

ENSI EIN: 05. JULI 2011



Axpo AG | Kernkraftwerk Beznau | Beznau | CH-5312 Döttingen

434



Einschreiben

Eidgenössisches
Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Industriestrasse 19
5200 Brugg

[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

Datum

30. Juni 2011

**Forderung aus ENSI-Verfügung vom 1. April 2011:
Sicherheitstechnischer Nachweis für das 10 000-jährliche Hochwasser**

Sehr geehrte Damen und Herren

Bezugnehmend auf Ihre Verfügung vom 1. April 2011 im Zusammenhang mit den Ereignissen in Fukushima und die darin enthaltene Forderung nach einem sicherheitstechnischen Nachweis für das 10 000-jährliche Hochwasser senden wir Ihnen in der Beilage die TM-511-R 11029, Rev. 0.

Diese TM enthält alle wesentlichen Angaben zum Sicherheitsnachweis und kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Bei einem 10 000-jährlichen Hochwasser stehen heute in jedem Block des KKB zur Kühlung des Reaktors vier vollständig redundante Sicherheitsstränge zur Verfügung
- Diese sind flutsicher, grundwassergekühlt und benötigen kein Kühlwasser von der Aare
- Dabei weisen die beiden Sicherheitsstränge der Originalauslegung eine grosse Sicherheitsreserve gegenüber der zu erwartenden Fluthöhe auf. Das einzelfehlersichere und damit faktisch zweisträngige Notstandsystem besitzt sogar eine ausserordentlich hohe Sicherheitsreserve gegenüber Überflutung.
- Die Dosis für die Bevölkerung am kritischen Punkt (d.h. in unmittelbarer Kraftwerksnähe) ist beim Basisszenario eines sich langsam entwickelnden Hochwassers mehr als hundert Mal kleiner als der gesetzliche Grenzwert für diesen Störfall
- Beim zusätzlich analysierten unwahrscheinlicheren Fall einer überraschenden Überflutung infolge eines Wehrbruchs ist die Dosis für die Bevölkerung immer noch zehn Mal kleiner als der Grenzwert.

Axpo AG | Kernkraftwerk Beznau
Beznau | CH-5312 Döttingen
T +41 56 266 71 11 | F +41 56 266 77 01 | www.axpo.ch

[Redacted]



Empfänger: ENSI | 5200 Brugg

Datum: 30. Juni 2011

2/2

Die Analysen dieser technischen Mitteilung werden ergänzt durch die beiliegenden Studien:

- Analyse der Überflutungshöhe auf der Insel Beznau durch Ingenieurfirma TK Consult
- Radiologische Analyse für Flutstörfälle durch Ingenieurfirma Gubler.

Insgesamt zeigen diese Analysen, dass das Kernkraftwerk Beznau einen sehr grossen Schutzgrad gegenüber dem Störfall einer externen Überflutung aufweist und dass alle gesetzlichen Anforderungen mit grossen Sicherheitsreserven eingehalten sind.

Für Fragen steht Ihnen [REDACTED] jederzeit gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse
Axpo AG



Beilagen:

ANLAGE

017.

- TM-511-R 11029, "Sicherheitstechnischer Nachweis für das 10 000-jährliche Hochwasser", 30. Juni 2011 (darin enthaltene Referenzen nicht öffentlich)
- TKC1618, KKB211D0053, "Überflutung Beznau, Szenarien zur Untersuchung der Überflutung der Beznau-Insel", TK Consult AG, März 2011 (nicht öffentlich)
- BX-RE01-03/06/2011, KKB 511D0282, "KKB Radiologische Analyse Flutstörfall", Dr. R. Gubler, Juni 2011 (nicht öffentlich)



Technische Mitteilung

TM-511-R 11029

Titel : Sicherheitstechnischer Nachweis für
das 10 000-jährliche Hochwasser

Block : 1+2

Anzahl Seiten : 13

Sachgebiet: Nukleare Sicherheit, externe Überflutung

Verfasser : ██████████

Erst. Datum : 30.06.2011

Verteiler : ENSI | K | KB | KG | KBA | KBB
KBD | KBE | KBM | KBR (4) | KBU | KBV (3)

	██████	██████████	Datum
Erstellt	██████████	██████████	30.6.2011
Geprüft	██████████	██████████	30.6.2011
Genehmigt	██████████	██████████	30.06.2011

Änderungen siehe Revisionsindex auf der folgenden Seite

REVISIONEN

Es gilt die letzte aufgeführte Revision, die von der zuständigen Stelle visiert ist.

Datum	Rev.	Korrektur/Ergänzung	Seiten	Visum
30.06.2011	0	Erstausgabe	alle	

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung	4
2	Zusammenfassung und Bewertung	4
3	Konservative Auslegung des KKB gegen externe Überflutung	5
4	Flutsichere Systeme zur Kühlung des Reaktors	6
5	Fluthöhe beim 10 000-jährlichen Hochwasser	6
6	Deterministische Sicherheitsanalyse für das 10 000-jährliche Hochwasser	7
6.1	Verfügbarkeit von Sicherheits- und Hilfssystemen	7
6.2	Störfallannahmen	9
6.3	Radiologische Analyse	10
6.3.1	Annahmen im Szenario 1 (Überflutung)	10
6.3.2	Annahmen im Szenario 2 (Sensitivitätsrechnung Wehrbruch)	11
6.4	Dosis für Bevölkerung	11
7	Referenzen	12

1 Veranlassung

Nach dem starken Erdbeben vom 11. März 2011 in Japan mit anschliessendem Tsunami und dessen Auswirkungen auf das Kernkraftwerk Fukushima I Daiichi hat das ENSI in den beiden Verfügungen vom 18. März 2011 /1/ und 1. April 2011 /2/ eine Überprüfung der Auslegung des Kernkraftwerks Beznau bezüglich des Störfalls "externe Überflutung" gefordert. Speziell fordert die Verfügung /2/:

"Der deterministische Nachweis für die zur 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 jene Ausrüstungen und Strukturen zu kreditieren, deren Hochwasserfestigkeit für die neuen Gefährdungsannahmen nachgewiesen wurde.
- Es ist der Ausfall der externen Stromversorgung zu unterstellen.
- Es ist der deterministische Nachweis zu führen, dass eine Verstopfung oder Schädigung der Flusswasser-Einlaufbauwerke 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 Flusswasser-Einlaufbauwerke 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 werden kann und dieser Zustand ohne Zuhilfenahme externer Notfallschutzmittel 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 auch 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 Richtlinie ENSI-G14."

2 Zusammenfassung und Bewertung

Bereits in der Originalauslegung wurde das Kernkraftwerk Beznau für eine Fluthöhe von 1,65 m über der Terrainkote des Werks von 327 m ausgelegt. Massgebend für diese Auslegung war der Bruch des limitierenden aareaufwärts gelegenen Wehrs.

Bei der Berechnung dieser Fluthöhe wurden sehr konservative Annahmen getroffen. Neue Analysen zeigen, dass gemäss heutiger realistischer Einschätzung beim 10 000-jährlichen Hochwasser im Bereich der KKB-Gebäude nur eine Fluthöhe von 0,37 m erreicht wird, beim Wehrbruch sogar nur 0,11 m.

Bereits in der Originalauslegung wurden zwei Sicherheitsstränge zur gesicherten Kernkühlung gebaut, welche gegenüber der Auslegungsfluthöhe von 1,65 m geschützt und auch vom Flusswasser unabhängig sind. Mit der Nachrüstung der Notstandssysteme wurden zusätzliche gebunkerte, flutsichere, grundwassergekühlte und faktisch einzelfehler-sichere Systeme zur Kühlung des Reaktors nach Einwirkungen von Aussen dazu gebaut. Die Notstandssysteme sind für die gleiche Auslegungsfluthöhe von 1,65 m ausgelegt, das Notstandgebäude weist sogar bis zu einer Höhe von 7,0 m keine Öffnungen auf.

Damit stehen heute zur Kühlung des Reaktors bei einem 10 000-jährlichen Hochwasser viersträngig redundante Sicherheitssysteme zur Verfügung:

- Die beiden Sicherheitsstränge der Originalauslegung mit einem hohen Schutzgrad gegenüber einer Überflutung
- Die einzelfehlersicheren und damit faktisch zweisträngigen Notstandssysteme mit einer ausserordentlich hohen Sicherheitsreserve gegenüber einer externen Überflutung.

Die Dosis für die Bevölkerung wurde beim Auslegungsstörfall des 10 000-jährlichen Hochwassers gemäss den neusten Richtlinien des ENSI und gemäss den Vorgaben der Verfügung /2/ neu berechnet. Dabei wurden bezüglich des Einzelfehlers sehr konservative Annahmen getroffen.

Beim Basisszenario eines sich langsam entwickelnden Hochwassers beträgt die maximale Dosis für die Bevölkerung am kritischen Punkt (d.h. in unmittelbarer Kraftwerksnähe) 0,59 mSv. Die Dosis ist damit um mehr als den Faktor 100 tiefer als der gesetzliche Grenzwert von 100 mSv für diesen Störfall der Kategorie 3.

Als Sensitivitätsrechnung wurde der unwahrscheinliche Fall einer plötzlichen Überflutung infolge eines Wehrbruchs ebenfalls analysiert. Die entsprechende Dosis ist mit 9,6 mSv immer noch um mehr als zehn Mal kleiner als der gesetzliche Grenzwert für diesen Störfall.

Diese Dosen ergeben sich in beiden Fällen infolge der drei Tage lang dauernden 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.

3 Konservative Auslegung des KKB gegen externe Überflutung

Bereits vor mehr als 40 Jahren wurde das KKB auf eine externe Überflutung der Höhe 1,65 m über der Terrainkote +327,0 m ausgelegt /3/, /4/. Die Auslegungsgrundlage war der Bruch eines flussaufwärts gelegenen Wehrs. Die Fluthöhe von 1,65 m bei einem Wehrbruch errechnete sich dabei aus mehreren sehr konservativen Annahmen:

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

Die Annahme a) ist aus heutiger Sicht zu konservativ, während b) auch heute weiterhin gültig bleibt. Vor allem aber sind die Annahmen c) und d) übermässig konservativ. Sie führten dazu, dass die Auslegungsfluthöhe gegenüber einer realistischen Einschätzung mit sehr viel Sicherheitsreserve definiert wurde.

Diese konservative Auslegungsgrundlage wurde auch bei allen nachfolgenden Nachrüstprojekten wie dem Neubau der Borwassertanks (Projekt BOTA), dem Bau der Notstandssysteme (Projekt NANO) und des Notspeisewassersystems LSE (Projekt ERGES) angewendet und umgesetzt.

4 Flutsichere Systeme zur Kühlung des Reaktors

Für die Kühlung des Reaktors nach Einwirkungen von Aussen ist nebst der redundanten und "fail-safe" ausgeführten Schnellabschaltung primär die Sicherheitsfunktion der Nachwärmeabfuhr und damit der Verhinderung eines Kühlmittelverlusts erforderlich. Dies beinhaltet im Kernkraftwerk Beznau die Bespeisung der Dampferzeuger mit Speisewasser und die Kühlung der ersten Dichtung der Reaktorhauptpumpen (RHP) mittels Sperrwasser oder der Versorgung der thermischen Barriere der RHP durch primäres Zwischenkühlwasser.

Wie bereits in /5/ detailliert ausgeführt, stehen für diese Sicherheitsfunktionen im Kernkraftwerk Beznau die folgenden Ausrüstungen zur Verfügung, welche gegenüber einer Überflutung von 1,65 m geschützt und vollständig unabhängig von der Verfügbarkeit des Flusswassers 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.

Damit stehen vier unabhängige Sicherheitsstränge zur Kühlung des Reaktors beim Störfall externe Überflutung zur Verfügung.

5 Fluthöhe beim 10 000-jährlichen Hochwasser

Das Wehr Beznau ist ausgelegt für einen Durchfluss von $3000 \text{ m}^3/\text{sec}$. Ein Hochwasser bis zu diesem Durchfluss führt daher nicht zu einer Überflutung der Insel Beznau. Dies haben auch die Hochwasserereignisse von 1999 und 2007 bestätigt /13/.

Die Ermittlung des Aaredurchflusses bei einem 10 000-jährlichen Hochwasser ist in /7/ dokumentiert. Diese Studie wurde dem ENSI anlässlich des Rahmenbewilligungsgesuchs von EKKB eingereicht. Für das 10 000-jährliche Hochwasser ermittelt diese Analyse einen Durchfluss im Bereich von $3400 \text{ m}^3/\text{sec}$ bis $4200 \text{ m}^3/\text{sec}$. Der "best-estimate Wert beträgt ca. $3800 \text{ m}^3/\text{sec}$, in allen nachfolgenden Untersuchungen wird mit $4200 \text{ m}^3/\text{sec}$ gerechnet. Dies ist eine konservative Annahme und kann faktisch als 95%-Fraktil interpretiert werden.

Die Ermittlung der Überflutungshöhe im Bereich des Kernkraftwerks Beznau ist dokumentiert in einem Bericht der Firma TK Consult /8/. Diese Analyse ersetzt alle früheren Analysen /9/, /10/. Dabei sind die folgenden Tatsachen wichtig:

- Bei einem langsam entstehenden Hochwasser kann das Wehr sicherlich rechtzeitig geöffnet werden. Die Studie nimmt aber konservativ an, dass eine von fünf Öffnungen des Wehrs Beznau geschlossen bleibt.
- Darüber hinaus modelliert die Studie die zukünftige Konfiguration der Insel Beznau mit den neuen Dieselgebäuden des KKB (Projekt AUTANOVE). Für den heutigen Zustand ist dies geringfügig konservativ. Darüber hinaus ist als Zusatzvariante der Fall des Neubaus des Wasserkraftwerks Beznau (Projekt NEBE) mit berücksichtigt worden.

Mit diesen konservativen Annahmen ergibt sich für die Situation mit dem heutigen Wasserkraftwerk Beznau (HKB) ein maximales Wasserniveau im Bereich der KKB-Gebäude auf der Kote 327,37 m. Dieses hat zur Auslegungsflutkote des KKB von 328,65 m einen sehr grossen Sicherheitsabstand und die Überflutungshöhe im Bereich des Maschinenhauses beträgt weniger als 20 cm.

Damit ist gezeigt, dass die bisherige Auslegung des KKB auf eine externe Überflutungskote von 328,65 m auch gemäss heutigem Wissensstand sehr konservativ abdeckend ist und damit bei einem 10 000-jährlichen Hochwasser alle im Kapitel 4 genannten vier Sicherheitsstränge zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus enthält die Analyse /8/ eine Sensitivitätsrechnung für ein auslegungsüberschreitendes Szenario mit einem Durchfluss von 5000 m³/sec. Mit einem Wasserniveau von 327,69 m im Bereich der KKB-Gebäude besteht immer noch ein sehr grosser Sicherheitsabstand zur Auslegungsflutkote von 328,65 m.

Der Bericht /8/ enthält auch eine Analyse des Wehrbruchs Wettingen. Ein spontanes Versagen von Stauanlagen, das nicht durch Erdbeben induziert ist, ist aber gemäss /11/ und gemäss der ENSI-Richtlinie A05 weniger häufig als einmal pro 10 000 Jahren zu erwarten. Es ist deshalb nicht Teil der Betrachtung zum 10 000-jährlichen Hochwasser, wird aber der Vollständigkeit halber als zweites Szenario und als Sensitivitätsstudie ebenfalls mit behandelt.

Bei diesem zweiten Szenario eines Wehrbruchs ist die Fluthöhe im Bereich der KKB-Gebäude mit 327,11 m nur geringfügig höher als die Terrainkote. Die Überflutung des KKB-Geländes ist daher minimal.

Darüber hinaus zeigt die Studie /10/, dass der gleichzeitige Bruch aller Wehre im Einzugsbereich des KKB sowie auch extrem unwahrscheinliche auslegungsüberschreitende Szenarien wie sequenzielle Wehrbrüche zu weit gehend den gleichen Überflutungshöhen wie der alleinige Bruch des Wehrs Wettingen führen.

Zudem weist das Notstandgebäude bis zu einer Höhe von +7,0 m keine Öffnungen auf und ist daher auch gegenüber auslegungsüberschreitenden Überflutungsszenarien extrem gut geschützt.

Zusammenfassend weisen bereits die beiden Sicherheitsstränge der Originalauslegung eine sehr hohe Sicherheitsmarge gegenüber einem 10 000-jährlichen Hochwasser auf, das ebenfalls einzelfehlersichere und damit faktisch zweisträngige Notstandssystem sogar eine extrem hohe.

6 Deterministische Sicherheitsanalyse für das 10 000-jährliche Hochwasser

6.1 Verfügbarkeit von Sicherheits- und Hilfssystemen

Bei einer externen Überflutung werden das externe Netz und die beiden unabhängigen Versorgungsnetze des Hydrowerks als ausgefallen angenommen. Damit verbleiben als Notstromquellen:

1. Der Flutdiesel XG 1000, welcher die Notschiene BEK-A versorgt.
2. Der Flutdiesel XG 2000, welcher die Notschiene BEK-B (und bei Bedarf die Notschienen BFL-A und BFL-B) versorgt.
3. Der Notstanddiesel XG 3000 des eigenen Blocks, welcher die Notstand-Schiene BV versorgt.

4. Der Notstanddiesel XG 3000 des anderen Blocks, welcher über die 6 kV-Querverbindung zwischen den beiden Blöcken auf die Notstand-Schiene BV des eigenen Blocks aufgeschaltet werden kann und welcher gleichzeitig beide Blöcke versorgen kann.

Bei diesen vier flutsicheren Notstromdieseln reichen die Vorräte an Treibstoff wie nachstehend aufgeführt:

- Bei den Notstanddieseln ist gemäss den detaillierten Untersuchungen /12/ der minimal von den Technischen Spezifikationen geforderte Vorrat an Treibstoff bei der Auslegungsleistung des Aggregats genügend für eine Betriebszeit von mindestens 96 Stunden oder vier Tagen. Bei der alleinigen Nachwärmeabfuhr in einem Block (ohne Sicherheitseinspeisung und ohne gleichzeitige Versorgung des andern Blocks) verlängert sich diese Dauer um ca. den Faktor 2,5 auf zehn Tage.
- Bei den Flutdieseln reicht der Treibstoff gemäss den KKB Sicherheitsberichten /3/, /4/ auslegungsgemäss für 48 Stunden. Dieser Wert gilt, wenn nur ein Flutdiesel in Betrieb ist, bei zwei laufenden Aggregaten halbiert sich diese Zeit. Im Langzeitbetrieb bei stabilisierter Anlage mit nominellem Niveau in beiden Dampferzeugern und tiefer Nachwärmeleistung besteht aber genügend Sicherheitsmarge, um nur einen Flutdiesel zu betreiben.

Berücksichtigt man zudem, dass im Langzeitbetrieb infolge der abnehmenden Nachwärmeleistung des Reaktors die benötigte Leistung der Hilfsspeisewasserpumpen deutlich kleiner als die Nennleistung der Pumpe ist, verlängern sich die oben genannten Zeiten zusätzlich.

Dadurch lässt sich abschätzen, dass bei einem Betrieb beider Flutdiesel während der ersten 10 Stunden und nur einem laufenden Aggregat danach die Treibstoffvorräte für mindestens 48 Stunden ausreichen.

Beim 10 000-jährlichen Hochwasser ist es aber problemlos möglich, zusätzlichen Treibstoff bereits innerhalb der ersten 24 Stunden auf die Insel zu bringen:

- Die maximale Fluthöhe beträgt nur 0,37 m und das Maximum des Hochwassers dauert nur wenige Stunden, wie auch die Hochwasser von 1999 und 2007 gezeigt haben /13/. Daher ist die Lieferung von Treibstoff auf die Insel bereits innerhalb der ersten 24 Stunden sowohl auf dem Landweg wie per Luft möglich.
- Der Nachfüllstutzen zu den flutsicher gelagerten Tanks auf Kote 3,7 m ist oberhalb der Kote 1,0 m angeordnet und würde deshalb überhaupt nicht überflutet.
- Die Beschaffung von zusätzlichem Treibstoff ist in der Notfalleinweisung für den Notfallstab geregelt /14/ und würde bereits unmittelbar nach der Deklaration des Notfalls und damit bereits vor der Überflutung der Insel eingeleitet (genauere Angaben zum Störfallszenario siehe Kapitel 6.2).
- Zusätzlich zum Bezug von einem externen Lieferanten stehen im thermischen Kraftwerk Beznau in 500 m Distanz vom KKB grössere Mengen an Axpo-eigenem Treibstoff flutsicher gelagert zur Verfügung.

Damit steht beim 10 000-jährlichen Hochwasser für jeden der vier Sicherheitsstränge genügend Treibstoff für die in /2/ geforderte Dauer von 72 Stunden zur Verfügung.

Als Folge der Überflutung werden die nicht flutsicheren primären und sekundären Nebenkühlwasserpumpen als ausgefallen angenommen. Damit wird keine Kühlung mit Aarewasser berücksichtigt. Denn die vier flutsicheren Sicherheitsstränge des KKB sind grundwassergekühlt und benötigen keine Kühlung durch Aarewasser.

6.2 Störfallannahmen

Beim Basisszenario eines 10 000-jährlichen Hochwassers steigt der Durchfluss der Aare langsam an. Die vergangenen Hochwasser von 1999 und 2007 haben gezeigt, dass der maximale Anstieg des Durchflusses der Aare bei einem starken Hochwasser ca. 200 m³/h beträgt /13/. Damit steht ein Zeitfenster von vielen Stunden zur Verfügung, um die Anlagen abzufahren, bevor das Gelände des KKB überflutet wird.

Die Störfallvorschrift SV-B-01.1 /15/ weist bereits bei einem Pegelstand im Unterwasser von 323,5 m (dies entspricht einem Aaredurchfluss von ca. 2450 m³/sec) an, präventiv den Notfallstab aufzubieten. Ausserdem verlangen die Technischen Spezifikationen (LCO 38.1.11) das vorsorgliche Abfahren des Reaktors, da bei hoher Wasserführung der Aare die für den Normalbetrieb beider Reaktoren erforderliche Mindestleistung des Hydrowerks Beznau nicht zur Verfügung steht. Eine Überflutung des Unterteils der Insel Beznau ist frühestens ab einem Aaredurchfluss von mehr als 3000 m³/sec zu erwarten, eine Überflutung im Bereich der KKB-Gebäude sogar erst bei deutlich höherem Durchfluss. Spätestens bei einem Pegelstand im Bereich des Oberwasserkanals von 325,50 m und damit von 1,5 m unterhalb der Höhe des KKB-Areals wird gemäss dieser Vorschrift sowie gemäss der Notfallanweisung für den KKB-Notfallstab /14/ der Notfall erklärt. Dies entspricht ca. einem Aaredurchfluss, bei dem die Kapazität des Wehrs Beznau von 3000 m³/sec überschritten wird.

Damit steht ein Zeitfenster von vielen Stunden zur Verfügung, um die Blöcke abzufahren, bevor das Gelände des KKB überflutet wird. Deshalb wird in der Analyse angenommen, dass der Reaktor vor der Überflutung der Anlage abgefahren wird. Dies ist das Basisszenario für das 10 000-jährliche Hochwasser. Das vorsorgliche Abfahren vor Störfalleintritt wird konservativerweise durch eine Schnellabschaltung mit dem gleichzeitigen Start der Notstand-Speisewasserpumpe modelliert.

Als zweites Szenario und als zusätzliche Sensitivitätsstudie wird auch der Fall analysiert, dass infolge eines Wehrbruchs eine Überflutung ohne Vorwarnung eintritt.

Als unabhängiger Einzelfehler wird angenommen, dass ein Flutdiesel ausfällt. Konservativerweise werden dabei gleich beide Flutdiesel als ausgefallen betrachtet. Damit wird faktisch der Fall gerechnet, dass der Störfall nur durch das Notstandssystem beherrscht wird. Dabei erfolgt die sichere Nachwärmeabfuhr und Verhinderung eines Kühlmittelverlusts über den Betrieb des Notstand-Speisewassersystems LNA und des Notstand-Sperrwassersystems JNA.

Als weitere konservative Annahme wird angenommen, dass die Notstand-Rezirkulation ebenfalls nicht zur Verfügung steht. Damit ist ein Kaltfahren der Anlage über die Notstand-Kaltfahrleitung nicht möglich und die Anlage verbleibt während drei Tagen im Betrieb mit Dampferzeugerbespeisung durch das Notstand-Speisewassersystem (LNA). Dabei wird der Tank des LNA-Systems kontinuierlich und zeitlich unbeschränkt lange vom Notstand-Brunnenwassersystem LNB nachgespeist. Die Abfuhr der Nachwärme des Reaktors erfolgt durch Abblasen von Dampf aus den Dampferzeugern in die Umgebung.

Damit wird gleichzeitig der Fall abgedeckt, dass im Sinne einer alternativen und sehr konservativen Fehlerannahme das einzelfehlersichere Notstandssystem ausgefallen ist und die Anlage nur mit einem Flutdiesel, einer Hilfsspeisewasserpumpe LSN und einer Brunnenwasserpumpe LBW gekühlt wird.

Mit jedem der vier flutsicheren Sicherheitsstränge kann die Anlage abgefahren und langfristig mindestens in den Zustand "heiss-abgestellt bei 130°C" gebracht werden. Dieses Abfahren erfolgt mittels Speisewasser und Dampfabbläsung oder mittels Feed-and-Bleed-Betrieb als zweitem Strang des Notstandsystems. Beim Abblasesystem der Dampferzeuger können die Abblaseventile 4 und 5 bei Bedarf auch manuell mittels einer Handkurbel geöffnet werden.

Der Zustand "heiss-abgestellt bei 130°C" ist ein sehr sicherer Anlagezustand, weil:

- mit gefüllten Dampferzeugern und tiefer Nachwärmeleistung eine grosse Sicherheitsmarge gegenüber einem vorübergehenden Ausfall der Nachwärmeabfuhr besteht
- bei dieser Temperatur keine Gefahr eines Reaktorhauptpumpen-Dichtungs-LOCAs besteht
- zur Kühlung des Reaktors sowohl die Sicherheitssysteme der Sekundärseite wie der Primärseite eingesetzt werden können, was im kalt-abgestellten Zustand teilweise nicht mehr der Fall ist.

Dieser sichere Zustand kann während vielen Tagen aufrecht erhalten werden, weil:

- Vorräte an Dieseltreibstoff für mindestens 72 Stunden reichen
- das Grundwasser zeitlich unbeschränkt zur Verfügung steht und
- mittelfristig zusätzlicher Dieseltreibstoff beschafft werden kann.

6.3 Radiologische Analyse

Die radiologische Analyse des Störfalls Überflutung ist in /16/ dokumentiert. Die Berechnung der freigesetzten Aktivitätsmengen erfolgt strikt nach den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A08. Grundsätzlich wurden in /16/ zwei verschiedene Szenarien betrachtet:

- **Szenario 1 (Basisszenario):** Langsam entstehende Überflutung, wie bei einem 10 000-jährlichen Hochwasser zu erwarten.
- **Szenario 2 (Sensitivitätsrechnung Wehrbruch):** Plötzliche Überflutung, z.B. infolge eines Wehrbruchs.

Sowohl für das Basisszenario (Überflutung) als auch für die Sensitivitätsrechnung (plötzlicher Wehrbruch) wird in /16/ der Einfluss des Spiking auf die freigesetzten Aktivitätsmengen bzw. auf die resultierenden Dosen für die Bevölkerung diskutiert.

6.3.1 Annahmen im Szenario 1 (Überflutung)

Wie im Kapitel 6.2 diskutiert, wird im Szenario 1 angenommen, dass der Reaktor vor Eintreffen der Überflutung vorsorglich abgefahren werden kann, da bis zum Eintreffen der Überflutung ein Zeitfenster von einigen Stunden zur Verfügung steht.

Grundsätzlich könnte davon ausgegangen werden, dass für das Abfahren des Reaktors alle betrieblichen Systeme sowie alle Sicherheitssysteme zur Verfügung stehen. Trotzdem wurden für die radiologische Analyse die folgenden konservativen Annahmen gemäss Kapitel 6.2 getroffen:

- Die externe Stromversorgung sowie die Notstromversorgung ab Hydrowerk Beznau werden als ausgefallen postuliert.
- Die Abschaltung des Reaktors erfolgt über eine manuell ausgelöste Schnellabschaltung.
- In konservativer Weise werden beide Stränge des Hilfsspeisewassersystems infolge Einzelfehler als ausgefallen postuliert, obwohl ein Einzelfehler (Ausfall einer elektrischen Schiene BEK-A oder BEK-B) nur zum Ausfall eines Stranges des Hilfsspeisewassersystems führt.
- Als zusätzliche Fehlerannahme wird der Ausfall der Notstandrezirkulation unterstellt. Damit erfolgt die Nachwärmeabfuhr während mehrerer Tage durch Abblasen von Dampf über die Dampferzeuger.

Vor der Reaktorschnellabschaltung wird vorsorglich die Notstand-Speisewasserpumpe gestartet, so dass die Bespeisung beider Dampferzeuger jederzeit gewährleistet ist. Der Reaktor wird in den Zustand "heiss abgestellt" bei 130 °C überführt.

6.3.2 Annahmen im Szenario 2 (Sensitivitätsrechnung Wehrbruch)

Im Szenario 2 werden für die radiologische Analyse ausschliesslich Notstandssysteme sowie Signale des Notstandsschutzsystems kreditiert. Alle Nicht-Notstandssysteme werden als ausgefallen postuliert. Die entsprechende technische Analyse dieses Szenarios ist in /17/ dokumentiert. Bei einer plötzlichen Überflutung, z.B. nach einem Wehrbruch, kann kein vorsorgliches Abfahren des Reaktors unterstellt werden. In den ersten 30 Minuten nach der Überflutung werden keine Handmassnahmen kreditiert.

Infolge des Ausfalls der externen Stromversorgung kommt es zum Ausfall des Hauptspeisewassers. Die automatische Reaktorschnellabschaltung erfolgt über das Notstandsschutzsystem durch das Signal Dampferzeugerniveau tief im Engbereich. Die frühere Reaktorschnellabschaltung durch das Reaktorschutzsystem infolge Mismatch Dampf – Speisewasser wird für die radiologische Analyse nicht kreditiert. In konservativer Weise wird die Reaktorschnellabschaltung erst bei einem Dampferzeuger-Niveau von 0% im Engbereich ausgelöst, obwohl der Einstellwert im Notstandsschutzsystem bei 5% Engbereich liegt.

Weiterhin wird angenommen, dass für die Dampferzeugerbespeisung ausschliesslich die Notstand-Speisewasserpumpe zur Verfügung steht. Diese wird erst bei einem Dampferzeuger-Niveau von 30% Weitbereich gestartet, obwohl der Einstellwert im Notstandsschutzsystem bei 40% Weitbereich liegt. Nach dem Start der Notstand-Speisewasserpumpe wird eine zusätzliche Einspeiseverzögerung von 60 s berücksichtigt.

Als zusätzliche Fehlerannahme wird, wie im Szenario 1, der Ausfall der Notstandrezirkulation unterstellt. Damit erfolgt die Nachwärmeabfuhr während mehrerer Tage durch Abblasen von Dampf über die Dampferzeuger. Wie im Szenario 1 wird der Reaktor in den Zustand "heiss abgestellt" bei 130 °C überführt. In /16/ wird ebenfalls dargelegt, welche Dosis sich ergibt, falls der Reaktor bei 300 °C im Zustand "heiss abgestellt" verbleibt.

6.4 Dosis für Bevölkerung

Die Berechnung der resultierenden Dosis für die Bevölkerung ist ebenfalls in /16/ dokumentiert und erfolgt strikt nach der Richtlinie ENSI-G14.

Berechnet werden Dosen für Erwachsene, Jugendliche und Kleinkinder. Die Dosen setzen sich jeweils aus sechs verschiedenen Beiträgen zusammen:

- Während Wolkendurchzug:
 - Externe Bestrahlung aus der Wolke
 - Inhalation während Wolkendurchzug
 - Bestrahlung vom Boden während Wolkendurchzug
- Nach Wolkendurchzug:
 - Externe Bestrahlung vom Boden
 - Inhalation von wiederaufgewirbelten Stoffen
 - Ingestion für zwei Tage ab Störfallbeginn

Betrachtet wurden sechs verschiedene Ausbreitungskategorien (Wetterlagen) A bis F, wobei sich die maximale Dosis jeweils für die Ausbreitungskategorien E oder F ergibt. Als Aufpunkt wurde der Kraftwerkszaun in 300 m bzw. 350 m Entfernung vom Abgabeort gewählt.

Für das **Basisszenario (Überflutung)** 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.

Eine **konservative Sensitivitätsrechnung für einen Wehrbruch** (plötzliche Überflutung) führt auf eine maximale Dosis für die Bevölkerung von 9,59 mSv. Die Dosislimite von 100 mSv für diesen Störfall wird ebenfalls mit Marge eingehalten.

Diese Dosen ergeben sich in beiden Fällen infolge der drei Tage lang dauernden 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.

Die oben angegebenen maximalen Dosen beziehen sich jeweils auf Kleinkinder. In /16/ sind ebenfalls Dosen für Kinder und Erwachsene angegeben. Diese liegen jedoch durchwegs tiefer, als die entsprechenden Dosen für Kleinkinder.

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

7 Referenzen

- /1/ ENSI-Verfügung an KKB vom 18. März 2011, "Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima".
- /2/ ENSI-Verfügung an KKB vom 1. April 2011, "Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung".
- /3/ KKB 511D0053, KKB-Sicherheitsbericht Block 1, Rev. 3 vom 31. Dezember 2006
- /4/ KKB 511D0054, KKB-Sicherheitsbericht Block 2, Rev. 5 vom 31. Dezember 2008.
- /5/ TM-511-R 11018, "ENSI-Verfügung vom 18. März 2011 aufgrund der Ereignisse in Fukushima: Antworten zu den Punkten 5a) bis 5c)", vom 31. März 2011.
- /6/ AN-511-RA06002, "Nachweis der Beherrschung des Sicherheitserdbebens im KKB", Rev. 1 vom 30. Oktober 2006.
- /7/ Bericht 08/102 C, KKB 211D0051, "Hydrologische Untersuchungen an der Aare für die Kraftwerke in Beznau", Scherrer AG, Februar 2009.
- /8/ TKC1618, KKB 211D0053, "Überflutung Beznau, Szenarien zur Untersuchung der Überflutung der Beznau-Insel", TK Consult AG, März 2011.
- /9/ TKC0925, "Überflutung KKW Beznau, Numerisches Abflussmodell für HQ 10'000", TK Consult AG, Dezember 2010.
- /10/ TKC0918, KKB 211D0052, "Überflutung KKW Beznau, Szenarien zur Untersuchung der Überflutung der Beznau-Insel", TK Consult AG, September 2008.
- /11/ KKB 511D0127, "Beznau Unit 2, Full-Power Probabilistic Risk Assessment (BERA)" Rev. 3 vom Oktober 2009.
- /12/ TM-440-RN03016, "Untersuchungen zum WANO-Bericht SOER 2002-2, Zuverlässigkeit der Notstromversorgung", vom 16. Dezember 2003.
- /13/ KKB 261D009, "Externe Überflutung infolge Hochwasser", Rev. 2 vom 28. September 2010.
- /14/ NA-K-01, "Übergeordnete Aufgaben und Pflichten der Notfallorgane", Rev. 3 vom 1. April 2010.

- /15/ SV-B-01.1, "Betriebliche Massnahmen bei Hochwasser infolge Starkregen und bei Sturmwarnung", Rev. 5 vom 1. Februar 2011.
- /16/ KKB 511D0282, "Radiologische Analyse Flutstörfall", Dr. R. Gubler, Juni 2011.
- /17/ KKB 511D0281, PEPR-G/2011/de/0050, "KKB 1: Ausfall des Speisewassers mit und ohne Einwirkung von Aussen", AREVA NP, 14. März 2011.