-Verordnung über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken (SR 732.114.5, /11/) nachgewiesen sind.



Für die Bestimmung der standortspezifischen Gefährdung durch externe Überflutungen sind Anforderungen in der Richtlinie ENSI-A05 „Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang“ /23/ vorgegeben.

Eine weitere Beurteilungsgrundlage bildet der IAEA Safety Guide No. NS-G-3.5 „Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites“ /12/.

Mit der Verfügung vom 1. April 2011 hat das ENSI zusätzliche Randbedingungen für den deterministischen Sicherheitsnachweis vorgegeben, die in Kapitel 1.1 der vorliegenden Aktennotiz genannt sind. Zur weiteren Bewertung der deterministischen Störfallanalysen werden die Richtlinien ENSI-A01 /17/, ENSI- A08 /16/ und ENSI-G14 /18/ herangezogen.

1.3 Aufbau der Aktennotiz

Kapitel 1 der vorliegenden Aktennotiz enthält allgemeine Angaben zum Anlass der Überprüfung, zu den eingereichten technischen Unterlagen sowie den Beurteilungsgrundlagen des ENSI.

In Kapitel 2 wird auf die Neubewertung der Hochwassergefährdung durch das 10'000-jährliche Hochwasser und insbesondere auf die Gefährdungsannahmen und die Auswirkungen auf die Anlage eingegangen. Gegenstand von Kapitel 3 ist der deterministische Sicherheitsnachweis mit besonderem Augenmerk auf die Massnahmen zur Überführung der Anlage in einen sicheren Zustand, auf das Halten dieses Zustands während 72 Stunden (Kapitel 3.1) sowie auf die Einhaltung des Dosisgrenzwerts (Kapitel 3.2). Kapitel 4 enthält eine Zusammenfassung der Angaben von KKB und der Beurteilung des ENSI. In Kapitel 5 sind die im Rahmen der Überprüfung verwendeten Referenzen aufgeführt.

2 Neubewertung der Hochwassergefährdung

2.1 Gefährdungsannahmen

Angaben des Betreibers

KKB stützt die Ableitung der Gefährdung durch ein 10'000-jährliches Hochwasser auf Pegelmessdaten der Aare bei Untersiggenthal, auf die Rekonstruktion historischer Hochwasser und auf die Konstruktion so genannter Extremhochwasserszenarien /13/:

- Die ausgewerteten Pegelmessdaten setzen sich aus den Messreihen der Messstation Aare-Döttingen (bis 1935), Aare-Stilli (1935-1975, hervorgegangen aus der Versetzung der Messstelle Aare-Döttingen wegen des Aufstaus des Klingnauer Stausees) und Aare-Untersiggenthal (seit 1975, hervorgegangen aus der Verschiebung der Messstelle Aare-Stilli) zusammen.
- Beschreibungen historischer Hochwasser, die bis zum Jahre 1268 zurückliegen, wurden für die Rekonstruktion von Hochwasserdurchflusswerten ausgewertet.
- Für die Entwicklung von Extremhochwasserszenarien wurden für die Aare bei Brugg, die Reuss bei Mellingen und die Limmat bei Baden Pegelmessdaten und historische Hochwasser ausgewertet, um für diese Flüsse das 100-jährliche, das 1'000-jährliche und das 10'000-jährliche Hochwasser abzuleiten. Die Werte werden zu Extremhochwasserszenarien Ost bzw. West kombiniert, die einem Niederschlagsschwerpunkt im Osten (Limmat- und Reuss-Einzugsgebiet) bzw. Westen (Reuss- und Aare-Einzugsgebiet) zugeordnet werden.



Für den 10'000-jährlichen Durchfluss der Aare bei Untersiggenthal wird grafisch aus der Gesamtheit der so ermittelten Daten ein Bereich von 3 500 - 4 200 m³/s abgeschätzt.

Die Ermittlung der Überflutungshöhe im Bereich des Kernkraftwerks Beznau erfolgt mit einem 2-dimensionalen Modell sowohl für die derzeitige Situation mit dem bestehenden Hydraulischen Kraftwerk Beznau als auch für den Fall des geplanten Neubaus dieses Wasserkraftwerks /6/. Das KKB verwendet den Wert von 4 200 m³/s für die Überprüfung der Auslegung der Anlage gegen ein 10'000-jährliches Hochwasser /5/. Diesem Durchfluss entspricht ein maximales Wasserniveau im Bereich der KKB-Gebäude:

- von 37 cm mit dem bestehenden Hydraulischen Kraftwerk und
- von 19 cm mit dem neu geplanten Wasserkraftwerk.

Über diese Betrachtungen hinaus hat das KKB weitere Untersuchungen eingereicht /5/:

- a. Als Sensitivitätsstudie für ein die Auslegung überschreitendes Szenario wird der maximale Wasserstand im Bereich der KKB-Gebäude für einen Durchfluss von 5 000 m³/s bestimmt /6/.
- b. Als weitere Sensitivitätsstudie wird die Fluthöhe im Bereich der KKB-Gebäude aufgrund eines Bruchs des Wehrs Wettingen berechnet /6/.

Für gleichzeitige und sequenzielle Wehrbrüche verweist das KKB auf eine Untersuchung /22/, die für solche Szenarien weitgehend die gleichen Überflutungshöhen wie für den alleinigen Bruch des Wehrs Wettingen ausweist.

Beurteilung des ENSI

Bestimmung des 10'000-jährlichen Durchflusses

Die Bestimmung des 10'000-jährlichen Durchflusses der Aare am Standort KKB basiert auf den gleichen breit abgestützten Untersuchungen wie die Neubestimmung der Hochwassergefährdung für das Rahmenbewilligungsgesuch des Ersatzkernkraftwerks Beznau (EKKB) /20/. Das KKB gibt den gleichen Bereich für das 10'000-jährliche Hochwasser an wie EKKB. Der obere Wert entspricht der dargestellten Ableitung eines 10'000-jährlichen Hochwassers, während der untere Wert lediglich ingenieurmässig aufgrund einer angenommenen Dämpfung (insbesondere aufgrund von Damnbrüchen) extrem starker Hochwasser durch grossräumige Retentionsflächen abgeschätzt worden war.

Eine Quantifizierung der Dämpfung ohne weitere umfangreiche Untersuchungen ist nicht möglich. Die Herleitung der 10'000-jährlichen Hochwasser für die Aare bei Brugg, die Reuss bei Mellingen und die Limmat bei Baden erfolgte in /13/ dementsprechend ohne Berücksichtigung einer Dämpfung. Die Nachweise im Rahmenbewilligungsverfahren EKKB stützten sich folgerichtig ebenfalls auf den (ohne Dämpfung) hergeleiteten Durchfluss von 4 200 m³/s als 10'000-jährliches Hochwasser für die Insel Beznau. Dieser Wert ist aus Sicht des ENSI angemessen für die Abschätzung der mittleren bei einem 10'000-jährlichen Hochwasser zu erwartenden Überflutungshöhe am Standort KKB. Entsprechend den Vorgehensvorgaben der Verfügung vom 1. April 2011 /3/ wird er von KKB für die weiteren Nachweise verwendet.

Das KKB untersucht als Sensitivitätsstudie die Auswirkungen eines Bruchs des Wehrs Wettingen, überlagert dieses Ereignis jedoch nicht dem 10'000-jährlichen Hochwasser. Eine solche Überlagerung ist aus zwei Gründen auch nicht erforderlich:

1. Ein unkontrollierter Abfluss des Wehrs Wettingen ist für den zum 10'000-jährlichen Hochwasser beim KKB gehörenden Limmat-Durchfluss nicht zu unterstellen, da das Wehr gegen ein Sicherheitshochwasser mit höherem Durchfluss ausgelegt ist.



2. Das zufällige (nicht hochwasserbedingte) Versagen eines Wehrs hat eine so geringe Häufigkeit, dass die zeitgleiche Kombination mit einem 10'000-jährlichen Hochwasser nicht zu unterstellen ist.

Es ist daher sachlich angemessen, allein einen Durchfluss von 4 200 m³/s am Standort KKB für die Untersuchung des 10'000-jährlichen Hochwassers zu betrachten.

Bestimmung von Wasserständen am Standort KKB

Das vom KKB genutzte Überflutungsmodell basiert auf dem für EKKB entwickelten und im Rahmenbewilligungsverfahren positiv beurteilten Modell. Es wurde für die Fragestellungen des KKB entsprechend modifiziert – insbesondere wurden die massgeblichen Gebäude auf der Insel Beznau explizit als nicht durchströmbar modelliert – und erlaubt eine belastbare Bestimmung des zu erwartenden Wasserstands im Bereich der KKB-Gebäude. Die Betrachtung sowohl der aktuellen Situation mit dem bestehenden Hydraulischen Kraftwerk als auch mit dem in Planung befindlichen neuen Wasserkraftwerk trägt der Forderung aus den IAEA-Empfehlungen /12/ Rechnung, absehbare zukünftige Entwicklungen zu berücksichtigen. Die aktuell erwarteten Überflutungshöhen im Bereich der KKB-Gebäude sind mit bis zu 37 cm im Vergleich zur Auslegung des KKB (Abdichtung bis 1,65 m) relativ gering. Die verbesserte Hochwasserentlastung des neu geplanten Wasserkraftwerks wird sich eher günstig auf die Gefährdung des KKB durch Hochwasser auswirken.

Die Gefahr von Verklausungen wurde in dem Überflutungsmodell entsprechend den ENSI-Vorgaben im Rahmenbewilligungsgesuch des EKKB berücksichtigt. Demgemäss wurde analog zu der so genannten (n-1)-Regel der Richtlinie "Sicherheit der Stauanlagen" des BWG unterstellt, dass das leistungsfähigste von "n" Entlastungsorganen einer Stauanlage nicht verfügbar ist. Diese Annahme hat potenziell grosse Auswirkungen auf die Überflutungshöhe, da bei vollständiger Verklausung mit einem signifikanten Rückstau bzw. bei vollständiger Verklausung und folgendem Aufbrechen der Verklausung mit einer dem Hochwasser überlagerten Flutwelle zu rechnen wäre. Die Möglichkeit einer vollständigen Verklausung stellt daher einen so genannten Cliff-Edge-Effekt dar. Die Sensibilität des KKB gegenüber solchen Cliff-Edge-Effekten wird im Rahmen des EU-Stresstests überprüft.

Weitergehende Untersuchungen des KKB

Die vom KKB dokumentierten weitergehenden Untersuchungen (Überflutungshöhen bei einem höheren Aare-Durchfluss, Konsequenzen von einem einzelnen sowie von gleichzeitigen und sequenziellen Wehrbrüchen) betreffen nicht die Verfügung vom 1. April 2011 /3/ und werden daher in diesem Zusammenhang nicht beurteilt.

2.2 Auswirkungen auf die Anlage

Angaben des Betreibers

In Kapitel 3 des sicherheitstechnischen Nachweises /5/ legt KKB, mit Bezug zu den Sicherheitsberichten KKB1 und KKB2, die Auslegung der Anlagen gegen externe Überflutung dar. Demnach sind die Blöcke KKB1 und 2 bis zu einer Höhe von 1,65 m über der Terrainkote von +327,0 m gegen externe Überflutung ausgelegt.

Die der Auslegung zugrunde liegende maximale Fluthöhe von 1,65 m resultierte dabei laut KKB aus dem Szenario „Bruch eines stromaufwärts gelegenen Wehres“ in Verbindung mit folgenden konservativen Annahmen:



- a) Nur rudimentäre Berücksichtigung der Abschwächung der Flutwelle durch die Geländetopographie auf dem Weg bis zum KKB;
- b) Keine Berücksichtigung eines möglichen Öffnen des Wehrs Beznau;
- c) Keine Berücksichtigung des Wasserdurchflusses neben dem Wehr;
- d) Keine Berücksichtigung der Verteilung des Wassers auf der Insel Beznau, sondern Annahme, dass die Energielinie im Wehr der Fluthöhe im Kraftwerksbereich entspricht.

Aufgrund der sehr konservativen Annahmen a, c und d – Punkt b bleibt nach wie vor gültig – kommt das KKB zum Schluss, dass die Auslegungsfluthöhe von 1,65 m gegenüber einer realistischen Einschätzung mit sehr viel Sicherheitsreserve definiert wurde. Diese konservative Auslegungsgrundlage wurde auch bei allen nachfolgenden Nachrüstprojekten und insbesondere auch beim Bau der Notstandssysteme angewendet und umgesetzt.

Das KKB kommt aufgrund der ermittelten maximalen Überflutungshöhe von 0,37 m, die zudem im Bereich des Maschinenhauses gemäss Kapitel 5 des KKB-Nachweises /5/ weniger als 0,20 m beträgt, zum Schluss, dass bei der Überflutung vier geschützte unabhängige Sicherheitsstränge zur Kühlung des Reaktors zur Verfügung stehen, die zudem vollständig unabhängig von der Verfügbarkeit des Flusswassers sind. Zur Sicherstellung der Kernkühlung während einer Überflutung stehen damit laut Kapitel 4 des KKB-Nachweises die folgenden vier unabhängigen Stränge zur Verfügung, wobei die Angaben pro Block des KKB gelten:

- Eine redundante, flutsichere Kühlkette der Originalauslegung mit zwei Hilfsspeisewasserpumpen, zwei Ladepumpen, zwei Flutdieseln sowie zwei Brunnenwasserpumpen zur Kühlwasserversorgung.
- Eine erdbebenfeste und flutsichere Kühlkette der Notstandssysteme mit der Wärmesenke Notstand-Brunnenwasser, die nach Angaben des KKB einzelfehlersicher und damit faktisch ebenfalls zweisträngig ist.

Diese vier Stränge sind gegen die in Kapitel 2.2 genannte Fluthöhe von 1,65 m über Höhenkote des KKB-Areals geschützt, wobei die Notstandssysteme sogar bis zu einer Höhe von +7,0 m vor Überflutung geschützt sind.

Das KKB nimmt gemäss Kapitel 6.1 des Nachweises /5/ zudem zusätzlich an, dass als Folge der Überflutung die nicht flutsicheren primären und sekundären Nebenkühlwasserpumpen ausfallen. Damit wird in der Analyse keinerlei Kühlung mit Aarewasser berücksichtigt. Der Betrieb der vier flutsicheren Sicherheitsstränge wird dadurch nicht beeinträchtigt, da sie mittels Grundwasser gekühlt werden.

Beurteilung des ENSI

Im Vergleich zur Auslegungsfluthöhe von 1,65 m beträgt die für das 10'000-jährliche Hochwasser ermittelte Fluthöhe lediglich 0,37 m, im Bereich des Maschinenhauses weniger als 0,20 m. Damit sind die hochwassergeschützten Bauten der Kernkraftwerksanlage bei diesem Extremhochwasser nicht gefährdet, und die darin enthaltenen Ausrüstungen sind aus Sicht des ENSI für die Störfallbeherrschung verfügbar. Eine Auslegungsfluthöhe von 1,65 m bedeutet allerdings nicht, dass sämtliche Bauwerke des KKB gegen Überflutung geschützt sind. So sind beispielsweise die das Sicherheitsgebäude umgebenden Nebengebäude UN und das Maschinenhaus UM nicht explizit gegen Überflutung ausgelegt. In diesem Fall muss mit einem gewissen Eindringen von Wasser gerechnet werden, weil das KKB für diese Gebäude keine weiteren Schutzmassnahmen vorgesehen hat. Da in diesen Gebäuden mit Ausnahme der Ladepumpen - die Hilfsspeisewasserpumpen sind oberhalb des Flutwasserpegels aufgestellt - keine Komponenten



auf Kote +/-0.0 m oder tiefer vorhanden sind, die zur Störfallbekämpfung eingesetzt werden, hat ein Eindringen von Wasser aus Sicht des ENSI keine unzulässigen Auswirkungen auf die Beherrschbarkeit des Störfalls. Zudem entspricht die diesbezügliche Auslegung des KKB - Beherrschung eines Überflutungsstörfalls mit Flutdieseln und zugehörigen geschützten Sicherheitseinrichtungen sowie mit dem Notstandssystem - dem vom ENSI genehmigten Zustand.

Die Ladepumpen, die ggf. zur Sperrwasserversorgung der Gleitringdichtungen der Reaktorhauptpumpen eingesetzt werden (siehe hierzu auch Kapitel 3.1 der vorliegenden Aktennotiz), befinden sich im Nebengebäude UN(D) auf Kote +/-0,00m (Ladepumpen KCH 7-A und -B), die Ladepumpe KCH 7-C auf Kote +5,50 m. Damit ist die Verfügbarkeit der Ladepumpe 7-C bei Überflutung erwiesen. Da die Fluthöhe im Bereich um das Maschinenhaus weniger als 20 cm beträgt und die Ladepumpen 7-A und -B auf Sockeln aufgestellt sind, die eine Höhe von ca. 1,5 m aufweisen, kann aus Sicht des ENSI grundsätzlich von der Verfügbarkeit dieser Ladepumpen ausgegangen werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass nur die Ladepumpen 7-B und 7-C notstromversorgt sind, sodass das ENSI der Darlegung vom KKB, wonach beim Störfall zwei Ladepumpen zur Verfügung stehen, zustimmen kann.

3 Deterministischer Sicherheitsnachweis

In den nachfolgenden Abschnitten des Kapitels 3 wird dargelegt, wie die Anlage in einen sicheren Zustand überführt und in diesem Zustand, bei dem die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet ist, gehalten werden kann (Abschnitt 3.1). Dabei wird angeführt, welche Sicherheitssysteme zur Beherrschung des Störfalles grundsätzlich vorhanden sind, wie die Notstromversorgung während 72 Stunden gesichert werden kann und unter welchen Annahmen und Randbedingungen die Störfallanalyse durchgeführt wurde. Der Nachweis der Einhaltung des für diesen Störfall zulässigen Dosisgrenzwerts wird in Abschnitt 3.2 behandelt.

3.1 Überführung der Anlage in einen sicheren Zustand

Systeme zur Kernkühlung bei Überflutung

Angaben des Betreibers

Für die Kühlung des Reaktors nach Einwirkungen von aussen sind primär die Sicherheitsfunktion der Nachwärmeabfuhr und die Verhinderung eines Kühlmittelverlustes erforderlich. Dies soll im KKB mittels Bespeisung der Dampferzeuger mit Speisewasser und Kühlung der ersten Dichtung der Reaktorhauptpumpen (RHP) mittels Sperrwasser oder ggf. durch Versorgung der thermischen Barrieren der RHP erfolgen. Im KKW Beznau stehen für diese Sicherheitsfunktionen die nachfolgend genannten Ausrüstungen zur Verfügung, welche gegen Überflutung geschützt und vollständig unabhängig von der Kühlwasserversorgung mit Aarewasser sind:

- 1) Eine redundante, flutsichere Kühlkette der Originalauslegung bestehend aus:
 - zwei Hilfsspeisewasserpumpen LSN 1 und LSN 2
 - zwei Ladepumpen KCH 7-B und KCH 7-C
 - zwei Flutdieseln XG 1000 und XG 2000 zur Stromversorgung
 - zwei Brunnenwasserpumpen LBW 1-A und LBW 1-B als Kühlwasser und Wasserquelle.
- 2) Eine erdbebenfeste und flutsichere Kühlkette der Notstandssysteme mit der Wärmesenke Notstand-Brunnenwasser und mit extremer Flutsicherheit jenseits der Auslegung. Die Notstandssysteme sind gemäss /6/ einzelfehlersicher und damit faktisch ebenfalls zweisträngig.



Beurteilung des ENSI

Die in Kapitel 4 der Analyse /5/ vom KKB genannten Systeme bzw. Stränge, die zur Störfallbekämpfung zur Verfügung stehen (zwei Flutdiesel mit zugehörigen Brunnenwasser-, Hilfsspeisewasser- und Ladepumpen sowie die notstromgesicherten Notstandssysteme), sind auslegungsgemäss für diesen Störfall vorgesehen („Flutdiesel“) und entsprechend geschützt. Sie sind überflutungssicher aufgestellt, wobei sich die Flutdiesel in einem separaten Raum neben dem 6-/0,4-kV-Schaltanlagenraum auf Kote +7,0 m befinden. Die Ausrüstungen des Notstandsystems, das für Einwirkungen von aussen inklusive externe Überflutung konzipiert wurde, sind mit Ausnahme der Notstand-Brunnenwasserpumpen, die sich im separaten und ebenfalls gegen externe Ereignisse geschützten Notstandbrunnen-Gebäude befinden, im NANO-Gebäude untergebracht. Dieses Gebäude weist bis zu einer Höhe von +7,0 m keine Öffnungen, aber gegen Eindringen von Wasser geschützte Durchdringungen (EW3-sichere Fluchttüre, Einbringöffnung für Notstanddiesel) auf. Alle diese Stränge verwenden Grundwasser zur Abfuhr der Nachzerfallswärme, sodass die erforderlichen Kühlmittelvorräte gesichert sind, und die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt unabhängig von der externen Stromversorgung über Notstromdieselaggregate. Das ENSI stimmt der Darlegung vom KKB zu, dass die genannten Systeme grundsätzlich zur Störfallbeherrschung zur Verfügung stehen.

Vom KKB in der Analyse als erforderliches System nicht genannt wurde das sekundäre Zwischenkühlsystem PKZ, das insbesondere die Ölkühler und Gehäuse der Hilfsspeisewasserpumpen LSN 1 und 2 kühlt. Diese Kühlfunktion ist nach Einschätzung des ENSI für den Betrieb dieser Pumpen während der verlangten Zeit von 72 Stunden erforderlich. Die Wärmeabfuhr aus dem PKZ-System wird auslegungsgemäss vom sekundären Nebenkühlwassersystem PRN wahrgenommen. Dieses System wird jedoch gemäss Kapitel 6.1 des Nachweises /5/ als ausgefallen betrachtet. Hier besteht die Möglichkeit (bzw. im vorliegenden Fall die Notwendigkeit), bei Ausfall des PRN-Systems die Sekundärseite des PKZ-Systems mit Kühlwasser aus dem gesicherten Brunnenwassersystem LBW zu beaufschlagen, wobei dies in Form einer Durchlaufkühlung erfolgt. Damit kann aus Sicht des ENSI angenommen werden, dass der Betrieb der Hilfsspeisewasserpumpen auch bei Ausfall des sekundären Nebenkühlwassersystems PRN möglich ist.

Verfügbarkeit der Notstromversorgung

Angaben des Betreibers

Das KKB führt in Kapitel 6.1 des Nachweises /5/ an, dass bei einer externen Überflutung der Ausfall des externen Stromversorgungsnetzes und der beiden unabhängigen Versorgungen ab Hydrowerk angenommen wird. Die Notstromversorgung erfolgt dann über die Flutdiesel XG 1000 und XG 2000, über den Notstanddiesel XG 3000 des eigenen Blocks sowie über den Notstanddiesel XG 3000 des anderen Blocks, der jeweils über die 6-kV-Querverbindung zwischen den beiden Blöcken auf die Notstand-Schiene des eigenen Blockes aufgeschaltet werden kann. Eine gleichzeitige Versorgung beider Blöcke ist mit den Notstanddieseln XG 3000 möglich. Alle vier Notstromdieselaggregate sind überflutungssicher aufgestellt.

Die Kraftstoffreserven für den Betrieb der Notstanddiesel reichen für eine Betriebsdauer von 96 Stunden. Bei der alleinigen Nachwärmeabfuhr in einem Block - ohne Sicherheitseinspeisung und ohne gleichzeitige Versorgung des anderen Blocks - verlängert sich diese Zeitdauer auf zehn Tage.

Die Kraftstoffreserven für die Flutdiesel erlauben den Betrieb eines dieser Aggregate während 48 Stunden, bei zwei laufenden Flutdieseln beträgt die Betriebsdauer 24 Stunden. Das KKB führt an, dass es problemlos möglich ist, zusätzlichen Kraftstoff auf dem Landweg oder per Luft be-



reits innerhalb der ersten 24 Stunden auf die Insel zu bringen, da die maximale Fluthöhe nur 37 cm beträgt und das Maximum des Hochwassers nur wenige Stunden andauert, wie die Hochwasser von 1999 und 2007 gezeigt haben. Zudem ist die Beschaffung von zusätzlichem Kraftstoff in Notfällen in den Notfallanweisungen geregelt /14/. Danach ist die Beschaffung unmittelbar nach der Deklaration eines Notfalls und damit bereits vor der Überflutung der Insel einzuleiten. Diesellokraftstoff kann auch vom thermischen Kraftwerk Beznau bezogen werden, das sich in einer Distanz von 500 m vom KKB befindet. Das KKB gibt weiter an, dass sich der Nachfüllstutzen zu den flutsicher gelagerten Tanks oberhalb der Höhenkote +1,0 m befindet und deshalb im Anforderungsfall zugänglich bleibt.

Zusammenfassend kommt das KKB zum Schluss, dass genügend Kraftstoff für die vier Sicherheitsstränge zur Verfügung steht, um - wie in der Verfügung /3/ gefordert - einen Betrieb während 72 Stunden zu gewährleisten.

Beurteilung des ENSI

Bei der Beurteilung der Verfügbarkeit der Notstromversorgung der Sicherheitsstränge ist aus Sicht des ENSI primär relevant, ob die im KKB vorhandenen Kraftstoffreserven ausreichen, um den Betrieb der erforderlichen Notstromdiesel und damit der Ausrüstungen zur Nachwärmeabfuhr während einer Zeitdauer von 72 Stunden zu gewährleisten, da die grundsätzliche Einsatzbereitschaft der Notstromdiesel periodisch durch Testläufe gesichert wird und der Start der Aggregate entweder fremdenenergieles durch Druckluft (Notstanddiesel) oder durch batteriegestützte elektrische Anlasser (Flutdiesel) erfolgt.

Das ENSI hat die Angaben von KKB bezüglich der Kraftstoffvorräte (Kraftstoffvorrat: 1 500 l Kraftstoff-Betriebsbehälter pro Notstanddiesel sowie ein 107'000-l-Kraftstoff-Vorratsbehälter im Untergeschoss des Notstandgebäudes) für die Notstanddiesel überprüft und bestätigt, dass beim Einsatz der Notstandsysteme eine Betriebszeit von mindestens 96 Stunden möglich ist, falls unterstellt wird, dass der minimal von der Technischen Spezifikation KKB (LCO 38.1.15) vorgeschriebene Vorrat an Kraftstoff (75'000 l) vorhanden sein sollte. Bei angenommener vollständiger Füllung des Tanks wäre eine Betriebsdauer von sieben Tagen möglich /19/. Der KKB-Sicherheitsbericht hält fest, dass die Kraftstoffvorräte jederzeit ergänzt werden können, wie auch die zum Betrieb der Diesel erforderlichen Schmiermittel.

Der 7'000-l-Kraftstoff-Vorratsbehälter, der beide Flutdiesel versorgt, sowie die 500-l-Kraftstoff-Betriebsbehälter pro Flutdiesel erlauben einen Betrieb von 48 Stunden Dauer, falls nur ein Flutdiesel eingesetzt wird. Wenn allerdings wie bei den Notstanddieseln unterstellt wird, dass nur die von der Technischen Spezifikation geforderten Minimalvorräte (5'000 l) vorhanden sind (LCO 38.1.13), verkürzt sich die Betriebsdauer entsprechend. Auch hier ist in den Sicherheitsberichten festgehalten, dass die Kraftstoffvorräte und Schmiermittel jederzeit ergänzt werden können. Beim Einsatz von Flutdieseln ist allerdings zu beachten, dass ein Betrieb eines Flutdiesels während mindestens drei Tagen nur möglich ist, wenn Diesellokraftstoff nachgefüllt werden kann. Das ENSI hat sich anlässlich der Inspektion im KKB vom 22. August 2011 davon überzeugt, dass dies grundsätzlich mit den Vorräten und Mitteln, die sich in der Anlage oder auf der Beznau-Insel (Thermisches Kraftwerk der Axpo AG) befinden, machbar ist und dass die Kraftstoffversorgung ohne Zuhilfenahme externer Notfallschutzmittel, wie in der Verfügung /3/ gefordert, durchführbar ist. Die dazu erforderlichen Fahrzeuge - im Wesentlichen diejenigen der Betriebsfeuerwehr - sind vorhanden und geeignet, und die ermittelten maximalen Überflutungshöhen sind gering.

In der Störfallanalyse vom KKB nicht angesprochen wurden weitere Voraussetzungen, die zum längerfristigen sicheren Betrieb der Dieselaggregate erforderlich sind, insbesondere die Kühlung dieser Aggregate. Hier kann festgehalten werden, dass die Kühlung der Flutdieselmotoren durch das flutsichere und notstromversorgte Brunnenwassersystem LBW mittels eines geschlossenen



drucklosen Kreislaufs erfolgt und dass die Abwärme über die Kühlluft an die Umgebung abgegeben wird. Damit steht eine störungssichere Wärmesenke zur Verfügung. Bei den Notstanddieseln wird die anfallende Abwärme von ca. 2 MW an das geschützte Notstand-Brunnenwasser (LNB) abgegeben und anschliessend der Aare zugeleitet. In diesem Zusammenhang hat das ENSI anlässlich einer Inspektion überprüft, ob der Kühlwasserrücklauf in die Aare auch bei extremem Hochwasser gewährleistet ist, da je nach Höhenkote des Kühlwasseraustritts eine Beeinträchtigung der Wärmeabfuhr aus den Notstanddieseln nicht ausgeschlossen werden kann. Hier hat sich gezeigt, dass die Kühlwasserabgabeleitung auf ca. +13 m über Terrain aus dem Notstandgebäude austritt und anschliessend rechtwinklig nach unten geführt wird. Das Kühlwasser wird dann mehrere Meter über Terrain aus der offenen Rückgabeleitung in einen darunter liegenden Auslauftrichter und anschliessend zur Aare geführt, sodass eine Beeinträchtigung der Abwärmeabfuhr der Notstanddiesel auch bei sehr hohen Aarepegeln ausgeschlossen werden kann.

Zusätzlich zu den Angaben vom KKB hinsichtlich der Energieversorgung durch die Flut- bzw. Notstanddiesel mit Wechselstrom während der unterstellten Dauer von 72 Stunden hat das ENSI schliesslich auch betrachtet, ob die ebenfalls erforderliche Gleichstromversorgung während dieser Zeitdauer gewährleistet ist. Hier stellt das ENSI fest, dass sowohl die Batterien der 120-V-Gleichstromschienen als auch die Batterien der 24-V- bzw. 26-V-Schienen von den Flut- bzw. Notstanddieseln über Ladegleichrichter versorgt werden. Bei Ausfall der Batterieladegeräte wäre ein batteriegestützter Betrieb der Gleichstromschienen nur für wenige Stunden sichergestellt. Die Gleichstromeinrichtungen sind im Nebengebäude UN(D) auf Kote +3,7 m und im Notstandgebäude überflutungssicher aufgestellt. Damit ist aus Sicht des ENSI auch die erforderliche Versorgung der Sicherheitsstränge mit Gleichstrom gewährleistet.

Weitere Randbedingungen der Störfallanalyse

Angaben des Betreibers

In der Störfallanalyse geht KKB davon aus, dass beim 10'000-jährlichen Hochwasser der Durchfluss der Aare langsam ansteigt, mit einem maximalen Anstieg von ca. 200 m³/s. Diese Annahme wird durch die Beobachtungen der Hochwasser von 1999 und 2007 bestätigt. Dies bedeutet, dass ein Zeitfenster von vielen Stunden zur Verfügung steht, um die Anlage vor der Überflutung der Insel vorsorglich abzufahren. Der Notfallstab des KKB wird bereits bei einem Pegelstand im Unterwasser von 323,5 m (entsprechend einem Abfluss von ca. 2 450 m³/s) präventiv aufgeboten /15/. Zusätzlich verlangen die Technischen Spezifikationen (LCO 38.1.11) das Abfahren der Anlage, da bei hoher Wasserführung die erforderliche Mindestleistung des Hydrokraftwerks Beznau für die Notstromversorgung nicht mehr zur Verfügung steht. Spätestens bei einem Pegelstand von 325,5 m im Bereich des Oberwasserkanals wird gemäss Notfallanweisung /14/ der Notfall erklärt. Dieser Pegel, der einem Aaredurchfluss von ca. 3 000 m³/s entspricht, liegt 1,5 m unterhalb der Höhenkote des KKB-Areals.

Die Störfallanalyse geht dementsprechend davon aus, dass der Reaktor vor der Überflutung der Anlage abgefahren wird. Das vorsorgliche Abfahren vor Störfalleintritt wird durch eine Schnellabschaltung mit gleichzeitigem Start der Notstand-Speisewasserpumpe modelliert. Das KKB nimmt als unabhängigen Einzelfehler an, dass Flutdiesel ausfallen. Konservativerweise wird vom Ausfall beider Flutdiesel ausgegangen. Damit wird faktisch der Fall gerechnet, dass der Störfall einzig durch das Notstandsystem beherrscht wird, wobei die sichere Nachwärmeabfuhr und das Verhindern eines Kühlmittelverlustes über den Betrieb des Notstand-Speisewassersystems LNA und des Notstand-Sperwassersystems JNA erfolgt. Als weitere konservative Annahme geht das KKB davon aus, dass die Notstand-Rezirkulation nicht zur Verfügung steht und damit ein Kaltfahren der Anlage über die Notstand-Kaltfahrleitung nicht möglich ist. Damit verbleibt die Anlage



während drei Tagen im Betrieb mit Dampferzeugerbespeisung durch das LNA-System, Nachspeisung über das Notstand-Brunnenwassersystem LNB und Abfuhr der Nachwärme des Reaktors durch Abblasen von Dampf aus den Dampferzeugern in die Umgebung.

Das KKB führt weiter an, dass die Anlage mit jedem der vier flutsicheren Sicherheitsstränge abgefahren und mindestens in den Betriebszustand „heiss abgestellt bei 130 °C“ gebracht werden kann. Der Zustand „heiss abgestellt bei 130 °C“ wird als sehr sicherer Anlagezustand bezeichnet, weil mit gefüllten Dampferzeugern und tiefer Nachwärmeleistung eine grosse Sicherheitsmarge gegenüber einem vorübergehenden Ausfall der Nachwärmeabfuhr vorhanden ist, weil bei dieser Temperatur keine Gefahr eines Reaktorhauptpumpendichtungs-LOCA besteht und weil zur Kühlung des Reaktors sowohl die Sicherheitssysteme der Sekundärseite als auch der Primärseite eingesetzt werden können, was im kalt-abgestellten Zustand teilweise nicht mehr der Fall ist. Dieser sichere Zustand kann nach Angaben des KKB während vielen Tagen aufrecht erhalten werden, weil die Vorräte an Dieseltreibstoff für mindestens 72 Stunden reichen, das Grundwasser zeitlich unbeschränkt zur Verfügung steht und mittelfristig zusätzlicher Dieseltreibstoff beschafft werden kann.

Mit diesen Störfallannahmen wird gleichzeitig der Fall abgedeckt, dass das einzelfehlersichere Notstandssystem ausgefallen ist und die Anlage nur mit einem Flutdiesel, einer Hilfsspeisewasserpumpe LSN und einer Brunnenwasserpumpe LBW gekühlt wird.

Neben dem oben dargestellten Basisszenarium hat das KKB auch den Fall eines Wehrbruchs als Sensitivitätsstudie betrachtet, bei dem die Flutwelle praktisch ohne Vorwarnung auf die Beznau-Insel trifft. In diesem Fall kann ein vorheriges vorsorgliches Abfahren des Reaktors nicht angenommen werden. Auch in diesem Fall kann die Kraftwerksanlage in einen sicheren Zustand überführt werden.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI stimmt der Einschätzung vom KKB zu, wonach sich ein 10'000-jährliches Hochwasser als Folge andauernder starker Niederschläge über einen gewissen Zeitraum entwickelt und dass in Abhängigkeit der Entwicklung des Pegelstandes im Bereich des Oberwasserkanals frühzeitig Massnahmen zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit ergriffen werden können. Das diesbezügliche Vorgehen im KKB ist in der Störfallvorschrift /15/, in der Notfallanweisung /14/ sowie in der Technischen Spezifikation (LCO 38.1.11) festgelegt. Die Annahmen vom KKB, dass die Anlagen vor der Überflutung der Insel abgefahren werden und dass dafür ein ausreichend grosses Zeitfenster zur Verfügung steht, sind plausibel und werden vom ENSI akzeptiert. Das ordnungsgemässe Abfahren der Anlage auf den vom KKB angestrebten Anlagenzustand erfordert bei einem Abfahrgradienten von ca. 3 MW/min maximal ca. zwei Stunden, wobei der Abfahrgradient auch höher angesetzt und die Abfahrzeit entsprechend verkürzt werden kann.

Die Störfallanalyse geht davon aus, dass die Flutdiesel bei dem Ereignis nicht zur Verfügung stehen und dass der Störfall ausschliesslich durch das Notstandssystem beherrscht wird. Die Nachwärmeabfuhr erfolgt dabei sekundärseitig über die Dampferzeuger, die vom Notstand-Speisewassersystem LNA gespeist werden, wobei die Nachspeisung von Kühlmittel aus dem geschützten Notstandbrunnen erfolgt. Der dabei erzeugte Dampf wird über Abblaseventile an die Umgebung abgegeben. Ein interner Verlust von Kühlmittel über die Gleitringdichtungen der Reaktorhauptpumpen wird dabei durch den Einsatz des Notstand-Sperrwassersystems JNA verhindert. Der Ausfall beider Flutdiesel wird im sicherheitstechnischen Nachweis /5/ als unabhängiger und konservativer Einzelfehler bezeichnet, der nach KEV (Art. 8 Abs. 4) und Richtlinie ENSI-A01 /17/ bei der Analyse zusätzlich zum auslösenden Ereignis zu unterstellen ist. Dabei wird verlangt, dass der Einzelfehler dort zu unterstellen ist, wo dieser die Verfügbarkeit der zur Störfallbeherrschung erforderlichen Sicherheitssysteme am meisten einschränkt.



Das ENSI hat in diesem Zusammenhang geprüft, ob andere Einzelfehler- bzw. Ausfallannahmen, beispielsweise Ausfälle im Notstandssystem, ggf. zu relevanteren Einschränkungen der Beherrschbarkeit des Störfalls führen würden. Ein unterstellter Ausfall einer Notstand-Brunnenwasserpumpe wäre unproblematisch, da sich in dem von beiden Blöcken gemeinsam genutzten Notstandbrunnen zwei Notstand-Brunnenwasserpumpen (19/29LNB 0001) befinden, die jeweils auch auf den anderen Block aufgeschaltet werden können und von denen jede Pumpe alleine die benötigte Kühlwassermenge für beide Blöcke zu fördern vermag. Unterstellte Einzelfehler an den Notstand-Speisewasserpumpen oder -Sperrwasserpumpen hätten jedoch zur Folge, dass das Notstandssystem für die vorgesehene Fahrweise der Störfallbeherrschung nicht zur Verfügung steht, weil das System einsträngig aufgebaut ist und eine Aufschaltung von entsprechenden Pumpen des anderen Blocks nicht möglich ist. Bei Ausfall des Notstand-Speisewassers könnte der Reaktor jedoch mit der Betriebsweise „Bleed and Feed“ und bei Ausfall des Notstand-Sperrwassersystems mit dem Kernnotkühlstrang JSI des Notstandsystems gekühlt werden. Die Unterstellung von unabhängigen Einzelfehlern im Notstandssystem an Stelle der Ausfallannahme vom KKB (beide Flutdiesel ausgefallen) würde allerdings auch bedeuten, dass nun die Energieversorgung mittels Flutdiesel sichergestellt und dass die Nachzerfallwärme mittels einer Hilfsspeisewasserpumpe LSN und einer Brunnenwasserpumpe LBW abgeführt werden kann. Die Störfallbeherrschung ist also auch bei unterstelltem unabhängigem Einzelfehler im Notstandssystem möglich.

Den Argumenten vom KKB zum Anlagenzustand „heiss abgestellt bei 130 °C“, der vom KKB als sicherer Zustand angestrebt und während 72 Stunden beibehalten werden soll, kann das ENSI insbesondere aufgrund der Möglichkeit, in diesem Zustand ggf. auch die Sicherheitssysteme der Primärseite zur Kernkühlung einsetzen zu können, zustimmen.

Das ENSI hat auch geprüft, ob die für eine längerfristige Nachwärmeabfuhr erforderlichen Mengen an Kühlwasser, die dem Notstandbrunnen entnommen werden, verfügbar sind. Die Störfallanalyse geht davon aus, dass innerhalb der ersten zwei Stunden 11,2 kg/s Dampf pro Reaktorblock abgeblasen werden /7/, die nachgespeist werden müssen. Im weiteren Verlauf sinkt diese Abblasemenge entsprechend der abnehmenden Nachzerfallsleistung ab. Die der Auslegung der Notstand-Brunnenwassersysteme beider Blöcke zu Grunde gelegte maximale Wasserentnahme aus dem Notstand-Brunnenschacht beträgt gemäss Sicherheitsbericht KKB 160 l/s. Ein im Jahre 1988 durchgeführter Leistungspumpversuch am Notstandbrunnen zeigte, dass eine Entnahmerate von ca. 240 l/s während 10 Tagen ohne Einschränkungen möglich ist /20/. Damit ist die Aussage vom KKB, dass die Nachspeisung von Kühlmittel aus dem Notstandbrunnen zeitlich unbeschränkt lange möglich sei, aus Sicht des ENSI bestätigt.

Ein weiterer Prüfpunkt des ENSI betrifft die Sperrwasserversorgung der Reaktorhauptpumpen und insbesondere die Funktionalität des Sperrwasserkühlers KCH 16. Dieser Kühler wird auslegungsgemäss vom primären Zwischenkühlsystem KAC gekühlt, das jedoch aufgrund des unterstellten Ausfalls des primären Nebenkühlsystems PRW beim Störfall nicht zur Verfügung steht. Im Falle der Auslösung des Notstand-Sperrwassersystems wird unter anderem auch der Sperrwasserrücklauf der Reaktorhauptpumpen automatisch zum Entwässerungstank KWD-1 geleitet, wobei der Sperrwasserkühler nicht durchfahren wird; die Funktionsfähigkeit des Sperrwasserkühlers ist deshalb nicht erforderlich. Die Nachspeisung von Sperrwasser erfolgt aus dem Borwassertank. Diese Fahrweise ist auch bei einem allfälligen Einsatz der Ladepumpen zur Sperrwasserversorgung möglich.

Das ENSI hat schliesslich auch geprüft, ob andere Versorgungseinrichtungen benötigt werden, um die Funktionsfähigkeit der Sicherheitsstränge zu gewährleisten. Bezüglich der Versorgung mit Steuerluft stellt das ENSI fest, dass das Notstand-Steuerluftsystem QNA bzw. der zugehörige Steuerluftkompressor vom gesicherten Notstand-Brunnenwasser LNB gekühlt wird, sodass der Betrieb des Notstand-Steuerluftsystems gewährleistet bleibt. Bei Ausfall des betrieblichen Steu-



erluftsystems QIA versorgt das mit dem QIA-System verbundene Notstand-Steuerluftsystem QNA die Verbraucher im Notstandgebäude und andere Verbraucher mit Notstandfunktion mit Steuerluft.

Zusammenfassend hält das ENSI fest, dass die Analyse des Überflutungsstörfalles, der den Störfällen der Kategorie 3 zugewiesen ist, gezeigt hat, dass die in Art. 11 der Verordnung /10/ verlangten Kriterien erfüllt sind bzw. dass der diesbezügliche Nachweis erbracht ist. Dies bedeutet, dass die Unterkritikalität gewährleistet ist, dass der Wärmeübergang von den Brennstab-Hüllrohren zum Kühlmittel nicht beeinträchtigt ist und dass die Integrität der Barrieren (Brennstab-Hüllrohre, Reaktorkühlkreislauf und Primärcontainment) gewährleistet ist.

3.2 Einhaltung des Dosisgrenzwertes

Angaben des Betreibers

Das KKB hat die radiologische Analyse des Überflutungsstörfalles im Bericht /7/ dokumentiert. Die Bestimmung der bei diesem Störfall freigesetzten Aktivitätsmengen erfolgte strikt nach der Richtlinie ENSI-A08 /16/. Dabei wurde auch der Einfluss des Spiking auf die freigesetzten Aktivitätsmengen bzw. auf die resultierenden Dosen für die Bevölkerung diskutiert.

In Kapitel 6.3.1 des Nachweises /5/ führt das KKB aus, dass zum Abfahren der Anlage vor dem Eintreffen der Flut grundsätzlich davon ausgegangen werden könnte, dass alle betrieblichen Systeme und die Sicherheitssysteme zur Verfügung stehen. Trotzdem werden vom KKB konservativerweise die im obigen Kapitel 3.1 genannten Ausgangsbedingungen für die Störfallanalyse unterstellt.

In der radiologischen Analyse /7/ wird eine zusätzliche störfallbedingte Beschädigung von Brennstab-Hüllrohren bei den betrachteten Störfällen nicht unterstellt, weil sie nach den technischen Analysen /24/ nicht zu erwarten sind.

Die resultierenden Dosen für die Bevölkerung wurden gemäss Richtlinie ENSI-G14 /18/ ermittelt. Als Aufpunkt für die Berechnung der Dosen wurde der Kraftwerkszaun in 300 m bzw. 350 m Entfernung vom Abgabeort gewählt.

Für das Basisszenarium ergibt sich eine maximale Dosis für die Bevölkerung in der Umgebung von 0,59 mSv. Die gesetzlich zulässige Dosislimite von 100 mSv für diesen Störfall der Kategorie 3 wird mit sehr grosser Marge eingehalten.

Die Dosen ergeben sich in drei Tagen infolge der Abgabe von Dampf aus dem nicht radioaktiven Sekundärkreislauf in die Umgebung. Dabei wurden in den Analysen die sehr konservativen Annahmen getroffen, dass die Aktivität im Primärkreislauf und die primär/sekundärseitige Leckage je die maximalen, gemäss den Technischen Spezifikationen zulässigen Werte aufweisen. Bei realistischer Betrachtung sind diese Dosen um viele Grössenordnungen kleiner.

Weitere Aktivitätsfreisetzungen bzw. weitere Dosisbeiträge treten bei den hier betrachteten Überflutungsszenarien nicht auf.

Beurteilung des ENSI

Der Störfall „Überflutung“ ist als Störfall der Kategorie 3 (ohne Einzelfehler) klassiert, sodass der maximal zulässige Dosiswert 100 mSv beträgt.

Die systemtechnischen Voraussetzungen, die das KKB für die radiologische Analyse des Überflutungsstörfalles angenommen hat, wurden vom ENSI in den oben stehenden Abschnitten bewertet. Für die radiologische Analyse relevant sind jedoch insbesondere die Annahmen bezüglich der in die Umgebung abgeblasenen Dampfmen gen sowie deren Aktivitätsgehalt. In diesem



Zusammenhang hat das ENSI auch die verwendeten Parameter und Annahmen überprüft. Hier haben die Nachrechnungen des ENSI anhand der Nachzerfallskurve nach ANS-79 gezeigt, dass der vom KKB angenommene Wert für die insgesamt von zwei Dampferzeugern während 72 Stunden abgeblasene Dampfmenge von 1 129 t sehr konservativ bestimmt wurde und entsprechend grosse Sicherheitsmargen aufweist. Auch die Annahmen zur Kühlmittelaktivität wurden nach Einschätzung des ENSI konservativ festgelegt, indem Werte für die Primärkühlmittelaktivität und die Dampferzeugerheizrohrleckage (Leckage von Primärseite auf Sekundärseite) unterstellt wurden, die dem Maximum der zulässigen Betriebswerte gemäss Technischer Spezifikation für den unbefristeten Betrieb entsprechen.

Durch das vorsorgliche Abfahren der Anlage und der frühen Zuschaltung der Notstand-Speisewasserpumpe wird eine signifikante Rückhaltung radioaktiver Stoffe in der Wasserphase der Dampferzeuger sichergestellt.

Die vom KKB berücksichtigten Quellen radioaktiver Nuklide umfassen für das Basisszenarium die Aktivitätsinventare im Primärkühlkreislauf und die bei Störfallbeginn vorhandenen Aktivitätsinventare auf der Sekundärseite der Dampferzeuger. Letztere Inventare haben sich durch unterstellte betriebliche Leckagen gemäss maximal zulässiger Werte gemäss den Technischen Spezifikationen primär-sekundär im vorangehenden Normalbetrieb gebildet.

Einen relevanten Austrag radioaktiver Stoffe aus der Anlage via Flusswasserpfad nimmt das KKB nicht an. Gemäss Sicherheitsbericht beträgt die für die Auslegung der Gebäude massgebende Überflutungskote des KKB-Areals 328,65 m ü. M. Die Auslegung auf Überflutung bedingt gemäss Sicherheitsbericht eine wasserdichte Ausbildung der Gebäudefugen, -öffnungen und Durchführungen durch die Aussenhülle der Gebäude, die unterhalb der Auslegungs-Überflutungskote liegen. Weiterhin befinden sich die Behälter mit wesentlichem radioaktivem Inhalt (Behälter im Rückstandslager, Harztank, Ionenaustauschertank) an überflutungssicheren Standorten, so dass von ihnen keine relevanten Freisetzungen und damit keine relevanten Beiträge zur Störfalldosis zu erwarten sind.

Die in der radiologischen Analyse beschriebenen Quellen radioaktiver Stoffe berücksichtigen ebenso mögliche Spiking-Effekte gemäss Vorgabe der Richtlinie ENSI-A08 /16/. Die möglichen Freisetzungspfade unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Verhaltens der Edelgase, des organischen und nichtorganischen Jods und von Aerosolen wurden vom KKB nachvollziehbar modelliert. Die verwendeten Transportmodelle gemäss /7/ sind akzeptabel und die ausgewiesenen Angaben zu Transferraten sind plausibel. Das ENSI hat die Ausbreitungs- und Dosisberechnungen des KKB mit dem angegebenen Quellterm aus /7/ überprüft. Die Ergebnisse stimmen beim Basisszenarium gut überein und liegen deutlich unterhalb des zulässigen Dosiswertes von 100 mSv.



4 Zusammenfassung

Mit Brief vom 1. April 2011 /3/ hat das ENSI verfügt, dass das KKB den deterministischen Nachweis zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Hochwassers zu erbringen hat. Das KKB hat diesen Nachweis, der im KKB-Bericht /5/ dargelegt ist, dem ENSI mit Brief vom 30. Juni 2011 /4/ fristgerecht eingereicht. Das KKB kommt aufgrund der Ergebnisse der Analysen zum Schluss, dass das KKW Beznau mit seinen beiden Blöcken einen sehr grossen Schutzgrad gegenüber dem Störfall einer externen Überflutung aufweist und dass die gesetzlichen Anforderungen mit grossen Sicherheitsreserven eingehalten sind. Der dabei ermittelte Dosiswert von maximal 0,59 mSv für die Bevölkerung in der Umgebung des KKB ist mehr als hundert Mal kleiner als der gesetzliche Grenzwert für diesen Störfall.

Das ENSI hat den sicherheitstechnischen Nachweis /5/ vom KKB eingehend geprüft, wobei die Ermittlung des 10'000-jährlichen Hochwassers und dessen Auswirkungen auf die Anlage, die Annahmen zur Überführung der Anlage in einen sicheren Zustand, die Aufrechterhaltung dieses Zustands während der geforderten Zeitdauer von 72 Stunden sowie die aus diesem Störfall resultierende Strahlendosis detailliert betrachtet wurden.

Bei der Überprüfung der KKB-Angaben zum 10'000-jährlichen Hochwasser hat das ENSI festgestellt, dass der vom KKB für diesen Fall bestimmte Durchflusswert von 4 200 m³/s angemessen für die Abschätzung der mittleren, bei einem 10'000-jährlichen Hochwasser zu erwartenden Überflutungshöhe am Standort KKB ist. Das vom KKB genutzte Überflutungsmodell erlaubt eine belastbare Bestimmung des zu erwartenden Wasserstands im Bereich der KKB-Gebäude, wobei die erwarteten Überflutungshöhen im Bereich der KKB-Gebäude mit bis zu 37 cm im Vergleich zur Auslegung des KKB mit einer Abdichtung bis zu 1,65 m Höhe relativ gering sind.

Die vom KKB der Analyse zugrunde gelegten systemtechnischen Annahmen und Randbedingungen sowie der vom KKB angestrebte sichere Zustand der Anlage mit Nachwärmeabfuhr über die Dampferzeuger sind aus Sicht des ENSI plausibel. Beim bevorzugten ausschliesslichen Einsatz der Notstandssysteme zur Störfallbeherrschung kann die Nachwärmeabfuhr aufgrund der vorhandenen Kraftstoffvorräte für die Notstanddiesel für mindestens 96 Stunden aufrechterhalten werden.

Bei einem allfälligen Einsatz von Flutdieseln zur Notstromversorgung kann aufgrund der Kraftstoffvorräte von einer Einsatzdauer von 48 Stunden ausgegangen werden, wobei in den Anlagen des KKB und auf der Beznau-Insel genügend Dieselmotorkraftstoff vorhanden ist, um den Betrieb der Flutdiesel auch während längerer Zeit gewährleisten zu können. Dass die Ergänzung der Flutdiesel-Tankinhalte mit den im KKB oder auf der Beznau-Insel vorhandenen Kraftstoffreserven und Mitteln zeitnah möglich ist, um den vom ENSI geforderten Zeitbereich von 72 Stunden abzudecken, hat das KKB nachvollziehbar aufgezeigt.

Die Überprüfung der radiologischen Analyse des Überflutungsstörfalls hat ergeben, dass die zugrunde liegenden Annahmen belastbar und die Modellierung des Nuklidtransports geeignet sind. Die Ausbreitungs- und Dosisberechnungen des KKB wurden den Richtlinien des ENSI entsprechend durchgeführt, und die resultierende Störfalldosis wurde nachvollziehbar und korrekt bestimmt.

Das ENSI kommt zusammenfassend zum Schluss, dass das KKB den Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Hochwassers unter den vom ENSI gesetzten Randbedingungen erbracht hat. Die bei diesem Störfall resultierende Strahlendosis liegt auch bei Annahme konservativer Randbedingungen deutlich unter dem für diesen Störfall nach Strahlenschutzverordnung /21/ zulässigen Wert von 100 mSv für nichtberuflich strahlenexponierte Personen.



5 Referenzen

- /1/ SR 732.114.5, Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken, Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)
- /2/ ENSI, „Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima“, ENSI-Brief FLP/SAN-14/11/015 vom 18. März 2011
- /3/ ENSI, „Verfügung: Vorgehensweise zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Hochwasser“, ENSI-Brief SGE/FLP-14/11/015 vom 1. April 2011
- /4/ KKB, „Forderung aus ENSI-Verfügung vom 1. April 2011: Sicherheitstechnischer Nachweis für das 10'000-jährliche Hochwasser“, KKB-Brief KBR 021/511 ri/smk vom 30. Juni 2011
- /5/ KKB, „Sicherheitstechnischer Nachweis für das 10'000-jährliche Hochwasser“, KKB-Bericht TM-511-R 11029 vom 30. Juni 2011
- /6/ TK Consult AG, „Überflutung Beznau, Szenarien zur Untersuchung der Überflutung der Beznau-Insel“, Bericht KKB 211D0053 bzw. TKC1618 vom März 2011
- /7/ Gubler, R., „KKB, Radiologische Analyse Flutstörfall“, Bericht KKB 511D0282 bzw. BX-RE01 -03/06/2011 vom Juni 2011
- /8/ HSK 15/130, „Gutachten zum Gesuch um Erteilung der unbefristeten Betriebsbewilligung für das Kernkraftwerk Beznau II“, Würenlingen, April 1994
- /9/ KEV 2004, Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV), Stand 1. Januar 2011
- /10/ SR 732.112.2, Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom 17. Juni 2009 (Stand am 1. August 2009)
- /11/ SR 732.114.5, Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken (Stand vom 1. Mai 2008)
- /12/ IAEA Safety Guide NS-G-3.5, „Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites“, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, December 2003
- /13/ Scherrer AG, Bericht 08/102 C, „Hydrologische Untersuchungen an der Aare für die Kernkraftwerke in Beznau“, Februar 2009
- /14/ KKB, „Übergeordnete Aufgaben und Pflichten der Notfallorgane“, Notfallanweisung NA-K-01 Rev. 3 vom 1. April 2010
- /15/ KKB, „Betriebliche Massnahmen bei Hochwasser infolge Starkregen und bei Sturmwarnung“, Störfallvorschrift SV-B-01.1 Rev. 5 vom 1. Februar 2011
- /16/ ENSI, „Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen“, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-A08, Ausgabe Februar 2010
- /17/ ENSI, „Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen: Umfang, Methodik und Randbedingungen der technischen Störfallanalyse“, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-A01, Ausgabe Juli 2009



- /18/ ENSI, „Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen aus Kernanlagen“, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G14, Ausgabe Februar 2008, Revision 1 vom 21. Dezember 2009
- /19/ KKB, Sicherheitsbericht KKB1 Rev. 3 vom 31.12.2006 bzw. KKB2 Rev. 4 vom 31.12.2008, jeweils Kap. 9.10.2.2
- /20/ Ersatz Kernkraftwerk Beznau EKKB, Sicherheitsbericht zum Rahmenbewilligungsgesuch der Ersatz Kernkraftwerk Beznau AG, Bericht TB-042-RS080021-v02.00 vom Dezember 2008 Kap. 3.6
- /21/ SR 814.501, Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994 (Stand am 1. Januar 2011)
- /22/ TK Consult AG, „Überflutung KKW Beznau, Szenarien zur Untersuchung der Überflutung der Beznau-Insel“, Bericht KKB 211D0052, September 2008
- /23/ ENSI, „Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang“, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-A05/d, Ausgabe Januar 2009
- /24/ AREVA, „KKB1: Ausfall des Speisewassers mit und ohne Einwirkungen von Aussen“, Arbeitsbericht PEPR-G/201 I/de/0050, Version 1, März 2011