

ENSI EIN: - 4. APR. 2011



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

Einschreiben
Eidgenössisches Nuklear-
sicherheitsinspektorat ENSI
Industriestrasse 19
5200 Brugg

Zuständig [REDACTED]
Direktwahl [REDACTED]
E-Mail [REDACTED]
Unser Zeichen KBR 021/511 ri/sbg
Ihr Zeichen FLP/SAN – 14/11/015, Peter Flury
Datum 31. März 2011

ENSI-Verfügung vom 18.03.2011; Stellungnahme zu den Punkten 5a) bis 5c)

Sehr geehrte Damen und Herren

Bezugnehmend auf Ihre Verfügung vom 18. März 2011 im Zusammenhang mit den Ereignissen in Fukushima erhalten Sie in der Beilage die technische Mitteilung

TM-511 – R 11018, Rev. 0 ENSI-Verfügung vom 18.03.2011 aufgrund der Ereignisse in Fukushima: Antworten zu den Punkten 5a) bis 5c).

Zusammenfassend halten wir fest, dass unsere Anlagen durch die ursprüngliche Auslegung und verschiedene Nachrüstungen die gestellten Anforderungen an die Sicherheit erfüllen.

Für Fragen steht Ihnen [REDACTED] gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse
Axpo AG

Dr. Urs Weidmann
Leiter Kernkraftwerk Beznau

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Beilage (nicht öffentlich) erwähnt

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

[REDACTED]
[REDACTED]



Technische Mitteilung

TM-511-R 11018

Titel : ENSI-Verfügung vom 18.03.2011 aufgrund der Ereignisse in Fukushima: Antworten zu den Punkten 5a) bis 5c)

Block : 1+2

Anzahl Seiten : 12

Sachgebiet: Nukleare Sicherheit

Verfasser : ██████████

Erst. Datum : 31.03.2011

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

	Name	█	█
Erstellt	█	█	█
Geprüft	█	█	█
Genehmigt	█	█	█

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
31.03.2011	0	Erstausgabe	alle	n

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Anlass	4
2	Zusammenfassung	4
3	Kühlwasserversorgung der Sicherheits- und Hilfssysteme	5
4	Schutzgrad Brennelementlagerbecken	8
5	Kühlsystem des Brennelementlagerbeckens	10
6	Referenzen	12

1 Anlass

Das starke Erdbeben vom 11. März 2011 in Fukushima (Japan) mit anschliessendem Tsunami hat am Standort Fukushima Dai-Ichi zum Ausfall sämtlicher Sicherheitssysteme geführt, wodurch die Kühlbarkeit der Reaktoren und Brennelementlagerbecken nicht mehr gegeben war und es in den betroffenen Blöcken zu schweren Kernbeschädigungen in den Reaktoren und zu Brennelementbeschädigungen in den Lagerbecken kam.

Nach dem bisherigen Erkenntnisstand liegt die Grundursache der aufgetretenen Probleme im vom Erdbeben ausgelösten Tsunami. Der Tsunami hat sämtliche Hilfsanlagen, Wasserfassungen, Rohrleitungen etc. auf dem Kraftwerksgelände sowie die externe Stromversorgung zerstört. Dadurch versagte die Kühlmittelversorgung für alle Reaktoren und sämtliche Sicherheits- und Hilfssysteme sowie die Notstromversorgung. Hinzu kommen vermutlich Schwächen im Design der japanischen Anlagen. So fehlen beispielsweise gebunkerte, hochwassersichere Notstandssysteme mit diversitärer Kühlmittelversorgung für Sicherheits- und Hilfssysteme.

Die Infrastruktur ausserhalb des Kraftwerks ist durch das Erdbeben schwer beschädigt. Die Zugänglichkeit inner- und ausserhalb des Areals ist stark erschwert.

Die Schweiz ist kein klassisches Erdbebengebiet. Ein Extremerdbeben mit Tsunami wie es in Japan aufgetreten ist, kann für die Schweiz ausgeschlossen werden.

In Auswertung der bisherigen Erkenntnisse aus den Ereignissen in Fukushima erliess das ENSI eine Verfügung /1/.

Diese technische Mitteilung behandelt die in dieser Verfügung unter Punkt 5a) bis 5c) gestellten und bis zum 31. März 2011 zu beantwortenden Fragen zur gesicherten Kühlmittelversorgung der Sicherheitssysteme, zum Schutzgrad der Brennelement-Lagerbecken und zum Kühlsystem der Brennelement-Lagerbecken.

Die Beantwortung aller übrigen Fragen und Massnahmen der Verfügung erfolgt separat und zu einem späteren Zeitpunkt.

2 Zusammenfassung

Die Ausführungen dieser Technischen Mitteilung können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Die heutigen Sicherheitssysteme des KKB umfassen die folgenden, zu den Nebenkühlwassersystemen alternativen Kühlmittelversorgungen aus gesicherten Quellen:
 - a) Zur Nachwärmeabfuhr und Verhinderung eines Kühlmittelverlusts nach Einwirkungen von Aussen:
 - i. Eine redundante, flutsichere Kühlkette der Originalauslegung mit der Wärmesenke Brunnenwasser
 - ii. Eine einzelfehlersichere, erdbebenfeste und flutsichere Kühlkette der Notstandssysteme mit der Wärmesenke Notstand-Brunnenwasser und mit extremer Flutsicherheit jenseits der Auslegung
 - b) Zur Beherrschung von Kühlmittelverlust einen vollständigen, erdbebenfesten, flutsicheren Strang des Kernnotkühlsystems mit der Wärmesenke Notstand-Brunnenwasser.
2. Ein Versagen des Pools des Brennelement-Lagerbeckens nach den Störfällen Erdbeben und Flugzeugabsturz kann faktisch ausgeschlossen werden.

3. Insgesamt besteht für die Kühlung des Brennelementlagerbeckens zwar kein besonders geschütztes oder gebunkertes System zur Verfügung. Das heutige umfassende Sicherheitskonzept besteht aber aus den folgenden Elementen:
- verschiedene Kühlsysteme und Möglichkeiten (FAC/KAC/PRW, FEC/GTW, AM-Massnahmen)
 - sehr lange Zeitfenster für das Erstellen einer alternativen Kühlung
 - vollumfängliche Integration in das Paket des vorbeugenden und des lindernden Unfall-Managements.

Aus diesen Gründen ist der Beitrag des Ausfalls der BE-Lagerbeckenkühlung zur Brennstoffschadenshäufigkeit der Stillstands-PSA Null.

3 Kühlwasserversorgung der Sicherheits- und Hilfssysteme

Frage des ENSI (Punkt 5a der Verfügung):

Ist im Kernkraftwerk Beznau die Kühlmittelversorgung für die Sicherheits- und Hilfssysteme aus einer diversitären, erdbeben-, hochwasser- und verunreinigungssicheren Quelle gesichert (Zusatzversorgung über Grundwasserbrunnen)?

Antwort des KKB:

Die Kühlung des Reaktors nach Einwirkungen von Aussen besteht nebst der redundanten und „fail-safe“ ausgeführten Schnellabschaltung primär aus der Sicherheitsfunktion der Nachwärmeabfuhr und damit der Verhinderung eines Kühlmittelverlusts. Dies beinhaltet im Kernkraftwerk Beznau die Bespeisung der Dampferzeuger mit Speisewasser und die Kühlung der 1. Dichtung der Reaktorhauptpumpen (RHP) mittels Sperrwasser oder der Versorgung der thermischen Barriere der RHP durch primäres Zwischenkühlwasser.

Für diese Sicherheitsfunktion bestehen im Kernkraftwerk Beznau neben der Versorgung mittels der Nebenkühlwassersysteme, welche Wasser aus dem Oberwasserkanal zur Kühlung der Zwischenkühlsysteme und der Containment-Umluftkühler verwenden, alternative Kühlsysteme mittels Brunnenwasser.

So wurde bereits in der Originalauslegung des Kraftwerks ein für beide Blöcke gemeinsamer Brunnen mit zwei redundanten Brunnenwasserpumpen LBW 1-A und 1-B gebaut. Jede dieser Pumpen kann gleichzeitig beide Blöcke versorgen. Dabei werden die Hilfsspeisewasserpumpen LSN zur Einspeisung in die Dampferzeuger bespeist sowie das sekundäre Zwischenkühlsystem PKZ und die Flutdiesel gekühlt. Die Stromversorgung der LBW-Pumpen erfolgt von der Notschiene [REDACTED], welche einerseits vom Hydrowerk und andererseits von den zwei überflutungssicheren Flutdieseln [REDACTED] und [REDACTED] notstromversorgt ist. Normalerweise ist die Stromversorgung der einen LBW-Pumpe dem Block 1 zugordnet und die andere dem Block 2. Die Pumpen können aber wahlweise von jedem Block versorgt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Notstromversorgung besteht mit der Bespeisung der Schiene [REDACTED] mit einem mobilen Notstromdieselaggregat gemäss der [REDACTED].

Somit bilden die vom Notstromstrang [REDACTED] versorgten Komponenten des Hilfsspeisewassers (Pumpen LSN 1 und 2), des sekundären Zwischenkühlsystems [REDACTED], des Brunnenwassersystem [REDACTED], die ebenfalls flutsichere Ladepumpen [REDACTED] zusammen mit den beiden Flutdieseln ([REDACTED]) einen vollständigen Strang zur Nachwärmeabfuhr nach Einwirkungen von Aussen, welcher auslegungsgemäss bis zu einer Fluthöhe von 1.65 m über Terrainhöhe flutsicher und von Flusswasser unabhängig ist.

Dieses Sicherheitsdispositiv wird ergänzt durch redundante, von der Schienen [] versorgte Komponenten []. Mit der Berücksichtigung einer Querverbindung zwischen den elektrischen Schienen [], wie sie z.B. in der Notfallvorschrift NV-B-ECA-0.0 des KKB erwähnt ist, sind die gesicherten Systeme zur Nachwärmeabfuhr der Originalanlage in sich selber redundant (LSN, PKZ, LBW, Ladepumpen, Flutdiesel). Die Erdbebenfestigkeit dieses Nachkühlstrangs ist hingegen beschränkt.

Mit der Inbetriebnahme der Notstandssysteme in den Jahren 1992 (Block 2) und 1993 (Block 1) wurden zusätzliche Sicherheitssysteme installiert. Diese Notstandssysteme besitzen folgende Eigenschaften:

- Sie sind durch ein Gebäude von [] Betonwandstärke geschützt, welches bis mindestens zu einer Höhe vom [] über Terrainkote keine Öffnungen aufweist. Damit sind die Notstandssysteme weit über die Auslegungsluthöhe von 1.65 m flutsicher und faktisch auch durch extrem unwahrscheinliche Überflutungsszenarien nicht gefährdet.
- Sie sind vollumfänglich ausgelegt zur Beherrschung des damals definierten Auslegungserdbebens von 0.21 g Horizontalbeschleunigung. Im Rahmen der Erdbeben-PSA /2/ wurden mit modernen Methoden die Grenztragfestigkeiten der Notstandssysteme (Fragility und zugehörige HCLPF-Werte, d.h. "high confidence of low probability of failure") ermittelt. Diese zeigen, dass die eigentliche Funktion der Notstandssysteme inklusive der Integrität des Reaktorgebäudes und des Primärkreislaufs bis zum doppelten Beschleunigungswert des Auslegungserdbebens erhalten bleibt (dieser Faktor gilt bei der in /2/ als massgebend betrachteten Frequenz von 5 Hz, bezogen auf PGA ist er noch grösser). Diese Sicherheitsmarge gilt auch für die Nebengebäude E und D, deren Integrität für das Betreten der Notstandgebäude durch die Operateure erforderlich ist.
- Sie werden als Wärmesenke durch einen damals ebenfalls neu erstellten, unterirdischen, flutsicheren und erdbebensicheren Notstandbrunnen mit zwei redundanten Notstand-Brunnenwasserpumpen gekühlt. Dieser Brunnen ist vollumfänglich unabhängig von Aarewasser und einer möglichen Verschmutzung in der Aare. Dabei ist je eine Pumpe dem Block 1 und eine dem Block 2 zugeordnet und wird auch vom zugehörigen Notstand-Dieselmotor versorgt. Beim Ausfall einer dieser zwei Pumpen oder eines dieser zwei Dieselmotoren kann aber die Versorgung beider Blöcke durch das manuelle Erstellen von Querverbindungen durch die Operateure sichergestellt werden. Dabei kann jeweils eine Notstand-Brunnenwasserpumpe resp. ein Notstanddiesel beide Blöcke gleichzeitig versorgen. Des Weiteren kann die Schiene [] mit einem mobilen Notstromaggregat gemäss [] gespeist werden.
- Allgemein sind die Notstandssysteme pro Block zwar nur einfach ausgeführt. Sie besitzen aber die immanente Eigenschaft, dass nach den in der Auslegung zu unterstellenden Einwirkungen von Aussen (Erdbeben, Überflutung, Wind, Tornado, Blitzschlag) beim Ausfall einer aktiven Ausrüstung (Einzelfehler) die gesicherte Kühlung des Reaktors durch das manuelle Aufschalten einer alternativen Komponente durch die Operateure sichergestellt werden kann. Diese faktische Einzelfehlersicherheit ist umfassend im Bericht /3/ dokumentiert, welcher der damaligen HSK im Rahmen des Geschäfts 14/05/037 übermittelt wurde.
- Die Notstandssysteme sind damit auslegungsgemäss gegen die Szenarien Erdbeben, Überflutung, Verstopfung der Hauptwärmesenke oder Ausfall der Hauptwärmesenke wie auch alle möglichen Kombinationen derselben ausgelegt.
- Gleichzeitig ist in den Notstandssystemen jedes Blocks des KKB ein vollständiger Strang des Kernnotkühlsystems integriert (Druckspeicher, Einspeisung und Rezirkulation), welcher wiederum über das Notstand-Brunnenwassersystem gekühlt wird.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die heutigen Sicherheitssysteme des KKB die folgenden, zu den Nebenkühlwassersystemen alternativen Kühlmittelversorgungen aus gesicherten Quellen umfassen:

- a) Zur Nachwärmeabfuhr und Verhinderung eines Kühlmittelverlusts nach Einwirkungen von Aussen:

- Eine redundante, flutsichere Kühlkette der Originalauslegung mit der Wärmesenke Brunnenwasser
 - Eine einzelfehlersichere, erdbebenfeste und flutsichere Kühlkette der Notstandssysteme mit der Wärmesenke Notstand-Brunnenwasser und mit extremer Flutsicherheit jenseits der Auslegung
- b) Zur Beherrschung von Kühlmittelverlust einen vollständigen, erdbebenfesten, flutsicheren Strang des Kernnotkühlsystems mit der Wärmesenke Notstand-Brunnenwasser.

Mit dem bis zum Jahr 2014 realisierten Umbau der KKB-Notstromversorgung (Projekt AUTANOVE) werden in jedem Block des KKB an Stelle der Notstromversorgung ab dem Hydrowerk und den Flutdieseln zwei neue Notstromdiesel nachgerüstet. Gleichzeitig werden eine zusätzliche Grundwasserpumpe für das Notspeisewassersystem LSE sowie eine zusätzliche Not-Sperwpumpe installiert. Alle diese Ausrüstungen werden erdbebenfest, flutsicher und unabhängig vom Kühlmedium Aarewasser ausgeführt werden.

Damit wird zusätzlich zum einzelfehlersicheren Notstandsystem ein weiterer erdbebensicherer und flutsicherer Strang zur Nachwärmeabfuhr aufgebaut werden (Notspeisewasser LSE, Not-Sperwpumpe, neue LSE-Grundwasserpumpe, Notstromdiesel des Strangs ■■■).

Mit dem Projekt AUTANOVE wird dann jeder Block des KKB über drei flutsichere Notstromdiesel verfügen, welche wiederum vom Kühlmedium Aarewasser unabhängig sind. Dabei sind die Diesel der Schienen■■■ und ■■■ inklusive der zugehörigen Notstromschienen vollumfänglich gemäss heutigen Kriterien erdbebenqualifiziert. Bei der ■■■-Schiene gilt Letzteres nur für den eigentlichen Diesel.

Bei Berücksichtigung der Querverbindungen zwischen den Blöcken (heute existierende Querverbindung der ■■■-Schienen, neue Querverbindung via ■■■-Schienen) kann dann jeder Block des KKB zur gesicherten Nachwärmeabfuhr und Verhinderung eines Kühlmittelverlusts von insgesamt sechs verschiedenen, flutsicheren Notstromdieseln versorgt werden, wovon vier inklusive ihrer Notschienen erdbebenfest ausgeführt sind.

Die entsprechende Leistungsbilanz, wonach ein AUTANOVE-Diesel gleichzeitig beide Blöcke versorgen kann, ist aus /4/ ersichtlich (Beilage zum AUTANOVE-Konzept). Wenn keine Sicherheitseinspeisung und keine Containment-Sprühung notwendig sind, so reduziert sich die Leistungsanforderung pro Notschneine ■■■ resp. ■■■ um 980kW. Damit beträgt der maximale Leistungsbedarf pro Notschiene ■■■ resp. ■■■ für eine gesicherte Nachwärmeabfuhr:

- für einen Block gemäss Tabelle 3 von /4/ 2541 kW minus 980 kW = 1561 kW
- für beide Blöcke zusammen somit 3122 kW.

Die AUTANOVE-Diesel sind für eine Leistung von 3750 kW ausgelegt. Mit einem sehr konservativen Wirkungsgradfaktor von 0.9 (der Generator wird bei grosser Last voraussichtlich eine Wirkungsgrad > 97% aufweisen) kann somit die benötigte elektrische Outputleistung von 3375 kW von einem Diesel sicherlich erbracht werden. Damit kann ein Diesel beide Blöcke gleichzeitig versorgen.

4 Schutzgrad Brennelementlagerbecken

Frage des ENSI (Punkt 5b der Verfügung):

Sind im Kernkraftwerk Beznau allfällige ausserhalb des Primärcontainments befindliche Brennelementlagerbecken genügend gegen externe und interne Einwirkungen geschützt?

Antwort KKB:

Die für die Beantwortung der Frage massgebliche Sicherheitsfunktion ist die Haltung einer Wasservorlage zur Kühlung der gelagerten Brennelemente und zur Strahlenabschirmung. Fragen zur Nachwärmeabfuhr aus den Becken werden im Kapitel 5 behandelt.

4.1 Standfestigkeit der Gebäude

Im Kernkraftwerk Beznau befindet sich das Brennelement-Lagerbecken im Nebengebäude B. Der eigentliche Pool besteht dabei aus einer massiven Betonkonstruktion von [REDACTED] Wandstärke, was damit im ganzen Kraftwerk die am massivsten gebaute Gebäudestruktur darstellt. Der Oberteil des Gebäudes mit einer Betonwandstärke von mindestens [REDACTED] und den darin eingebauten Toröffnungen wurde in den letzten Jahren im Rahmen des Projekts MAWID bezüglich des EW3-Schutzes zusätzlich ertüchtigt.

Das Nebengebäude B wurde formell auf das Sicherheitserdbeben requalifiziert. Der erste diesbezügliche Nachweis ist in /5/ dokumentiert, der momentan aktuelle in /6/. Im Rahmen der Erdbeben-PSA des KKB /2/ wurde auch die seismische Grenztragfestigkeit des Nebengebäudes B ermittelt. Dabei wurden je für den Pool und den Dachbereich zwei verschiedene Werte ermittelt. Der Bereich des Pools besitzt gemäss /2/ einen Sicherheitsfaktor (Verhältnis HCLPF-Wert zu Auslegung) von [REDACTED] gegenüber dem Auslegungserdbeben. Mit diesem Wert ist der Beitrag des seismischen Versagens des Pools zur Brennstoffschadenshäufigkeit gemäss Tabelle 10.2-2 von /2/ Null. Dieses Ergebnis ist angesichts der massiven Konstruktion des Pools und gemäss einer eigenen Abschätzung der maximal aufnehmbaren Schubkräfte im Vergleich mit anderen Nebengebäuden plausibel.

Die in /2/ ebenfalls für den Oberteil des Gebäudes ermittelte Grenztragfestigkeit basiert hingegen auf einer Analyse, welche aus heutiger Sicht nicht korrekt ist. Deshalb ist die entsprechende Grenztragfestigkeit von /2/ optimistisch.

Das KKB hat auf Grund der Analyse /6/ und der im Rahmen der Erdbeben-PSA /2/ durchgeführten Fragility-Analysen eine Neueinschätzung der Grenztragfestigkeit des Gebäudeoberteils durchgeführt. Dabei bestätigte sich, dass auch der Oberteil des Gebäudes wesentliche Sicherheitsreserven gegenüber dem Sicherheitserdbeben aufweist. Eine realistisch-konservative Abschätzung ergibt einen HCLPF-Wert, der mindestens [REDACTED] grösser als das Sicherheitserdbeben ist. Zur Bestätigung und Verfeinerung dieses Sachverhalts plant KKB, die entsprechende Fragility-Analyse in den nächsten Monaten zu überarbeiten.

Darüber hinaus besteht im Oberteil des Nebengebäudes B an der Westseite zum Nebengebäude C hin eine Backsteinwand. Postuliert man ein Versagen dieser Wand beim Störfall Erdbeben, so könnten einzelne Backsteine in das Becken fallen. Eigentliche Schäden an den Brennelementen sind dabei aber nicht zu erwarten, weil die Fallgeschwindigkeit von Backsteinen im Wasser eher klein ist. Deshalb ist das Versagen dieser Wand bei Erdbeben radiologisch nicht relevant. Trotzdem hat KKB bereits vor den Ereignissen von Fukushima Massnahmen zur Verbesserung des Schutzes der Lagerbecken gegen ein Versagen dieser Wand bei Erdbeben eingeleitet.

4.2 Auslegungsüberschreitende Szenarien

Wie oben stehend erwähnt, besteht die wichtigste Sicherheitsfunktion des Brennstofflagerbeckens des KKB darin, das darin enthaltene Wasservolumen vor Verlust zu schützen und damit die gelagerten Brennelemente mit Wasser bedeckt zu halten. Demgegenüber würde das Versagen des Oberteils des Gebäudes nur dazu führen, dass Trümmer in das Becken fallen. Durch ein solches auslegungsüberschreitendes Szenario sind infolge der Wandstärke des Beckens mit [REDACTED] Beton keine relevanten Leckagen aus dem Pool zu erwarten. Zusätzlich wäre bei einem derartigen auslegungsüberschreitenden Szenario selbst beim Auftreten von Leckagen die Wassernachspeisung durch den beschädigten Oberteil des Gebäudes in das Becken hinein durch mobile Mittel der Feuerwehr möglich.

Das Versagen des Oberteils von Nebengebäude B wäre damit von der Auswirkung auf die gelagerten Brennelemente einem mehrfachen Brennelementhandhabungsunfall mit offenem Gebäude ähnlich. Wenn Brennstäbe im Becken lokal beschädigt werden, so würde die Freisetzung durch Poolscrubbing in der Wasservorlage von [REDACTED] Metern stark gemildert. Freigesetzt in die Umgebung würden praktisch nur Iod und Edelgase. Gemäss /7/ ergibt die Freisetzung aus einer beschädigten Reihe von Brennstäben (14 Stäbe) über einen ungefilterten Pfad für ein frisch ausgeladenes Brennelement (konservative Annahme) eine Freisetzung von ca. $9E-13$ Bq und eine maximal Dosis für die Bevölkerung von 5 mSv für ein Uran-Brennelement und 6 mSv für ein MOX-Brennelement.

Diese Dosis wird aber zu mehr als 99 Prozent durch Iod-131 verursacht, welches eine Halbwertszeit von rund acht Tagen aufweist. Für Brennelemente, welche einige Monate im Becken gelagert sind, wird die entsprechende Dosis um Grössenordnungen kleiner.

Aus diesen Gründen kann abgeschätzt werden, dass selbst bei einem auslegungsüberschreitenden Szenario mit dem Versagen des Dachoberteils von Nebengebäude B durch ein sehr starkes Erdbeben die maximale Dosis für die Bevölkerung am kritischen Punkt mit grosser Wahrscheinlichkeit den Wert von 100 mSv nicht überschreitet.

Insgesamt weist damit der Pool des Brennelementlagerbeckens des KKB einen hohen Schutzgrad gegen den Störfall Erdbeben auf.

Ähnlich ist der Schutz gegenüber einem Flugzeugabsturz. Gemäss den vertraulichen Untersuchungen /8/, welche nach dem 11. September 2001 durchgeführt wurden, weist das Reaktorgebäude des KKB mit [REDACTED] Betonwandstärke einen hohen Schutzgrad gegenüber dem Absturz eines Passagierflugzeugs auf. Demgegenüber ist der Pool-Bereich des Brennstofflagerbeckens:

- mit [REDACTED] Betonwandstärke wesentlich massiver gebaut als die Betonhülle des Reaktorgebäudes
- durch umliegende Gebäude gegen einen Direkttreffer weit gehend abgeschirmt.

Die Auswirkungen des Versagens des Gebäudeoberteils von Nebengebäude B nach einem Flugzeugabsturz sind analog wie nach einem sehr starken Erdbeben und wurden oben stehend diskutiert.

4.3 Schlussfolgerungen zum Brennelement-Lagerbecken

Auf Grund der oben gemachten Aussagen kann ein Versagen des Pools des Brennelement-Lagerbeckens nach den Störfällen Erdbeben und Flugzeugabsturz faktisch ausgeschlossen werden.

Gleichzeitig stehen für Massnahmen des internen Notfallschutzes, zum Beispiel für das Nachspeisen von Wasser in das Becken, lange Zeitfenster zur Verfügung. Dies wird im Detail im nächsten Kapitel diskutiert.

5 Kühlsystem des Brennelementlagerbeckens

Frage des ENSI (Punkt 5c der Verfügung):

Ist im Kernkraftwerk Beznau die Brennelementbeckenkühlung eine besonders geschützte Sicherheitsfunktion und kann sie über das gebunkerte Notstandsystem versorgt und gesteuert werden?

Antwort KKB:

Eine vollumfänglich erdbebenqualifizierte und gebunkerte Kühlung der Brennelementlagerbecken steht nicht zur Verfügung und das heutige Kühlsystem kann auch nicht vom Notstandsystem versorgt und gesteuert werden.

Das auslegungsgemässe Kühlsystem des Brennelementlagerbeckens (FAC-System) bestand vor 40 Jahren aus einer einsträngigen Anordnung einer Pumpe und einem Wärmetauscher. Später wurde das System auf zwei Stränge (je Pumpe und Wärmetauscher) erweitert, wovon heute einer normalerweise in Betrieb steht. Die Pumpe [REDACTED] ist notstromversorgt von der Notschiene [REDACTED], die Pumpe [REDACTED] wird ab der betrieblichen Schiene [REDACTED] versorgt. Letzere könnte im Anforderungsfall über eine Querkupplung von der Notschiene [REDACTED] gespeist werden.

Mit dem Projekt AUTANOVE werden die beiden FAC-Pumpen auf die gesicherten Notstromschienen [REDACTED] und [REDACTED] umgelegt werden.

Die Wärmesenke des FAC-Systems ist das primäre Zwischenkühlsystem KAC, welches wiederum vom primären Nebenkühlwassersystem PRW gekühlt wird. Die heutige Notstromquelle dieser FAC/KAC/PRW-Kühlkette ist [REDACTED].

Beim Ausfall der FAC-Kühlung kann ein alternatives Kühlsystem FEC in Betrieb genommen werden. Dieses System besteht aus einer Pumpe, welche vom Notstromstrang [REDACTED] versorgt werden kann, und einem fest installierten Wärmetauscher. Das FEC-System kann einerseits durch das Trink- und Löschwassersystem GTW oder mittels mobiler Pumpen der Feuerwehr gekühlt werden. Zu diesem Zweck wurde vor ca. 10 Jahren auch eine spezielle Leitung installiert, damit von einem Feuerwehrstutzen ausserhalb [REDACTED] der FEC-Wärmetauscher mit Kühlwasser versorgt werden kann. Die Aufschaltung des FEC-Systems ist geregelt in der Accident-Management-Vorschrift AM-R-FEC-1 /9/. Eine Nachspeisung des Beckens erfolgt im Normalbetrieb manuell vom Kaltkondensatsystem LKZ.

Sollte auch die Kühlung mittels des FEC-Systems ausfallen, so kann als nächstes eine Einspeisung direkt in das Becken mittels der oben erwähnten, nachgerüsteten Leitung von ausserhalb des [REDACTED] durch die Feuerwehr vorgenommen werden. Diese Massnahme ist ebenfalls aufgeführt in /9/.

Weitere Nachspeisemöglichkeiten in das Becken sind in der Unfallbegrenzungsrichtlinie UR-R-SAG-8 /10/ erwähnt (Einspeisungen vom BOTÄ, vom Kaltkondensattank und vom Zusatzwassertank). Gleichzeitig beinhaltet /10/ Lüftungstechnische Strategien zur Minimierung der Freisetzung aus dem Lagerbecken.

Insgesamt ist das Brennelementlagerbecken damit umfassend integriert in das gesamte KKB-Vorschriftenpaket des Unfallmanagements: Sowohl im Bereich der Verhinderung von Brennstoffschäden wie im Bereich der Minimierung der Freisetzung (SAMGs) sind die Regelungen für das Brennstofflagerbecken auf einem gleichwertigen Stand wie für den Reaktor.

Für das Erstellen einer alternativen Kühlung des Brennelement-Lagerbeckens stehen lange Zeitfenster zur Verfügung. Ausgehend von folgenden Ausgangsbedingungen:

- Im Normalbetrieb [] Wasser in den Becken von maximal 50°C Temperatur
- die Brennelemente bleiben mit Wasser bedeckt bis zu einem Wasserverlust von ca. []
- maximale Nachzerfallsleistung mit einem frisch ausgeladenen Reaktorkern während einer Revisionsabstellung von 4400 kW
- maximale Nachzerfallsleistung im Normalbetrieb (unmittelbar nach einem Brennstoffwechsel) von 1500 kW
- keine oder sehr niedrige Leckage nach Erdbebeneinwirkung (siehe Kap. 4.2)

ergeben sich die folgenden Zeitfenster für anlageinterne Notfallmassnahmen:

	Zeit bis Sieden [h]	Zeit bis Brennstoffabdeckung [h]
RA mit ausgeladenem Kern	13	98
Unmittelbar nach BW	39	290

Infolge dieser langen Zeitfenster und der vielen verschiedenen Möglichkeiten beurteilt auch die Stillstands-PSA des KKB /11/ den Risikobeitrag der Kühlung des Brennelementlagerbeckens zur Stillstands-Brennstoffschadenshäufigkeit als Null.

Bei Einwirkungen von Aussen könnte der Fall einer langsam sich anbahnenden Überflutung durch präventive Massnahmen wie die Aufschaltung des FEC-Systems beherrscht werden. Zudem wäre eine Überflutung infolge eines Wehrbruchs von kurzer Dauer von nur wenigen Stunden, so dass diese ebenfalls mit mobilen Einrichtungen beherrschbar wäre. Letzteres gilt auch für den Störfall Erdbeben.

Insgesamt besteht somit für die Kühlung des Brennelementlagerbeckens das folgende umfassende Sicherheitskonzept mit den folgenden Elementen:

- a) verschiedene Kühlsysteme und Möglichkeiten (FAC/KAC/PRW, FEC/GTW, AM-Massnahmen)
- b) sehr lange Zeitfenster für das Erstellen einer alternativen Kühlung
- c) vollumfängliche Integration in das Paket des vorbeugenden und des lindernden Unfallmanagements.

Aus diesen Gründen ist der Beitrag des Ausfalls der BE-Lagerbeckenkühlung zur Brennstoffschadenshäufigkeit der Stillstands-PSA Null.

6 Referenzen

1. ENSI-Verfügung an KKB vom 18. März 2011, "Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima".
2. KKB 511D0127, Rev. 3 vom Oktober 2009, "Beznau Unit 2, Full-Power Probabilistic Risk Assessment (BERA)".
3. AN-511-RA06002, Rev. 1 vom 30. Oktober 2006, "Nachweis der Beherrschung des Sicherheitserdbebens im KKB".
4. TM-511-RA09018 vom 12. August 2009, "AUTANOVE, Bestimmung der erforderlichen Mindestleistung der Dieselgeneratoranlagen".
5. KKB 234D0047 vom 30. Juni 1993, "Requalifikation des Nebengebäudes B".
6. KKB 234D0113, Rev. 4 vom 25. Juli 2008, "Brennelement Lagergebäude B, Projekt MAWID, Nachweis der Erdbebensicherheit beim SSE".
7. AN-511-RA03011 vom 25. März 2003, "PSÜ-KKB 2002, Antwort auf Nachforderungen der HSK zum SSB-Kapitel 3.12, Lfd. Nr. 3-02, radiologische Analyse des Brennelement-Handhabungsunfalls".
8. Grenzwertbetrachtungen zum Lastfall "Flugzeugangriff auf Schweizer Kernkraftwerke", Anlagenspezifischer Bericht KKB 074 D 0053, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, vom 18. Oktober 2002, vertraulich.
9. AM-R-FEC-1, Rev. 3 vom 1. Oktober 2006, "Massnahmen zur Notkühlung des Brennstoffs in den BE-Lagerbecken".
10. UR-R-SAG-8, Rev. 1 vom 15. April 2006, "Freisetzung aus Brennelementlager unterbinden oder begrenzen".
11. KKB511D0125, PLG-1208 vom Juni 1998, "Beznau Unit 2, Shutdown und Low Power Probabilistic Risk Assessment (BESRA)".

