

# Analyse der Ergebnisse des EU- Stresstest der Kernkraftwerke Fes- senheim und Beznau

## Teil 1: Fessenheim

Darmstadt, 11.10.2012

Im Auftrag des

**Ministeriums für Umwelt, Klima und Energie-  
wirtschaft Baden-Württemberg**

**Öko-Institut e.V.**

**Büro Darmstadt**

Rheinstraße 95

D-64295 Darmstadt

**Telefon** +49 (0) 6151 - 8191 - 0

**Fax** +49 (0) 6151 - 8191 - 133

**Geschäftsstelle Freiburg**

Postfach 17 71

D-79017 Freiburg

**Hausadresse**

Merzhauser Straße 173

D-79100 Freiburg

**Telefon** +49 (0) 7 61 - 4 52 95-0

**Fax** +49 (0) 7 61 - 452 95-288

**Büro Berlin**

Schicklerstr. 5-7

D-10179 Berlin

**Telefon** +49 (0) 30 - 40 50 85-0

**Fax** +49 (0) 30 - 40 50 85-388



# **Analyse der Ergebnisse des EU- Stresstest der Kernkraftwerke Fessenheim und Beznau**

## **Teil 1: Fessenheim**

### **Autoren:**

Dr.	Christoph Pistner (ÖI)
Dipl.-Math.	Mathias Brettner (PhB)
Dipl. Phys.	Christian Küppers (ÖI)
Dipl. Ing.	Stephan Kurth (ÖI)
Dipl. Ing.	Simone Mohr (ÖI)



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
<b>1 Einleitung und Zielsetzung .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Nationale und internationale Überprüfungsprozesse .....</b>	<b>9</b>
2.1 Sicherheitsüberprüfung der KKW in Deutschland durch die Reaktorsicherheitskommission.....	9
2.1.1 Methodische Vorgehensweise .....	10
2.1.2 Angelegter Bewertungsmaßstab.....	13
2.2 Expertenkommission des Landes Baden-Württemberg.....	13
2.2.1 Methodische Vorgehensweise .....	13
2.2.2 Angelegter Bewertungsmaßstab.....	14
2.3 Expertenkommission des Freistaats Bayern .....	14
2.3.1 Methodische Vorgehensweise .....	15
2.3.2 Angelegter Bewertungsmaßstab.....	15
2.4 EU-Stresstest .....	16
2.4.1 Methodische Vorgehensweise .....	16
2.4.2 Angelegter Bewertungsmaßstab.....	17
2.5 Vergleich der nationalen und internationalen Überprüfungsprozesse .....	18
<b>3 Bewertungsmaßstab auf Basis der nationalen und internationalen Überprüfungsprozesse.....</b>	<b>21</b>
3.1 Sicherheitsstatus deutscher Anlagen .....	22
3.1.1 Erdbeben.....	22
3.1.2 Hochwasser.....	23
3.1.3 Postulierte Ausfälle der elektrischen Energieversorgung – Station Blackout und langanhaltender Notstromfall.....	24
3.1.4 Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung.....	25
3.2 Erweiterte Anforderungen in Deutschland in Reaktion auf Fukushima.....	26
3.2.1.1 Elektrische Energieversorgung .....	26
3.2.1.2 Kühlwasserversorgung .....	26
<b>4 Wesentliche sicherheitstechnisch relevante Einrichtungen der Anlage Fessenheim .....</b>	<b>27</b>
4.1 Verfahrenstechnische Einrichtungen.....	29
4.1.1 Betriebliche Einrichtungen .....	29
4.1.2 Sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen .....	29
4.2 Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung der Anlage.....	32
4.2.1 Betriebliche Einrichtungen .....	33
4.2.2 Sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen .....	33
4.3 Anlageninterne Notfallmaßnahmen .....	35
4.4 FARN und „Hardened Safety Core“ .....	36

<b>5</b>	<b>Auswertung des EU-Stresstests für die Anlage Fessenheim .....</b>	<b>37</b>
5.1	Erdbeben .....	37
5.1.1	Darstellung des Betreibers .....	37
5.1.1.1	Auslegungsgrundlagen .....	37
5.1.1.2	Auslegung der Anlage .....	38
5.1.1.3	Reserven in der Erdbebenauslegung .....	40
5.1.2	Bewertung durch die Aufsichtsbehörde .....	44
5.1.3	Stellungnahme .....	46
5.1.3.1	Bisherige Auslegung der Anlage .....	46
5.1.3.2	Zusätzlich vorhandene Reserven .....	48
5.2	Überflutung .....	50
5.2.1	Darstellung des Betreibers .....	50
5.2.1.1	Auslegungsgrundlagen .....	50
5.2.1.2	Zu berücksichtigende Überflutungshöhen für die Anlage Fessenheim .....	52
5.2.1.3	Schutz sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen .....	53
5.2.1.4	Potenzielle Auswirkungen von Überflutungsszenarien .....	55
5.2.1.5	Sicherheitsreserven gegenüber einer Überflutung der Anlage .....	56
5.2.1.6	Analyse auslegungsüberschreitender Überflutungsszenarien .....	59
5.2.2	Bewertung durch die Aufsichtsbehörde .....	60
5.2.3	Stellungnahme .....	61
5.2.3.1	Bisherige Auslegung der Anlage .....	61
5.2.3.2	Vorhandene Reserven .....	63
5.3	Brennelement-Lagerbecken .....	65
5.3.1	Darstellung des Betreibers .....	65
5.3.2	Bewertung durch die Aufsichtsbehörde .....	67
5.3.3	Stellungnahme .....	69
5.4	Elektrische Energieversorgung .....	71
5.4.1	Darstellung des Betreibers .....	71
5.4.1.1	Bisherige Auslegung der Anlage .....	71
5.4.1.2	Langanhaltender Verlust der externen Stromversorgung sowie des Eigenbedarfs .....	72
5.4.1.3	Verlust der externen Stromversorgung und der Notstromversorgung (H3) eines Blocks .....	73
5.4.1.4	Verlust der externen Stromversorgung und der Notstromversorgung in beiden Blöcken .....	75
5.4.2	Bewertung durch die Aufsichtsbehörde .....	76
5.4.2.1	Bisherige Auslegung der Anlage .....	76
5.4.2.2	Auslegungsüberschreitende Szenarien .....	76
5.4.3	Stellungnahme .....	77
5.4.3.1	Bisherige Auslegung der Anlage .....	78
5.4.3.2	Zusätzlich vorhandene Reserven .....	79
5.5	Kühlwasser .....	81
5.5.1	Darstellung des Betreibers .....	81
5.5.1.1	Bisherige Auslegung der Anlage .....	81
5.5.1.2	Unterstellter Verlust der Kühlwasserversorgung für beide Blöcke .....	82
5.5.1.3	Überlagerung der Szenarien H1 und H3 .....	82
5.5.2	Bewertung durch die Aufsichtsbehörde .....	83
5.5.3	Stellungnahme .....	84
5.6	Identifikation weiterer sicherheitsrelevanter Schwachstellen .....	86

Literaturverzeichnis .....	89
----------------------------	----

## **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 4.1: Standort Fessenheim (Quelle: Google Earth, 2012).....	28
Abb. 4.2: Übersicht zu den verfahrenstechnischen Einrichtungen nach (EDF 2011).....	32
Abb. 4.3: Übersicht zu den elektrotechnischen Einrichtungen nach (EDF 2011).....	35
Abb. 5.1: Beschleunigungsspektrum am Standort Fessenheim für Block 1 (links) und Block 2 (rechts) nach (EDF 2011) .....	38
Abb. 5.2: EDF-Spektrum für den Standort Fessenheim nach (EDF 2011).....	39
Abb. 5.3: Vom Betreiber EDF ausgewiesene Sicherheitsmargen unterschiedlicher Einrichtungen der Anlage Fessenheim nach (EDF 2011).....	43
Abb. 5.4: Darstellung der Sicherheitsreserven der Anlage Fessenheim in Hinsicht auf verschiedene in Betracht zu ziehende Überflutungsszenarien nach (EDF 2011).....	58





## Zusammenfassung

Als eine Konsequenz aus der Reaktorkatastrophe am 11. März 2011 in der japanischen Anlage Fukushima Daiichi sind auf verschiedenen nationalen und internationalen Ebenen Überprüfungsprozesse in Gang gesetzt worden. Dabei wurden jeweils eigene Methoden und Bewertungsmaßstäbe zugrunde gelegt. Die Ergebnisse sind daher nicht ohne weiteres vergleichbar, gleichwohl ist aber eine Gegenüberstellung und Zusammenführung der Erkenntnisse sinnvoll. Für Baden-Württemberg sind die grenznahen Anlagen Fessenheim in Frankreich und Beznau in der Schweiz von besonderer Bedeutung. Das Land Baden-Württemberg kann bei schweren Unfällen in den genannten Kernkraftwerken betroffen sein. Ziel dieses Gutachtens ist es, die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung der beiden Anlagen in Fessenheim und Beznau zu bewerten und dabei insbesondere sicherheitstechnisch relevante Schwachstellen aufzuzeigen.

Als Basis für die Bewertung der EU-Stresstestergebnisse der beiden grenznahen Anlagen wurde der Sicherheitsstatus der noch in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke herangezogen, wie er sich nach den Ergebnissen der Sicherheitsüberprüfung der RSK darstellt.

Für eine Bewertung des Sicherheitsstatus ist zunächst eine Berücksichtigung der Grundausslegung der Anlage erforderlich. In der Sicherheitsüberprüfung hat die RSK für alle deutschen Kernkraftwerke einen „Basislevel“ als Mindestanforderung an die Grundausslegung definiert.

Darüber hinaus weisen die deutschen Anlagen Reserven auf, zu deren Bewertung im Rahmen der RSK-Sicherheitsüberprüfung verschiedene Robustheitslevel definiert wurden. Je nach behandeltem Themenfeld wurde von den deutschen Kernkraftwerken dabei ein unterschiedliches Robustheitsniveau erreicht. Als Maßstab im Rahmen dieser Studie wurde dementsprechend derjenige Robustheitslevel zugrunde gelegt, der von den in Deutschland oder speziell in Baden-Württemberg noch in Betrieb befindlichen Anlagen erreicht wird. Davon ausgehend wurde geprüft, inwieweit dieses von den ausländischen Anlagen erreicht oder gar übertroffen wird.

Schließlich werden auch die in Folge der nationalen und internationalen Überprüfungen geplanten Verbesserungsmaßnahmen in den Anlagen betrachtet und die damit erreichbare Erhöhung der Robustheit der Anlage bewertet.

In der Studie werden die fünf wesentlichen Bereiche Erdbeben, Überflutung, Brennelement-Lagerbecken, elektrische Energieversorgung und Kühlwasserversorgung analysiert. Weitere sicherheitstechnische Schwachstellen wurden gesondert dargestellt. Eine vollumfängliche Überprüfung des Sicherheitsstatus der Anlagen liegt außerhalb des Bearbeitungsumfanges dieser Studie und wäre auf Basis der im Rah-

men des EU-Stresstests vorliegenden Unterlagen auch nicht möglich. Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse für die Anlage Fessenheim zusammengefasst.

#### *Erdbeben:*

Die deutschen Anlagen weisen eine Grundausslegung gegen ein Erdbeben mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von  $10^{-5}$  pro Jahr auf. Für die Beherrschung eines solchen Erdbebens stehen mit dem Notspeisesystem, dem Not- und Nachkühlsystem sowie den zugehörigen Hilfssystemen zur elektrischen Energieversorgung Sicherheitssysteme zur Verfügung. Diese gewährleisten auch bei einem unterstellten Ausfall eines Stranges aufgrund eines Einzelfehlers in Kombination mit der Unverfügbarkeit eines weiteren Stranges infolge einer Instandsetzung die Nachwärmeabfuhr, d. h. von den jeweils vorhandenen vier Strängen sind zwei Stränge auslegungsgemäß für die Beherrschung des Ereignisses ausreichend (n+2 Redundanzgrad).

Auf Basis der verfügbaren Unterlagen gehen wir davon aus, dass die Auslegung der Anlage Fessenheim etwa einem Erdbeben mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr entspricht – die Anlage im Vergleich zu den deutschen Kernkraftwerken also einen geringeren Sicherheitsstatus aufweist. Insbesondere die Notstromversorgung in Fessenheim ist nur einzele Fehlerfest (n+1) aufgebaut, sie lässt jedoch keine gleichzeitige Instandhaltung zu, wie dies in deutschen Anlagen durch einen (n+2) Redundanzgrad der Notstromversorgung gewährleistet ist. Darüber hinaus greifen alle Stränge des Notspeisesystems bzw. des Not- und Nachkühlsystems jeweils auf einen einzigen Vorratsbehälter zurück, sie sind in ihren passiven Komponenten daher auch vermascht.

Damit entspricht die Grundausslegung der Anlage Fessenheim nicht dem Sicherheitsstatus deutscher Anlagen.

Für die deutschen Anlagen hat die RSK das Potential für Reserven in Höhe einer Erdbebenintensitätsstufe festgestellt, wobei diese jedoch in der Regel mit den vorgelegten Unterlagen nicht abschließend nachgewiesen werden konnten. Eine Erhöhung der Erdbebenintensität um eine Stufe entspräche etwa einem Faktor zwei in den abtragbaren Beschleunigungen.

Die vom Betreiber der Anlage Fessenheim ausgewiesenen globalen Reserven entsprechen einem Faktor von mindestens 1,5 in den beherrschbaren Beschleunigungen. Insbesondere für den Vorratsbehälter des Notspeisesystems und den Flutbehälter werden geringe Reserven, die gegebenenfalls noch unter dem Faktor 1,5 liegen könnten, ausgewiesen.

Da bei einem Versagen des Flutbehälters PTR zentrale Sicherheitsfunktionen zur Beherrschung eines Erdbebens nicht mehr zur Verfügung stehen, kann auch insgesamt nicht von einem Sicherheitsfaktor 1,5 für die Anlage Fessenheim ausgegangen werden. Weitere auf dem Anlagengelände vorhandene Vorratsbehälter, die zur Ergänzung der sekundärseitigen Kühlmittelvorräte des Notspeisesystems herangezogen

gen werden könnten, sind nicht seismisch qualifiziert, so dass bereits unter den Bedingungen des in der Auslegung zugrunde gelegten Sicherheitserdbebens nicht von einer Verfügbarkeit dieser Reserven ausgegangen werden kann.

Unter der Voraussetzung, dass das von der RSK festgestellte Robustheitspotenzial der deutschen Anlagen von einer Erdbebenintensitätsstufe nachgewiesen werden kann, sind die für die Anlage Fessenheim benannten Reserven deutlich geringer als diejenigen der deutschen Anlagen.

Zur Erhöhung der Robustheit der Anlage Fessenheim hat der Betreiber eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen, die von der Aufsichtsbehörde ASN zum Teil bereits als neue Anforderungen formuliert wurden. Inwieweit eine Unabhängigkeit dieser unter dem Begriff „Hardened Safety Core“ zusammengefassten Maßnahmen von den jeweils nur einfach vorhandenen Vorrats- und Flutbehältern (ASG und PTR) sowie der von diesen versorgten Einspeisesysteme (Notspeisesystem, primärseitige Einspeisesysteme) gegeben sein soll, bzw. ob auch diese Behälter und Systeme gegen die noch zu definierenden auslegungsüberschreitenden Einwirkungen ausgelegt werden sollen, geht aus den vorliegenden Unterlagen nicht eindeutig hervor.

Um eine tatsächliche höhere Robustheit der Anlage gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen zu erreichen, müssen außer den zusätzlich Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ (mobile Notstromdiesel und autarke Pumpe) auch alle von diesen zusätzlichen Einrichtungen zu versorgenden Systeme (Notspeisebehälter, Flutbehälter, Pumpen und Rohrleitungen des Notspeisesystems und der primärseitigen Einspeisesysteme) gegen höhere Erdbeben-Einwirkungen ausgelegt werden als bisher.

#### *Überflutung:*

Die deutschen Kernkraftwerke weisen eine Grundauslegung für ein 10.000 jährliches Hochwasser auf.

Dem in der Anlage Fessenheim deterministisch bestimmten maximalen Hochwasser liegt ein 1000jährliches Hochwasser zugrunde, auf das ein Zuschlag von 15 % in den berücksichtigten Abflussmengen erhoben wird. Es ist offen, ob dieses Auslegungshochwasser dem Niveau eines 10.000 jährlichen Hochwassers entspricht, da keine probabilistischen Abschätzungen für den Standort Fessenheim vorliegen.

Die RSK hat für alle Anlagen signifikante Auslegungsreserven gegenüber dem nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik geforderten 10.000 jährlichem Hochwasser festgestellt. Die für die deutschen Anlagen ausgewiesenen Reserven zwischen dem Bemessungshochwasser und einem möglichen Eindringen von Wasser in sicherheitstechnisch relevante Gebäude liegen typischerweise im Bereich zwischen 0,5 und 1 m, zum Teil werden noch erheblich höhere Schutzhöhen ausgewiesen.

Die vom Betreiber der Anlage Fessenheim für die verschiedenen auslegungsgemäß zu analysierenden Überflutungsereignisse ausgewiesenen Reserven liegen zwischen 0,06 und 0,41 m. Die Signifikanz dieser Reserven kann auf probabilistischer Basis nicht bewertet werden, da keine Angaben zu den für einen derartigen zusätzlichen Wasseranfall notwendigen Abflussmengen und den damit verbundenen Überschreitungswahrscheinlichkeiten vorliegen. Gegenüber den für deutsche Anlagen ausgewiesenen Schutzhöhen sind die für die Anlage Fessenheim ausgewiesenen Reserven jedoch als eher gering einzustufen.

Der Betreiber hat ein Szenario mit einem Anstieg der Abflussmenge von 30 % analysiert, dessen Wiederkehrperiode der Betreiber auf Basis von Expertenschätzungen mit eins in Hunderttausend bis zu eins in einer Million Jahren abschätzt. Für diesen Fall wird das Anlagengelände überflutet und es ist ein Verlust zentraler sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen (vollständiger Ausfall der Kühlwasserversorgung, der externen Energieversorgung sowie der gesamten elektrischen Energieversorgung) möglich. Der für dieses Szenario bestimmte Wasserstand in der Umgebung der Anlage liegt mit 207,70 m deutlich über dem für das Auslegungshochwasser bestimmten Wasserstand von 206,26 m und auch deutlich über dem Niveau des Schutzwalls der Anlage von bis zu 206,75 m. Vor diesem Hintergrund muss auch bei deutlich geringeren Abflussmengen bereits mit einer Überflutung des Anlagengeländes gerechnet werden. Auch vor diesem Hintergrund sind die vom Betreiber ausgewiesenen Reserven als gering einzustufen.

#### *Brennelement-Lagerbecken:*

Im Hinblick auf den Erhalt der Kühlung der in den Lagerbecken befindlichen Brennelemente kommt den Maßnahmen zur Gewährleistung der Beckenintegrität, u.a. bei Einwirkungen von außen, sowie dem Erhalt des Wasserinventars im Becken (Vermeidung von Wasserverlusten infolge von Lecks angrenzender Rohrleitungen) oberste Priorität zu. Nur wenn die von der Aufsichtsbehörde ASN identifizierten Schwachstellen bezüglich der Integrität des Brennelement-Lagerbeckens (anschließende Rohrleitungen, Transferkanal) beseitigt werden, kann von einer ausreichenden Robustheit des Brennelement-Lagerbeckens ausgegangen werden.

Die Lagerbecken sind in der Anlage Fessenheim in einem separaten Gebäude untergebracht, in den noch im Leistungsbetrieb befindlichen deutschen DWR Anlagen hingegen innerhalb des Containments im Reaktorgebäude. Dies gewährleistet einen zusätzlichen Schutz gegen mechanische Einwirkungen von außen und bessere Spaltproduktrückhaltung im Falle von Brennelementeschäden. Vor diesem Hintergrund stufen wir die Unterbringung der Lagerbecken im Reaktorgebäude innerhalb des Containments als sicherheitstechnischen Vorteil der deutschen Anlagen ein.

#### *Elektrische Energieversorgung:*

Die Grundausslegung deutscher Kernkraftwerke umfasst eine Notstromversorgung, mit der ein Ausfall und eine Unverfügbarkeit der externen Energieversorgung von

bis zu 72 Stunden beherrscht werden. Der (n+2) Redundanzgrad der Notstromversorgung stellt auch unter Berücksichtigung eines Einzelfehlers und eines gleichzeitig auftretenden Instandhaltungsfalles eine ausreichende Versorgung der verfahrenstechnischen Einrichtungen sicher. Die Anlagen verfügen mindestens über Batteriekapazitäten, um einen zweistündigen Station Blackout zu beherrschen.

Die Grundausslegung der Notstromversorgung der Anlage Fessenheim entspricht nicht dem Sicherheitsstatus deutscher Kernkraftwerke. Der Redundanzgrad der Notstromversorgung in Fessenheim ist nur einzelfehlerfest (n+1) ist, und lässt somit keine gleichzeitige Instandhaltung zu, wie dies in deutschen Anlagen durch einen (n+2) Redundanzgrad gewährleistet ist.

Dieser geringere Redundanzgrad der Notstromversorgung wird für bestimmte sicherheitstechnisch erforderliche Funktionen wie zum Beispiel das sekundärseitige Notspeisesystem durch ein von der Notstromversorgung unabhängiges frischdampfgetriebenes System kompensiert, so dass dieses damit einen Redundanzgrad von (n+2) aufweist. Das Notspeisesystem steht jedoch nicht bei allen Anlagenzuständen zur Verfügung.

Doch für andere sicherheitstechnisch erforderliche Funktionen steht nur die (n+1) redundante Notstromversorgung zur Verfügung. Das gilt beispielsweise für die elektrische Versorgung des Zwischenkühlwassersystems RRI, welches unter anderem zur auslegungsgemäßen Kühlung der Anlage im Stillstand sowie zur langfristigen Komponentenkühlung der sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen erforderlich ist.

Der Betreiber gibt die nachgewiesenen Kapazitäten der Batterien mit einer Stunde an. Diese Kapazitäten sind geringer als die für deutsche Anlagen nachgewiesenen Kapazitäten von mindestens zwei Stunden. Damit entspricht die Grundausslegung der Anlage Fessenheim nicht dem Sicherheitsstatus deutscher Anlagen.

Für die in deutschen Anlagen vorhandenen Reserven hat die RSK festgestellt, dass in allen noch in Betrieb befindlichen Anlagen eine zusätzliche, diversitäre und redundante Notstromanlage für die Sicherheitseinrichtungen vorhanden ist. Diese Notstromanlage ist mindestens einzelfehlerfest (n+1) und gegen seltene Einwirkungen von außen wie einen Flugzeugabsturz ausgelegt.

In der Anlage Fessenheim ist eine zusätzliche Gasturbine TAC installiert. Damit verfügt der Standort Fessenheim zwar über eine zur normalen Notstromversorgung diversitäre Notstromanlage. Diese ist jedoch nur einsträngig für beide Blöcke und damit nicht einzelfehlerfest aufgebaut. Die zusätzliche Gasturbine TAC ist nicht seismisch qualifiziert und nicht gegen zusätzliche seltene Einwirkungen von außen wie einen Flugzeugabsturz ausgelegt.

Die für die Anlage Fessenheim ausgewiesenen Reserven zur elektrischen Energieversorgung sind damit deutlich geringer als bei den deutschen Anlagen.

Die für die Erhöhung der Robustheit der elektrischen Energieversorgung der Anlage Fessenheim geplanten Maßnahmen sind vergleichbar zu den für die deutschen Anlagen geplanten Maßnahmen. Auch in deutschen Anlagen ist eine Stärkung der Autarkie der Anlagen für einen Zeitraum von 10 Stunden und die Einrichtung mobiler Dieselaggregate vorgesehen mit dem Ziel, innerhalb von 10 Stunden die elektrische Energieversorgung zum Abfahren der Anlage und zur Wärmeabfuhr sicherzustellen.

Bei einer Umsetzung der vorgesehenen Maßnahmen sowohl in den deutschen Anlagen wie in der Anlage Fessenheim verbleiben die bisherigen Unterschiede in der Grundausslegung und der Robustheit der existierenden Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung.

#### *Kühlwasser:*

Die Grundausslegung deutscher Anlagen umfasst ein Nebenkühlwassersystem mit einem (n+2) Redundanzgrad, das auch bei Einwirkungen von außen wie Erdbeben und Hochwasser verfügbar ist.

Mit Blick auf die Grundausslegung der Nebenkühlwasserversorgung besteht ein wesentlicher Unterschied der Anlage Fessenheim gegenüber den deutschen Anlagen darin, dass der Redundanzgrad der Nachkühlkette (Nebenkühlwassersystem SEB und Zwischenkühlwassersystem RRI) in Fessenheim nur einzelfehlerfest (n+1) ist, nicht jedoch eine gleichzeitige Instandhaltung zulässt, wie dies in deutschen Anlagen durch einen (n+2) Redundanzgrad gewährleistet ist.

Für die in deutschen Anlagen vorhandenen Reserven hat die RSK festgestellt, dass in allen noch in Betrieb befindlichen Anlagen ein Ausfall des Nebenkühlwassersystems mit Notfallmaßnahmen beherrscht werden kann. Darüber hinaus wurde insbesondere für die in Baden-Württemberg noch in Betrieb befindlichen Anlagen GKN II und KKP 2 festgestellt, dass zusätzliche diversitäre (andere Wärmesenke, aktive Komponenten) und redundante (n+1) Nebenkühlwasserstränge vorhanden sind.

Für die Anlage Fessenheim liegen keine Angaben zur langfristigen Beherrschung eines Ausfalls des Nebenkühlwassersystems über anlageninterne Notfallmaßnahmen vor (Wiederauffüllen Kühlmittelvorräte, Komponentenkühlung etc.).

Für die Nachkühlkette (Neben- und Zwischenkühlwassersystem), die zur Gebäude- und Komponentenkühlung sowie zur Kühlung der Anlage im Stillstandsbetrieb erforderlich ist, steht keine diversitäre Wärmesenke zur Verfügung.

Zur Erhöhung der Robustheit der Anlage Fessenheim stünde mit der Einführung der geforderten Einrichtung eines „Hardened Safety Core“ unter anderem eine zusätzliche mobile Pumpe zur Verfügung, die aus einem ganzjährig nutzbaren Wasserreservoir eine Ergänzung der sekundärseitigen (Notspeisebehälter) und primärseitigen Wasserreserven (Flutbehälter) ermöglichen soll. Damit wäre eine dauerhafte Wär-

meabfuhr aus dem Reaktor über die Sekundärseite (Notspeisesystem) oder bei geöffnetem Primärkreis durch Verdampfungskühlung möglich.

Auch für die deutschen Anlagen ist eine Erhöhung der Robustheit der Nebenkühlwasserversorgung vorgesehen. Dabei wird für alle Anlagen eine eigenständige Nebenkühlwasserversorgung gefordert, die von der auslegungsgemäß vorhandenen Kühlwasserentnahme unabhängig ist, und sowohl zur Nachwärmeabfuhr als auch zur Kühlung erforderlicher Systeme (Diesel) ausreichend ist. Darüber hinaus soll im Rahmen von Notfallmaßnahmen eine mobile Pumpe vorgehalten werden, die auch gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen geschützt ist. Bei einer Umsetzung der vorgesehenen Maßnahmen sowohl in den deutschen Anlagen wie in der Anlage Fessenheim verbleiben die bisherigen Unterschiede in der Robustheit der existierenden Einrichtungen der Nebenkühlwasserversorgung.

*Weitere sicherheitsrelevante Schwachstellen:*

Hinsichtlich der Sicherstellung der sekundärseitigen Wärmeabfuhr sowie einer primärseitigen Einspeisung und Aufborierung unter den Bedingungen eines hohen Drucks im Primärkreislauf stellen wir fest, dass die Anlage Fessenheim eine erheblich geringere Robustheit mit Blick auf das Konzept der gestaffelten Sicherheitsebenen aufweist als die deutschen Druckwasserreaktoren.

Im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung der RSK wurden für die deutschen Kernkraftwerke auch zivilisatorische Einwirkungen wie ein Flugzeugabsturz auf die Anlage analysiert. Im Rahmen des EU-Stresstests der Anlage Fessenheim wurden solche Szenarien nicht betrachtet. Speziell die Abhängigkeit der zentral wichtigen Sicherheitsfunktionen der sekundärseitigen Wärmeabfuhr und der primärseitigen Kühlmittelergänzung von jeweils nur einem Vorratsbehälter pro Block bewerten wir vor diesem Hintergrund als eine sicherheitstechnisch besonders relevante Schwachstelle.

Durch die Positionierung der sicherheitstechnischen Systeme am Standort Fessenheim auf einem Niveau weit unterhalb des Rheinseitenkanals, besteht eine potenzielle Überflutungsgefahr für das gesamte Anlagengelände. Die von ASN geforderten Nachweise zur Erdbebenfestigkeit der Deiche am Standort einschließlich einer Analyse möglicher Auswirkungen bei einem Versagen der Deiche weisen explizit auf diese potenzielle Schwachstelle hin.

## **1 Einleitung und Zielsetzung**

Als eine Konsequenz aus der Reaktorkatastrophe am 11. März 2011 in der japanischen Anlage Fukushima Daiichi sind auf verschiedenen nationalen und internationalen Ebenen Überprüfungsprozesse in Gang gesetzt worden. Schwerpunkt der anlagenspezifischen Überprüfungen ist eine Analyse ausgewählter Sicherheitsaspekte unter Berücksichtigung von Erkenntnissen aus dem Unfallablauf in Fukushi-

ma, auch unter Annahmen, die über die bisherigen Auslegungsgrenzen der Anlagen hinausgehen.

In Deutschland erfolgte eine länderübergreifende Sicherheitsüberprüfung federführend durch die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK). Darüber hinaus wurden in einzelnen Bundesländern Expertenkommissionen eingesetzt. Auf europäischer Ebene wird der sogenannte EU-Stresstest durchgeführt. Die nationalen Berichte aus dem EU-Stresstest liegen vor.

In den genannten Überprüfungsprozessen wurden jeweils eigene Methoden und Bewertungsmaßstäbe zugrunde gelegt. Die Ergebnisse sind daher nicht ohne weiteres vergleichbar, gleichwohl ist aber eine Gegenüberstellung und Zusammenführung der Erkenntnisse sinnvoll.

Für Baden-Württemberg sind die grenznahen Anlagen in Frankreich und in der Schweiz von besonderer Bedeutung. Die grenznahen schweizerischen Druckwasserreaktoren Beznau I und II (Inbetriebnahme 1969 bzw. 1971) und die französischen Druckwasserreaktoren Fessenheim 1 und 2 (Inbetriebnahme 1977) gehören zu den ältesten Anlagen weltweit. Das Land Baden-Württemberg kann bei schweren Unfällen in den genannten Kernkraftwerken betroffen sein.

Ziel dieses Gutachtens ist es, anhand eines Vergleichs der im Rahmen des EU-Stresstests für die Anlagen Beznau und Fessenheim durchgeführten Untersuchungen mit der Vorgehensweise im deutschen RSK-Überprüfungsprozess einerseits die angesetzten Bewertungsmaßstäbe und andererseits die in den auf dieser Basis durchgeführten Untersuchungen ausgewiesenen Ergebnisse zu beurteilen. Dadurch werden Aussagen zu bislang im Rahmen des EU-Stresstests noch fehlenden oder unzureichend betrachteten Sicherheitsaspekten abgeleitet. Weiterhin wird anlagen-spezifisch auf sicherheitstechnische Schwachstellen hingewiesen, die sich aus dem Vergleich mit dem Sicherheitsniveau der deutschen Anlagen ergeben und die im Rahmen des EU-Stresstests gegebenenfalls nicht gesondert ausgewiesen wurden.

Die hier durchgeführten Untersuchungen basieren auf den Unterlagen, die von den Anlagenbetreibern und den zuständigen Aufsichtsbehörden im Rahmen des EU-Stresstests erstellt und veröffentlicht wurden. Einbezogen werden auch weitere öffentlich zugängliche Informationen, wie z.B. HSK-Bewertungen zu Periodischen Sicherheitsüberprüfungen der Blöcke in Beznau. Dagegen ist es nicht Bestandteil dieses Gutachtens, einen über die öffentlich verfügbaren Unterlagen hinausgehenden Sachstand zu erarbeiten oder offene Fragen zu beantworten, die sich aus dem EU-Stresstest gegebenenfalls ergeben. Vielmehr werden die wesentlichen Aspekte, die sich aus den der allgemeinen Öffentlichkeit verfügbaren Analysen ergeben, in einer zusammenfassenden Form dargestellt. Die Begutachtung soll auf diese Weise die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung für die im Hinblick auf die Belange des Landes Baden-Württemberg relevanten Anlagen in Beznau und Fessenheim einer



Bewertung unterziehen und dabei insbesondere sicherheitstechnisch relevante Schwachstellen aufzeigen.

In Kapitel 2 erfolgt hierzu zunächst eine Darstellung der verschiedenen nationalen und internationalen Überprüfungsprozesse mit Blick auf die methodische Vorgehensweise, die jeweils analysierten Ereignisse bzw. zugrunde gelegten Postulate sowie den dabei angewendeten Bewertungsmaßstab.

In Kapitel 3 wird aufbauend auf der Vorgehensweise der Sicherheitsüberprüfung der Reaktorsicherheitskommission unter Berücksichtigung des Anlagenzustandes der noch in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke ein Bewertungsmaßstab dargestellt, der zur Analyse des Sicherheitsstatus der Anlagen Fessenheim und Beznau herangezogen wird.

In Kapitel 4 dieses Berichts erfolgt dann eine zusammenfassende Darstellung wichtiger Einrichtungen der Anlage Fessenheim. Damit wird ein Überblick für die in Kapitel 5 anschließende Auswertung der Ergebnisse des EU-Stresstests für die Anlage Fessenheim gelegt. Die Analyse im Rahmen dieses Gutachtens fokussiert auf die Bereiche Erdbeben, Überflutung, Brennelement-Lagerbecken und den postulierten Ausfall der elektrischen Energieversorgung oder der Kühlwasserversorgung. Zusätzlich werden davon unabhängige sicherheitstechnische Schwachstellen zusammengefasst, soweit sie im Rahmen des begrenzten Bearbeitungsumfanges dieses Gutachtens festgestellt werden konnten.

In Teil 2 dieses Gutachtens erfolgt eine analoge Analyse der Anlage Beznau.

## **2 Nationale und internationale Überprüfungsprozesse**

### **2.1 Sicherheitsüberprüfung der KKW in Deutschland durch die Reaktorsicherheitskommission**

Der Deutsche Bundestag forderte die Bundesregierung am 17.03.2011 auf, eine neue Risikoanalyse aller deutschen Kernkraftwerke und kerntechnischen Anlagen unter Einbeziehung der vorliegenden Erkenntnisse über die Ereignisse in Japan – insbesondere auch mit Blick auf die Sicherheit der Kühlsysteme und der externen Infrastruktur – sowie anderer außergewöhnlicher Schadensszenarien vorzunehmen.

Das Bundesumweltministerium beauftragte daraufhin am 17.03.2011 die Reaktorsicherheitskommission (RSK), einen Anforderungskatalog für eine Sicherheitsüberprüfung der deutschen Kernkraftwerke zu erstellen und die Ergebnisse der auf dieser Basis durchgeführten Überprüfungen zu bewerten. Dabei sollten die Erkenntnisse aus dem Unfallablauf in Japan insbesondere im Hinblick darauf berücksichtigt werden, ob die bisherigen Auslegungsgrenzen richtig definiert sind und wie robust die deutschen Kernkraftwerke gegenüber auslegungsüberschreitenden Ereignissen sind. Die RSK nahm aufgrund des begrenzten Zeitrahmens keine Überprüfung vor,

inwieweit die bisherigen Auslegungsgrenzen der Kernkraftwerke richtig definiert sind. Vielmehr wurden von der RSK sogenannte Basislevel definiert, die von den deutschen Anlagen einzuhaltende Anforderungen zusammenfassen

### 2.1.1 Methodische Vorgehensweise

Die Sicherheitsüberprüfung bezog sich grundsätzlich auf die gesamte Reaktoranlage einschließlich des Brennelementlagerbeckens und auf alle Betriebszustände. Vorgesehene Überprüfungsthemen waren:

a) Naturbedingte äußere Einwirkungen

- Erdbeben,
- Hochwasser,
- Sonstige naturbedingte Einwirkungen (einschließlich Klimaeinflüssen).

b) Zivilisatorisch bedingte Einflüsse

- Flugzeugabsturz,
- Gasfreisetzung,
- Auswirkungen eines Unfalls in einem Block auf den Nachbarblock,
- Terroristische Einwirkungen,
- Angriffe von außen auf rechnerbasierte Steuerungen und Systeme.

c) Von konkreten Ereignisabläufen unabhängige erweiterte Postulate

- Station Blackout,
- Langandauernder Notstromfall,
- Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung.

d) Robustheit von Vorsorgemaßnahmen

e) Erschwerende Randbedingungen für die Durchführung von Notfallmaßnahmen

#### Naturbedingte äußere Einwirkungen

**Erdbeben:** Es erfolgte die Überprüfung der Randbedingungen der standortspezifischen Ermittlung des Bemessungserdbebens sowie eine Überprüfung der Auslegung anhand des Bemessungserdbebens mit Ausweisung von Reserven. Weiterhin wurde der Erhalt von vitalen Funktionen bei erhöhter Erdbebenwirkung sowie Folgeschäden einschließlich Nachbeben u.a. mit Zerstörung der Infrastruktur, Beeinträchtigung der Personalverfügbarkeit etc. analysiert.

**Hochwasser:** Die Vorgehensweise war analog wie bei Erdbeben. Es erfolgte eine Überprüfung der Randbedingungen für die standortspezifische Ermittlung des Auslegungshochwassers sowie die Überprüfung der Vorsorgemaßnahmen anhand des Bemessungshochwassers mit einer Ausweisung der Reserven. Weiterhin wurden der Erhalt vitaler Funktionen bei einem auslegungsüberschreitenden Hochwasser

unter Berücksichtigung von Zerstörung der Infrastruktur und Beeinträchtigung der Personalverfügbarkeit sowie die Auswirkungen auf Notfallmaßnahmen bei Überschreitung der in der Auslegung vorgesehenen Wasserstände überprüft.

**Sonstige naturbedingte Einwirkungen (einschließlich Klimaeinflüssen):** Der Erhalt vitaler Funktionen bei sonstigen naturbedingten Einwirkungen von außen (wie Sturm, Tornados, Windlasten, Schneelasten etc.) sowie ggf. deren Überlagerung wurde im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung nicht detailliert betrachtet, da die RSK der Auffassung war, dass diese durch andere betrachtete Einwirkungen von außen und durch die Berücksichtigung der erweiterten Postulate weitgehend abgedeckt sind.

### Zivilisatorisch bedingte Ereignisse

**Flugzeugabsturz:** Es erfolgte eine Überprüfung des Erhalts der vitalen Funktionen beim Absturz eines zivilen Verkehrsflugzeugs oder eines Militärflugzeugs (unfallbedingt, gezielt) unter Berücksichtigung von Absturzszenarien (unter anderem Flugzeugtyp, Geschwindigkeit), baulichen Reserven bei den Lasten durch Auftreffen eines Flugzeugs, mechanischen Auswirkungen einschließlich Wrackteilen, Auswirkungen eines Treibstoffbrands sowie der Möglichkeit und Wirksamkeit von Notfallmaßnahmen unter Berücksichtigung von Auswirkungen auf Infrastruktur und Personal.

Die Überprüfung der Einwirkungen durch **Gasfreisetzung** betraf die Randbedingungen für die Festlegung der standortspezifischen Einwirkungen durch toxische und explosionsgefährliche Gase sowie Explosionsdruckwelle. Die Auswirkungen eines Unfalls in einem Block auf den Nachbarblock wurden für alle **Doppelblockanlagen** thematisiert.

Die beiden letzten oben genannten zivilisatorisch bedingten Einwirkungen betrafen Sicherheitsthemen der Kernkraftwerke, die im Rahmen dieses Gutachtens nicht weiter betrachtet werden.

### Von konkreten Ereignisabläufen unabhängige erweiterte Postulate

**„Station blackout“ (SBO):** Es erfolgte eine Überprüfung des Erhalts der vitalen Funktionen bei einem station blackout größer 2 Stunden im Hinblick auf das Verhalten der Anlagen, vorhandene Batteriekapazität, Vorhaltung und Wirksamkeit von Notfallmaßnahmen.

**Langandauernder Notstromfall:** Es erfolgte eine Überprüfung des Erhalts der vitalen Funktionen bei einem langandauernden Notstromfall (größer 72 Stunden) im Hinblick auf Dieserversorgung (Kraftstoff, Öl, Kühlwasser), Reparatur oder Ersatz von Dieselaggregaten, alternative Stromversorgung (Gasturbine, Wasserkraftwerk) und Ablösung Diesel durch diversitäre Netzanbindung.

**Ausfall Nebenkühlwasser:** Es erfolgte eine Überprüfung des Erhalts der vitalen Funktionen beim Ausfall der redundanten Nebenkühlwasserversorgung im Hinblick auf diversitäre Kühlmöglichkeiten (z. B. Versorgung über Brunnenwasser) und die Möglichkeiten für Notfallmaßnahmen (technisch/administrativ).

### Robustheit von Vorsorgemaßnahmen

Es erfolgte die Überprüfung der Robustheit der Vorsorgemaßnahmen im Hinblick auf z. B. die Bewertung der anlagenspezifisch realisierten Redundanztrennung und der baulichen Schutzmaßnahmen sowie auf die Möglichkeit von redundanzübergreifenden Auswirkungen von internen Ereignissen wie Brand oder Überflutung im Reaktorgebäude.

### Erschwerende Randbedingungen für die Durchführung von Notfallmaßnahmen

Bei der Überprüfung der oben genannten Themenbereiche waren Aussagen zu treffen zur Eignung und zum Vorhandensein der erforderlichen Instrumentierung, zu möglichen H<sub>2</sub>-Reaktionen (Radiolyse + Zirkonreaktionen + Beton-Schmelze-Wechselwirkung), zu möglichen Ansammlungen von H<sub>2</sub> im Containment sowie in umgebenden Gebäuden und zur Verhinderung von z. B. H<sub>2</sub>-Deflagration oder H<sub>2</sub>-Detonation (Inertisierung, Rekombinatorik) auch unter Berücksichtigung von Venting-Vorgängen sowie zur Verhinderung einer Rekritikalität.

Bei der Beschreibung der Notfallmaßnahmen bzw. vorgesehenen Vorgehensweise waren darzustellen:

- Organisatorische Aspekte
- Nutzung vorhandener Einrichtungen
- Vorhalten von mobilen Einrichtungen
- Anschlussmöglichkeiten
- Kommunikations- und Informationssysteme (intern, extern)
- Durchführbarkeit von Notfallmaßnahmen unter Berücksichtigung von
  - weitgehender Zerstörung der Infrastruktur inkl. der Kommunikationseinrichtungen (erschwerter technischer und personeller Unterstützung von außen)
  - Durchführbarkeit und Wirksamkeit von Notfallmaßnahmen unter den Randbedingungen äußerer Einwirkungen (Erdbeben, Hochwasser, FLAB)
  - Aktivitätsfreisetzung am Standort
  - Unverfügbarkeit der Stromversorgung
  - ggf. Ausfall von Instrumentierungen
  - Räumung der Anlage mit der Besetzung der Ausweichstelle und der Notsteuerstelle (mit Sicherstellung der Kommunikation, Einsatzplanung und -lenkung, Störfallmessprogramm).

## 2.1.2 Angelegter Bewertungsmaßstab

Die Analyse und Bewertung bezog sich auf die Robustheit der Anlagen beziehungsweise auf die Bewertung von Schutzgraden bei zivilisatorisch bedingten Ereignissen. Bei den Bewertungskriterien wurde eine Staffelung in Level vorgenommen. Je höher die Reserven der Anlage gegenüber auslegungsüberschreitenden Einwirkungen hinsichtlich der Einhaltung der Schutzziele ausgewiesen werden können, umso höher ist der erreichte Robustheitsgrad, bzw. Level. Robustheitslevel wurden für naturbedingte Einwirkungen, Postulate, Vorsorgemaßnahmen und Notfallmaßnahmen vergeben, Schutzgrade für die gemäß dem RSK Anforderungskatalog ergänzend zu betrachtenden zivilisatorisch bedingten Einwirkungen. Als Basislevel wurde für alle Anlagen ein Mindestniveau an vorhandenen sicherheitstechnischen Einrichtungen definiert. Deren Überprüfung wurde im Rahmen der RSK-Sicherheitsüberprüfung nicht vorgenommen, die Einhaltung des Basislevels ist Gegenstand der behördlichen Überprüfung im Rahmen der normalen Aufsicht über die deutschen Kernkraftwerke.

Bei den Leveln 1 bis 3 wurden Kriterien an den Robustheitsgrad bei Einwirkungen definiert, die die Basislevel überschreiten. Ziel war dabei, die Sicherstellung der erforderlichen Funktionen zur Vermeidung von „cliff edge“ Bedingungen abzufragen.

## 2.2 Expertenkommission des Landes Baden-Württemberg

Die baden-württembergische Landesregierung beauftragte am 14.03.2011 eine unabhängige Expertenkommission mit der Überprüfung der Kernkraftwerke in Baden-Württemberg. Aufgabe der Expertenkommission Baden-Württemberg sollte es sein, die Übertragbarkeit der Ereignisse in Japan auf die Anlagen zu prüfen und abschließend den Umfang der Risikovorsorge bei der Auslegung der kerntechnischen Anlagen in Baden-Württemberg zu betrachten und zu bewerten.

Zu untersuchen waren die Kernkraftwerke

- Kernkraftwerk Philippsburg 1 (KKP 1),
- Kernkraftwerk Philippsburg 2 (KKP 2),
- Kernkraftwerk Neckarwestheim I (GKN I),
- Kernkraftwerk Neckarwestheim II (GKN II).

### 2.2.1 Methodische Vorgehensweise

Folgende fünf Themengebiete wurden für die Überprüfung ausgewählt:

- Erdbeben (Seismische Standortbewertung sowie Gebäudeauslegung und Auslegung der Systemfunktionen – 10 Stunden Autarkie),
- Elektrische Energieversorgung (unter Betrachtung von Einwirkungen von außen, wie Hochwasser und Flugzeugabsturz),

- Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr,
- Infrastruktur / Autarkie,
- Notfallmaßnahmen.

Die einzelnen Themen wurden eigenständig und unabhängig voneinander bearbeitet.

Schwerpunkte bildeten dabei standortspezifische Aspekte, wie z. B. gegenseitige Beeinflussung bei Doppelblockanlagen und die jeweiligen geographischen Standortfaktoren. Ziel der Analysen war eine vertiefende Unterstützung der durch die Reaktorsicherheitskommission durchgeführten Sicherheitsüberprüfung. Die Erkenntnisse der Expertenkommission sollten daher in die Beratungen der Reaktorsicherheitskommission einfließen und diese ergänzen. Überschneidungen sollten vermieden werden.

### 2.2.2 Angelegter Bewertungsmaßstab

Es erfolgte zu den beschriebenen Themen jeweils zunächst eine Analyse der Ereignisse in Fukushima-Daiichi-I bezüglich der aufgeführten Themen und vergleichend hierzu eine Einschätzung zur Situation der jeweiligen Anlagen bezüglich der Erfüllung der geltenden Regelwerksanforderungen und der Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus Japan. Hierauf basierend wurden Hinweise für weiterführende Untersuchungen und Empfehlungen zur Erhöhung der Sicherheit der Anlagen generiert.

## 2.3 Expertenkommission des Freistaats Bayern

Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit beauftragte die TÜV SÜD Industrie Service GmbH (TÜV SÜD), Energie und Technologie, mit der Durchführung von Sonderüberprüfungen in allen bayerischen Kernkraftwerken, dem Forschungsreaktor München II (FRM II) und den Standort-Zwischenlagern.

Die der Sonderüberprüfung zugrunde gelegten Ereignisse und deren Auswirkungen sowie der daraus identifizierte Optimierungsbedarf wurden in einem Ergebnisbericht zusammengefasst.

Ende März 2011 berief das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit eine Gruppe von Experten und Sachverständigen in die Bayerische Kommission für Reaktorsicherheit, die eine erste Bewertung der vorgelegten Ergebnisse durchführte.

Die folgenden Kernkraftwerke wurden untersucht:

- Kernkraftwerk Isar 1 (KKI 1),
- Kernkraftwerk Isar 2 (KKI 2),
- Kernkraftwerk Gundremmingen II (KRB II),
- Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG).

Ziel der Überprüfung war eine Schwachstellenanalyse im Hinblick auf die Einhaltung der kerntechnischen Schutzziele, insbesondere

- „Kontrolle der Reaktivität“ und
- „Kühlung der Brennelemente“

im Reaktordruckbehälter und im BE-Lagerbecken (DWR/SWR).

### 2.3.1 Methodische Vorgehensweise

Wesentliche Merkmale der methodischen Vorgehensweise waren:

- Postulierung einzelner Ereignisse (naturbedingte und zivilisatorische Einwirkungen von außen) mit den jeweiligen Folgewirkungen.
- Annahme von Einwirkungen mit Überschreitung der Auslegungsanforderungen des gültigen Regelwerks.
- Standardisierte Fragestellungen zur Überprüfung der Wirksamkeit der wesentlichen Sicherheitsfunktionen (Schutzziele).
- Überprüfung der Aufrechterhaltung der Sicherheitsfunktionen über einen größeren Zeitraum.
- Bewertung der Wirksamkeit von vorhandenen Notfallmaßnahmen.
- Untersuchung i. W. mittels ingenieurtechnischen Einschätzungen.

Die zugrunde gelegten Ereignisse waren

- Auslegungsüberschreitendes Erdbeben,
- Auslegungsüberschreitendes Hochwasser,
- Auslegungsüberschreitende extreme meteorologische Bedingungen,
- Verlegung der Einlauf- oder Auslaufbauwerke.

Weiterhin wurden übergeordnete Aspekte wie Brandschutz, Infrastruktur, Zugänglichkeit und Notfallmaßnahmen bewertet. Der gezielte Flugzeugabsturz und terroristische Einwirkungen wurden ebenso behandelt.

Bei den auslegungsüberschreitenden Ereignissen waren Schadensbilder einschließlich Ausfall der Kühlwasserversorgung, Ausfall der Stromversorgung, erweiterter Ereignisfolgen (z. B. anlageninterner Brand, Trümmerwirkung, Überflutungen, Kühlmittelverlust) zu postulieren. Die Wirksamkeit von vorhandenen Notfallmaßnahmen sollte bei den jeweiligen Szenarien mit bewertet werden.

### 2.3.2 Angelegter Bewertungsmaßstab

Ausgangsbasis bildete die Auslegungs- und Sicherheitsphilosophie, die den genehmigten Anlagen zugrunde liegt. Im Rahmen der Sonderüberprüfung war zu bewerten, ob bei den auslegungsüberschreitenden Ereignissen wesentliche Sicherheitsfunktionen zur Einhaltung der kerntechnischen Schutzziele, insbesondere „Kon-

trolle der Reaktivität“ und „Kühlung der Brennelemente“ im Reaktordruckbehälter und im BE-Lagerbecken (DWR/SWR) sichergestellt werden können.

Dies sollte primär im Rahmen von ingenieurtechnischen Einschätzungen erfolgen.

Ziel war es, Optimierungsvorschläge zu unterbreiten.

## 2.4 EU-Stresstest

Die European Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG) hat am 24./25. März 2011 eine Sicherheitsüberprüfung aller Kernkraftwerke in der Europäischen Union auf der Basis einer eingehenden und transparenten Bewertung zu den Risiken und der Robustheit der Anlagen initiiert. Diese sogenannten EU-„Stresstests“ sind als von der ENSREG zusammen mit der Europäischen Kommission entwickelte Bewertungen der Sicherheitsmargen der Kernkraftwerke zu verstehen.

Stresstestberichte zu den einzelnen Kernkraftwerken in ihrem Land haben alle Staaten der Europäischen Gemeinschaft sowie Armenien, Weißrussland, Kroatien, die Russische Föderation, Schweiz, Türkei und die Ukraine abgegeben. Daneben wurden in verschiedenen Staaten noch unabhängige nationale Überprüfungsprozesse durchgeführt, deren Ergebnisse ggf. auch in die europäischen Stresstests Eingang fanden.

### 2.4.1 Methodische Vorgehensweise

Der europäische Stresstest fokussierte sich entsprechend der Ereignisse in Fukushima insbesondere auf die Einwirkungen durch Erdbeben und Hochwasser und dadurch induzierte Ausfälle beziehungsweise auf den postulierten Ausfall zentraler Sicherheitsfunktionen. Es wurden betrachtet:

a) naturbedingte äußere Einwirkungen durch

- Erdbeben,
- Hochwasser,
- Extremwetterereignisse.

b) postulierter Ausfall grundlegender Sicherheitsfunktionen (ereignisunabhängig):

- Ausfall der elektrischen Energieversorgung, einschließlich Station-Blackout,
- Ausfall der Wärmesenke,
- die Kombinationen dieser Ereignisse.

c) Notfallmaßnahmen:

- Maßnahmen zum Erhalt oder der Wiederherstellung der Kühlung der Brennelemente im Reaktorkern,
- Maßnahmen zum Erhalt oder der Wiederherstellung der Kühlung der Brennelemente im Brennelementlagerbecken,



- Maßnahmen zum Erhalt der Integrität des Containments.

Die EU-Stresstests sollten die Sicherheitsreserven der Kernkraftwerke beleuchten. Dies erfolgte unter Berücksichtigung extremer Natureinwirkungen auf die Anlage, die zu einem auslegungsüberschreitenden Unfall führen können. Alternativ wurde postuliert, dass Sicherheitseinrichtungen ausfallen. Zusätzlich wurden auch Notfallmaßnahmen betrachtet.

Die Analyse der Reaktion der Anlage auf die unterstellten extremen Natureinwirkungen und die postulierten Ausfälle von Sicherheitseinrichtungen sollte dazu dienen, Cliff-Edge-Effekte aufzuzeigen und sicherheitstechnische Schwachstellen der Anlage zu identifizieren.

Neben der Bewertung der Robustheit des gestaffelten Sicherheitskonzepts und der Angemessenheit der Notfallmaßnahmen sollte das Potenzial für technische und organisatorische Sicherheitsverbesserungen (hinsichtlich Nachrüstungen, Erstellung von Prozeduren, menschlicher Ressourcen, Notfallschutzorganisation oder externer Hilfe) ermittelt werden.

## 2.4.2 Angelegter Bewertungsmaßstab

Es lag gemäß ENSREG in der Natur des Stresstests, sich auf Vorkehrungen und Maßnahmen zu beziehen, die nach dem Verlust bestimmter für Auslegungsstörfälle vorgesehenen Sicherheitssysteme in Anspruch zu nehmen sind. Die Grundaulegung der Anlagen war dabei darzustellen und die Einhaltung der Auslegungsanforderungen war durch die nationalen Aufsichtsbehörden zu untersuchen. Allerdings wurde keine Analyse der Angemessenheit der bisherigen Auslegungsanforderungen angesichts der Erkenntnisse aus Japan durchgeführt. Einheitliche Sicherheitsanforderungen an die europäischen Kernkraftwerke oder die Einhaltung von Mindestanforderungen an die Sicherheit der europäischen Anlagen wurden nicht untersucht.

Von den Betreibern wurden sogenannte Stresstestberichte zu ihren Anlagen erarbeitet, die auch Vorschläge für Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlagen umfassen. Neben Vollständigkeit und Plausibilität wurde von den Landesaufsichtsbehörden die Übereinstimmung der Sachstände der Stresstestberichte mit den Auslegungsanforderungen geprüft und bewertet, ob die Einschätzung der Robustheit der Anlage durch den Betreiber angemessen erschien. Im Rahmen eines Peer-Review Prozesses der ENSREG bestand die Möglichkeit einer Anlagenbegehung durch internationale Expertenteams mit Diskussion der Stresstestergebnisse des Betreibers in ausgewählten Anlagen. Im Rahmen des europäischen Peer-Review wurden dann exemplarisch weitergehende Empfehlungen für eine Erhöhung der Robustheit der europäischen Kernkraftwerke formuliert.

## 2.5 Vergleich der nationalen und internationalen Überprüfungsprozesse

Die in Deutschland durchgeführten Überprüfungsprozesse fokussierten auf die Ereignisgruppe der naturbedingten Einwirkungen von außen, insbesondere die auslösenden Ereignisse Erdbeben und Hochwasser, sowie auf ereignisunabhängige erweiterte Postulate im Bereich der elektrischen Energieversorgung sowie der Nebenkühlwasserversorgung. Diese Themen leiteten sich unmittelbar aus den Ereignissen in Japan ab und stellten auch den Schwerpunkt der Untersuchungen im Rahmen des EU-Stresstests dar. Sonstige naturbedingte Ereignisse wurden dagegen insbesondere in der Sicherheitsüberprüfung der RSK nicht detailliert betrachtet, da die RSK der Auffassung war, dass diese durch andere betrachtete Einwirkungen von außen und durch die Berücksichtigung der erweiterten Postulate weitgehend abgedeckt sind. Im Unterschied hierzu wurden im Rahmen des EU-Stresstests auch die sonstigen extremwetterbedingten Einwirkungen untersucht und insbesondere überprüft, welche Folgen bei auslegungsüberschreitenden Einwirkungen möglich sind. Die RSK hat zu diesem Thema mittlerweile weitere Beratungen aufgenommen.

Weiterhin wurden von der RSK und den bundesländerspezifischen Überprüfungen die Durchführbarkeit von Notfallmaßnahmen unter verschiedenen erschwerenden Ereignisrandbedingungen analysiert. Auch dieser Arbeitspunkt ergab sich unmittelbar aus den Erkenntnissen zu den in der Anlage Fukushima Daiichi vorhandenen Notfallmaßnahmen. Entsprechend waren die in den europäischen Anlagen implementierten Notfallmaßnahmen sowie deren Durchführbarkeit unter erschwerenden Randbedingungen auch zentraler Gegenstand des EU-Stresstests.

Darüber hinaus wurden von der RSK auch zivilisatorische Einwirkungen aufgrund eines Flugzeugabsturzes, toxischer und explosionsgefährlicher Gase sowie Explosionsdruckwellen analysiert. Während sich diese Themen nicht unmittelbar auf das Ereignis in Fukushima zurückführen lassen, sind solche Ereignisse grundsätzlich in der Lage, zu übergreifenden Einwirkungen auf der Anlage zu führen und dadurch einen gemeinsamen Ausfall wesentlicher Sicherheitsfunktionen hervorzurufen. Ereignisse mit Bezug zu Sicherheitsfragen wurde im Rahmen des EU-Stresstests explizit nicht betrachtet, da ENSREG ihrerseits keine Zuständigkeit sah. Eine Überprüfung von Sicherheitsaspekten fand auf europäischer Ebene durch eine AdHoc-Arbeitsgruppe statt und war daher nicht Gegenstand des öffentlichen ENSREG-Prozesses, vergleiche (EU 2012).

Weiterhin wurde im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung der RSK die Robustheit von Vorsorgemaßnahmen in den deutschen Kernkraftwerken analysiert. Hierunter versteht die RSK diejenigen Maßnahmen, die für Störfallbetrachtungen als nicht ausgefallen bewertet werden. Ist deren Versagen jedoch nicht praktisch auszuschließen, besteht ein Potenzial für „cliff edge“ Effekte. Eine derartige Analyse wurde auf internationaler Ebene nicht durchgeführt.

Bei keinem der national oder international durchgeführten Überprüfungsprozesse handelte es sich um eine umfassende Sicherheitsüberprüfung aller für die Sicherheit eines Kernkraftwerks relevanten Aspekte. So wurden als auslösende Ereignisse zwar verschiedene Einwirkungen von außen, nicht jedoch interne auslösende Ereignisse wie beispielsweise Kühlmittelverluststörfälle oder interne Brände behandelt. Auch bei den zur Beherrschung auslösender Ereignisse wesentlichen Sicherheitsfunktionen wurden nur erweiterte Postulate im Bereich der elektrischen Energieversorgung und der ultimativen Wärmesenke betrachtet. Andere notwendige Sicherheitsfunktionen wie beispielsweise die Kühlmittelleinspeisung bei Kühlmittelverluststörfällen oder die Bespeisung der Dampferzeuger bei Transienten wurden dagegen höchstens mittelbar, im Zusammenhang mit den betrachteten auslösenden Ereignissen bzw. postulierten übergreifenden Ausfällen der Energieversorgung oder der ultimativen Wärmesenke analysiert.

Während sich die Sicherheitsüberprüfung der RSK aufgrund des engen Zeitplans auf eine Überprüfung und Bewertung der von den Betreibern vorgelegten und von Expertenteams der Gutachterorganisationen bewerteten Unterlagen abstützte, wurden im Rahmen der bundesländerspezifischen vertiefenden Untersuchungen auch Anlagenbegehungen und eine darauf aufbauende vertiefte Auswertung einzelner Themenbereiche vorgenommen. Auch der EU-Stresstest basierte im Wesentlichen auf den von den Betreibern der Anlagen zur Verfügung gestellten Unterlagen, die von den nationalen Aufsichtsbehörden geprüft und bewertet wurden.

Der zugehörige Peer-Review Prozess beinhaltete ebenfalls Anlagenbegehungen, um insbesondere nationale anlagenübergreifende Aspekte und ihre Umsetzung in den einzelnen Ländern überprüfen zu können. Im Rahmen dieses Prozesses wurden jedoch nur einzelne Anlagen untersucht. Eine umfassende Überprüfung aller europäischen Anlagen mit Blick auf Unterschiede zwischen dem tatsächlichen Anlagenzustand und dem in den Unterlagen dokumentierten Zustand hätte den Rahmen der durchgeführten Untersuchungen bei weitem überstiegen. Auch bezüglich der zur Überprüfung herangezogenen Unterlagen konnte aufgrund des engen Zeitplans in aller Regel nur auf solche Unterlagen zurückgegriffen werden, die bereits im Rahmen aufsichtlicher Prozesse vorlagen. Mit Blick auf auslegungsüberschreitende Einwirkungen und das Verhalten der kerntechnischen Anlagen unter solchen Bedingungen lagen daher vielfach nur erste Abschätzungen oder ingenieurmäßige Analysen vor, die nicht der Qualität von Unterlagen entsprechen, die in aufsichtlichen Prozessen üblicherweise verwendet werden.

Die Ergebnisse der nationalen wie internationalen Überprüfungsprozesse können vor diesem Hintergrund als eine Identifizierung wichtiger Optimierungspotenziale für die europäischen Anlagen insbesondere im Bereich auslegungsüberschreitender Ereignisse angesehen werden. Eine abschließende Bewertung – auch der im Rahmen dieser Überprüfungsprozesse thematisierten Sicherheitsfelder – ist auf Basis der bislang vorliegenden Unterlagen nicht möglich.

Mit Blick auf den Auslegungsbereich der Anlagen wurde im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung der RSK ein Basislevel zugrunde gelegt, dessen Einhaltung in allen Anlagen von der RSK unterstellt wurde. Eine Überprüfung der Einhaltung dieses Basislevels fand jedoch nicht statt, ist jedoch grundsätzlich Gegenstand der regelmäßigen Überprüfung durch die Aufsichts- und Genehmigungsbehörden. Dennoch hat die RSK darauf hingewiesen, dass die Ausführungen in den Anlagen hinsichtlich des Basislevels unterschiedlich sind, diese Unterschiede jedoch in die von der RSK vorgenommene Bewertung nicht eingehen.

Im Rahmen des EU-Stresstest erfolgten demgegenüber zwar eine anlagenspezifische Darstellung der Auslegungsanforderungen und eine Bewertung der Einhaltung der Auslegungsanforderungen durch die nationale Aufsichtsbehörde. Doch diese Bewertung erfolgte anlagenspezifisch, eine übergeordnete Definition eines „Basislevels“, wie er im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung der RSK vorlag, wurde im EU-Stresstest nicht durchgeführt. Dabei können Unterschiede hinsichtlich der an einzelne Anlagen innerhalb eines Landes gestellten Auslegungsanforderungen bestehen, da die jeweiligen Anforderungen zunächst zum Zeitpunkt der Genehmigung einer Anlage festgelegt werden und ältere Anlagen daher in der Regel nicht die an neuere Anlagen gestellten Auslegungsanforderungen erfüllen. Darüber hinaus können auch zwischen den verschiedenen Ländern Unterschiede in den an die Anlagen gestellten Auslegungsanforderungen bestehen, die sich bei dieser Vorgehensweise nicht in der Bewertung widerspiegeln.

Auch hinsichtlich der Überprüfung und Bewertung der Robustheit der Anlagen und der daraus abgeleiteten Notwendigkeit für sicherheitstechnische Optimierungen weisen die verschiedenen Überprüfungsprozesse keine einheitliche Vorgehensweise oder gar einen einheitlichen Bewertungsmaßstab auf.

Bezüglich der Robustheit der Anlagen im Bereich der auslegungsüberschreitenden Einwirkungen hat die RSK für alle betrachteten Ereignisse beziehungsweise Postulate drei gestaffelte Robustheitslevel beziehungsweise (für die zivilisatorischen Einwirkungen) Schutzgrade definiert. Zwar stellen diese von der RSK definierten Robustheitslevel keine Anforderungen dar, die von den Anlagen einzuhalten wären. Auch hat die RSK keine Festlegung getroffen, welcher Robustheitsgrad aus ihrer Sicht von den in Deutschland betriebenen Anlagen nach Fukushima einzuhalten wäre. Dennoch erlauben die Robustheitslevel zumindest eine vergleichende Bewertung der Anlagen und auf dieser Basis eine einheitliche Bewertung des bisherigen Sicherheitsstatus der Anlagen. Demgegenüber wurden im Rahmen des EU-Stresstests keine Definitionen für unterschiedliche Robustheitsgrade vorgenommen oder Festlegungen definiert, über welches Maß an Robustheit die europäischen Anlagen verfügen sollten. Insofern ist keine einheitliche Bewertung des Sicherheitsstatus der europäischen Anlagen im Rahmen des EU-Stresstests vorgenommen worden.

### **3 Bewertungsmaßstab auf Basis der nationalen und internationalen Überprüfungsprozesse**

Im Rahmen dieses Gutachtens erfolgt eine Bewertung der EU-Stresstestergebnisse für die Anlagen Beznau (Schweiz) und Fessenheim (Frankreich). Ziel ist dabei eine Einschätzung des Sicherheitsstatus dieser Anlagen und eine Identifikation von vorhandenen sicherheitstechnischen Schwachstellen.

Als Basis für die Bewertung ziehen wir den Sicherheitsstatus der noch in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke heran, wie er sich auf Basis der Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung der RSK darstellt. In der Sicherheitsüberprüfung hat die RSK für alle deutschen Anlagen ein Basislevel definiert, dessen Einhaltung für alle Anlagen von der RSK vorausgesetzt wurde und der daher als Mindestanforderung an die Anlagenauslegung aus deutscher Sicht herangezogen werden kann. Darüber hinaus wurden themenspezifisch unterschiedliche Reserven ausgewiesen.

Für eine Gesamtbewertung des Sicherheitsstatus ist daher zunächst eine Berücksichtigung der Grundausslegung der Anlage erforderlich. Zur Beschreibung der Grundausslegung werden die im Rahmen der RSK-Sicherheitsüberprüfung als Basislevel definierten wesentlichen Sicherheitsaspekte herangezogen. Darüber hinaus müssen die im Rahmen der nationalen oder internationalen Überprüfungen ausgewiesenen, bereits vorhandenen Reserven berücksichtigt werden. Auch hier ist für den Vergleich des Sicherheitsstatus der deutschen und europäischen Anlagen ein gemeinsamer Bewertungsmaßstab notwendig. Auch hierfür ziehen wir die im Rahmen der RSK-Sicherheitsüberprüfung definierten Robustheitslevel heran, soweit diese von den in Deutschland oder speziell in Baden-Württemberg in Betrieb befindlichen Anlagen erfüllt werden. Schließlich sind auch die in Folge der nationalen und internationalen Überprüfungen geplanten Verbesserungsmaßnahmen in den Anlagen zu betrachten und die damit erreichbare Erhöhung der Robustheit der Anlage zu bewerten.

Im Rahmen des begrenzten Bearbeitungsumfangs dieser Studie konzentrieren wir uns dabei auf die Analyse der fünf wesentlichen Bereiche Erdbeben, Überflutung, Brennelement-Lagerbecken, elektrische Energieversorgung und Kühlwasserversorgung sowie der in diesen Zusammenhängen ggf. vorgesehenen Notfallmaßnahmen. Weitere, im Rahmen der hier vorgenommenen Untersuchungen identifizierte sicherheitstechnische Schwachstellen werden ebenfalls dargestellt. Eine vollumfängliche Überprüfung des Sicherheitsstatus der Anlagen liegt außerhalb des Bearbeitungsumfangs dieser Studie.

Die hier vorgenommenen Untersuchungen basieren ausschließlich auf den öffentlich verfügbaren Unterlagen zu den Anlagen, insbesondere den Betreiberberichten sowie den Gutachten der nationalen Aufsichtsbehörden. Auf dieser Basis ist eine detaillierte Bewertung der sicherheitstechnischen Einrichtungen beispielsweise hinsichtlich der vorhandenen Anforderungen an die Qualität der Einrichtungen oder die

Maßnahmen zur Überprüfung der Einhaltung der gestellten Anforderungen nicht möglich. Es können jedoch grundlegende Sicherheitsaspekte bewertet werden, die beispielsweise die Umsetzung des gestaffelten Sicherheitskonzepts unter Berücksichtigung der Unabhängigkeit der verschiedenen Sicherheitsebenen oder den Redundanzgrads, die Diversität oder die verfahrenstechnischen Unabhängigkeit der Einrichtungen innerhalb einer Sicherheitsebene betreffen.

Die dabei im Einzelnen berücksichtigten Aspekte werden im Folgenden dargestellt.

## 3.1 Sicherheitsstatus deutscher Anlagen

### 3.1.1 Erdbeben

Als Basislevel für die von deutschen Anlagen erfüllte Grundausslegung hat die RSK definiert, dass die Sicherheit der Anlage für ein Erdbeben mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit  $10^{-5}/a$  nachgewiesen ist.

Nach Darstellung der EnBW Kernkraft GmbH für den Standort Neckarwestheim bedeutet dies, dass in der Anlage GKN II u.a. die folgenden Systeme zur Beherrschung des Auslegungserdbebens erforderlich und deshalb entsprechend ausgelegt sind (GKN 2011):

- Notstromversorgung D1 (mit Dieselkühlung);
- Reaktorschnellabschaltung;
- Dampferzeugerbespeisung mit Notspeisepumpen;
- Abblasen über Frischdampf-Sicherheitsventile;
- Einspeisung Zusatzboriersystem;
- Nachkühlbetrieb;
- Betriebliches Abfahren über Frischdampf-Abblaseregelventile;
- Brennelementbeckenkühlung;
- Nukleare Nachkühlkette.

Bei einem Erdbeben während des Leistungsbetriebs erfolgt die Dampferzeugerbespeisung nach Abschaltung der Anlage auslegungsgemäß mit dem viersträngigen Notspeisesystem, da die Funktionsfähigkeit der An- und Abfahrpumpen nach einem Auslegungserdbeben nicht kreditiert werden kann. Dabei ist die Verfügbarkeit von 2 von 4 Strängen zur Beherrschung des Ereignisses ausreichend.

Die Deionatvorräte des Notspeisesystems sind ausreichend für einen autarken Betrieb über mindestens 10 Stunden. Dies gilt für eine DE-Bespeisung mit zwei, drei oder vier Strängen. Eine ausreichende Wärmeabfuhr ist auch bei einem unterstellten Ausfall eines Stranges aufgrund eines Einzelfehlers in Kombination mit der Unverfügbarkeit eines weiteren Stranges infolge einer Instandsetzung gewährleistet.

Soll die Nachwärmeabfuhr auch nach Erschöpfung der in den Notspeisebecken vorhandenen Wasservorräte weiterhin über die Dampferzeuger erfolgen, wäre ein Auffüllen der Notspeisebecken, ggf. unter Nutzung von Notfallmaßnahmen, erforderlich. In den Betriebsvorschriften ist vorgesehen, die Anlage bei Erreichen einer festgelegten Mindestmenge an Deionat in den Notspeisebecken zur Übernahme auf das Nachkühlssystem abzufahren. Nach Übernahme der Wärmeabfuhr mit dem notstromgesicherten Nachkühlssystem wird kein Deionat zur Bespeisung der Dampferzeuger mehr benötigt.

Da die Notstromversorgung der Anlage über das D1-Netz gewährleistet ist, ist ein Betrieb der diversitären Notspeisediesel des D2-Netzes zur Versorgung der zugeordneten D2-Notstromschienen nicht erforderlich.

Die nukleare Nachkühlkette ist viersträngig ausgelegt. Somit ist die Nachwärmeabfuhr im Stillstand ohne Dampferzeuger auch bei einem unterstellten Ausfall eines Stranges aufgrund eines Einzelfehlers in Kombination mit der Unverfügbarkeit eines weiteren Stranges infolge einer Instandsetzung gewährleistet, d.h. 2 von 4 Strängen sind auslegungsgemäß für die Beherrschung des Ereignisses ausreichend.

Von der RSK überprüft wurden die Reserven der Anlage gegenüber Erdbeben mit höheren Einwirkungen. Als Level 1 wurde definiert, dass auch bei einer um eine Intensitätsstufe erhöhten Intensität eines Erdbebens

- die vitalen Funktionen zur Einhaltung der Schutzziele sichergestellt werden,
- wobei wirksame Notfallmaßnahmen berücksichtigt werden können.

Im Ergebnis hat die RSK bei allen Anlagen das Potential für Reserven in Höhe einer Intensitätsstufe festgestellt, wobei diese jedoch in der Regel mit den vorgelegten Unterlagen nicht abschließend nachgewiesen werden konnten.

Als offenen Aspekt hat die RSK festgehalten, dass aus den Unterlagen nicht explizit erkannt werden konnte, ob alle Zustände des Nichtleistungsbetriebs betrachtet wurden (z. B. gefluteter Flutraum bei BE-Wechsel).

Reserven in der Erdbebenauslegung in Form von Fragilitäten sind von den deutschen Betreibern auch im Rahmen des EU-Stresstests nicht angegeben worden. Ein expliziter Vergleich mit im Rahmen des EU-Stresstests von anderen Anlagen angegebenen Reserven in der Form von Fragilitäten ist daher nicht möglich.

### 3.1.2 Hochwasser

Als Basislevel für die von deutschen Anlagen erfüllte Grundauslegung hat die RSK definiert, dass die Sicherheit der Anlage für ein Bemessungshochwasser (10.000 jährliches Hochwasser) nachgewiesen ist.

Von der RSK überprüft wurden die Reserven der Anlage gegenüber einem Hochwasser mit höheren Einwirkungen. Als Level 1 wurde definiert, dass bei Flusstandorten bei einem um den Faktor 1,5 höheren Abfluss sowie bei unterstelltem Versa-

gen von Staustufen, soweit deren Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache begründbar sind

- die vitalen Funktionen zur Einhaltung der Schutzziele sichergestellt sind
- wobei wirksame Notfallmaßnahmen berücksichtigt werden können.

Im Ergebnis hat die RSK für alle Anlagen signifikante Auslegungsreserven gegenüber dem nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik geforderten 10.000 jährlichem Hochwasser festgestellt.

Während die Anlagen Emsland und Isar sogar die höheren Level 3 bzw. 2 nachgewiesen haben, stellt die RSK fest, dass alle weiteren noch laufenden Anlagen Level 1 oder höher erreichen könnten, wenn entsprechende Nachweise vorgelegt werden.

Unabhängig von der Einstufung in die Robustheitslevel hat die RSK festgestellt, dass bei einigen Anlagen das Anlagengelände bereits beim Bemessungshochwasser überflutet wird, wobei es jedoch nicht zu einem Eindringen von Wasser in sicherheitstechnisch relevante Bereiche kommt. Die RSK empfiehlt in solchen Fällen, dass im Aufsichtsverfahren die Gewährleistung der Sicherheit der Anlage auch bei einem länger andauernden Hochwasser zu überprüfen ist.

### 3.1.3 Postulierte Ausfälle der elektrischen Energieversorgung – Station Blackout und langanhaltender Notstromfall

Als Basislevel für die von deutschen Anlagen erfüllte Grundausslegung mit Blick auf die elektrische Energieversorgung hat die RSK definiert, dass die folgenden Einrichtungen in der Anlage vorhanden sind:

- Netzanbindung (380 kV)
- Reservenetzanbindung (110 kV)
- Versorgung über den eigenen Generator
- Eine Notstromerzeugungsanlage, die die Anforderungen von KTA 3701 und 3702 erfüllt (Notstromnetz D1)

Wichtige Anforderungen der KTA 3701 und 3702 sind, dass

- der Redundanzgrad der Notstromerzeugungsanlage demjenigen der verfahrenstechnischen Systeme entspricht (unter Berücksichtigung der Notwendigkeiten für Einzelfehler und Instandhaltungsfall) sowie
- eine funktionelle Unabhängigkeit der Redundanzen gewährleistet ist.

Mit den Einrichtungen der Notstromversorgung werden ein Ausfall und eine Unverfügbarkeit der externen Energieversorgung von bis zu 72 Stunden beherrscht.

Für die Beherrschung eines postulierten Station Blackout ist in den Anlagen darüber hinaus eine weitere unabhängige, kurzfristig verfügbare Drehstromversorgung (z. B. gesicherter Netzanschluss) oder eine Blockstützung vorhanden. Auch ein Station Blackout kleiner zwei Stunden wird beherrscht.



Von der RSK überprüft wurden die Reserven der Anlage bei einem postulierten Station Blackout länger als zwei Stunden. Als Level 1 wurde dazu definiert, dass

- eine zusätzliche, diversitäre und redundante (min.  $n+1$ ) Notstromanlage für die Sicherheitseinrichtungen (keine Notfalleinrichtungen) vorhanden ist oder
- für mind. 10 Stunden über entsprechende vorhandene Batteriekapazitäten sowie mit verfahrenstechnischen Maßnahmen eine Aufrechterhaltung der Nachwärmeabfuhr (z. B. durch dampfgetriebene Einspeisepumpen, Feuerlöschpumpen) möglich ist sowie Notfallmaßnahmen vorhanden sind, mit deren Hilfe in dieser Zeit eine ausreichende Stromversorgung aufgebaut werden kann.

Als darüber hinausgehender Level 2 wurde definiert, dass

- eine zusätzliche, diversitäre und redundante (min.  $n+1$ ) Notstromanlage für die Sicherheitseinrichtungen (keine Notfalleinrichtungen) gemäß Level 1 vorhanden ist sowie
- eine Auslegung dieser Notstromanlage gegen seltene EVA (FLAB etc.) erfüllt ist.

Im Ergebnis hat die RSK bei allen noch in Betrieb befindlichen deutschen Anlagen festgestellt, dass sie die Anforderungen des Level 2 erfüllen.

Für einen postulierten langfristigen Notstromfall größer 72 Stunden sind für alle Anlagen weitere Nachweise erforderlich, um die von der RSK definierten Level oberhalb des Basislevels zu erreichen.

### 3.1.4 Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung

Als Basislevel für die von deutschen Anlagen erfüllte Grundausslegung hat die RSK definiert, dass  $(n+2)$ -fach redundante Nebenkühlwasserstränge vorhanden sind, wobei auch bei Einwirkungen von außen eine ausreichende Nachwärmeabfuhr sichergestellt ist.

Von der RSK überprüft wurden die Reserven der Anlage bei einem postulierten Ausfall der redundanten Nebenkühlwasserversorgung, sofern ein GVA-Potenzial vorhanden ist.

Als Level 1 wurde definiert, dass eine Beherrschung mithilfe von Notfallmaßnahmen möglich ist.

Der Level 2 ist erfüllt, wenn zusätzliche diversitäre (andere Wärmesenke, aktive Komponenten) und redundante  $(n+1)$  Nebenkühlwasserstränge vorhanden sind.

Im Ergebnis hat die RSK bei allen Anlagen festgestellt, dass das Level 1 erreicht wird. Darüber hinaus wurde insbesondere für die in Baden-Württemberg noch in Betrieb befindlichen Anlagen GKN II und KKP 2 die Erfüllung des Level 2 festgestellt.

Einschränkungen in der Bewertung hat die RSK bezüglich einer Unvollständigkeit der vorliegenden Aussagen zur BE-Beckenkühlung und zu Teilaspekt der Ausfallannahmen getroffen.

### **3.2 Erweiterte Anforderungen in Deutschland in Reaktion auf Fukushima**

In Reaktion auf das Ereignis in Fukushima und die anschließenden Sicherheitsüberprüfungen sind in Deutschland verschiedene Nachrüstungen zur Verbesserung der Robustheit der Anlagen in Planung oder Umsetzung. Weiterführende Anforderungen an die in Deutschland noch in Betrieb befindlichen Anlagen werden in einer Weiterleitungsnachricht der Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit formuliert (GRS 2012).

Diese umfassen unter anderem die Bereiche der elektrischen Energieversorgung und der Kühlwasserversorgung der Anlagen.

#### **3.2.1.1 Elektrische Energieversorgung**

Zur Stärkung der elektrischen Energieversorgung der Anlage muss sichergestellt sein, dass bei einem Station Blackout die Anlage in einem abgeschalteten Zustand unterkritisch gehalten und die Nachwärme für mindestens 10 Stunden mit den auf der Anlage verfügbaren Mitteln und dem Anlagenpersonal sicher abgeführt werden kann.

Innerhalb dieser Zeit muss gewährleistet sein, dass mittels eines Notstromaggregats mit einer Leistung zum Abfahren der Anlage und zur Wärmeabfuhr aus Reaktorkern und BE-Becken die Drehstromversorgung wiederhergestellt werden kann, sowie dazu gegebenenfalls erforderliche Betriebs- und Hilfsmittel bereitgestellt werden.

Dazu müssen zwei räumlich getrennte Einspeisepunkte vorhanden sein, von denen einer auch bei auslegungsüberschreitenden Einwirkungen verfügbar bleibt.

#### **3.2.1.2 Kühlwasserversorgung**

Zur Stärkung der Kühlwasserversorgung der Anlage muss eine eigenständige Neben Kühlwasserversorgung vorhanden sein, die von der auslegungsgemäß vorhandenen Kühlwasserentnahme unabhängig ist, und ausreichend sowohl zur Nachwärmeabfuhr wie zur Kühlung erforderlicher Systeme (Diesel) ist. Die Verfügbarkeit dieser Neben Kühlwasserversorgung ist für die auslegungsgemäß zu betrachtenden Einwirkungen von außen sicherzustellen.

Weiterhin ist als Notfallmaßnahme eine mobile Pumpe vorzuhalten, die auch gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen geschützt ist und für die zwei räumlich getrennte Anschlussstutzen an verschiedene Redundanzen des gesicherten Zwi-

schenkühlkreises vorhanden sind. Damit muss die Kernkühlung einschließlich der Brennelementbeckenkühlung möglich sein.

Schließlich soll für DWR-Anlagen die Möglichkeit einer Bespeisung des RDB mit boriiertem Wasser unabhängig von den Notkühleinrichtungen geschaffen werden.

## **4 Wesentliche sicherheitstechnisch relevante Einrichtungen der Anlage Fessenheim**

In diesem Kapitel werden die Anlage Fessenheim und wesentliche, für die Sicherheit der Anlage relevante Einrichtungen im Überblick dargestellt. Die Angaben basieren, soweit nicht anderweitig angegeben, auf den Darstellungen des Betreibers Électricité de France SA (EDF) in (EDF 2011). Dabei liegt hier der Fokus auf den Anlagenteilen, die für die im Rahmen des EU-Stresstests untersuchten Themenfelder (Erdbeben, Überflutung, elektrische Energieversorgung und Kühlwasserversorgung) relevant sind. Eine umfassende Darstellung der Anlage Fessenheim ist auf Basis der im Rahmen des EU-Stresstests vorliegenden Unterlagen nicht möglich und im Rahmen der hier vorgenommenen Untersuchungen auch nicht vorgesehen.

Die Anlage Fessenheim umfasst zwei Druckwasserreaktoren mit einer thermischen Leistung von 2660 MW pro Block, entsprechend einer elektrischen Leistung von 880 MW<sub>e</sub>. Die Anlagen wurden im März bzw. Juni 1977 erstmalig kritisch.

Das Anlagengelände befindet sich ca. 26 km nord-östlich von Mülhausen im Elsass. Es liegt in unmittelbarer Nachbarschaft des Rheinseitenkanals (Grand Canal d'Alsac, GCA), in 1,5 km Entfernung vom Rhein und der deutsch/französischen Grenze. Die sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude befinden sich auf einem Niveau von 205,50 m NN

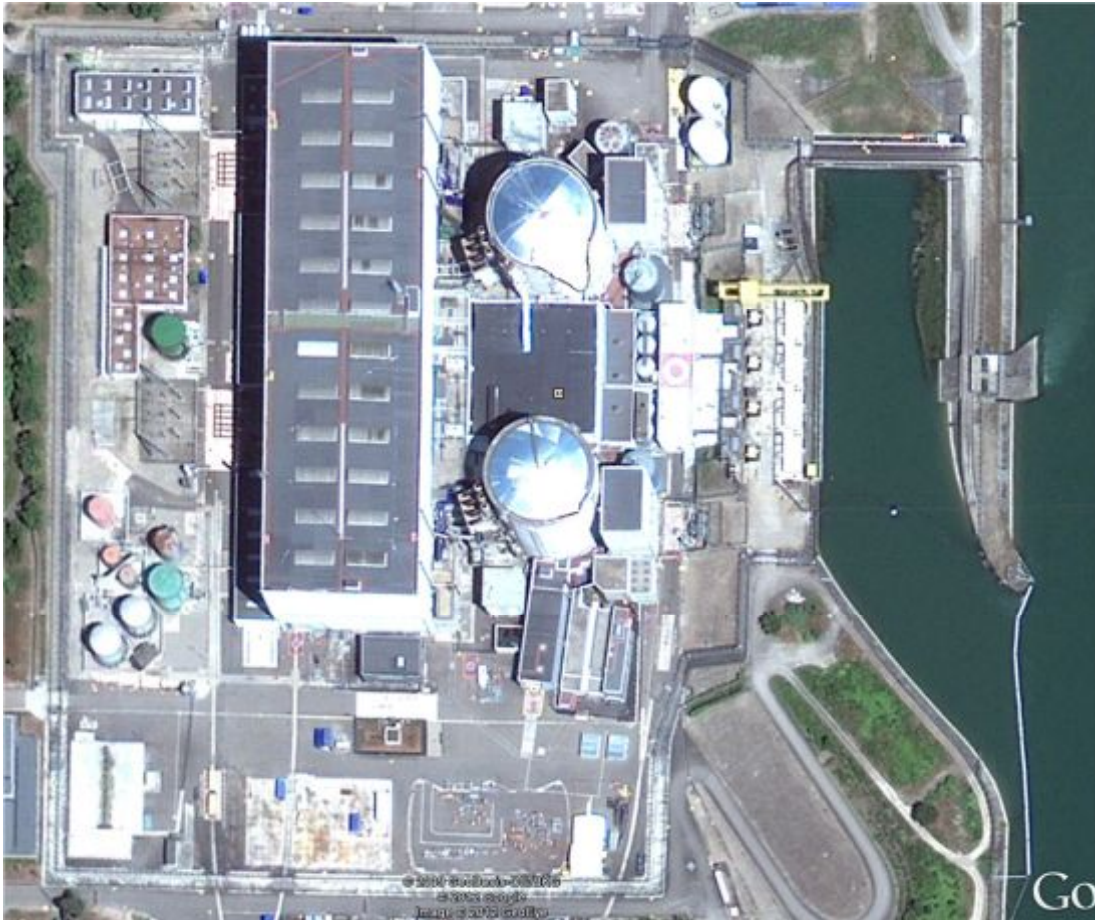


Abb. 4.1: Standort Fessenheim (Quelle: Google Earth, 2012)

Die Reaktoren sind in den beiden zentralen Reaktorgebäuden (BR) untergebracht. Östlich an die Reaktorgebäude grenzen die beiden Lagerbeckengebäude für abgebrannte Brennelemente (BK). Benachbart zu diesen stehen die beiden Vorratsbehälter PTR für die Sicherheitseinspeisesysteme RIS (siehe Abschnitt 4.1.1). Die beiden Reaktorblöcke teilen sich ein gemeinsames Hilfsanlagengebäude (BAS) zwischen den Reaktorgebäuden. Westlich der Reaktorgebäude positioniert ist das langgestreckte zweigeteilte Maschinenhaus mit Turbinen und Generatoren. Zwischen Maschinenhaus und Reaktorgebäuden befinden sich noch die Gebäude mit den elektrischen Einrichtungen (BL). Weiterhin befinden sich die Vorratsbehälter für die Notspeisesysteme ASG in separaten Gebäuden. Daneben existieren eine Reihe weiterer vorwiegend betrieblich genutzter Gebäude.

Bei den beiden Reaktorgebäuden handelt es sich um einwandige Spannbetoncontainments mit innerer Dichthaut. Sie weisen einen Auslegungsdruck von 5 bar absolut auf. Die Bodenplatte des Reaktorgebäudes besteht aus einer 1,5 m dicken Betonschicht.

Die Brennelement-Lagerbecken befinden sich außerhalb der Reaktorgebäude in eigenen, östlich an die Reaktorgebäude angrenzenden Lagerbeckengebäuden. Die Becken sind für Brennelemente bis zu einem maximalen Abbrand von 52 GWd/t, mit einer maximalen Abklingleistung von insgesamt 6,5 MW ausgelegt.

## 4.1 Verfahrenstechnische Einrichtungen

Die folgenden Einrichtungen sind, soweit nicht anderweitig ausgewiesen, jeweils pro Block vorhanden.

### 4.1.1 Betriebliche Einrichtungen

Die Anlage verfügt über ein gemeinsames Einlaufbauwerk für das Haupt- und das Nebenkühlwasser, welches sich östlich der Reaktorgebäude befindet. Der Einlaufkanal weist eine Länge von 100 m, eine Breite von 55 m, und eine Tiefe von 16 m auf. Die Pumpstation für die Kühlwasserversorgung der Anlage liegt auf einem Niveau von 216,00 m NN.

Das Kühlwassersystem verfügt über die konventionellen **Kühlwasservorräte SER**, die für beide Blöcke gemeinsam genutzt werden können. Die beiden Vorratsbehälter mit einer Kapazität von jeweils 1280 m<sup>3</sup> sind nicht seismisch qualifiziert.

Weitere Wasserversorgungen für die Anlage, die jedoch nicht unmittelbar zur Wärmeabfuhr aus der Anlage genutzt werden können, umfassen eine Grundwasserentnahme für die Frischwasserversorgung des Deionatsystems mit zwei Pumpen, die jeweils eine Förderrate von 100 m<sup>3</sup>/h aufweisen. Diese befinden sich in der Nähe des Maschinenhauses und sind nicht seismisch qualifiziert.

Darüber hinaus existiert ca. 1000 m außerhalb des Anlagengeländes ein Grundwasserbrunnen, der zur Versorgung des Trinkwasser- sowie des Borsäure- und Deionatsystems dient. Auch dieser ist nicht seismisch qualifiziert.

Die sekundärseitige **Dampferzeugerbespeisung ANG** umfasst pro Block zwei frischdampfgetriebene Pumpen.

### 4.1.2 Sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen

Jeder Block der Anlage verfügt über ein **Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem RCV**. Dieses ist im für beide Blöcke genutzten Hilfsanlagengebäude im Bereich zwischen den Reaktorgebäuden untergebracht und besteht im Wesentlichen aus drei Hochdruckeinspeisepumpen (ISHP), einem Zwischenerhitzer und einem Volumenausgleichsbehälter sowie den verbindenden Rohrleitungen. Seine wesentlichen sicherheitstechnischen Funktionen umfassen das Aufborieren des Primärkreislaufs und die Versorgung der Hauptkühlmittelpumpen mit Sperrwasser. Ohne die Sperrwasserversorgung drohen ein Verlust der Dichtheit der Hauptkühlmittelpumpen und damit ein Kühlmittelverlust aus dem Primärkreislauf. Über die

Hochdruckeinspeisepumpen eines Blocks kann grundsätzlich auch die Sperrwasserversorgung des anderen Blocks gewährleistet werden. Das System ist notstromgesichert und seismisch qualifiziert.

Die Versorgung des RCV mit Deionat oder Borsäure erfolgt über das **Borsäure- und Deionatsystem REA**, welches mit je zwei Pumpen eine Einspeisung aus Borsäure- und Deionatbehältern in das RCV erlaubt. Das System ist seismisch qualifiziert.

Die Nachkühlung des Reaktors erfolgt über das **Nachkühlsystem RRA**. Dieses entnimmt bei niedrigem Druck Kühlmittel aus dem Primärkreislauf und fördert dieses mit zwei motorgetriebenen Niederdruck-Pumpen über zwei Wärmetauscher wieder in den Primärkreislauf zurück. Über die Wärmetauscher wird die Wärme an das Zwischenkühlwassersystem RRI und darüber zum Nebenkühlwassersystem SEB abgeführt. Das System ist notstromgesichert und seismisch qualifiziert.

Die weiteren Elemente der Nachkühlketten bilden das gesicherte **Zwischenkühlwassersystem RRI** und das gesicherte **Nebenkühlwassersystem SEB**. Das RRI ist im Hilfsanlagengebäude untergebracht und verfügt pro Block über zwei mal zwei Zwischenkühlwasserpumpen, die Wärme wird über zwei mal zwei Wärmetauscher an das SEB übertragen. Im RRI sind maximale Temperaturen von 55°C nach dem Wärmetauscher zulässig, bei höheren Temperaturen ist eine manuelle Abschaltung vorgeschrieben. Das Nebenkühlwassersystem SEB wird über das Gravitationsgefälle zwischen Einlauf und Auslauf betrieben, es enthält keine aktiven Pumpen oder mechanischen Systeme. Das RRI ist notstromgesichert, beide Systeme sind seismisch qualifiziert.

Die Kühlwasserentnahme für das Nebenkühlwassersystem SEB erfolgt ausgehend vom Einlaufbauwerk über ein **Filtersystem der Kühlwasserversorgung CRF**, das pro Block ein Grobsieb von 3 m Höhe mit 13 cm Maschenweite, ein nachgelagertes Feinsieb mit 6 cm Maschenweite sowie zwei Trommelsiebe pro Einlauf mit 3 mm Maschenweite umfasst. Das Wasserniveau im Einlaufbauwerk befindet sich aus konstruktiven Gründen immer zwischen minimalem und maximalem Wasserstand des gesicherten Wasserkreislaufs. Die Wasserstandshöhe sowie die Durchflussmengen werden überwacht.

Eine Wärmeabfuhr aus dem Containment bei Kühlmittelverluststörfällen ist mit dem **Containment-Sprühsystem EAS** möglich. Dazu kann das System Kühlmittel mit zwei motorgetriebenen Niederdruck-Pumpen über zwei Wärmetauscher führen, in denen die Wärme zum RRI und darüber zum SEB abgeführt wird. Das Kühlmittel wird entweder aus dem Flutbehälter PTR oder dem Sicherheitsbehältersumpf angesaugt und nach Wärmeabgabe in das Containment gesprüht. Das System ist notstromgesichert und seismisch qualifiziert.

Die Kühlmittleinspeisung in den Primärkreislauf bei Kühlmittelverluststörfällen wird durch das **Sicherheitseinspeisesystem RIS** gewährleistet. Solange der Primär-

kreislauf unter hohem Druck steht, kann eine Einspeisung über die drei Hochdruckeinspeisepumpen (ISHP) des Volumenregelsystems RCV erfolgen. Das RIS verfügt nicht über eigene Hochdruckeinspeisepumpen. Für die Einspeisung steht ein Flutbehälter PTR mit 1600 m<sup>3</sup> boriiertem Kühlmittel zur Verfügung. Weiterhin befindet sich in einer Einspeiseleitung der Hochdruckeinspeisepumpen ein Borsäurekonzentratbehälter zur Sicherstellung der Unterkritikalität.

Das System verfügt weiterhin über drei Druckspeicher, die ab einem Primärkreisdruck von 40 bar in den Primärkreislauf einspeisen. Bei einem niedrigen Druck im Primärkreislauf erfolgt die Einspeisung über zwei Niederdruckeinspeisepumpen (ISBP), die sowohl aus dem Flutbehälter PTR als auch aus dem Sicherheitsbehältersumpf ansaugen können. Das System weist keine Wärmetauscher auf, es ist jedoch notstromgesichert. Das System ist mechanisch seismisch qualifiziert, die elektrische Versorgung des Systems ist jedoch nur teilweise seismisch qualifiziert.

Stehen die Hochdruckeinspeisepumpen ISHP nicht zur Verfügung, kann mittels einer motorgetriebenen Drucktestpumpe RIS zur Aufrechterhaltung der Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen eine Einspeisung von boriiertem Wasser aus dem Flutbehälter PTR in den Primärkreislauf erfolgen. Diese Pumpe steht einfach für beide Blöcke gemeinsam zur Verfügung und ist in der Lage, einen Block mit Sperrwasser zu versorgen. Sie ist seismisch qualifiziert.

Für eine primärseitige Druckbegrenzung und -entlastung dienen **Druckhalter-Ablaseventile SEBIM**. Diese sind zur Offenhaltung auf eine elektrische Stromversorgung und Ansteuerung angewiesen.

Zur Kühlung der abgebrannten Brennelemente im Brennelement-Lagerbecken dient das **Beckenkühlsystem PTR**. Dieses umfasst zwei motorgetriebene Niederdruck-Pumpen, die das Kühlmittel über zwei Wärmetauscher führen und so die Wärme an das RRI und darüber an das SEB abgeben. Das System ist notstromgesichert und seismisch qualifiziert.

Als An- und Abfahrssystem und für die sekundärseitige Wärmeabfuhr bei Störfällen dient das **Notspeisesystem ASG**. Dieses umfasst zum einen zwei motorgetriebene Speisewasserpumpen sowie eine frischdampfgetriebene Turboeinspeisepumpe. Das System greift auf die Kühlwasservorräte aus einem Notspeisewasserbehälter ASG zurück. Dessen Kühlwasservorrat kann aus den zwei Vorratsbehältern SER wiederaufgefüllt werden. Dies ist aufgrund von Höhenverhältnissen passiv möglich. Die Kühlmittelvorräte SER stellen einen gemeinsamen Vorrat für beide Blöcke dar. Für den Betrieb der Turboeinspeisepumpe wird das Druckluftsystem SAR oder der frischdampfgetriebene Turbogenerator LLS benötigt, eine manuelle Bedienung des Systems ist ebenfalls möglich. Das System ist notstromgesichert und seismisch qualifiziert.

Der sekundärseitig entstehende Dampf kann über **Frischdampf-abblaseventile VCD-a** an die Atmosphäre abgegeben werden. Pro Block sind drei Frischdampf-ab-

blaseventile vorhanden. Für das Öffnen der Ventile werden eine leittechnische Ansteuerung und das Druckluftsystem SAR benötigt. Die elektrische Versorgung der leittechnischen Ansteuerung von zwei von drei Ventilen kann durch den Turbogenerator LLS gewährleistet werden. Die VCD-a sind seismisch qualifiziert.

Zur Absicherung gegen einen zu hohen Druck im Sekundärkreislauf sind weiterhin drei Frischdampfsicherheitsventile vorhanden, die jedoch nicht zur Durchführung einer Druckabsenkung vorgesehen sind.

Neben der elektrischen Energieversorgung stellt das **Druckluftsystem SAR** ein wichtiges Hilfssystem dar. Es liefert Druckluft, die für den Betrieb der Frischdampf-abblaseventile und der Turboeinspeisepumpe ASG erforderlich ist. Das Druckluftsystem verfügt über Druckluftvorräte. Nur die erforderlichen Rohrleitungen, Ventile und die Druckluftvorräte des Systems sind seismisch qualifiziert.

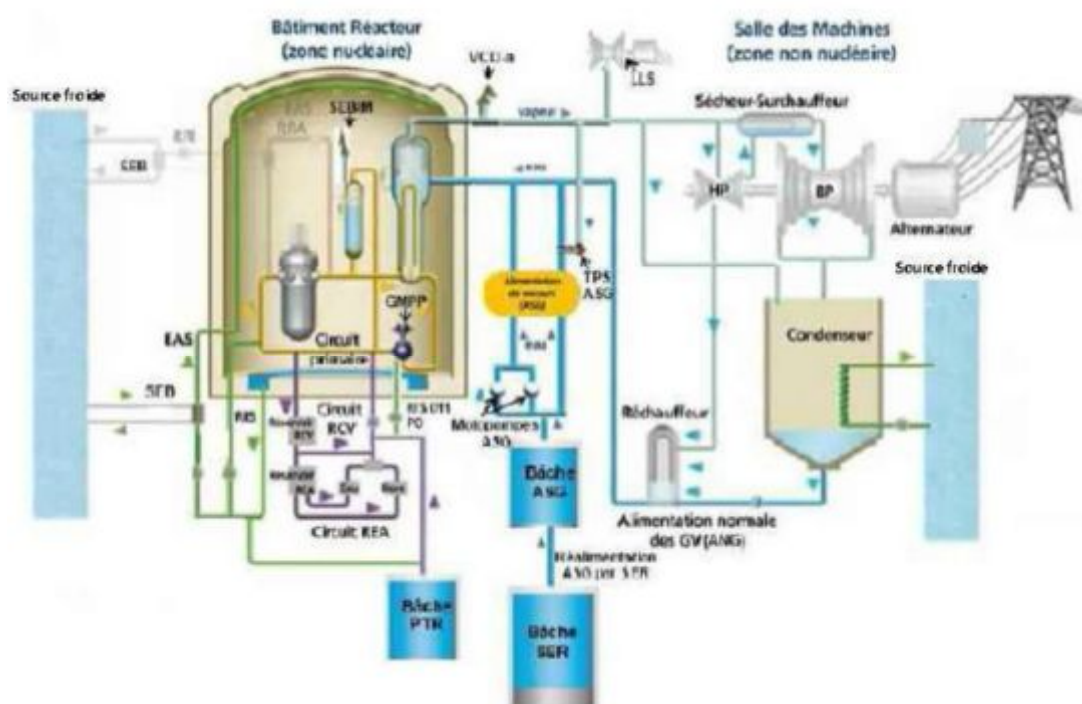


Abb. 4.2: Übersicht zu den verfahrenstechnischen Einrichtungen nach (EDF 2011)

## 4.2 Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung der Anlage

Die folgenden Einrichtungen sind, soweit nicht anderweitig ausgewiesen, jeweils pro Block vorhanden.



### 4.2.1 Betriebliche Einrichtungen

Jeder Block verfügt über einen **Hauptnetzanschluss** an das 400 kV Netz. Die zugehörigen Haupttransformatoren TP sind westlich des Maschinenhauses aufgestellt. Über den Eigenbedarf werden mehrere 6,6 kV Eigenbedarfsschienen versorgt. Dabei ist auch eine gegenseitige Stromversorgung der beiden Blöcke möglich.

Im Fall einer Störung des Hauptnetzes erfolgt ein **Lastabwurf** der Anlage auf Eigenbedarf mit einer Versorgung über den Eigenbedarfstransformator TS.

Weiterhin verfügt jeder Block über einen **Reservenetzanschluss** an das 225 kV Netz. Der zugehörige Reserve-Transformator TA ist östlich des Reaktorgebäudes aufgestellt. Auch über diesen Reservenetzanschluss sind eine Versorgung der Eigenbedarfsschienen sowie eine gegenseitige Stützung der beiden Blöcke möglich. Weiterhin ist über diese Anschlussmöglichkeit eine Versorgung der Anlage über das Wasserkraftwerk Fessenheim möglich, dass sich in unmittelbarer Nachbarschaft des Kraftwerksgeländes befindet.

### 4.2.2 Sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen

Bei einem Ausfall der betrieblichen Einrichtungen verfügt jeder Block über zwei 100 %-**Notstromdiesel LHG**, von denen einer ausreicht, um eine Redundanz der bei Störfällen erforderlichen sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen mit elektrischer Energie zu versorgen.

Die Diesel sind in einem Gebäude an der Ostseite des Maschinenhauses untergebracht. Sie speisen auf die 6,6 kV Notstromverteilungsanlagen LHA und LHB eines Blocks ein und werden bei einem Versagen des Haupt- und Reservenetzes über den Spannungsabfall auf den Notstromschienen automatisch gestartet.

Für diese Notstromdiesel sind jeweils Dieselvorräte für 3,5 Tage Betrieb auf dem Anlagengelände vorhanden. Über nationale Lieferverträge ist eine Versorgung über diesen Zeitraum hinaus gewährleistet. Die Schmierölvorräte auf dem Anlagengelände sind für mehr als 3 Tage ausreichend, für diese bestehen standortspezifische Lieferverträge.

Die Notstromdiesel verfügen über eine autonome Versorgung mit Kühlwasser, so dass diesbezüglich ein Betrieb für mehr als 15 Tage gewährleistet ist. Weiterhin sind sie mit einer autonomen Versorgung mit Druckluft ausgestattet, deren Druckluftvorrat für fünf Startversuche pro Dieselaggregat ausreichend ist und deren anschließende Wiederauffüllung mit dieselbezogenen Druckluftgeneratoren gewährleistet wird. Damit sind die Notstromdiesel nach Darstellung von EDF autonom vom Druckluftsystem SAR. Die Notstromdiesel und die zugehörigen Notstromschienen sind seismisch qualifiziert.

Neben den Notstromdieseln verfügt die Anlage Fessenheim insgesamt (also für beide Blöcke gemeinsam) über eine **zusätzliche Gasturbine TAC** (turbine à com-

bustion). Diese Turbine ist im Einsatzfall manuell aufschaltbar auf die Notstromschienen eines Blocks und ausreichend, um die bei Störfällen erforderlichen sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen mit elektrischer Energie zu versorgen. Der Diesel ist nicht seismisch qualifiziert.

Zur Überbrückung einer spannungslosen Zeit bis zum Anlaufen der Notstromdiesel und zur Sicherstellung wichtiger Funktionen auch bei einem vollständigen Ausfall der elektrischen Wechselstromversorgung verfügen die Reaktoren darüber hinaus über mehrere **Gleichstromschienen** und gesicherte **Wechselstromschienen**. Diese sind Batteriegestützt, wobei für die Batterien Kapazitäten von größer 1 Stunde nachgewiesen sind. Diese Batteriekapazitäten sind dabei auf die Leistung bezogen, die von den Batterien zur Verfügung gestellt werden können muss, die tatsächliche Belastung der Batterien im Ereignisfall wäre in der Regel geringer, so dass sich real gegebenenfalls größere Entladezeiten ergeben würden. Die Schienen sind seismisch qualifiziert.

Die Anlage verfügt für beide Blöcke gemeinsam über einen **Turbogenerator LLS**, der durch den sekundärseitig anfallenden Frischdampf angetrieben werden kann. Dieser Turbogenerator ist in der Lage, ausgewählte elektrische Einrichtungen mit elektrischer Energie zu versorgen. Es besteht eine Querverbindung zwischen den Blöcken. Mit dem Turbogenerator können speziell zwei von drei Frischdampfabblassventilen, die Steuerung der Turboeinspeisepumpe ASG sowie die Drucktestpumpe RIS versorgt werden. Das System ist seismisch qualifiziert.

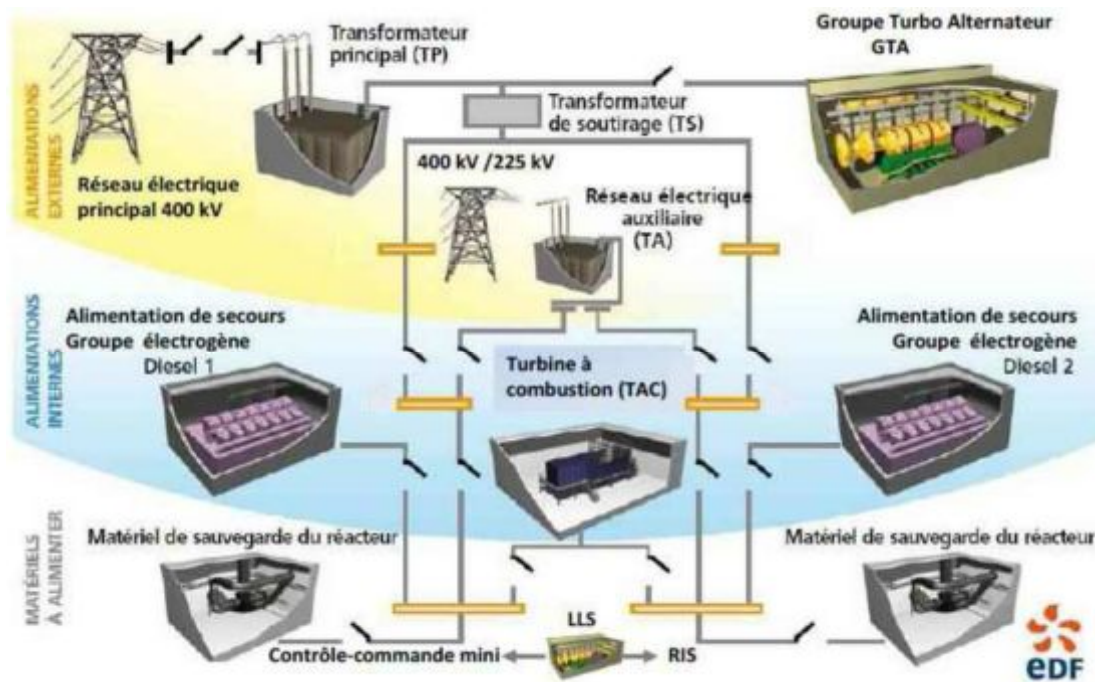


Abb. 4.3: Übersicht zu den elektrotechnischen Einrichtungen nach (EDF 2011)

### 4.3 Anlageninterne Notfallmaßnahmen

In der Anlage sind passive, autokatalytische **Rekombinatoren RAP** für einen Abbau von Wasserstoff bei Unfällen installiert.

Weiterhin verfügt die Anlage über eine **gefilterte Druckentlastung des Sicherheitsbehälters U5**. Dabei wird die Atmosphäre aus dem Sicherheitsbehälter zunächst über einen Metallfilter geführt, der 90% der Aerosole zurückhalten soll. Dieser Metallfilter ist für jeden Reaktorblock einfach vorhanden. Die Entlastung des Sicherheitsbehälters kann über zwei Isolationsventile, die manuell zu öffnen sind, eingeleitet werden. Diese befinden sich hinter einer biologischen Abschirmung außerhalb des Reaktorgebäudes. Ein anschließender Sandfilter, der für beide Blöcke gemeinsam genutzt wird, dient für die weitere Filterung, und befindet sich in der Abgasleitung zum Kamin. Ein Einsatz der gefilterten Druckentlastung ist frühestens 24 Stunden nach Erreichen des Auslegungsdrucks des Containments vorgesehen, der Auslösedruck liegt zwischen 5 und 6 bar. Das System ist nicht vollständig seismisch qualifiziert, nur der Metallfilter und die Rohrleitungen im Inneren des Containments sind seismisch qualifiziert.

Im Rahmen von anlageninternen Notfallmaßnahmen sind für einen Verlust der elektrischen Energieversorgung der Anlage verschiedene Maßnahmen vorgeplant.

So ist die Wiederschaltung des externen Netzes bzw. externer Versorger (Wasserkraftwerk Fessenheim oder Wasserkraftwerk Vogelgrün) oder die Querverbindung zu einem Diesel des anderen Blocks vorgesehen.

#### 4.4 FARN und „Hardened Safety Core“

Im Rahmen seiner Auswertung der Robustheit der Anlage Fessenheim und der übrigen französischen Anlagen hat der Betreiber den Aufbau einer nationalen schnellen Eingreiftruppe (Force d'Action Rapide du Nucléaire, FARN) vorgeschlagen. Die Einrichtung einer derartigen Institution wird auch von der Aufsichtsbehörde ASN gefordert.

Diese soll in der Lage sein, innerhalb von 24 Stunden nach Eintreten eines Ereignisses jeden französischen Anlagenstandort zu erreichen und die dort vorhandenen Anlagen mit mobilen Einrichtungen und speziell ausgebildetem Personal zu versorgen. Der Aufbau einer solchen Eingreiftruppe soll bis 2014 abgeschlossen sein, vergleiche (ENSREG 2012).

Weiterhin ist für die Anlagen der Aufbau eines „Hardened Safety Core“ von ASN gefordert worden. Die konkrete Festlegung sowohl des Umfangs der zu diesem „Hardened Safety Core“ zählenden Einrichtungen sowie die an diese Einrichtungen gestellten Anforderungen sind bislang nicht genauer festgelegt.

In jedem Fall definiert ASN neue Einrichtungen, die im Rahmen des „Hardened Safety Core“ in den französischen Anlagen eingeführt werden sollen. Diese umfassen:

- einen zusätzlichen (mobilen) Dieselgenerator,
- eine autarke Pumpe zur Versorgung des Brennelementenlagerbeckens und der Vorratsbehälter des Notspeisesystems ASG sowie des Flutbehälters PTR aus einer ganzjährig verfügbaren Quelle,
  - entweder einem Grundwasserbrunnen oder einem See.

Der zusätzliche Dieselgenerator soll für die Versorgung einer Notstromschiene ausgelegt sein und die erforderliche Leistung zum Betrieb einer motorgetriebenen Notspeisewasserpumpe ASG und einer motorgetriebenen Pumpe zur Einspeisung in den RDB bereitstellen. Weiterhin soll die Leistung ausreichend zur Versorgung der Gebäudeabschlussarmaturen sowie der Belüftung der Warte, des Hilfsanlagengebäudes BAN und des BE-Lagebeckengebäudes BK sein. Diese Einrichtungen müssen gegen noch genauer zu spezifizierende, die bisherige Auslegung überschreitende Einwirkungen von innen wie von außen ausgelegt werden. Sie sollen bis spätestens 2018 verfügbar sein, für eine Übergangszeit ist die Bereitstellung kleinerer Dieselaggregate zur Stützung der Batterieversorgung vorgesehen.

## **5 Auswertung des EU-Stresstests für die Anlage Fessenheim**

Im Folgenden werden die Ergebnisse des EU-Stresstests für die Anlage Fessenheim für die Bereiche „Erdbeben“, „Überflutung“, „Brennelement-Lagerbecken“, „elektrische Energieversorgung“ sowie „Kühlwasserversorgung“ analysiert. Daran anschließend werden im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchung identifizierte übergreifende sicherheitstechnische Schwachstellen dargestellt, die nicht direkt einem dieser Themenbereiche zugeordnet sind. Die wesentlichen Ergebnisse für die Anlage Fessenheim werden abschließend zusammengefasst.

### **5.1 Erdbeben**

#### **5.1.1 Darstellung des Betreibers**

##### **5.1.1.1 Auslegungsgrundlagen**

Die seismische Auslegung französischer Anlagen basiert gegenwärtig auf der Regel RFS 2001-01, die die Vorgängerversion RFS 1.2.c von 1983 abgelöst hat. Danach ist eine deterministische Analyse des Erdbebenrisikos am Standort durchzuführen, durch die das maximal anzunehmende Erdbeben und die sich daraus ergebenden Beschleunigungswerte am Standort festzulegen sind.

Hierzu werden auf Basis geologischer, geophysikalischer und seismischer Daten seismotektonische Zonen definiert. Für jede Zone wird für den Zeitraum der letzten 1000 Jahre das maximal zu erwartende historische Erdbeben (Séisme Maximal Historiquement Vraisemblable, SMHV) ermittelt. Darauf basierend wird ein Sicherheitserdbeben (Séisme Majorité de Sécurité, SMS) definiert. Dieses wird auf der Medwedew-Sponheuer-Karnik-Skala (MSK-Skala) mit einer Intensitätsstufe über der Intensität des SMHV festgelegt. Zur Bestimmung der in der Anlage resultierenden Beschleunigungen werden weiterhin die Magnitude und die Herdtiefe des Erdbebens benötigt. Die Magnitude des SMS wird auf den um 0,5 erhöhten Wert der Magnitude des SMHV auf der Richterskala festgelegt. In jedem Fall sind minimale Beschleunigungswerte einzuhalten, wie sie in RFS 2001-01 definiert werden. Für die Beziehungen zwischen den historisch beobachteten Intensitäten und den zugehörigen Magnituden und Herdtiefen werden geophysikalische Modelle gemäß RFS 2001-01 verwendet. Auf Basis der Magnitude und der Herdtiefe wird ein Bemessungsspektrum bestimmt. Die Vorgaben der Regel RFS 2001-01 werden bei Verwendung eines 50%-Fraktilwerts erfüllt, Angaben dazu welche Fraktile bei der Auslegung der Anlage Fessenheim tatsächlich verwendet wurden, liegen nicht vor.

Für die französischen Kernkraftwerke einer Baureihe wurde schließlich ein gemeinsames Auslegungserdbeben zugrunde gelegt, das die jeweiligen Standortbedingun-

gen der einzelnen Anlagen abdeckt. Für die Anlage Fessenheim wurde dabei das „EDF-Spektrum“ verwendet.

Es erfolgt also ein dreifaches Vorgehen: zunächst wird ein historisches Erdbeben (SMHV) bestimmt, daraus wird deterministisch ein stärkeres Sicherheitserdbeben (SMS) für den Standort festgelegt. Schließlich wird ein Auslegungserdbeben für die tatsächliche Auslegung der Systeme, Strukturen und Komponenten verwendet.

### 5.1.1.2 Auslegung der Anlage

Die beiden Blöcke des Standorts Fessenheim weisen einen unterschiedlichen Stand bezüglich des gültigen Sicherheitserdbebens SMS auf (davon unabhängig wurde für beide Blöcke bei der Auslegung der Anlage das Auslegungsspektrum basierend auf dem „EDF-Spektrum“ festgelegt, vergleiche die nachfolgende Darstellung). Während für Block 1 des Standorts nach der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung bereits die Regel RFS 2001-01 zugrunde gelegt wird, gilt für den Block 2, bei dem die dritte periodische Sicherheitsüberprüfung noch nicht abgeschlossen ist, bislang noch die Regel RFS 1.2.c.

Die sich für die beiden Blöcke ergebenden Beschleunigungsspektren des Sicherheitserdbebens SMS sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

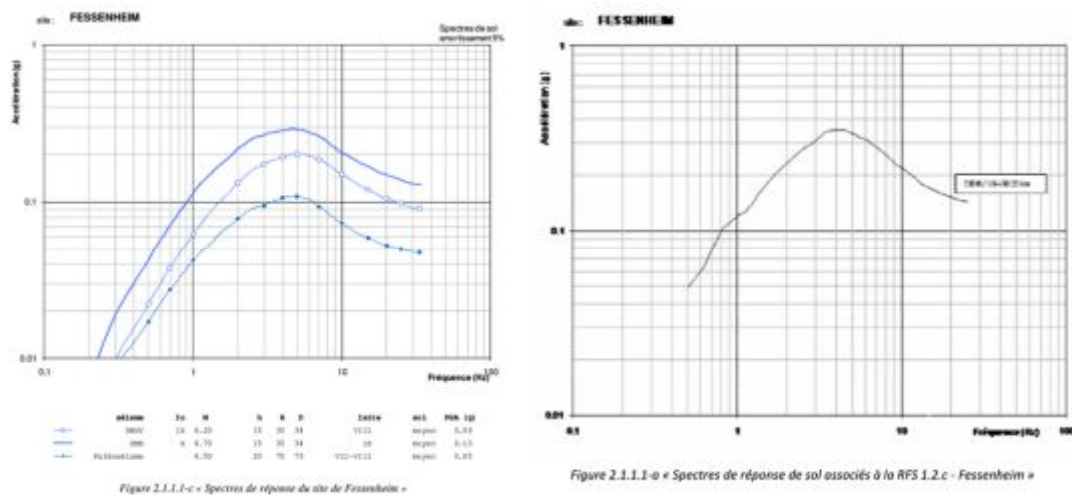


Abb. 5.1: Beschleunigungsspektrum am Standort Fessenheim für Block 1 (links) und Block 2 (rechts) nach (EDF 2011)

Das SMHV für den Standort Fessenheim basiert auf dem Baseler Erdbeben vom 18.10.1356, das mit einer Epizentralintensität von IX auf der MSK-Skala in einer Entfernung von 43 km vom Standort stattfand und dem eine Herdtiefe von 15 km und eine Magnitude von 6,2 zugeordnet wird. Aufgrund der vorgenommenen Zoneneinteilung wird für das SMHV ein entsprechendes Erdbeben (Epizentralintensität IX) in einer Entfernung von 30 km vom Standort Fessenheim angenommen, das am Standort zu einer Intensität VIII nach MSK führen kann. Die sich ergebende maxi-

male horizontale Beschleunigung für hohe Frequenzen des SMHV wird mit 0,09 g, diejenige des resultierenden SMS mit 0,13 g angegeben.

Für die Auslegung der Einrichtungen der Anlage der Baureihe CP0 wurden schließlich übergeordnete Auslegungsspektren (Spectre de Dimensionnement, SDD) angenommen. Hierfür ist von EDF ein „EDF-Spektrum“ definiert worden, das auch für die Anlage Fessenheim gilt, und für dessen maximale Beschleunigung ein Wert von 0,2 g zugrunde gelegt wurde und dessen Form das SMS für die verschiedenen Standorte der 900 MW<sub>e</sub> Baureihe abdeckt. Die vertikale Beschleunigungskomponente wird mit 2/3 der horizontalen Beschleunigungskomponenten angenommen.

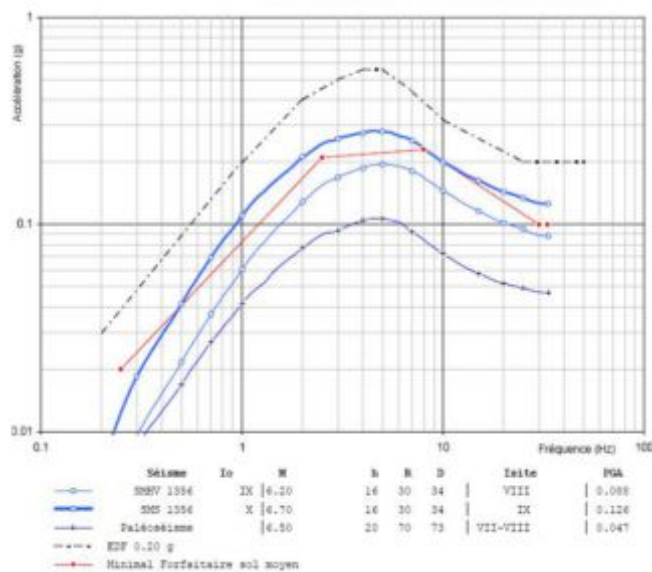


Abb. 5.2: EDF-Spektrum für den Standort Fessenheim nach (EDF 2011)

Die wesentlichen sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen sowie die zugehörigen Gebäude sind für die beim Auslegungsspektrum auftretenden Belastungen ausgelegt, so dass sie ihre erforderlichen Funktionen erfüllen können. Dazu gehören insbesondere:

- Reaktor-, Brennelementlagerbecken-, Hilfsanlagen- und Schaltanlagegebäude
- Kühlwassereinlaufbauwerke
- Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem RCV
- Borsäure- und Deionatsystem REA
- Nachkühlssystem RRA
- Zwischenkühlwassersystem RRI
- Nebenkühlwassersystem SEB
- Containment-Sprühsystem EAS
- Sicherheitseinspeisesystem RIS

- Beckenkühlsystem PTR
- Notspeisesystem ASG
- Frischdampfabblassventile VCD-a
- Flutbehälter PTR
- Notspeisebehälter ASG
- Notstromdiesel LHG und Notstromschienen

Die Anlage verfügt über eine seismische Überwachung, die auftretende Ereignisse erfasst und bei Beschleunigungen oberhalb von 0,01 g einen Alarm auf der Warte auslöst. Die auftretenden Ereignisse werden aufgezeichnet.

Ein von EDF adressierter offener Punkt bei der Beherrschung eines Erdbebens betrifft die vorhandenen Kühlwasservorräte des Notspeisesystems ASG, vergleiche (EDF 2011), S. 2-29/68 und 2-52/68. Demnach ist bereits bei Erdbeben von geringerer Stärke als dem SMS der Verlust der externen Stromversorgung zu unterstellen. Ausgehend von einem Reaktor im Leistungsbetrieb muss bis zur Übernahme der Reaktorkühlung durch das Nachkühlsystem RRA der Primärkreislauf mit dem Notspeisesystem ASG kalt und drucklos gefahren werden. Dabei können die Vorräte des Notspeisesystems ASG aufgrund des unterstellten Ausfalls der externen Stromversorgung und nicht seismisch qualifizierter Versorgungssysteme nicht sicher erneuert werden. Unter den hier zu unterstellenden Randbedingungen ist gegenwärtig nicht nachgewiesen, dass die Notspeisewasservorräte ausreichen, um den Primärkreislauf auf die Übernahmbedingungen des Nachkühlsystems abzukühlen. Sind die sekundärseitigen Kühlmittelvorräte erschöpft, bevor die Bedingungen zur Übergabe an das Nachkühlsystem RRA erreicht sind, steht keine Möglichkeit mehr zur Wärmeabfuhr aus dem Reaktorkern zur Verfügung, die Kühlung des Reaktorkerns ist dann nicht mehr länger gewährleistet.

EDF hat hierzu Untersuchungen eingeleitet, inwieweit eine schnellere Abkühlung des Primärkreislaufs zum sicheren Erreichen der Übernahmbedingungen des Nachkühlsystems möglich ist.

### 5.1.1.3 Reserven in der Erdbebenauslegung

Der Betreiber weist verschiedene mögliche Beiträge im Rahmen der Auslegung der Anlage aus, die zu einer Robustheit gegenüber Erdbebenereignissen beitragen. Dazu zählen einerseits Margen bei der Bestimmung des Sicherheitserdbebens und andererseits Margen bei der Auslegung der Gebäude und Systeme. Der Betreiber weist im Resultat Sicherheitsfaktoren aus, die angeben sollen, welche Beschleunigungen im Vergleich zu den im Rahmen der Auslegung bestimmten Beschleunigungen noch ohne Schaden an der Anlage abgetragen werden können.

Hinsichtlich der Festlegung des Sicherheitserdbebens stellt der Betreiber fest, dass das größte historisch anzunehmende Erdbeben, dass innerhalb der Erdbebenzone des Standorts Fessenheim (Rhine-Sud) auftreten kann, nur eine Intensität von VII



auf der MSK-Skala aufweist, während dem SMHV eine Intensität von VIII auf der MSK-Skala zugeordnet werde. Auch sei das der Auslegung zugrunde gelegte Baseler Erdbeben (Zone Bâle) das stärkste überhaupt beobachtete historische Erdbeben in der gesamten Region.

Weitere Sicherheitsmargen ergeben sich nach EDF durch das für die Auslegung der Reaktoren der 900 MW<sub>e</sub> Baureihe zugrunde gelegte „EDF-Spektrum“. Dieses weise im Unterschied zu dem für den Standort Fessenheim hergeleiteten Spektrum des SMS im relevanten Frequenzbereich zwischen 1 und 6 Hz einen Sicherheitsfaktor von 1,2 auf („forme spectrale“ in der folgenden Abbildung).

Reserven in der Auslegung der Systeme können nach Betreiberangaben mittels als deterministisch bezeichneter Seismic Margin Assessment (SMA) Analysen und mittels probabilistischer Sicherheitsanalysen (Etudes Probabilistes de Sûreté, EPS) ausgewiesen werden, vergleiche hierzu auch ausführlicher die Darstellung zur Erdbebenauslegung der Anlage Beznau in Teil 2 dieses Gutachtens. EDF hat für den Block 3 der Anlage Tricastin der 900 MW<sub>e</sub> Baureihe eine SMA durchgeführt, durch die Reserven der Anlage oberhalb von Beschleunigungen von 0,3 g nachgewiesen wurden. Probabilistische Erdbebenanalysen wurden nach Aussage von EDF bislang nur für den Standort Saint-Alban mit Reaktoren der 1300 MW<sub>e</sub> Baureihe durchgeführt. Hier wurde eine Kernschadenshäufigkeit durch Erdbebenereignisse in der Größenordnung von  $10^{-6}$  pro Jahr bestimmt. Der Betreiber geht davon aus, dass diese Analysen, obwohl standortspezifisch durchgeführt, auch auf den Standort Fessenheim übertragbar sind. Nach Angaben in (ENSREG 2012) hat der Betreiber für die Ergebnisse der probabilistischen Erdbebenanalyse des Standorts Saint-Alban die Überschreitungswahrscheinlichkeit des dort zugrunde gelegten Auslegungserdbebens mit  $10^{-4}$  pro Jahr angegeben.

EDF bestimmt einen Sicherheitsfaktor von 1,2 für die Reaktion der Bauwerksstrukturen auf die zugrunde gelegten Beschleunigungen. Dieser ergibt sich nach Darstellung von EDF aus der Vernachlässigung der Kompression des Baugrunds durch die baulichen Einrichtungen und aus der Vernachlässigung der Trägheit der Bauwerke („Réponse de la structure“ in der folgenden Abbildung).

Schließlich weist EDF aufgrund der baulichen Sicherheitsreserven einen Sicherheitsfaktor von mindestens 2 für die Reaktion der baulichen Strukturen mit Blick auf die Stabilität bzw. Tragfähigkeit aus („Critères et méthodes de dimensionnement des SSC“ in der folgenden Abbildung).

Für mechanische Komponenten wie Pumpen, Lüftungsanlagen oder Generatoren geht EDF von einem Sicherheitsfaktor von mindestens 2 bei der Auslegung dieser Komponenten aus („Critères et méthodes de dimensionnement des SSC“ in der folgenden Abbildung). Einen geringeren Sicherheitsfaktor nimmt EDF für Großbehälter, hier insbesondere den Flutbehälter PTR oder das Notspeisebecken ASG an. Nach Angaben von EDF wird hierzu gegenwärtig eine Analyse der Auslegungsre-

serven dieser Behälter durchgeführt, nach gegenwärtigem Stand der Analyse kreditiert EDF einen Sicherheitsfaktor von 1,1 für diese Behälter („Critères et méthodes de dimensionnement des SSC“ in der folgenden Abbildung). Für Rohrleitungen werden dagegen aus bisherigen Analysen sehr große Sicherheitsmargen abgeleitet, die im Rahmen des EU-Stresstests von EDF mit einem Sicherheitsfaktor von 3 ausgewiesen werden.

Für elektrische Komponenten weist EDF auf der Basis der durchgeführten SMA und EPS einen Sicherheitsfaktor von 1,5 für die Halterungen der elektrischen Komponenten aus, für Kabelführungen einen Sicherheitsfaktor von 2 („Critères et méthodes de dimensionnement des SSC“ in der folgenden Abbildung).

In Zusammenhang mit der Evaluierung der Anlage Fessenheim fand vom 20.06. bis 01.07.2011 eine Begehung statt, bei der ein internationales Expertenteam die Einrichtungen des Kraftwerks inspizierte, die im Falle eines vollständigen Verlusts der elektrischen Energieversorgung zur Sicherstellung der Kernkühlung bzw. der Brennelement-Beckenkühlung vorgesehen sind. Diese umfassen die Notbespeisung der Dampferzeuger mit der Turboeinspeisepumpe des ASG sowie die Frischdampf-abgabe über die Frischdampfableseventile VCD-a, die Notspeisewasservorräte ASG sowie die Kühlwasserreserven SER, die Aufrechterhaltung der Primärkreisintegrität durch die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen mit der Drucktestpumpe RIS sowie die elektrische Versorgung dieser Einrichtungen mittels des Turbogenerators LLS. Für die inspizierten, seismisch qualifizierten Komponenten wurde auf Basis der Begehungsergebnisse eine seismische Widerstandsfähigkeit bis zu Beschleunigungen von 0,33 g ausgewiesen. Als eine Schwachstelle wurde insbesondere die seismische Widerstandsfähigkeit des Vorratsbehälters SER benannt, siehe auch Kapitel 5.2.1.

In der Summe ergeben sich aus Sicht des Betreibers aufgrund der vorgenannten Aspekte die in der folgenden Abbildung aus (EDF 2011) zusammengefassten Sicherheitsmargen für die Anlage Fessenheim.

		Structures		gros composants mécaniques		tuyauteries		bâches	équipements électriques	chemins de câbles	Gaines de ventilation
		Ilot hors BAN-BK-BPO-BL	BAN-BK-BPO-BL	Ilot hors BAN-BK-BPO-BL	BAN-BK-BPO-BL	Ilot hors BAN-BK-BPO-BL	BAN-BK-BPO-BL				
Accélération PGA du spectre de sol (g)		0,2	0,13	0,2	0,13	0,2	0,13	0,2	0,13	0,13	0,13
Facteurs de marge	Forme spectrale	1,2	1	1,2	1	1,2	1	1,2	1	1	1
	Réponse de la structure (effets de l'enfoncement et interaction inertielle)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	> 1,1	> 1,5*	> 2*	> 2*
	Critères et méthodes de dimensionnements des SSC	>2	> 2	> 2	> 2	> 3	>3				
	Facteur de marge global	> 2,9	> 2,4	> 2,9	> 2,4	> 4,3	>3,6	> 1,3	> 1,5*	> 2	> 2
<b>Capacité générique</b>		<b>&gt;0,5g</b>	<b>&gt;0,3g</b>	<b>&gt;0,5g</b>	<b>&gt;0,3g</b>	<b>&gt;0,5g</b>	<b>&gt;0,4g</b>	<b>&gt;0,26g</b>	<b>&gt;0,2g*</b>	<b>&gt;0,26g*</b>	<b>&gt;0,26g*</b>

\* : Pour les équipements électriques, les chemins de câbles et les gaines de ventilation, les facteurs de marges retenus se basent sur les résultats des études de robustesse disponibles, et sont associées aux items considérés les moins robustes de la catégorie d'équipements dans l'ilot nucléaire. Ces facteurs sont donc de fait applicables au cas des bâtiments réévalués (BAN, BL, BK et BPO).

Tableau 2.2.2.1-a « Capacités sismiques génériques des structures et équipements »

Abb. 5.3: Vom Betreiber EDF ausgewiesene Sicherheitsmargen unterschiedlicher Einrichtungen der Anlage Fessenheim nach (EDF 2011)

Auch bezüglich des Einlaufbauwerks und der Deiche geht EDF von Sicherheitsmargen bis zu Beschleunigungen von 0,5 g aus.

Insgesamt schlussfolgert EDF, dass bezüglich der Robustheit der Anlage Fessenheim gegenüber Erdbeben eine Sicherheitsmarge von mindestens einem Faktor 1,5 besteht, wobei EDF noch eine Reihe von Aspekten identifiziert, die analysiert werden müssen, bevor dieser Faktor vollständig bestätigt werden kann.

Bezüglich der nicht seismisch qualifizierten elektrischen Einrichtungen besteht die Möglichkeit von Fehlalarmen bzw. Fehlauslösungen, die im Ereignisfall entsprechende Analysen bzw. Maßnahmen des Personals erforderlich machen könnten. Hinsichtlich der seismisch qualifizierten elektrischen Einrichtungen hat EDF eine Liste derjenigen Komponenten erarbeitet, die zur Beherrschung bestimmter Ereignisabläufe erforderlich sind. Für diese Komponenten sollen diejenigen mit der geringsten seismischen Marge bestimmt und Maßnahmen zur Erhöhung der seismischen Sicherheit auf einen Faktor von mindestens dem 1,5fachen der Beschleunigungswerte des SMS erarbeitet werden.

Für Abdichtungen zwischen verschiedenen Gebäuden wurden in Fessenheim Polystyrol-Materialien eingesetzt, deren Verwendung in diesem Einsatzbereich mittlerweile nicht mehr empfohlen wird. Im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung der 900 MW<sub>e</sub> Baureihe wurden diese Materialien weitgehend ersetzt

und für die verbleibenden Materialien ein Nachweis geführt, dass sie bei den Belastungen des SMS nicht zu nachteiligen Konsequenzen führen. Für diese Materialien führt EDF nun Untersuchungen durch, inwieweit sie bei Beschleunigungen vom 1,5fachen des SMS zu unzulässigen Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen führen können.

Insbesondere für den Flutbehälter PTR sieht EDF gegenwärtig eine Robustheit mit einem Sicherheitsfaktor von 1,5 als nicht gegeben an. EDF hat hierzu Untersuchungen eingeleitet.

Auch für die Vorratsbehälter SER, die keine seismische Qualifizierung aufweisen, hat EDF ein Untersuchungsprogramm gestartet, da diese Behälter bei einem auslegungsüberschreitenden, vollständigen Verlust der elektrischen Energieversorgung zur Ergänzung der Reserven des Notspeisesystems ASG herangezogen werden. Gegenwärtig schätzt EDF die Robustheit dieser Behälter für Beschleunigungen von 0,1 g, also etwa dem 0,77fachen des SMS ab.

Ebenfalls nicht seismisch qualifiziert ist der Bereich des Sandfilters in der gefilterten Druckentlastung U5 des Sicherheitsbehälters. Auch für diese Einrichtung hat EDF eine Untersuchung eingeleitet, um die Funktionsfähigkeit der gefilterten Druckentlastung unter Erdbebenbedingungen zu überprüfen.

Auch das Gebäude des Krisenstabs (Bloc de Sécurité, BDS) ist nicht seismisch qualifiziert. Bereits in Folge des Ereignisses von Kashiwasaki-Kariwa wurde die Erdbebenfestigkeit dieses Gebäudes durch EDF überprüft. EDF schlägt eine umfassende Prüfung der Funktionsfähigkeit dieses Gebäudes für ein noch festzulegendes Sicherheitsniveau (oberhalb des SMS) vor.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit zusätzlicher mobiler Einrichtungen stellt EDF fest, dass aufgrund der auslegungsgemäßen Beherrschung des SMS bislang keine mobilen Einrichtungen auf der Anlage vorhanden sind. EDF überprüft im Rahmen eines Gesamtansatzes die Beschaffung und Bereitstellung mobiler Einrichtungen für unterschiedliche Einsatzbedingungen.

### 5.1.2 Bewertung durch die Aufsichtsbehörde

Die Aufsichtsbehörde ASN bestätigt den französischen Anlagen, dass die gegenwärtige seismische Auslegung ein Auftreten von Cliff-Edge-Effekten bei Erdbeben mit nur geringfügig höheren Einwirkungen auf die Anlage als bei der Auslegung unterstellt ausschließt.

Für die Anlagen vom Typ CP0 und CPY wurde bei der Auslegung das „EDF-Spektrum“ zugrunde gelegt, während für neuere Anlagen vom Typ P4, P'4, N4 und EPR modernere Spektren entwickelt wurden. ASN bestätigt die Auslegung der Anlage Fessenheim gemäß dem „EDF-Spektrum“, wobei das Gebäude mit elektrischen Einrichtungen BL ausgenommen wird. Weiterhin stellt ASN fest, dass die

Auslegung von nicht zum nuklearen Bereich zählenden Gebäuden (wie beispielsweise die Pumpstation des Kühlwassersystems) nicht auf Basis des generischen Auslegungsspektrums, sondern auf Basis des standortspezifischen Spektrums SMS erfolgte.

Speziell für die Gebäude der Kühlwasserversorgung (Pumpenhaus) und der elektrischen Einrichtungen (Dieselgebäude) fordert ASN eine Analyse der Robustheit durch EDF.

ASN stellt fest, dass auch nach Einführung der neuen regulatorischen Vorgaben in RFS 2001-01 für den Standort Fessenheim das ermittelte Sicherheitserdbeben durch das bisherige Auslegungserdbeben abgedeckt ist. Neue paläoseismische Erkenntnisse sowie Änderungen der Berechnungsgrundlagen im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung ergaben jedoch einen Änderungsbedarf bei den seismischen Anforderungen. ASN bestätigt den französischen Anlagen die Einhaltung der bisherigen regulatorischen Anforderungen zur Auslegung gegen Erdbeben, sofern die im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen identifizierten Nachrüstungserfordernisse in den Anlagen umgesetzt sind.

Allerdings hebt ASN auch hervor, dass bei den Überprüfungen der seismischen Einrichtungen immer wieder Abweichungen vom auslegungsgemäß geforderten Zustand von Einrichtungen festgestellt werden. Weiterhin hebt ASN hervor, dass der Nachweis der ausreichenden Notspeisewasservorräte ASG für ein Abfahren der Anlage unter den Bedingungen eines Verlusts der externen Energieversorgung noch offen sei. ASN wird daher für den Umgang mit Abweichungen der Anlage vom auslegungsgemäß geforderten Zustand eine stärkere regulatorische Überwachung einführen, insbesondere mit Blick auf die möglichen Auswirkungen von mehreren unabhängigen, jedoch gleichzeitig in der Anlage vorliegenden Abweichungen.

Mit Blick auf die seismische Überwachung der Anlagen fordert ASN die EDF auf, eine Überprüfung der Einhaltung der Bestimmungen des RFS 1.3.b durchzuführen, in dem die Einrichtungen zur Messung von seismischen Ereignissen in französischen Kernkraftwerken und die daraufhin erforderliche Reaktion des Betreibers dargestellt sind. Weiterhin fordert ASN die EDF auf, die Vor- und Nachteile einer automatischen Abschaltung des Reaktors bei seismischen Ereignissen zu überprüfen.

Hinsichtlich der Sicherheitsreserven gegenüber Erdbebeneinwirkungen stellt ASN zunächst fest, dass EDF kein Erdbeben ausgewiesen hat, für das ein Verlust sicherheitstechnisch erforderlicher Funktion zu erwarten ist. Auch wenn ASN der grundsätzlichen Vorgehensweise des Betreibers zur Ausweisung von Sicherheitsreserven zustimmen kann, stellt ASN fest, dass die bislang ausgewiesenen Reserven nicht als ausreichend belastbar angesehen werden können. So würden von EDF insbesondere auch solche Reserven in der Auslegung belastet, die für eine konservative Abdeckung von Unsicherheiten im Rahmen der Auslegung eingeführt wurden. Auch stellt ASN fest, dass aufgrund der begrenzten zur Verfügung stehenden

Zeit keine vollumfängliche Analyse der potenziellen Schwachstellen durchgeführt werden konnte. ASN fordert EDF daher auf, ihre Analyse der Sicherheitsreserven zu vervollständigen.

Neue Anforderungen an die französischen Anlagen betreffen die Auslegung der Feuerlöschsysteme der Kraftwerke, die bislang nicht vollumfänglich gegen die Erdbebeneinwirkungen eines SMS ausgelegt sind, jedoch zur Beherrschung von möglichen Folgebränden als erforderlich eingestuft werden. So werden Feuerlöscheinrichtungen bislang nur für die halbe Stärke des Sicherheitserdbebens ausgelegt und sind nicht durch seismisch qualifizierte elektrische Einrichtungen versorgt.

Auch die Systeme zur Versorgung mit Wasserstoff in der Anlage sind bislang nicht für das SSE ausgelegt. Eine Nachrüstung dieser Systeme ist für die Anlagen der 900 MW<sub>e</sub> Baureihe im Zeitraum von 2009 bis 2019 vorgesehen, ASN hat eine Beschleunigung dieser Nachrüstung durch den Betreiber angeregt.

Speziell für die Anlage Fessenheim sowie zwei weitere Standorte wurden von ASN Nachweise zur Erdbebenfestigkeit der Deiche am Standort und eine Analyse möglicher Auswirkungen bei einem Versagen der Deiche verlangt.

Für alle Anlagen verlangt die ASN eine Stärkung der Robustheit, die durch einen „Hardened Safety Core“ von Einrichtungen realisiert werden soll. Diese Einrichtungen sollen gegenüber bislang als auslegungsüberschreitend eingestuften Einwirkungen von außen sowie bei einer unwahrscheinlichen Überlagerung von Ereignissen die Sicherheit der Anlage gewährleisten. Insbesondere die Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung der Anlage sollen durch diesen „Hardened Safety Core“ robuster gestaltet werden, vergleiche hierzu Kapitel 4.4.

### 5.1.3 Stellungnahme

Die Bewertung im Rahmen dieser Studie erfolgt auf Basis des in Kapitel 3.1.1 eingeführten Bewertungsmaßstabs.

#### 5.1.3.1 Bisherige Auslegung der Anlage

Die Auslegung der Anlage Fessenheim erfolgte aufgrund von deterministischen Kriterien. Probabilistische Erdbebenanalysen für den Standort Fessenheim liegen nicht vor. Demgegenüber sind für alle deutschen Anlagen bei der Bestimmung der am Standort möglichen Erdbebeneinwirkungen auch probabilistische Untersuchungen durchzuführen und bei der Festlegung des Bemessungserdbebens zu berücksichtigen. Bereits im Rahmen des europäischen Peer-Reviews wurde der französischen Aufsichtsbehörde empfohlen, für die zukünftige Überprüfung der Erdbebenauslegung existierender Reaktoren auch probabilistische Analysen heranzuziehen.

Die Überschreitungswahrscheinlichkeit des deterministisch bestimmten SMHV liegt bei  $10^{-3}$  pro Jahr, für das SMS wird die Intensität um eine Intensitätsstufe höher als

für das SMHV festgelegt. Für die Umrechnung von Intensitäten in Beschleunigungen existieren verschiedene empirische Korrelationen, die zu mehr oder minder unterschiedlichen Ergebnissen führen, vergleiche die ausführlichere Diskussion im Rahmen der Darstellung der Erdbebenauslegung der Anlage Beznau in Teil 2 dieses Berichts. Nach Darstellung von ASN bedeutet eine Intensitätssteigerung um eine Intensität auf der MSK-Skala grundsätzlich etwa eine Verdopplung der Beschleunigungsparameter, siehe (ASN 2011), S. 25. Standortsspezifische Angaben zum Zusammenhang zwischen der Intensität und der Überschreitungswahrscheinlichkeit eines Erdbebens liegen nicht vor. Für die Anlage Saint-Alban, für die eine probabilistische Erdbebenanalyse durchgeführt wurde, gibt der Betreiber die Überschreitungswahrscheinlichkeit des Auslegungserdbebens mit etwa  $10^{-4}$  pro Jahr an (ENSREG 2012), S. 7. Die für diese Anlage bestimmten Beschleunigungswerte von 0,06 g für das SMHV, 0,08 g für das SMS und 0,15 g für das Auslegungserdbeben weisen vergleichbare Sicherheitsfaktoren auf wie bei der Anlage Fessenheim. Vor diesem Hintergrund gehen wir davon aus, dass die Auslegung der Anlage Fessenheim etwa einem Erdbeben mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr entspricht.

Dies entspricht nicht der für die deutschen Anlagen im Rahmen des Basislevels der RSK und der nach aktueller Fassung der KTA 2201.1 gültigen Anforderung einer Auslegung gegen ein Erdbeben mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von  $10^{-5}$  pro Jahr.

Es liegen keinerlei Angaben dazu vor, inwieweit neuere Erkenntnisse zur Erdbebengefährdung, wie sie beispielsweise im Rahmen des Schweizerischen Projekts Pegasos entwickelt wurden, vergleiche hierzu die Darstellung der Erdbebenauslegung der Anlage Beznau in Teil 2 dieses Gutachtens, im Rahmen der Auslegungsanforderungen der Anlage Fessenheim berücksichtigt wurden.

Die Festlegung der zur Beherrschung eines Erdbebens in der Anlage Fessenheim ausgelegten Gebäude und sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen ist mit den in deutschen Anlagen gegen Erdbeben ausgelegten Gebäuden und Einrichtungen grundsätzlich vergleichbar, die Sicherheitsfunktionen „Sicherstellung der Unterkritikalität“, „Abfuhr der Nachzerfallsleistung“ und „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ werden gewährleistet. Unterschiede ergeben sich hinsichtlich des vorhandenen Redundanzgrades und der funktionellen Unabhängigkeit der einzelnen Redundanzen der erforderlichen Einrichtungen.

So ist insbesondere die Notstromversorgung in Fessenheim nur einzelfehlerfest (n+1) aufgebaut, sie lässt jedoch keine gleichzeitige Instandhaltung zu, wie dies in deutschen Anlagen durch einen (n+2) Redundanzgrad der D1-Dieselsversorgung gewährleistet ist, vergleiche hierzu ausführlicher Kapitel 5.4.3. Hinsichtlich einiger wichtiger Sicherheitsfunktionen wie der Aufrechterhaltung der sekundärseitigen Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger durch das Notspeisesystem (n+2fach redundant aufgebaut) wird dies durch den diversitären, frischdampfgetriebenen Strang,

der auch bei Ausfall der Notstromversorgung zur Verfügung steht, teilweise kompensiert. Beispielsweise hinsichtlich der elektrischen Versorgung des Zwischenkühlwassersystem RRI, welche unter anderem zur auslegungsgemäßen Kühlung der Anlage im Stillstand sowie zur langfristigen Komponentenkühlung der sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen erforderlich ist, steht jedoch keine weitere Redundanz zur Verfügung.

Die Funktionen der sekundärseitigen Wärmeabfuhr über das Notspeisesystem ASG sowie die primärseitigen Funktionen der Druckabsenkung, Aufborierung und Kühlmittelergänzung durch das Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem RCV sind grundsätzlich (n+2) redundant aufgebaut. Allerdings greifen alle Stränge dieser zentral wichtigen Systeme jeweils auf einen einzigen Vorratsbehälter (ASG bzw. PTR) zurück, sie sind in ihren passiven Komponenten daher auch vermascht (teilweise gemeinsame Nutzung von Rohrleitungen). Damit ist keine vollständige Unabhängigkeit dieser Redundanzen gegeben

Nach Darstellung des Betreibers und der Aufsichtsbehörde ist unter bestimmten Randbedingungen bereits für das Auslegungserdbeben nicht nachgewiesen, dass die sekundärseitigen Notspeisewasservorräte ASG ausreichend dimensioniert sind, um ein Abfahren der Anlage bis zur Übergabe an das Nachkühlsystem RRA zu gewährleisten. Sind die sekundärseitigen Kühlmittelvorräte erschöpft, bevor die Bedingungen zur Übergabe an das Nachkühlsystem RRA erreicht sind, steht keine Möglichkeit mehr zur Wärmeabfuhr aus dem Reaktorkern zur Verfügung, die Kühlung des Reaktorkerns ist dann nicht mehr länger gewährleistet. ASN geht diesem Punkt bereits im Rahmen ihrer aufsichtlichen Tätigkeit nach.

Weiterhin bestätigt die Aufsichtsbehörde die Erfüllung der Auslegungsanforderungen der französischen Anlagen nur unter der Randbedingung, dass die im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen geforderten Nachrüstungen in den Anlagen umgesetzt sind. Der Stand der Umsetzungen von Nachrüstungsanforderungen in der Anlage Fessenheim geht aus den uns vorliegenden Unterlagen nicht hervor.

Vor dem Hintergrund der im Vergleich zu deutschen Anlagen größeren Überschreitungswahrscheinlichkeit des Auslegungserdbebens der Anlage Fessenheim und von Unterschieden im Redundanzgrad und der funktionellen Unabhängigkeit der zur Beherrschung eines Erdbebens vorgesehenen Einrichtungen entspricht die Auslegung der Anlage Fessenheim gegen Erdbeben nicht den im Basislevel der RSK ausgewiesenen Kriterien.

### 5.1.3.2 Zusätzlich vorhandene Reserven

Der Betreiber weist Reserven hinsichtlich der Beherrschung eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens in Höhe von mindestens einem Faktor 1,5 aus.



Die Aufsichtsbehörde stimmt dem grundsätzlichen Vorgehen des Betreibers bei der Analyse der Sicherheitsreserven zwar zu, stellt jedoch fest, dass die vom Betreiber bislang ausgewiesenen Reserven nicht ausreichend belastbar sind. Auch werden vom Betreiber Reserven kreditiert, die im Rahmen der Auslegung zur Absicherung vorhandener Unsicherheiten eingeführt werden. Darüber hinaus wird bereits vom Betreiber eine Reihe von offenen Punkten identifiziert, die die ausgewiesenen Reserven infrage stellen können.

Demgegenüber hat die RSK bei allen deutschen Anlagen das Potential für Reserven in Höhe einer Intensitätsstufe festgestellt, wobei jedoch auch diese in der Regel mit den vorgelegten Unterlagen nicht abschließend nachgewiesen werden konnten. Wie bereits im letzten Abschnitt diskutiert, entsprechen Reserven in der Höhe von einer Intensität etwa einem Faktor 2 in den resultierenden Beschleunigungen.

Auch wenn im Rahmen der hier vorgenommenen Untersuchung unterstellt wird, dass die Belastbarkeit der von den deutschen Anlagen und der Anlage Fessenheim ausgewiesenen Sicherheitsreserven grundsätzlich vergleichbar wäre, so liegen die vom Betreiber der Anlage Fessenheim ausgewiesenen Reserven dennoch unterhalb der für das Robustheitslevel 1 von der RSK geforderten Reserven in Höhe einer Intensitätsstufe.

Die für die Anlage Fessenheim ausgewiesenen Reserven entsprechen daher nicht den Kriterien des Level 1 der RSK. Unter der Voraussetzung, dass das von der RSK festgestellte Robustheitspotenzial der deutschen Anlagen von einer Erdbebenintensitätsstufe nachgewiesen werden kann, sind die für die Anlage Fessenheim benannten Reserven deutlich geringer als diejenigen der deutschen Anlagen.

Insbesondere für die zentral wichtigen Vorratsbehälter PTR und ASG werden vom Betreiber geringe Sicherheitsreserven ausgewiesen, für den Flutbehälter PTR kann der Betreiber auch den global ausgewiesenen Faktor 1,5 nicht als gesichert einstufen. Da bei einem Versagen des Flutbehälters PTR zentrale Sicherheitsfunktionen zur Beherrschung eines Erdbebens nicht mehr zur Verfügung stehen, kann auch insgesamt nicht von einem Sicherheitsfaktor 1,5 für die Anlage Fessenheim ausgegangen werden.

Vor diesem Hintergrund ist auch die fehlende seismische Qualifizierung der Kühlwasservorratsbehälter SER als nachteilig zu bewerten. Diese können grundsätzlich zum Nachfüllen des Notspeisebehälters ASG dienen, sind jedoch nach Einschätzung des Betreibers nur gegen Erdbeben einer Stärke vom 0,77fachen des SMS ausgelegt. Sie können daher bereits beim Auslegungserdbeben nicht mehr als Reserven kreditiert werden.

Die als Reserve zur auslegungsgemäß vorhandenen Notstromversorgung in der Anlage Fessenheim installierte diversitäre Notstromversorgung über eine blockgemeinsame, einfach redundante zusätzliche Gasturbine TAC ist nicht seismisch qualifiziert und kann daher bei einem Auslegungserdbeben nicht mehr als Reserve kre-

ditiert werden. Demgegenüber ist die in deutschen Anlagen vorhandene Notstandsdieselversorgung des elektrischen D2-Netzes erdbebenfest ausgelegt und steht als Reserve mit einem Redundanzgrad von (n+2) im Rahmen der Auslegung zur Verfügung.

Zur Erhöhung der Robustheit der Anlage Fessenheim hat der Betreiber eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen, die von der Aufsichtsbehörde ASN zum Teil bereits als neue Anforderungen formuliert wurden. Mit der Einführung der geforderten Einrichtungen eines „Hardened Safety Core“, vergleiche Kapitel 4.4, würde in der Anlage Fessenheim eine auch gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen bei Erdbeben ausgelegte Redundanz zur elektrischen Energieversorgung sicherheitstechnisch notwendiger Verbraucher in der Form eines mobilen Diesellaggregats zur Verfügung gestellt. Weiterhin würde über eine zusätzliche autarke Pumpe eine Ergänzung der Notspeisewasservorräte ASG und der Flutbehälternvorräte PTR realisierbar sein. Inwieweit eine Unabhängigkeit des „Hardened Safety Core“ von den jeweils nur einfach vorhandenen Behältern ASG und PTR sowie der von diesen versorgten Einspeisesysteme (Notspeisesystem, primärseitige Einspeisesysteme) gegeben sein soll, bzw. ob auch diese Behälter und Systeme gegen die noch zu definierenden auslegungsüberschreitenden Einwirkungen ausgelegt werden sollen, geht aus den vorliegenden Unterlagen nicht eindeutig hervor. Um eine tatsächliche höhere Robustheit der Anlage gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen zu erreichen, müssen außer den zusätzlich Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ (mobile Notstromdiesel und autarke Pumpe) auch alle von diesen zusätzlichen Einrichtungen zu versorgenden Systeme (Notspeisebehälter, Flutbehälter, Pumpen und Rohrleitungen des Notspeisesystems und der primärseitigen Einspeisesysteme) gegen höhere Einwirkungen ausgelegt werden als bisher.

## 5.2 Überflutung

### 5.2.1 Darstellung des Betreibers

#### 5.2.1.1 Auslegungsgrundlagen

Die Auslegungsanforderungen französischer Anlagen gegen Überflutung werden durch die Regel RFS 1.2.e von 1984 vorgegeben. Danach sind als Möglichkeiten für eine Überflutung der Anlage bei Flusstandorten Hochwasserzustände sowie das Versagen von Staustufen zu berücksichtigen.

Ein maximales Hochwasser (Cote Majorée de Sécurité, CMS) wird dabei nach RFS 1.2.e durch den höchsten Wasserstand festgelegt, der sich aus dem mit einer statistischen Zuverlässigkeit von 70 % bestimmten 1000jährigen Hochwasser mit einem Sicherheitszuschlag von 15 % auf die so bestimmte Abflussmenge (Crue fluviale, CF) ergibt oder aus dem Versagen einer vorgelagerten Staustufe in Überlagerung mit einem hundertjährigen Hochwasser (Rupture de Barrage, REB).

In Reaktion auf das Überflutungsereignis in der Anlage Blayais in Jahr 1999 wurden zusätzlich zu berücksichtigende Ereignisse eingeführt. Diese umfassen Beiträge von Starkwinden zu Hochwasserständen von Flüssen (Influence du Vent, IVF), ein Anstieg des Grundwasserspiegels (Remontée de la Nappe Phréatique, NP), ein Versagen von Deichen (Dégradation d'un Ouvrage de Canalisation, DOC), Starkregen- und Dauerregenereignisse (Pluies de Forte Intensité, PFI sowie Pluies Régulières et Continues, PRC), ein Versagen von wasserführenden Komponenten auf der Anlage (Rupture de Circuits et d'Equipements, RCE) sowie ein Auftreten von Flutwellen (Intumescence, INT).

Bei der Überlagerung der verschiedenen zu berücksichtigenden Phänomene wird nach EDF berücksichtigt, ob kausale Zusammenhänge zwischen den Phänomenen bestehen können, ob ihr gemeinsames Eintreten aufgrund von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen zu berücksichtigen ist, wobei jedoch keine quantitativen Werte für noch zu berücksichtigende Wahrscheinlichkeiten bei einer Überlagerung von Ereignissen regulatorisch vorgegeben sind, und ob die zu erwartenden Auswirkungen auf die Anlage eine relevante Gefährdung für die Sicherheit darstellen können.

Zur Berücksichtigung des Einflusses von Starkwinden IVF wird einem 1000jährigen Hochwasser die Wellenhöhe aufgrund von Starkwinden mit einer hundertjährigen Windgeschwindigkeit überlagert. Der mögliche Anstieg des Grundwasserspiegels NP wird insbesondere unter den Bedingungen des Hochwasserereignisses CMS standortspezifisch geprüft. Ein Versagen von Deichen DOC wird sowohl bei Erdbebenereignissen als auch bei Explosionen beispielsweise infolge einer Freisetzung von explosionsfähigem Frachtgut aus Schiffen überprüft. Dabei wird auch eine Degradation der Deiche beispielsweise durch Unterspülung berücksichtigt. Für die Regenereignisse wird als Starkregen PFI ein hundertjähriges Regenereignis zugrunde gelegt, das mit einem durchschnittlichen Wasserstand des Flusses zu überlagern ist. Als Dauerregen PRC wird die über 24 Stunden gemittelte Niederschlagsmenge eines hundertjährigen Regenereignisses angenommen, die mit einem hundertjährigen Hochwasserstand zu überlagern ist. Mit Blick auf interne Überflutungen RCE ist beispielsweise ein Versagen von Kühlwasserleitungen im Maschinenhaus zu berücksichtigen. Ein Auftreten von Flutwellen INT ist beispielsweise durch einen Ausfall von Kühlwasserpumpen oder ein plötzliches Schließen von Durchlässen in der Wasserkraftanlage Fessenheim möglich.

Weiterhin sind mögliche erdbebenbedingte Überflutungen der Anlage zu berücksichtigen, wobei die Auswirkungen des Sicherheitserdbebens SMS, vergleiche Kapitel 5.1.1.1, zugrunde gelegt werden.

### 5.2.1.2 Zu berücksichtigende Überflutungshöhen für die Anlage Fessenheim

Die Errichtung der Anlage Fessenheim erfolgte vor Inkrafttreten der Regel RFS 1.2.e. Die sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude befinden sich auf einer Höhenko- te von 205,5 m NN.

Die Wasserstandshöhe im Rheinseitenkanal GCA wird bestimmt durch die Auftei- lung des Rheinwassers am Standort Kembs. Ein Teil des Rheinwassers wird über den Rheinseitenkanal geleitet, ein anderer Teil in den Verlauf des Rheins. Je nach anstehender Abflussmenge im Rhein werden zwischen 1200 und 1460 m<sup>3</sup>/s in den Rheinseitenkanal geleitet.

Unter den Annahmen der RFS 1.2.e wurde 2001 für das maximale Hochwasser eine Abflussmenge des Rheins von 9090 m<sup>3</sup>/s bestimmt. Durch eine Freisetzung von Wasser aus dem Rheinseitenkanal auf Höhe von Ottmarsheim ist unter diesen An- nahmen ein maximales Hochwasser CMS in der Umgebung der Anlage, jedoch außerhalb eines Schutzdeichs der Anlage, von 206,26 m NN zu erwarten. Das ma-ximale Hochwasser CMS im Einlaufkanal auf Höhe der Pumpstation wird mit 215,89 m NN angegeben.

Auf der Basis eines Versagens von rheinaufwärts gelegenen Staustufen REB sind keine höheren Wasserstände auf Höhe der Anlage zu erwarten.

Für die Überlagerung eines Hochwasserereignisses mit Starkwinden IVF wurde im Einlaufkanal eine erreichbare Wasserhöhe von 216,09 m NN bestimmt. Ein Anstieg des Grundwasserspiegels NP im Zusammenhang mit einem Hochwasserereignis führt nach Angaben des Betreibers zu einem Anheben des Grundwasserspiegels auf ein Niveau von 205,5 m NN auf dem Anlagengelände. Das zu betrachtende Starkregenereignis PFI führt über eine Dauer von 10 Minuten zu einem Nieder- schlag von 2,70 mm pro Minute, für das Dauerregenereignis PRC werden 150 mm Niederschlag über 24 Stunden ausgewiesen. Hinsichtlich einer Flutwelle INT geht der Betreiber von einem maximalen Wasserstand im Bereich flussaufwärts des Wasserkraftwerks Fessenheim von 216,81 m NN aus. Durch einen Bruch des Kühl- wassersystems im Maschinenhaus (Ereignis RCE) wird bei einem angenommenen Durchsatz von zwei Kühlmittelpumpen CRF von 47,5 m<sup>3</sup>/s und einer Verzögerung von 70 s bis zum Verschließen der Leitung eine freigesetzte Wassermenge von 5110 m<sup>3</sup> bestimmt, die in das Maschinenhaus freigesetzt wird.

Als Folge eines Erdbebenereignisses wird das Versagen von Behältern auf dem Anlagengelände unterstellt, die nicht gegen das Sicherheitserdbeben SMS ausge- legt sind. Dies führt zu einer Freisetzung von bis zu 5060 m<sup>3</sup> auf das Anlagengelän- de. Dabei wird die Freisetzung des gesamten Inventars der einzeln stehenden Be- hälter und des halben Inventars von gemeinsam stehenden Behältern angenom- men.

Die Möglichkeit einer Undichtigkeit von Deichen sieht der Betreiber beispielweise im Falle von Erdbeben als gegeben an. Als ungünstigstes Szenario hat der Betreiber dabei eine Freisetzung von  $7,1 \text{ m}^3/\text{s}$  über eine Länge des Deichs von 7 km bestimmt.

### 5.2.1.3 Schutz sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen

Als sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen, deren Verfügbarkeit im Fall eines Hochwassers sichergestellt sein muss, führt der Betreiber unter anderem die folgenden Systeme auf:

- Notstromversorgung LHG
- Frischdampfableseventile VCD-a
- Notspeisesystem ASG
- Kühlwasserreserven SER (zur Ergänzung der Notspeisewasserreserven ASG)
- Volumenregelsystem RCV
- Flutbehälter PTR
- Nachkühlsystem RRA
- Nachkühlkette RRI und SEB
- Filtersystem im Kühlwassersystem CRF
- Brennelementbeckenkühlsystem PTR
- Sicherheitseinspeisesystem RIS
- Containment-Kühlsystem EAS
- Feuerlöschsystem JPI mit Einspeisemöglichkeit in das Brennelementlagerbecken

Der Schutz dieser Einrichtungen wird vom Betreiber zunächst für die gemäß RFS 1.2.e ausgewiesenen Hochwasserstände CMS diskutiert, darüber hinaus werden mögliche Auswirkungen der zusätzlich in Betracht zu ziehenden Ereignisse aufgeführt.

Da sich unter der Annahme des maximalen Hochwassers CMS in der Umgebung des Standorts Fessenheim ein Wasserstand von 206,26 m ergibt, welcher oberhalb der Bodenplatte der Gebäude auf dem Anlagengelände in Höhe von 205,5 m liegt, ist der Standort Fessenheim im Süden und Osten mit einem zusätzlichen Schutzwall (talus de protection) umgeben, der eine Höhe von bis zu 206,75 m abhängig vom berechneten Wasserstand aufweist. Damit soll ein Eindringen von Wasser auf das Anlagengelände verhindert werden. Aufgrund von Undichtigkeiten dennoch eindringende Wassermengen sollen durch ein Entwässerungssystem SEO mit automatischen Pumpen vom Anlagengelände entfernt werden. Damit sollen sich keine Auswirkungen des Hochwassers auf die Einrichtungen auf dem Anlagengelände ergeben.

Hinsichtlich der Kühlwasserversorgung stellt der Betreiber für das maximale Hochwasser CMS fest, dass das Nebenkühlwassersystem SEB nicht über aktive Komponenten verfügt, die durch ein Hochwasser beeinträchtigt werden könnten. Bei den Reinigungspumpen des Filtersystems in der Kühlwasserversorgung CRF besteht nach Angaben des Betreibers eine Ausfallmöglichkeit. Diese können ab einem Wasserstand von 215,95 m NN im Rheinseitenkanal überflutet werden, der jedoch bei dem maximalen Hochwasser CMS mit 215,89 m NN nicht erreicht wird. Allerdings werden die Abwasserkanäle der Filterreinigung, die sich auf 215,05 und 215,11 m NN befinden, bei diesen Bedingungen überflutet und sind damit vorübergehend nicht verfügbar. Daher werden bei einem derartigen Wasserstand die Kühlmittelpumpen des CRF-Systems (mit einem Durchsatz von ca. 20 m<sup>3</sup>/s) abgeschaltet. Die Wasserentnahme reduziert sich damit auf die zur Versorgung des Nebenkühlwassersystems notwendigen Mengen (ca. 1,3 m<sup>3</sup>/s). Zusätzlich wird eine verstärkte Überwachung der Filtersysteme ausgelöst. Aufgrund der großen Einlauffläche sieht der Betreiber nach Abschaltung der Kühlwasserpumpen die Versorgung des Nebenkühlwassersystems auch bei einem vorübergehenden Ausfall der Filterreinigung aufgrund des geringeren Wasserbedarfs als gesichert an.

Hinsichtlich der zusätzlich in Betracht zu ziehenden Ereignisse stellt der Betreiber zunächst dar, dass die Gebäude mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen durch zusätzliche Maßnahmen gegen ein Eindringen von Wasser geschützt werden (protection volumétrique, PV). Die Schutzhöhe für die Gebäude wird vom Betreiber mit 205,70 m angegeben.

Gegen ein Starkwindereignis IVF wurde im Jahr 2005 auf dem Damm des Rheinseitenkanals ein zusätzlicher Schutzwall bis zu einer Höhe von 216,50 m errichtet, so dass eine Überflutung des Anlagengeländes bei diesem Ereignis vom Betreiber ausgeschlossen wird.

Ein Eindringen von Wasser in Gebäude mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen aufgrund eines möglichen Anstiegs des Grundwassers NP bis auf 205,50 m wird vom Betreiber aufgrund der vorgenommenen Schutzmaßnahmen (PV und Entwässerungssystem SEO) ausgeschlossen. Lediglich beim Gebäude mit den elektrischen Einrichtungen (bâtiment électrique, BL) sei mit einem Eindringen von Wasser in die Kellerräume zu rechnen, wobei der Betreiber Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage ausschließt, da sich keine sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen in den von einer Überflutung potentiell betroffenen Räumen befinden.

Weder aufgrund einer Flutwelle INT noch aufgrund eines Starkregenereignisses PFI oder eines Dauerregenereignisses PRC erwartet der Betreiber auf dem Anlagengelände anfallende Wassermengen, die eine Gefährdung sicherheitstechnisch wichtiger Anlagenteile nach sich ziehen könnten. Durch die automatische Abschaltung des Kühlwassersystems bei einem Bruch einer Kühlwasserleitung (Ereignis RCE) werden die freigesetzten Wassermengen auch bei diesem Ereignis soweit begrenzt, dass eine Gefährdung sicherheitstechnisch wichtiger Anlagenteile nicht gegeben ist.

Die bei einer Undichtigkeit von Deichen aufgrund eines seismischen Ereignisses freigesetzten Wassermengen führen in der Umgebung der Anlage zu geringeren Wasserständen als bei einem CMS. Die Auswirkungen einer derartigen Wasserfreisetzung werden durch den oben beschriebenen Schutzwall beherrscht.

Die bei einem erdbebenbedingten Versagen von Behältern auf dem Anlagengelände freigesetzten maximalen Wasservolumina können zu einem Wasserstand von 205,51 m NN auf dem Anlagengelände und damit nur zu einem begrenzten Eintrag von Wasser in Gebäude führen, so dass eine Gefährdung von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen von Betreiber ausgeschlossen wird.

#### 5.2.1.4 Potenzielle Auswirkungen von Überflutungsszenarien

Neben der aufgrund der Schutzvorkehrungen der Anlage bereits ausgeschlossenen Möglichkeit einer Überflutung des Anlagengeländes werden vom Betreiber die Auswirkungen der Fälle einer Isolation der Anlage von der Umgebung und eines Verlusts der externen Stromversorgung der Anlage (Manque De Tension Externe, MDTE) analysiert.

Für Hochwasserereignisse verweist der Betreiber zunächst auf ein System der Überwachung und von Alarmstufen. Eine Hochwassersituation mit Auswirkungen auf die Anlage werde mit einer Vorwarnzeit von wenigstens 24 Stunden erkannt. Bereits bei einem Voralarm werden vorbereitende Maßnahmen wie die Inbetriebnahme von notwendigen Systemen und die Bereitstellung mobiler Einrichtungen (Abdichtung von Gebäuden und Schutzwällen) vorgenommen.

Mit Blick auf den Verlust der externen elektrischen Energieversorgung der Anlage MDTE analysiert der Betreiber den Erhalt der Haupt- und Reservenetztransformatoren der Anlage sowie der Verteilerstationen „Muhlbach“ des 400 kV-Netzes (205,3 m NN) und „Wasserkraftwerk Fessenheim“ des 225 kV-Netzes (203,97 m NN). Am Standort „Muhlbach“ ergibt sich unter den Bedingungen des CMS ein Wasserstand von 205,85 m NN für eine Dauer von 4 Tagen, am Standort „Wasserkraftwerk Fessenheim“ ein Wasserstand von 204,24 m NN für die Dauer von 1 Tag. Während die Netzanbindung über die Verteilerstation „Muhlbach“ vom Betreiber als ausgefallen angenommen wird, sollen an der Verteilerstation „Wasserkraftwerk Fessenheim“ Schutzmaßnahmen ergriffen werden, die einen Ausfall der Netzanbindung bis zu einem Wasserstand von 204,30 m NN und damit unter den Bedingungen des CMS verhindern. Der Betreiber stellt dar, dass in Vorbereitung auf eine Hochwassersituation die Anlage Fessenheim abgefahren und ihre elektrische Energieversorgung vom 400 kV-Netz auf das 225 kV Reservenetz umgestellt wird.

Weiterhin analysiert der Betreiber die Verfügbarkeit des Eigenbedarfstransformators TS, der sich auf 205,60 m NN befindet, sowie des Reserve-Transformators TA auf 205,50 m NN. Für beide Transformatoren geht der Betreiber davon aus, dass erst bei einem Wasserstand von 0,2 m oberhalb des Standorts der Transformatoren ein

Ausfall zu befürchten ist. Während der Eigenbedarfstransformator unter den Bedingungen des CMS nicht direkt beeinträchtigt wird, stellt der Betreiber fest, dass die von ihm versorgten Schienen sich in Kellerräumen des Gebäudes BAS befinden, die aufgrund des mit dem CMS verbundenen Anstiegs des Grundwasserspiegels NP überflutet werden. Nach Aussagen des Betreibers steht daher unter den Bedingungen des CMS neben dem Hauptnetzanschluss auch die Eigenbedarfsversorgung nicht zur Verfügung.

Der Reserve-Transformator TA und die von ihm versorgten Schienen werden dagegen als verfügbar angesehen. Ein Ausfall der gesamten externen elektrischen Energieversorgung der Anlage Fessenheim unter den Bedingungen eines CMS wird daher vom Betreiber nicht unterstellt.

Eine Isolation des Anlagengeländes von der Umgebung wird vom Betreiber für die Fälle eines 1000jährigen Hochwassers sowie eines seismisch bedingten partiellen Versagens der Deiche des Rheinseitenkanals für einen Zeitraum von 4,5 Tagen unterstellt. Der Betreiber gibt an, dass innerhalb einer Vorbereitungszeit von 24 Stunden die Anlage in einen Zustand überführt werden kann, in dem sie eine Isolation von der Umgebung für diesen Zeitraum überstehen kann. Die Isolation der Anlage führt zu einem Verlust der externen Kommunikationsmöglichkeiten. Auch ein Transport von Treibstoffvorräten auf das Anlagengelände ist unter diesen Bedingungen nicht möglich, siehe (EDF 2011), S. 3-43/54.

#### 5.2.1.5 Sicherheitsreserven gegenüber einer Überflutung der Anlage

Auf Basis der bisher dargestellten Überlegungen weist der Betreiber Sicherheitsreserven gegenüber der Überflutung sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen der Anlage aus und analysiert die potenziell denkbaren Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage bei höheren als den bisher ausgewiesenen Einwirkungen. Dabei unterscheidet er die Möglichkeiten eines Verlusts der Kühlwasserversorgung (Szenario H1, vergleiche auch Kapitel 5.5.1), des Verlusts der externen Energieversorgung (MDTE, siehe oben und Kapitel 5.4.1) und des Verlust der externen und internen elektrischen Energieversorgung (Szenario H3, vergleiche auch Kapitel 5.4.1) für die verschiedenen auslegungsgemäß zu unterstellenden und zusätzlich zu berücksichtigenden Ereignisse.

Für das maximale Hochwasser CMS weist der Betreiber einen Abstand von 0,21 m zwischen dem maximalen Hochwasserstand in der Umgebung der Anlage und der Höhe des Schutzdeichs der Anlage an der ungünstigsten Stelle aus. Für den Verlust der langfristigen Verfügbarkeit des Filtersystems des Kühlwassereinflaßes durch eine Überflutung der Motorpumpen des Reinigungssystems weist der Betreiber einen Sicherheitsabstand von 0,06 m zwischen dem maximalen Hochwasserstand im Einlaufbauwerk von 215,89 m und dem Überflutungsniveau der Motorpumpen von 215,95 m aus.



Für die Überlagerung eines Hochwasserereignisses mit Starkwinden IVF weist der Betreiber einen Abstand von 0,41 m zwischen der maximal erreichbaren Wasserhöhe im Einlaufkanal und der Schutzmauer auf dem Deich des Einlaufbauwerks aus.

Für den Anstieg des Grundwasserspiegels NP im Zusammenhang mit einem Hochwasserereignis weist der Betreiber einen Abstand von 0,2 m zwischen dem Wasserstand auf dem Anlagengelände und der Schutzhöhe der Gebäude PV aus. Für die auf dem Anlagengelände befindlichen Transformatoren TA (Reservenetz) und TS (Eigenbedarf) gibt der Betreiber noch eine Sicherheitsmarge von 0,1 m für den Transformator TS an, keine Sicherheitsmarge besteht dagegen für den Transformator TA.

Bezüglich der auf dem Anlagengelände auftretenden Überflutung im Falle einer Flutwelle INT sieht der Betreiber Sicherheitsreserven von 0,07 m hinsichtlich der Überflutung des Transformators TA, von 0,17 m hinsichtlich des Transformators TS und von mehr als 0,2 m hinsichtlich der sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude.

Bei einer Undichtigkeit von Deichen aufgrund eines seismischen Ereignisses weist der Betreiber einen Abstand von 0,25 m zwischen dem maximalen Hochwasserstand in der Umgebung der Anlage und der Höhe des Schutzdeichs der Anlage aus.

Das Volumen der durch ein Versagen der Rohrleitungen des Kühlwassersystems freigesetzten Wassermengen von 5110 m<sup>3</sup> wäre um 90 m<sup>3</sup> geringer als die vorhandenen freien Volumina zur Aufnahme von Wasser von 5200 m<sup>3</sup>.

Für die durch ein Versagen von Behältern im Falle eines Sicherheitserdbebens freigesetzten Wassermengen nimmt der Betreiber zwar einen Eintrag von Wasser in sicherheitstechnisch wichtige Gebäude an, aufgrund der begrenzten Wassermengen sieht er jedoch keine damit verbundene Gefährdung sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen. Auch der Reserve-Transformator TA wird in diesem Fall überflutet, bezüglich des Transformators TS weist der Betreiber noch eine Sicherheitsreserve von 0,09 m aus.

Die verschiedenen Sicherheitsreserven sind in der folgenden Abbildung des Betreibers zusammenfassend dargestellt.

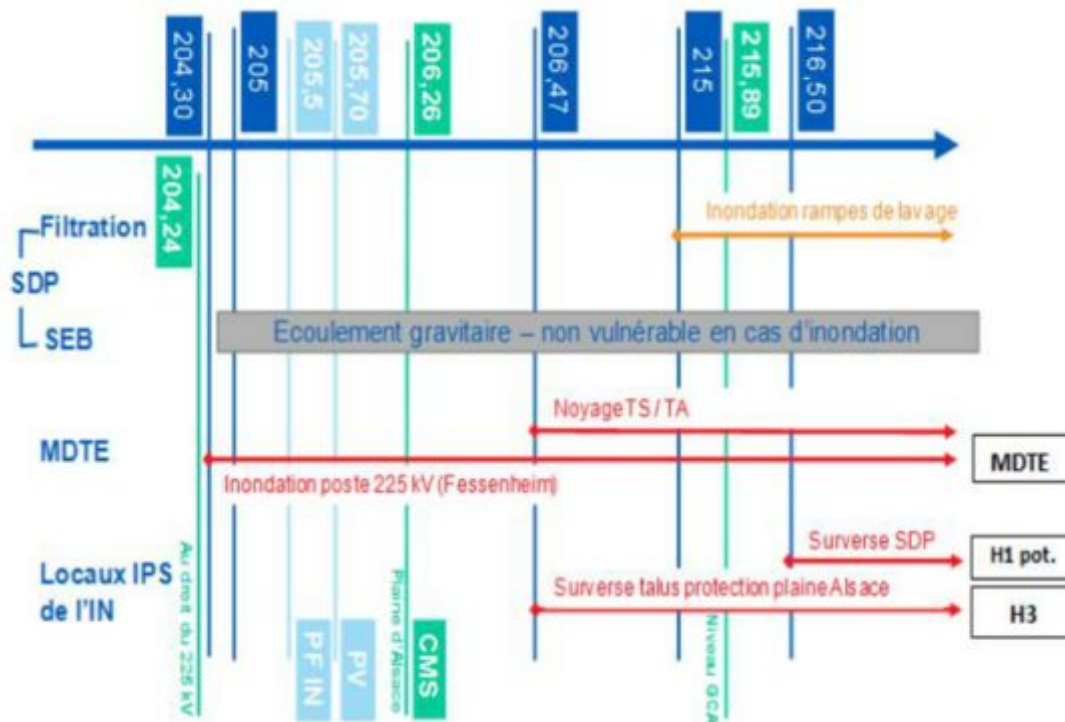


Abb. 5.4: Darstellung der Sicherheitsreserven der Anlage Fessenheim in Hinblick auf verschiedene in Betracht zu ziehende Überflutungsszenarien nach (EDF 2011).

Bezüglich der potenziell denkbaren Auswirkungen eines Hochwassers sieht der Betreiber aufgrund des rein passiven Nebenkühlwassersystems SEB auch bei höheren Wasserständen keine Gefahr eines Verlusts des Nebenkühlwassers (Szenario H1). Erst bei Wasserständen oberhalb von 216,50 m NN würde der Schutzdamm auf dem Deich des Einlaufbauwerks und damit die Pumpstation überschwemmt.

Ein Verlust der externen Stromversorgung (Szenario MDTE) ist nach Aussagen des Betreibers nur dann zu befürchten, wenn es zu einer Überflutung des Anlagengeländes aufgrund von Wasserständen höher als dem Schutzdeich der Anlage kommt (0,21 m Sicherheitsreserve), oder wenn durch interne Ereignisse wie dem Versagen von Behältern ein Wasserstand von 205,7 m auf dem Anlagengelände überschritten wird. Für diesen Fall ist ein Versagen sowohl des Transformators TS wie auch des Transformators TA nicht auszuschließen.

Der vollständige Verlust der elektrischen Energieversorgung (Szenario H3) ist nach Aussage des Betreibers nur dann möglich, wenn es zu einem Eindringen von Wasser in die sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude kommt. Dies ist grundsätzlich ab einem Wasserstand auf dem Anlagengelände von 205,47 m NN (EDF 2011), S. 3-44/54, möglich. Besteht eine ausreichende Vorbereitungszeit aufgrund von Voralarmen ist aufgrund der dann genutzten mobilen Hochwasserschutzeinrichtungen PV ein Eindringen von Wasser erst ab 205,7 m möglich. Die Notstromdiesel der Anlage

Fessenheim befinden sich auf Höhe der Bodenplatten der Gebäude von 205,50 m. Ein vollständiger Verlust der Notstromversorgung ist nach Aussagen des Betreibers nur in sehr unwahrscheinlichen Fällen zu erwarten, die im Rahmen der Auslegung nicht zu betrachten sind.

#### 5.2.1.6 Analyse auslegungsüberschreitender Überflutungsszenarien

Der Betreiber hat zur Überprüfung der Sicherheitsreserven unter anderem ein auslegungsüberschreitendes Hochwasser analysiert. Dabei hat er eine maximale Abflussmenge des Rheins von 12.000 m<sup>3</sup>/s angenommen, was einem 30%igen Zuschlag auf die beim CMS bestimmte Abflussmenge entspricht. Die Wiederkehrperiode eines solchen Hochwassers schätzt der Betreiber auf Basis von Expertenschätzungen mit eins in Hunderttausend bis zu eins in einer Million Jahren ab. Für diesen Fall bestimmt der Betreiber maximale Wasserstände in der Umgebung der Anlage von 207,70 m NN. Das maximale Hochwasser CMS im Einlaufkanal auf Höhe der Pumpstation wird mit 216,10 m NN angegeben. Am Standort des Wasserkraftwerks Fessenheim wird ein Wasserstand von 205,5 m NN erreicht. Unter diesen Randbedingungen sieht der Betreiber aufgrund einer Überflutung des Anlagengeländes sowohl den vollständigen Ausfall der Kühlwasserversorgung (Szenario H1), der externen Energieversorgung (MDTE) sowie der gesamten elektrischen Energieversorgung (Szenario H3) als möglich an.

Auch bei einem unterstellten Versagen des Deichs des Rheinseitenkanals, wie aufgrund eines Schreibens der Aufsichtsbehörde ASN vom 08. Juli 2011 vom Betreiber analysiert, kann es zu einem vollständigen Versagen der elektrischen Energieversorgung (Szenario H3) sowie weiteren Ausfällen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen kommen.

Bei einem Versagen von nicht gegen Erdbeben ausgelegten Behältern auf dem Anlagengelände hat der Betreiber als ungünstigstes Szenario auch die vollständige Freisetzung der Behälterinventare untersucht. Diese belaufen sich auf 8560 m<sup>3</sup>. Diese Freisetzung würde zu einem Wasserstand auf dem Anlagengelände von 205,56 m, also einem um 0,04 m höheren Niveau als im oben betrachteten Szenario führen. Eine Gefährdung sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen resultiert nach Darstellung des Betreibers aus diesem Wasserstand nicht (EDF 2011), S. 4-13/14.

Als Maßnahmen für eine Erhöhung der Robustheit der Anlage gegenüber Überflutung schlägt der Betreiber vor, die Notwendigkeit einer Stärkung der Robustheit der Filtrationsanlage des Kühlwassersystems CRF zu analysieren.

Für das mögliche Versagen des Deiches des Rheinseitenkanals schlägt der Betreiber eine Analyse von Versagensszenarien unter realistischen, jedoch auslegungsüberschreitenden Erdbebenannahmen vor, auf deren Basis dann ein maximaler

Hochwasserstand im Bereich der Anlage und die daraus resultierenden Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage abgeleitet werden sollen.

Für ein mögliches auslegungsüberschreitendes Hochwasser schlägt der Betreiber eine Analyse des tatsächlichen Risikos einer auslegungsüberschreitenden Überflutung vor, auf deren Basis gegebenenfalls weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage ergriffen werden sollen.

Hinsichtlich der Bedingungen bei einer Isolation des Anlagengeländes von der Umwelt schlägt der Betreiber die Stärkung der Kommunikationseinrichtungen und den Aufbau einer nationalen schnellen Eingreiftruppe (Force d'Action Rapide du Nucléaire, FARN), vergleiche Kapitel 4.4, vor.

Schließlich schlägt der Betreiber eine vertiefte Analyse des Risikos einer anlageninternen Überflutung durch ein seismisch bedingtes Behälterversagen vor.

## 5.2.2 Bewertung durch die Aufsichtsbehörde

Mit Blick auf die Überflutungsgefahr französischer Kernkraftwerke verweist ASN zunächst auf die in der Folge des Blayais-Ereignisses durchgeführte Überprüfung und Anpassung der Auslegungsbasis der Anlagen und stellt fest, dass die in diesem Zusammenhang geforderten Anpassungen in den französischen Anlagen bis spätestens 2014 umzusetzen sind. Darüber hinaus verlangt ASN eine bessere Überwachung der Maßnahmen gegen ein Eindringen von Wasser in sicherheitstechnisch wichtige Gebäude und eine Erhöhung der in diesem Zusammenhang ausgewiesenen Sicherheitsreserven. Weiterhin verlangt ASN die Fertigstellung der Analysen zum möglichen Verlust der Kühlwasserversorgung durch eine Verstopfung der Kühlwassereinlaufbauwerke.

ASN kündigt die Einführung einer überarbeiteten Regel RFS 1.2.e für das Jahr 2012 an, die die aus dem Blayais-Ereignis abgeleiteten Erkenntnisse formal umsetzen soll.

Hinsichtlich der Einhaltung der gegenwärtigen Auslegungsgrundlagen verweist ASN darauf, dass in einigen Anlagen die Durchführung regelmäßiger Überprüfungen der mobilen Einrichtungen zum Hochwasserschutz noch nicht erfolgt sei und fordert diese von EDF. Die von EDF vorgeschlagenen Maßnahmen zur Behebung noch offener Punkte im Rahmen der Auslegung sieht ASN als zufriedenstellend an und wird von EDF eine kurzfristige Behebung aller noch offenen Aspekte fordern.

Die von EDF analysierten auslegungsüberschreitenden Ereignisse erachtet ASN als im Kontext des EU-Stresstests ausreichend, stellt jedoch im Zusammenhang mit den Dauerregenereignissen fest, dass die von EDF unterstellte Regendauer von 24 Stunden mit Blick auf eine Sättigung der Abwassersysteme nicht ausreichend bemessen ist und fordert den Betreiber zu einer weitergehenden Analyse auf. Die Annahme einer um 30 % erhöhten Abflussrate bei der Betrachtung von auslegungs-

überschreitenden Hochwasserszenarien erachtet ASN zwar als ausreichend, weist jedoch auf bestehende Unsicherheiten in den Analysen insbesondere mit Blick auf das Verhalten von Staustufen hin.

Speziell für den Standort Fessenheim verlangt ASN vom Betreiber eine Analyse bezüglich der Auswirkungen eines Versagens des Damms des Rheinseitenkanals. Die Maßnahmen des Betreibers zur Überwachung des Zustands des Damms betrachtet ASN als ausreichend. Die vom Betreiber vorgeschlagenen erweiterten Untersuchungen bezüglich der seismischen Stabilität des Rheinseitenkanals erachtet ASN als ausreichend und weist darauf hin, dass die in der Folge gesicherter neuer Erkenntnisse zu ergreifenden Maßnahmen sowohl eine Stärkung des Damms als auch eine Verbesserung der Maßnahmen zu Beherrschung resultierender Ereignisse umfassen können.

Mit Blick auf die vom Betreiber vorgeschlagenen Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlagen stellt ASN fest, dass diese in aller Regel nur auf eine bessere Beherrschung der möglichen Konsequenzen einer Überflutung der Anlage (also eines Verlusts der Wärmesenke oder eines Ausfalls der elektrischen Energieversorgung) abzielen. ASN fordert demgegenüber von EDF, Maßnahmen zu prüfen und vorzuschlagen, mit denen das Eintreten derartiger Folgen durch ein Überflutungsszenario bereits im Vorfeld vermieden würde.

Auch im Zusammenhang mit der Beherrschung von Überflutungsereignissen verlangt die ASN für alle Anlagen eine Stärkung der Robustheit, die durch einen „Hardened Safety Core“ von Einrichtungen realisiert werden soll. Diese Einrichtungen sollen gegenüber bislang als auslegungsüberschreitend eingestuftem Einwirkungen von außen sowie bei einer unwahrscheinlichen Überlagerung von Ereignissen die Sicherheit der Anlage gewährleisten, vergleiche hierzu Kapitel 4.4.

### 5.2.3 Stellungnahme

Die Bewertung im Rahmen dieser Studie erfolgt auf Basis des in Kapitel 3.1.2 eingeführten Bewertungsmaßstabs.

#### 5.2.3.1 Bisherige Auslegung der Anlage

Die Auslegung der Anlage Fessenheim erfolgte aufgrund von deterministischen Kriterien. Probabilistische Hochwasseranalysen für den Standort Fessenheim liegen nicht vor.

Dem deterministisch bestimmten maximalen Hochwasser liegt ein 1000jähriges Hochwasser zugrunde, auf das für die Auslegung der Anlage Fessenheim ein Zuschlag von 15% in den berücksichtigten Abflussmengen erhoben wird. Es liegen keine Aussagen vor, welcher Überschreitungswahrscheinlichkeit das daraus resultierende Auslegungshochwasser entspricht. Es ist offen, ob dieses Auslegungs-

hochwasser dem Niveau eines 10.000 jährlichen Hochwassers entspricht, da keine probabilistischen Abschätzungen für den Standort Fessenheim vorliegen.

Zur Beherrschung des Auslegungshochwassers wird die Anlage bei Anstehen eines Voralarms abgefahren und auf eine elektrische Versorgung durch das Reservenetz umgestellt. Darüber hinaus bleiben die sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen verfügbar.

Auf eine Bewertung von systemtechnischen Unterschieden in den sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen zur Beherrschung dieses Ereignisses wird an dieser Stelle auf die Stellungnahme in den Kapitel 5.4.3 und 5.5.3 verwiesen.

Hinsichtlich verschiedener im Rahmen der Auslegung zu berücksichtigender Ereignisse geht aus den Darstellungen im Rahmen des EU-Stresstests nicht eindeutig hervor, wie diese im Rahmen der Anlagenauslegung beherrscht werden bzw. welche Folgen sich aus einer Nichtbeherrschung ergeben würden. Die betrifft die folgenden Aspekte.

Bezüglich der Möglichkeit eines Ausfalls der Kühlwasserversorgung der Anlage Fessenheim stellt der Betreiber fest, dass ein vorübergehender Ausfall der Filterreinigung des Kühlwassersystems durch eine Überflutung der Abwasserkanäle des Reinigungssystems nicht ausgeschlossen werden kann. Der Betreiber sieht die Funktion des Nebenkühlwassersystems jedoch nicht gefährdet, da durch eine Abschaltung der Kühlwasserpumpen die benötigten Wassermengen stark reduziert werden und aufgrund der großen Siebflächen eine Verstopfung des Einlaufs des Nebenkühlwassersystems daher nicht zu befürchten sei. Angaben zu nachgewiesenen Karenzzeiten bis zu einer Verstopfung des Filtersystems im Vergleich zu den zu unterstellenden Zeiträumen für einen Ausfall des Reinigungssystems liegen jedoch nicht vor. Damit steht auch die langfristige Verfügbarkeit des Nebenkühlwassersystems in Frage.

Bei den zusätzlich zu berücksichtigenden Ereignissen weist der Betreiber jeweils spezifische vorhandene Reserven aus. Dabei stellt er für ein Starkwindereignis IVF fest, dass der ermittelte Wasserstand im Bereich des Einlaufbauwerks bei 216,05 m NN liegt. Im Zusammenhang mit dem maximalen Hochwasser CMS hat der Betreiber auf die Möglichkeit der Überflutung der Reinigungspumpen des Filtersystems in der Kühlwasserversorgung CRF hingewiesen. Für diese hat er einen maximal zulässigen Wasserstand von 215,95 m NN ausgewiesen. Dieser wird bei dem Starkwindereignis IVF überschritten. Auf mögliche Konsequenzen geht der Betreiber im Zusammenhang mit dem Starkwindereignis IVF jedoch nicht ein. Inwieweit es bei einem Starkwindereignis IVF zu einem dauerhaften Ausfall der Reinigungsanlage des Kühlwassersystems CRF kommen kann, geht aus den uns vorliegenden Unterlagen nicht hervor. Auch für diesen Fall steht damit die langfristige Verfügbarkeit des Nebenkühlwassersystems in Frage.

Bei einem Versagen der Leitungen des Kühlwassersystems droht eine Überflutung sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen. Der Betreiber gibt an, dass dieses Ereignis durch ein Schließen von Isolationsventilen beherrscht wird. Eine Aussage zur Einzelfehlerfestigkeit der Isolationsventile und ihrer Auslegung beispielsweise gegen seismische Einwirkungen liegt in den uns vorliegenden Unterlagen nicht vor.

Für den Fall des auslegungsgemäß zu unterstellenden Hochwassers geht der Betreiber weiterhin davon aus, dass es zu einer Isolation des Anlagengeländes kommen kann. Diese bedeutet einen Verlust der externen Kommunikationsmöglichkeiten sowie der Versorgungsmöglichkeit der Anlage mit Treibstoff für den Betrieb der Notstromdiesel. Dabei geht der Betreiber unter den Bedingungen des Auslegungshochwassers CMS von einer Isolation der Anlage von 4,5 Tagen aus. Die auf der Anlage vorhandenen Betriebsmittel reichen ohne zusätzliche Vorbereitungen nur für einen autarken Betrieb der Anlage für 3 Tage aus. Für die Vorbereitung der Anlage auf einen derartigen Zustand gibt der Betreiber einen Zeitbedarf von 1 Tag an. Inwieweit bei allen zu berücksichtigenden Szenarien eine ausreichende Vorbereitungszeit für die Anlage gegeben ist, kann auf Basis der vorliegenden Unterlagen nicht bewertet werden. Die Aufsichtsbehörde hat im Zusammenhang mit einem postulierten langfristigen Notstromfall bereits die Anforderung gestellt, dass die Anlage in Zukunft für einen autarken Betrieb von wenigstens 14 Tagen ausgerüstet sein muss. Dieser Zeitraum würde auch den für das Auslegungshochwasser postulierten Zeitraum von 4,5 Tagen abdecken, so dass bei einer Umsetzung dieser Forderung eine ausreichende Autarkie auch für eine Hochwassersituation gegeben wäre.

### 5.2.3.2 Vorhandene Reserven

Die vom Betreiber für die verschiedenen auslegungsgemäß zu analysierenden Ereignisse ausgewiesenen Reserven liegen zwischen 0,06 und 0,41 m. Die Signifikanz dieser Reserven kann auf probabilistischer Basis nicht bewertet werden, da keine Angaben zu den für einen derartigen zusätzlichen Wasseranfall notwendigen Abflussmengen und den damit verbundenen Überschreitungswahrscheinlichkeiten vorliegen. Die für die deutschen Anlagen ausgewiesenen Reserven zwischen dem Bemessungshochwasser und einem möglichen Eindringen von Wasser in sicherheitstechnisch relevante Gebäude liegen jedoch typischerweise im Bereich zwischen 0,5 und 1 m, zum Teil werden noch erheblich höhere Schutzhöhen ausgewiesen. Demgegenüber sind die für die Anlage Fessenheim ausgewiesenen Reserven als eher gering einzustufen.

Für den Fall eines Versagens von Kühlwasserleitungen im Maschinenhaus weist der Betreiber Reserven von 90 m<sup>3</sup> aus. Dies entspricht weniger als 2% der bei diesem Ereignis innerhalb von 70 s bis zur Absperrung der Leitungen freigesetzten Wassermenge von 5110 m<sup>3</sup> und würde bei einer Verzögerung der Absperrung der Kühlwasserleitungen von 2 s anfallen. Diese Reserve von 90 m<sup>3</sup> vor dem möglichen Ausfall sicherheitstechnisch relevanter Einrichtungen ist als nicht signifikant anzu-

sehen. Es wurde vom Betreiber nicht spezifiziert, welche sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen bei einer größeren Wasserfreisetzung ins Maschinenhaus beeinträchtigt werden können. Da wesentliche sicherheitstechnische Einrichtungen zur Wärmeabfuhr aus dem Reaktor (Notspeisesystem, primärseitige Kühlsysteme) nicht im Maschinenhaus untergebracht sind, gehen wir aber davon aus, dass auch für den Fall einer größeren Wasserfreisetzung die vitalen Sicherheitsfunktionen der Anlage erhalten bleiben.

Die vom Betreiber bestimmten freigesetzten Wassermengen bei einem durch ein Auslegungserdbeben verursachten Behälterversagen basieren auf der Annahme einer begrenzten Freisetzung nur des halben Volumens von gemeinsam genutzten Behältern. Bereits unter diesen Bedingungen erreicht der Wasserstand auf dem Gelände mit 205,51 m NN ein Niveau, bei dem ein Eindringen von Wasser in die sicherheitstechnisch relevanten Gebäude nicht mehr ausgeschlossen werden kann. Bei Freisetzung des gesamten Behälterinventars ergibt sich ein Wasserstand 6 cm oberhalb der Bodenplatte. Die zusätzlich freigesetzte Menge entspricht in diesem Fall ca. 3500 m<sup>3</sup>. Die Aussagen des Betreibers, dass unter diesen Bedingungen nicht mit einer Beeinträchtigung sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen zu rechnen sei, ist auf Basis der vorliegenden Unterlagen nicht nachvollziehbar. Es werden auch keine Angaben zu zusätzlichen Wasserinventaren gemacht, die in seismisch qualifizierten Behältern gelagert werden, die jedoch ggf. bei auslegungsüberschreitenden Einwirkungen zusätzlich freigesetzt werden könnten.

Der Betreiber hat ein Szenario mit einem Anstieg der Abflussmenge von 30 % analysiert, dessen Wiederkehrperiode der Betreiber auf Basis von Expertenschätzungen mit eins in Hunderttausend bis zu eins in einer Million Jahren abschätzt. Für diesen Fall wird das Anlagengelände überflutet und es ist ein Verlust zentraler sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen (vollständiger Ausfall der Kühlwasserversorgung, der externen Energieversorgung sowie der gesamten elektrischen Energieversorgung) möglich. Der für dieses Szenario bestimmte Wasserstand in der Umgebung der Anlage liegt mit 207,70 m deutlich über dem für das Auslegungshochwasser bestimmten Wasserstand von 206,26 m und auch deutlich über dem Niveau des Schutzwalls von bis zu 206,75 m. Vor diesem Hintergrund muss auch bei deutlich geringeren Abflussmengen bereits mit einer Überflutung des Anlagengeländes gerechnet werden. Auch vor diesem Hintergrund sind die vom Betreiber ausgewiesenen Reserven als gering einzustufen.

Damit ist eine Einhaltung der Kriterien des Level 1 der RSK für die Anlage Fessenheim aufgrund der ausgewiesenen Reserven nicht möglich.



## 5.3 Brennelement-Lagerbecken

### 5.3.1 Darstellung des Betreibers

Jeder Block der Anlage Fessenheim verfügt über ein Brennelement-Lagerbecken, welches sich jeweils in einem eigenen, östlich der Reaktorgebäude befindlichen Lagerbeckengebäude befindet. Die Lagerbeckengebäude sind seismisch qualifiziert, vergleiche Kapitel 5.1. Abgebrannte Brennelemente werden über einen Transferkanal aus dem Reaktorgebäude in das Lagerbeckengebäude überführt. Der Lagerbeckenboden befindet sich auf einer Höhe von 7,5 m über der Bodenplatte des Gebäudes. Die Oberkante der Brennelemente befindet sich auf einer Höhe von 12,06 m, im Normalbetrieb ist das Lagerbecken bis zu einer Höhe von 19,50 m gefüllt, wobei der im Normalbetrieb minimal zulässige Füllstand bei 19,30 m liegt.

Die Kühlung des Lagerbeckens wird vom zweisträngigen Beckenkühlsystem PTR gewährleistet, das die Wärme an das Zwischenkühlwassersystem RRI und das Nebenkühlwassersystem SEB abgibt. Das Beckenkühlsystem ist seismisch qualifiziert und notstromgesichert. Die Ansaugleitung des Beckenkühlsystems PTR ragt bis auf eine Höhe von 15,50 m in das Lagerbecken, eine weitere Becken-Entleerungsleitung bindet bis zum Boden des Lagerbeckens auf einer Höhe von 7,70 m in das Becken ein. Die Leitungen werden dann über das normale Füllstandsniveau des Beckens (oberhalb von 19,30 m) aus dem Becken geführt. Nach der Darstellung des Betreibers in (EDF 2001), N 5-37/49 ist in die bis zum Boden des Lagerbeckens reichende Leitung ein Belüftungsventil eingebunden, das bei einem Abfall des Füllstands im Lagerbecken unter den Normalfüllstand eine Belüftung der Entnahmeleitung sicherstellt und damit ein Auslaufen des Lagerbeckens durch einen Saughebeefferkt vermeidet.

Auslegungsgemäß wird für die Kühlung des Lagerbeckens ein Ausfall der externen elektrischen Energieversorgung unterstellt. Da die Lagerbeckenkühlsysteme notstromgesichert sind, ergibt sich bei diesem Ereignis kein Ausfall der Lagerbeckenkühlung.

Bei einem Verlust der Kühlung des Lagerbeckens, welche durch einen vollständigen Verlust der elektrischen Energieversorgung (vergleiche Kapitel 5.4) oder durch einen Verlust der Wärmesenke (vergleiche Kapitel 5.5) denkbar wäre, würde sich das Kühlmittel im Lagerbecken aufheizen und schließlich verdampfen. Bei einer Temperatur des Kühlmittels im Lagerbecken oberhalb von 45°C hat der Betreiber Maßnahmen zur Absenkung der Kühlmitteltemperatur einzuleiten. Um eine Freilegung von abgebrannten Brennelementen im Lagerbecken zu verhindern, ist eine Nachspeisung von Kühlmittel aus dem Nebenkühlwassersystem SEB oder dem Feuerlöschsystem JPI vorgesehen. Dabei soll der Wasserstand im Lagerbecken immer zwischen 18,70 m und 19,30 m liegen, was einer Überdeckung der Brennelemente von wenigstens 6,60 m entspricht.

Im Nebenkühlwassersystem SEB ist hierfür ein blockgemeinsames Vorratsvolumen von 550 m<sup>3</sup> vorhanden, aus dem mittels zwei blockgemeinsamer Pumpen ein Wiederauffüllen des Lagerbeckens möglich ist. Diese Pumpen des Nebenkühlwassersystems können grundsätzlich von Schienen der Notstromversorgung beider Blöcke versorgt werden. Eine Versorgung aus dem Feuerlöschsystem JPI kann über verschiedene festinstallierte Pumpen erfolgen, wobei über das notstromgesicherte System JPD Wasser aus dem Rheinseitenkanal entnommen und in Vorratsbehälter des Systems JPI eingespeist wird. EDF hat keine Angaben zu den Vorratsmengen in diesem System gemacht.

Ein sich in der Lagerbeckenhalle durch die Verdampfung von Kühlmittel aufbauender Überdruck wird durch ein Öffnen der Lagerbeckenhalle zur Umgebung abgebaut. Dazu ist vom Betriebspersonal bei einer Temperatur von 50°C im Lagerbecken eine Entlüftungsöffnung der Lagerbeckenhalle an die Umgebung zu öffnen. Für eine Einspeisung in das Lagerbecken sind nur Ventile zu bedienen, die sich nicht in der Lagerbeckenhalle befinden. Deren Zugänglichkeit soll auch bei einem Sieden des Lagerbeckens gewährleistet bleiben. Daher wird auch die interne Lüftungsanlage des Gebäudes außer Betrieb genommen, um einen Eintrag von Wasserdampf in andere Gebäudeteile zu verhindern.

Für die Bestimmung der bei Ereignissen zur Verfügung stehenden Karenzzeiten vor einer Freilegung von Brennelementen im Lagerbecken geht der Betreiber von einer maximalen Belegung des Lagerbeckens (vollständige Entladung des Reaktorkerns in das Lagerbecken) aus. Dies entspräche einer Wärmeleistung von 8 MW. Ist der Reaktorkern nicht in das Lagerbecken entladen, fällt maximal eine Wärmelast von 2,2 MW an. Dabei geht der Betreiber davon aus, dass höchstens bei einem Block der Reaktorkern in das Lagerbecken entladen ist, während sich beim anderen Block der Reaktorkern im Reaktordruckbehälter befindet.

Bei einem Ausfall der externen Stromversorgung und der Notstromversorgung in nur einem Block stehen für ein Wiederauffüllen des Lagerbeckens die Reserven des Nebenkühlwassersystems und des Feuerlöschsystems zur Verfügung. Als Maßnahmen des Betriebspersonals sind für diesen Fall vorgesehen: Das Einstellen jeglicher Handhabungsvorgänge von Brennelementen; die Wiederherstellung einer elektrischen Energieversorgung; das Wiederauffüllen des Lagerbeckens prioritär über das Nebenkühlwassersystem SEB, alternativ über das Feuerlöschsystem JPI. Ausgehend von einer Temperatur im Lagerbecken von 50°C fiele der Füllstand im Lagerbecken innerhalb von 12 Stunden um einen Meter ab. Die Reserven des Nebenkühlwassersystems würden für einen Zeitraum von 36 Stunden ausreichen. Eine dauerhafte Bespeisung wäre über das Feuerlöschsystem möglich.

Bei einem vollständigen Ausfall der elektrischen Energieversorgung in beiden Blöcken stehen weder die Pumpen des Nebenkühlwassersystems SEB noch des Feuerlöschsystems JPD zur Verfügung. Für diesen Fall geht der Betreiber von einer Karenzzeit von mindestens zwei Tagen aus, bevor es zu einer Freilegung von

Brennelementen kommt. Befindet sich bei beiden Blöcken der Reaktorkern nicht im Lagerbecken, so stünden aufgrund der geringeren abzuführenden Nachzerfallsleistung mindestens fünf Tage zur Verfügung. Der Betreiber geht davon aus, dass dieser Zeitraum ausreichend ist, um Maßnahmen mit externer Unterstützung umzusetzen. Sofern die blockgemeinsame Gasturbine TAC verfügbar ist, kann mittels dieser die elektrische Energieversorgung einer der Pumpen des Feuerlöschsystems JPD hergestellt werden, was eine Einspeisung in die Lagerbecken beider Blöcke erlauben würde.

Für den Verlust der Wärmesenke geht EDF weiterhin davon aus, dass die Reserven des Nebenkühlwassersystems SEB und des Feuerlöschsystems JPI zur Verfügung stehen. Der Betreiber sieht bei diesem Szenario keine über den Fall des vollständigen Verlusts der elektrischen Energieversorgung hinausgehenden Anforderungen an die Anlage.

EDF sieht vor, für eine Situation mit Ausfall der elektrischen Energieversorgung zu analysieren, ob eine Anreicherung von Wasserstoff im Lagerbeckengebäude aufgrund des Ausfalls der Lüftungssysteme denkbar ist. Weiterhin schlägt EDF zur Stärkung der Robustheit der Anlage die Einführung eines mobilen ultimativen Notfalldiesels vor. Darüber hinaus prüft EDF eine Stärkung der Lagerbeckeninstrumentierung hinsichtlich Temperatur- und Füllstandsmessung.

EDF stellt fest, dass eine Wasserüberdeckung der Brennelemente von mindestens 1,5 m eine ausreichende Abschirmung der von den abgebrannten Brennelementen ausgehenden radioaktiven Strahlung gewährleistet, um Handmaßnahmen im Brennelement-Lagerbeckengebäude ausführen zu können. Durch die Abschirmung der Betonwände sei in angrenzenden Raumbereichen auch bei einem Füllstandsabfall bis zur Oberkante der Brennelemente noch die Durchführbarkeit von Handmaßnahmen gewährleistet. Ein Füllstand von 1,5 m über der Brennelement-Oberkante wird nach Angaben von EDF unter ungünstigsten Umständen frühestens nach 1,5 Tagen erreicht.

Außerhalb des Brennelement-Lagerbeckengebäudes kommt es bei einem Abfallen des Füllstands durch den Skyshine-Effekt zu einer relevanten Ortsdosisleistung. Liegt der Füllstand 50 cm oberhalb der Brennelement-Oberkante schätzt EDF die Ortsdosisleistung in 20 m Abstand von Gebäude mit etwa 1 mSv/h ab, für den Fall eines vollständig entladenen Kerns mit bis zu 3 mSv/h.

### 5.3.2 Bewertung durch die Aufsichtsbehörde

Die Aufsichtsbehörde ASN stellt fest, dass EDF für alle betrachteten Szenarien zum Verlust der Brennelement-Beckenkühlung Karenzzeiten bis zu einer Beschädigung der Brennelemente ausweist, die ausreichend sind, um durch externe Unterstützung Maßnahmen zum Wiederauffüllen des Brennelement-Lagerbeckens durchzuführen.

ASN fordert die kurzfristige Umsetzung von Maßnahmen zur Stärkung der Instrumentierung im Brennelement-Lagerbeckengebäude zur Überwachung von Temperatur, Füllstand und radiologischen Bedingungen im Lagerbecken.

ASN fordert die Umsetzung der vom Betreiber vorgeschlagenen Maßnahmen zur Stärkung der Robustheit der Anlagen im Rahmen der Einführung eines „Hardened Safety Core“ (vergleiche Kapitel 4.4). Dabei ist für die Belange des Brennelement-Lagerbeckens speziell zu berücksichtigen, inwieweit notwendige Handmaßnahmen bzw. Schalthandlungen unter den radiologischen Bedingungen im Lagerbeckengebäude bei einem Absinken des Lagerbeckenfüllstands möglich sind.

Weiterhin stellt ASN fest, dass der Betreiber zwar Szenarien mit einem Verlust der elektrischen Energieversorgung oder der ultimativen Wärmesenke analysiert hat, jedoch keine Aussagen zu anderen möglichen Auswirkungen auslegungsüberschreitender Einwirkungen von außen insbesondere auf die Integrität des Brennelement-Lagerbeckens und der daran anschließenden Systeme vorgelegt hat. Die Aufsichtsbehörde hat daher auch mögliche Auswirkungen einer geometrischen Verformung der Lagerbeckengestelle, eines Absturzes schwerer Lasten, eines Versagens von Anschlussleitungen oder an das Becken anschließenden Barrieren sowie eines Verlusts der Integrität von Türen oder Schützen analysiert.

In diesem Zusammenhang hat die Aufsichtsbehörde Verbesserungsbedarf mit Blick auf eine Entleerung des Brennelement-Lagerbeckens durch ein Versagen der Integrität anschließender Systeme identifiziert. Bei Rohrleitungen, die tief in das Brennelement-Lagerbecken einbinden, fordert die Aufsichtsbehörde eine Vergrößerung des Durchmessers von Belüftungsventilen, die ein Auslaufen des Lagerbeckens durch eine Saughebewirkung verhindern sollen. Außerdem fordert die Aufsichtsbehörde eine Automatisierung der Absperrung der Ansaugleitungen des Brennelementbecken-Kühlsystems.

Speziell für die Anlage Fessenheim hat die Aufsichtsbehörde darüber hinaus festgestellt, dass keine ausreichende räumliche Trennung zwischen dem Bereich der Brennelement-Behälterhandhabung und dem Brennelement-Lagerbecken besteht. Daher fordert ASN von EDF eine Untersuchung, inwieweit durch einen Behälterabsturz eine Gefährdung der Lagerbeckenintegrität resultiert und welche Maßnahmen zum Umgang mit einem derartigen Ereignis vorgesehen werden könnten.

Schließlich hat ASN festgestellt, dass unter anderem für die Anlage Fessenheim die seismischen Margen für den Transferkanal zwischen Reaktorgebäude und Lagerbeckengebäude gering sind. Daher hat ASN den Betreiber EDF aufgefordert, Maßnahmen zur Verhinderung von Brennelementschäden an Brennelementen im Prozess der Handhabung aufzuzeigen sowie einen Verlust von Wasser aus dem Brennelement-Lagerbecken bei einem Versagen des Transferkanals zu begrenzen.

Darüber hinaus betrachtet ASN die von EDF vorgeschlagenen Studien mit Blick auf Möglichkeiten der Wasserstoffbildung im Brennelement-Lagerbeckengebäude als

erforderlich, um die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen wie beispielsweise der Installation passiver autokatalytischer Rekombinatoren im Brennelement-Lagerbeckengebäude beurteilen zu können.

Mit Blick auf radiologische Auswirkungen einer Freilegung von Brennelementen im Lagerbecken fordert ASN den Betreiber auf, weitere Analysen mit Blick auf die Durchführbarkeit von Notfallmaßnahmen bei abgesenktem Füllstand im Lagerbecken durchzuführen.

Schließlich stellt ASN mit Blick auf die Möglichkeit einer Rückhaltung freigesetzter Radioaktivität im Brennelement-Lagerbeckengebäude fest, dass unter den Bedingungen eines siedenden Brennelement-Lagerbeckens mit einem Versagen der Lüftungseinrichtungen zu rechnen sei. Da weiterhin die Struktur des Lagerbeckengebäudes mit einem einfachen Metaldach und einer geringen Wandstärke von etwa 30 cm nicht geeignet sei, einen Einschluss von Radioaktivität unter den Bedingungen einer anhaltenden Dampfbildung und eines damit verbundenen Druckaufbaus zu gewährleisten, stellt ASN fest, dass eine Rückhaltung von Radioaktivität für den Fall einer Freisetzung nicht zu gewährleisten sein. Vor diesem Hintergrund fordert ASN die bereits genannten Maßnahmen zur Reduzierung der Möglichkeit des Eintritts eines solchen Ereignisses.

### 5.3.3 Stellungnahme

Aufgrund der deutlich geringeren Nachwärmeleistung der im Brennelementlagerbecken eingelagerten Brennelemente und des großen Wasservolumens stehen bei einem Verlust der Brennelement-Beckenkühlung im Vergleich zum gerade abgeschalteten Reaktorkern deutlich längere Zeiträume zur Verfügung, bis es zum Sieden des Kühlmittels und zur Freilegung der Brennelemente mit anschließenden Brennelementschäden kommt. Dies gilt auch bei einer Kernvollaussladung in das Lagerbecken. Somit stellt sich die Situation im Hinblick auf Brennelementkühlung im Lagerbecken zeitlich weniger kritisch dar als für den gerade abgeschalteten Reaktorkern. Diese Aussage gilt, sofern keine anhaltenden Wasserverluste aus dem Lagerbecken auftreten. Oberste Priorität kommt daher den Maßnahmen zur Gewährleistung der Beckenintegrität, u.a. bei Einwirkungen von außen, sowie dem Erhalt des Wasserinventars im Becken (Vermeidung von Wasserverlusten infolge von Lecks angrenzender Rohrleitungen) zu.

Bezüglich der Gewährleistung der Integrität des Lagerbeckengebäudes bei Erdbebeneinwirkungen wird an dieser Stelle auf Kapitel 5.1 verwiesen. Bezüglich der Robustheit der Lagerbeckenkühlsysteme gegenüber erhöhten Einwirkungen bei Erdbeben macht EDF in (EDF 2011) keine detaillierteren Angaben.

Im Hinblick auf Wasserverluste aus den Lagerbecken ist auch der Fall zu betrachten, dass eine mit dem Wasserinventar des BE Beckens verbundene, wassergefüllte Rohrleitung leck wird. Sofern die Anschlüsse der einzelnen Systeme im Bereich

des Wasserstands bei Normalbetrieb liegen, ergeben sich keine gravierenden Konsequenzen, da der Füllstandsabfall kurzfristig unterbrochen wird. Binden Rohrleitungen jedoch deutlich unterhalb des Normalwasserstandes in die Lagerbecken ein, könnte es infolge einer Saugheberwirkung selbst dann zum Auslaufen von Beckenwasser kommen, wenn der Hochpunkt der Leitung oberhalb des Beckenwasserspiegels liegt. Die Aufsichtsbehörde fordert als Maßnahmen für ein Versagen anschließender Rohrleitungen die Verbesserung von Belüftungsventilen, um ein Auslaufen des Lagerbeckens zu verhindern, sowie eine Automatisierung der Absperung der einbindenden Leitungen.

Darüber hinaus hat die Aufsichtsbehörde festgestellt, dass für den Bereich des Transferkanals nur geringe seismische Margen vorliegen und vom Betreiber Maßnahmen gegen einen Verlust von Kühlmittel aus dem Brennelement-Lagerbecken bei einem Versagen des Transferkanals gefordert. Auch bei einem Absturz eines Brennelement-Behälters im Bereich des Brennelement-Beckens sieht die Aufsichtsbehörde das Potenzial für einen Kühlmittelverlust aus dem Brennelement-Lagerbecken.

Nur wenn die von der Aufsichtsbehörde ASN identifizierten Schwachstellen bzgl. der Integrität des Brennelement-Lagerbeckens beseitigt werden, kann von einer ausreichenden Robustheit des Brennelement-Lagerbeckens ausgegangen werden.

Im Vergleich zu den derzeit noch im Leistungsbetrieb befindlichen deutschen Anlagen (hier beispielhaft GKN II) stellt sich die aktuelle Auslegung der Lagerbeckenkühlung der Anlage Fessenheim im Hinblick auf den Redundanzgrad zusammengefasst wie folgt dar. Die Anlage Fessenheim verfügt über zwei gegen Erdbeben und Hochwasser ausgelegte Beckenkühlstränge. Für den Fall der Unverfügbarkeit der Beckenkühlstränge sind Einspeisungen in das Lagerbecken aus dem Nebenkühlwassersystem oder dem Feuerlöschsystem vorgeplant.

Die Anlage GKN-II verfügt über drei Beckenkühlstränge. Ein betrieblicher Beckenkühlstrang ist nicht gegen Erdbeben ausgelegt, steht jedoch auch unter Hochwasserbedingungen zur Verfügung. Zwei der drei Beckenkühlstränge sind gegen Erdbebeneinwirkungen ausgelegt. Diesen beiden Beckenkühlsträngen sind zwei der Not- und Nachkühlstränge parallel geschaltet, zur gemeinsamen Nutzung der Wärmetauscher des Not- und Nachkühlsystems. Sie stehen daher bei einer Anforderung des Not- und Nachkühlsystems z. B. bei Kühlmittelverluststörfällen vorübergehend nicht zur Verfügung, können aber im weiteren Störfallverlauf von Hand wieder in Betrieb genommen werden. Darüber hinaus sind auch in der Anlage GKN-II verschiedene Möglichkeiten eine Einspeisung von Kühlmittel in das BE-Lagerbecken, z.B. durch eine Einspeisung aus dem Deionatsystem, vorgeplant.

Im Rahmen der Einrichtung eines „Hardened Safety Core“ hat die französische Aufsichtsbehörde zusätzliche Einspeisemöglichkeiten in das Brennelement-Lagerbecken auch unter Berücksichtigung der radiologischen Bedingungen im Lagerbe-

ckengebäude gefordert. Auch für die deutschen Anlagen sind ergänzende Einspeisemöglichkeiten in das Lagerbecken zur Stärkung der Robustheit der Anlagen vorgesehen.

Insgesamt ergeben sich aus unserer Sicht bzgl. der Möglichkeiten der Lagerbeckenkühlung damit keine signifikanten Unterschiede zwischen den Anlagen.

In den im Rahmen des EU-Stresstests vorgelegten Unterlagen sind keine Aussagen dazu enthalten, ob für die Lagerbecken Nachweise zur Beckenintegrität unter Siedebedingungen vorliegen. Da ein Ausfall der Lagerbeckenkühlung und ein damit verbundenes langanhaltendes Sieden des Lagerbeckenwassers im Rahmen der Auslegung bislang nicht zu unterstellen war, ist davon auszugehen, dass derartige Nachweise bislang nicht geführt werden mussten. Zur Sicherstellung der Robustheit der Lagerbecken auch bei einem langanhaltenden Verlust der Lagerbeckenkühlung wären solche Nachweise jedoch zu fordern.

Die Lagerbecken sind in der Anlage Fessenheim in einem separaten Gebäude untergebracht, in den noch im Leistungsbetrieb befindlichen deutschen DWR Anlagen hingegen innerhalb des Containments im Reaktorgebäude. Dies gewährleistet einen zusätzlichen Schutz gegen mechanische Einwirkungen von außen und bessere Spaltproduktrückhaltung im Falle von Brennelementschäden. Vor diesem Hintergrund stufen wir die Unterbringung der Lagerbecken innerhalb des Containments als sicherheitstechnischen Vorteil der deutschen Anlagen ein.

## **5.4 Elektrische Energieversorgung**

### **5.4.1 Darstellung des Betreibers**

#### **5.4.1.1 Bisherige Auslegung der Anlage**

Die elektrische Energieversorgung der Anlage Fessenheim umfasst einen Hauptnetz- und einen Reservenetzanschluss. Bei einem Verlust der externen Netzanbindung erfolgt weiterhin ein Abfangen der Anlage auf Eigenbedarf, d. h. die elektrische Energieversorgung wird über den Blockgenerator sichergestellt, vgl. Kapitel 4.2. Der Betreiber stellt dar, dass bei einem Verlust der externen Energieversorgung ohne eine physische Beschädigung der Netze eine Wiederherstellung der externen Stromversorgung über lokale oder nationale Netze innerhalb von 2 Stunden vorgesehen ist. Hierzu ist auch eine elektrische Versorgung aus den benachbarten Wasserkraftwerken Fessenheim oder Vogelgrün über die Leitungen des Reservenetzanschlusses möglich. Die beiden Blöcke des Standorts Fessenheim können auf unterschiedlichen Ebenen der elektrischen Energieversorgung eine Blockstützung des einen Blocks durch den zweiten Block realisieren, sofern der Verlust der Stromversorgung nur einen Block betrifft.

Die gegenwärtigen Auslegungsanforderungen verlangen nach Angaben des Betreibers darüber hinaus die Beherrschung des Verlusts der externen Stromversorgung und des Eigenbedarfs in einem Block.

Bei diesem Ereignis kommt es zu einer automatischen Schnellabschaltung des Reaktors, ausgelöst durch die Überwachung von Durchsatz und Drehzahl der Hauptkühlmittelpumpen (HKMP) oder den Spannungsabfall in der elektrischen Energieversorgung. Weiterhin wird automatisch der Start der beiden blockzugehörigen Notstromdiesel ausgelöst, die die sicherheitstechnisch erforderlichen Systeme mit elektrischer Energie versorgen. Für den Start der Notstromdiesel steht eine Druckluftreserve zur Verfügung. Ein Notstromdiesel ist bei diesem Ereignis ausreichend, um die zur Beherrschung erforderlichen Systeme mit elektrischer Energie zu versorgen.

Durch das Absinken des Füllstands der Dampferzeuger aufgrund des Ausfalls der nicht notstromgesicherten betrieblichen Dampferzeugerbespeisung kommt es weiterhin zu einem automatischen Start des Notspeisesystems ASG. Die Frischdampf-abgabe erfolgt über die Frischdampf-abblaseventile VCD-a an die Atmosphäre. Die primärseitige Druckhaltung und die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen sowie die beim Abfahren erforderliche Aufborierung wird über das Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem RCV sichergestellt. Die langfristige Beherrschung dieses Ereignisses erfolgt durch den Übergang auf das Nachkühlsystem RRA, die Nachwärme wird dann über das Zwischenkühlwassersystem RRI und das Nebenkühlwassersystem SEB abgeführt. Dies erfolgt im Anschluss an die sekundärseitige Abkühlung des Primärkreislaufs nach ca. 10 bis 12 Stunden.

Das Ereignis wird durch die Wiederherstellung einer externen Energieversorgung beendet.

Bei einem Verlust der externen Stromversorgung in beiden Blöcken ergeben sich nach Darstellung des Betreibers keine Unterschiede im Ereignisablauf bzw. der Ereignisbeherrschung.

#### 5.4.1.2 Langanhaltender Verlust der externen Stromversorgung sowie des Eigenbedarfs

In einem ersten, die bisherige Auslegung überschreitenden Szenario wird ein langanhaltender Verlust der externen Stromversorgung betrachtet. Dabei wird für dieses Szenario eine Dauer des Verlusts der externen Stromversorgung von 15 Tagen unterstellt. Der Ablauf des Ereignisses entspricht dabei der Darstellung im vorherigen Abschnitt. Bezüglich der langfristigen Beherrschung des Ereignisses stellt der Betreiber dar, dass auf dem Anlagengelände Dieselvorräte für einen Betrieb der Notstromdiesel über 3,5 Tage vorhanden sind. Zur Dieselpreparierung bestehen nationale Verträge, die eine Diesellieferung innerhalb von 1 Tag in Notfällen und innerhalb von 3 Tagen im Normalbetrieb vorsehen. Bezüglich der für den Betrieb der Notstromdiesel benötigten Schmierölvorräte gibt der Betreiber an, dass diese für



3 Tage auf der Anlage vorhanden sind und standortspezifische Verträge zur Lieferung von Schmieröl existieren. Da das Notstromdieselsystem über eine autonome Kühlwasserversorgung verfügt, gibt der Betreiber an, dass die Kühlung der Diesel durch die vorhandenen Kühlwasserreserven über einen Zeitraum von mehr als 15 Tagen gesichert ist.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Personal verweist der Betreiber auf ein Drei-Stufen-Konzept. Auf einer ersten Stufe steht das Personal des Betreibers zur Verfügung, mit welchem das Ereignis beherrscht werden soll. Auf einer zweiten Stufe steht Personal externer Organisationen zur Unterstützung und technischen Hilfeleistung zur Verfügung, die in seltenen Fällen zur Beherrschung dieses Ereignisses herangezogen werden können. Letztlich stünde auf einer dritten Stufe noch eine Notfallorganisation zur Verfügung, die jedoch für das hier betrachtete Szenario nicht erforderlich ist.

Als Maßnahme für eine Erhöhung der Robustheit der Anlage in diesem Szenario schlägt der Betreiber vor, die Zuverlässigkeit des Langzeitbetriebs der Diesel zu erhöhen, indem eine Prozedur entwickelt wird, mit der für jeweils einen von zwei verfügbaren Notstromdieseln eine vorbeugende Abkopplung und ggf. Instandsetzung vorgesehen wird. Weiterhin schlägt der Betreiber vor, eine manuelle Wiederschaltung der dem Reaktorschutz untergeordneten Schutzüberwachungen der Diesel vorzunehmen, um die automatische Abschaltung einer Dieselredundanz zur Verhinderung einer Beschädigung des Diesels und eine anschließende Inspektion und Instandsetzung zu ermöglichen. Dies ist nach Angaben des Betreibers in Fessenheim 1 bereits realisiert.

Schließlich schlägt der Betreiber die Entwicklung von Prozeduren zur Abschaltung einer Dieselredundanz vor, die zur Dieselschonung und zum Erhalt der Treibstoffvorräte dienen soll. Hierzu sollen Kriterien und Wege der technischen Realisierung erarbeitet werden.

#### 5.4.1.3 Verlust der externen Stromversorgung und der Notstromversorgung (H3) eines Blocks

Bei dem als H3 bezeichneten Szenario wird zusätzlich zu den Auslegungsrandbedingungen unterstellt, dass die Notstromversorgung eines Blocks unverfügbar ist.

Dies führt im Unterschied zum Auslegungsfall zum Verlust der notstromgesicherten Hochdruckeinspeisepumpen des RCV, welche im Auslegungsfall die Sperrwasserversorgung der HKMP sowie die Aufborierung des Primärkreises sicherstellen. Nach Angaben des Betreibers ist die Sperrwasserversorgung der HKMP notwendig bei Primärkreistemperaturen oberhalb von 220°C und einem Druck im Primärkreis oberhalb von 45 bar. Durch den Ausfall der Hochdruckeinspeisepumpen drohen ein Versagen der Isolierung der HKMP und damit ein primärseitiger Kühlmittelverlust. Die sekundärseitige Bespeisung der Dampferzeuger ist im Unterschied zum Ausle-

gungsfall nur mit der frischdampfgetriebenen Turboeinspeisepumpe des ASG möglich, die beiden motorgetriebenen Pumpen sind aufgrund des Ausfalls der Notstromversorgung nicht verfügbar. Weiterhin stehen das Nachkühlsystem RRA sowie die Nachkühlkette über RRI und SEB nicht zur Verfügung.

Bei diesem Ereignis ist nach Angaben des Betreibers das kurzfristige Ziel ein Halten der Anlage in einem Zustand, bei dem die Frischdampferzeugung für den Betrieb der Turboeinspeisepumpe des ASG ausreicht und damit eine sekundärseitige Wärmeabfuhr gewährleistet bleibt.

Kurzfristig wird bei diesem Ereignis die elektrische Energieversorgung notwendiger Funktionen über die Batterien gestützt. Der Betreiber gibt für die Batterien eine Kapazität von 1 Stunde an. Eine Verlängerung der Batterielaufzeiten ist nach Angaben des Betreibers durch einen „Energiesparmodus“ möglich, vgl. (EDF 2011), S. 5-17/49. Hierzu ist eine Abschaltung der Schienen LBE, LBF, LNE, LNF vorgesehen.

Zur Beherrschung dieses Ereignisses ist neben der Turboeinspeisepumpe des ASG der Betrieb des frischdampfgetriebenen Turbogenerator LLS notwendig, um die erforderlichen Einrichtungen mit elektrischer Energie zu versorgen und diese auch über die Batterielaufzeiten hinaus zur Verfügung zu stellen. Der Turbogenerator LLS versorgt u. a. die Ansteuerung der Turboeinspeisepumpe ASG und von zwei von drei Frischdampfableseventilen VCD-a. Darüber hinaus ermöglicht er den Betrieb der Drucktestpumpe des RIS (pompe de test RIS), die eine primärseitige Hochdruckeinspeisung zur Aufrechterhaltung der Sperrwasserversorgung und zur Aufborierung des Primärkreislaufs erlaubt. Nach Angaben des Betreibers ist der Betrieb der Turboeinspeisepumpe ASG und des Turbogenerators LLS auch bei einem Verlust der Komponentenkühlung durch den Ausfall der Nachkühlkette RRI und SEB über 24 Stunden möglich.

Bei Verfügbarkeit dieser Einrichtungen droht nach Angaben des Betreibers erst nach mehreren Tagen ein Verlust der sekundärseitigen Kühlung, nachdem die Reserven des Notspeisesystems ASG sowie die verfügbaren Reserven SER zum Auffüllen des Notspeisebehälters ASG erschöpft sind.

Zuvor kann die zusätzliche Gasturbine TAC in Betrieb genommen werden, über die ein Strang des Notstromsystems versorgt werden kann. Diese ist bei dem hier unterstellten Szenario des Ausfalls nur der auslegungsgemäß vorgesehenen Notstromversorgung verfügbar. Damit stehen die Funktionen des RCV und des Nachkühlsystems RRA in einem Strang wieder zur Verfügung. Über die Hochdruckeinspeisepumpen des RCV ist damit eine primärseitige Einspeisung aus dem Flutbehälter PTR möglich, mit dem Nachkühlsystem RRA ist über die Nachkühlkette RRI und SEB eine langfristige Kernkühlung gewährleistet.

Tritt das Ereignis bei einem Anlagenzustand mit geöffnetem Druckbehälter ein, ist eine Wärmeabgabe an die Sekundärseite nicht möglich. In diesem Fall erfolgt die Nachwärmeabfuhr über reine Verdampfungskühlung. Das Kühlmittel im Primärkreis-

lauf wird durch eine passive Einspeisung von Teilinventaren aus dem BE-Becken BK ersetzt. Längerfristig soll eine Einspeisung über die Hochdruckeinspeisepumpe des Nachbarblocks oder durch elektrische Versorgung der Drucktestpumpe durch den Nachbarblock erfolgen. Der Betreiber macht für diesen Fall keine Angaben zur Wiederinbetriebnahme des Nachkühlsystems RRA und der Nachkühlkette über RRI und SEB durch Inbetriebnahme der TAC.

#### 5.4.1.4 Verlust der externen Stromversorgung und der Notstromversorgung in beiden Blöcken

Tritt das Szenario H3 in beiden Blöcken ein, so ergeben sich zwei wesentliche Unterschiede zur Situation H3 in einem Block. Die sekundärseitigen Kühlmittelreserven ASG eines Blocks können mit den Kühlmittelreserven SER aufgefüllt werden, die blockgemeinsam vorhanden sind. Im Falle von H3 in beiden Blöcken reduzieren sich damit die verfügbaren Kühlmittelreserven für die sekundärseitige Wärmeabfuhr. Weiterhin ist die zur primärseitigen Einspeisung notwendige Drucktestpumpe RIS nur einmal in der Anlage vorhanden, ihre Verfügbarkeit ist daher nur für einen Block gegeben.

Der Betreiber schätzt ab, dass ausgehend vom Leistungsbetrieb unter diesen Bedingungen circa 1 Tag Karenzzeit bis zur Kernfreilegung besteht. Ein ungünstigerer Fall läge bei nur teilweise geöffnetem Druckbehälter vor. In diesem Fall sei eine Einspeisung in den Primärkreis nicht möglich, eine Kernfreilegung drohe daher nach ca. 10 Stunden (EDF 2011), S. 5-20/49. Bei vollständig geöffnetem Druckbehälter und dem Verlust der Stromversorgung in beiden Blöcken sei noch eine passive Einspeisung aus dem BE-Becken zur Ergänzung des Primärintentars möglich, eine Kernfreilegung drohe nach einigen Stunden (EDF 2011), S. 5-21/49.

Schließlich hat EDF auch den Verlust der externen Stromversorgung und der Notstromversorgung inklusive TAC und LLS unterstellt. Zusätzlich wird bei diesem Szenario der sofortige Verlust der Turboeinspeisepumpe ASG angenommen. Nach Angaben des Betreibers führt dieses Szenario innerhalb weniger Stunden zur Kernfreilegung.

Für die hier betrachteten Szenarien zum Verlust der elektrischen Energieversorgung hat der Betreiber verschiedene Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage vorgeschlagen.

So sieht EDF das Erstellen von Prozeduren zum Umgang mit einem Szenario H3 für die Gesamtanlage vor.

EDF wird weiterhin die Verfügbarkeit der Turboeinspeisepumpe ASG und des Turbogenerators LLS bei einem Ausfall der Kühlung über 24 Stunden hinaus prüfen. Weiterhin passt EDF seine Prozeduren an, um eine sekundärseitige Druckabsenkung auf ein Niveau zu begrenzen, bei dem die Versorgung der Turboeinspeisepumpe ASG mit Frischdampf für die weitere Einspeisung ausreichend ist.

Ein massives Versagen der Dichtungen der Hauptkühlmittelpumpen wird trotz Verlust der Kühlung und des Sperrwassers im Szenario H3 von EDF nicht befürchtet, EDF schlägt jedoch Untersuchungen zur Sicherheit der Dichtungen der HKMP vor. Weiterhin hat der Betreiber gegenüber ASN zugesagt, eine Prüfung durchzuführen, wie die Drucktestpumpe RIS in einem Szenario H3 der Doppelblockanlage zur Bepfeuerung von beiden Blöcken eingesetzt werden kann.

Als zusätzlich einzuführende Maßnahmen schlägt EDF die Installation eines ultimativen Notfalldiesels DUS vor. Dieser soll innerhalb von 1 Stunde einsetzbar sein und einen autarken Betrieb für 48 Stunden garantieren. Er soll für die Versorgung einer Notstromschiene ausgelegt sein und die erforderliche Leistung zum Betrieb einer motorgetriebenen Notspeisewasserpumpe ASG und einer motorgetriebenen Pumpe zur Einspeisung in den RDB bereitstellen. Weiterhin soll die Leistung ausreichend zur Versorgung der Gebäudeabschlussarmaturen sowie der Belüftung der Warte, des Hilfsanlagegebäudes BAN und des BE-Lagebeckengebäudes BK sein. Der DUS soll darüber hinaus gegen Erdbeben und Überflutung ausgelegt sein. Bis zu dessen Installation sollen vorläufig kleinere Diesel vorgehalten werden, mit denen die Stromversorgung für Leittechnik und Beleuchtung gewährleistet werden kann.

Weiterhin schlägt EDF die Installation einer zusätzlichen motorgetriebenen Pumpe vor, mit der insbesondere bei geöffnetem Druckbehälter der RDB aus dem Flutbehälter PTR aufgefüllt werden kann. Die seismische Qualifizierung dieser Pumpe sei aus Sicht von EDF noch zu prüfen.

Schließlich schlägt EDF vor, die Nutzbarkeit ganzjährig vorhandener Wasservorkommen für die Erhöhung der Reserven des Notspeisesystems ASG und der Flutbehälter PTR zu prüfen.

## 5.4.2 Bewertung durch die Aufsichtsbehörde

### 5.4.2.1 Bisherige Auslegung der Anlage

Die Aufsichtsbehörde ASN bestätigt die Autonomie der französischen Anlagen für einen Verlust der externen Stromversorgung über einen Zeitraum von 3 Tagen.

### 5.4.2.2 Auslegungsüberschreitende Szenarien

Für den Umgang mit den auslegungsüberschreitenden Szenarien eines langanhaltenden Notstromfalls und des Szenarios H3 hat ASN in verschiedenen Bereichen neue Anforderungen an die Anlagen gestellt.

In Reaktion auf die Erkenntnisse aus Fukushima verlangt die ASN die Sicherstellung der Autonomie bzw. einer angemessenen Versorgung der Anlage für 14 Tage, speziell unter Berücksichtigung der Randbedingungen nach Erdbeben oder Überflutung. Sie unterstützt das Erstellen von Notfallprozeduren für auslegungsüberschreitende Szenarien.

Weiterhin fordert ASN eine deutliche Stärkung der Autonomie der Batterien. ASN fordert die Einführung des von EDF vorgeschlagenen DUS-Diesels und bis zur Einführung des DUS-Diesels von kleineren Dieseln. Für die Bespeisung des Primärkreislaufs fordert ASN die kurzfristige Nachrüstung einer motorgetriebenen Pumpe.

Mit Blick auf die Möglichkeit eines Versagens der Dichtungen der HKMP bei einem Ausfall der Sperrwasserversorgung fordert ASN die Einführung von Maßnahmen für diesen Fall.

Die ASN verlangt für die französischen Anlagen die Unabhängigkeit des Betriebs der Notstromdiesel vom Druckluftsystem SAR. So wird in (ASN 2011) S. 68, speziell die Forderung neuer Ventile für eine Unabhängigkeit des zusätzlichen Backup-Diesel vom Druckluftsystem SAR-System aufgestellt.

ASN stellt fest, dass das Auftreten von Cliff-Edge-Effekten bei offenem oder teilweise geöffnetem Primärkreislauf bereits vor einer Verfügbarkeit der FARN, vergleiche Abschnitt 4.4, zu befürchten ist.

ASN stellt weiterhin fest, dass EDF für H3 als Ursachen keine auslegungsüberschreitenden EVA unterstellt hat, die zu kürzeren Versagenszeiten führen oder die Verfügbarkeit der zur Beherrschung eines Szenarios H3 benötigten Einrichtungen gefährden könnten.

Insgesamt resultiert damit die Forderung der ASN nach einem „Hardened Safety Core“ von Einrichtungen, die auch gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen ausgelegt sein sollen. Hierzu zählt die ASN

- einen zusätzlichen (mobilen) Dieselgenerator,
- eine motorgetriebene Pumpe zur Versorgung von BE-Becken und ASG oder PTR aus einer ganzjährig verfügbaren Quelle,
  - entweder einem Grundwasserbrunnen oder einem See.

Für das Wiederauffüllen des primärseitigen Flutbehälters ist dabei auch die Notwendigkeit für die Vorhaltung eines Bor-Vorrats zu überprüfen. Der „Hardened Safety Core“ soll sich durch eine Auslegung gegen schwerere Einwirkungen als bisher unterstellt auszeichnen. Bei einem Rückgriff auf vorhandene Systeme zur Einspeisung (Tanks, Rohrleitungen) wäre für diese daher eine Qualifizierung für noch genauer festzulegende auslegungsüberschreitende Einwirkungen nachzuweisen.

### 5.4.3 Stellungnahme

Die Bewertung im Rahmen dieser Studie erfolgt auf Basis des in Kapitel 3.1.3 eingeführten Bewertungsmaßstabs.

#### 5.4.3.1 Bisherige Auslegung der Anlage

Im Vergleich mit dem von der RSK definierten Basislevel lässt sich für die Anlage Fessenheim zunächst festhalten, dass die betrieblichen Einrichtungen zur Versorgung mit elektrischer Energie entsprechend den in deutschen Anlagen realisierten Einrichtungen vorhanden sind. So sind sowohl ein Hauptnetz- wie ein Reservenetzanschluss vorhanden, die an unterschiedliche Spannungsebenen der externen Netze angebunden sind. Darüber hinaus ist für den Fall des Verlusts der externen Netzanbindung ein Abfangen auf Eigenbedarf vorgesehen.

Mit Blick auf die Einrichtungen zur Notstromversorgung ist als ein wesentlicher Unterschied der Anlage Fessenheim zu der in deutschen Anlagen realisierten Notstromversorgung festzustellen, dass der Redundanzgrad der Notstromversorgung in Fessenheim nur einzelfehlerfest (n+1) ist, nicht jedoch eine gleichzeitige Instandhaltung zulässt, wie dies in deutschen Anlagen durch einen (n+2) Redundanzgrad gewährleistet ist.

Dieser geringere Redundanzgrad der Notstromversorgung wird für bestimmte sicherheitstechnisch erforderliche Funktionen wie zum Beispiel das sekundärseitige Notspeisesystem durch ein von der Notstromversorgung unabhängiges frischdampfgetriebenes System kompensiert, so dass dieses damit einen Redundanzgrad von (n+2) aufweist. Das Notspeisesystem steht jedoch nicht bei allen Anlagenzuständen zur Verfügung. Auch für andere sicherheitstechnisch erforderliche Funktionen, wie beispielsweise für die elektrische Versorgung des Zwischenkühlwassersystems RRI, welches unter anderem zur auslegungsgemäßen Kühlung der Anlage im Stillstand sowie zur langfristigen Komponentenkühlung der sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen erforderlich ist, steht über die (n+1) redundante Notstromversorgung hinaus keine weitere Redundanz zur Verfügung.

Detailliertere weitere Angaben zur Bewertung der Notstromversorgung in der Anlage Fessenheim, wie beispielweise zur funktionellen Unabhängigkeit der beiden Notstromstränge, liegen nicht vor.

Die Anlage Fessenheim verfügt nicht über einen dritten Netzanschluss, jedoch ist eine Blockstützung auf verschiedenen Ebenen der elektrischen Stromversorgung realisiert, die bei einem Verlust der externen und internen elektrischen Energieversorgung in einem der beiden Blöcke des Standorts Fessenheim eine ausreichende Versorgung des Nachbarblocks ermöglichen kann.

Der Betreiber gibt die nachgewiesenen Kapazitäten der Batterien mit 1 Stunde an. Damit sind diese Kapazitäten geringer als die für deutsche Anlagen erforderlichen Kapazitäten von mindestens 2 Stunden. Insbesondere für Anlagenzustände mit geöffnetem Primärkreislauf, bei dem der Turbogenerator LLS zur elektrischen Energieversorgung wichtiger Einrichtungen nicht zur Verfügung steht, ist damit die Verfügbarkeit wichtiger Einrichtungen (Leittechnik, Kommunikation, Beleuchtung etc.)

bei einem Verlust der externen und internen elektrischen Einrichtungen zeitlich stark begrenzt.

Vor dem Hintergrund des geringeren Redundanzgrads der Notstromversorgung und der geringeren Batteriekapazitäten entspricht die Notstromversorgung der Anlage Fessenheim nicht den im Basislevel der RSK ausgewiesenen Kriterien.

#### 5.4.3.2 Zusätzlich vorhandene Reserven

In der Anlage Fessenheim ist eine zusätzliche Gasturbine TAC installiert. Damit verfügt der Standort Fessenheim zwar über eine zur normalen Notstromversorgung diversitäre Notstromanlage. Diese ist jedoch nur einsträngig für beide Blöcke und damit nicht (n+1) redundant aufgebaut. Daneben existiert die Möglichkeit, über die frischdampfgetriebenen Einrichtungen der Turboeinspeisepumpe ASG und des Turbogenerators LLS eine Nachwärmeabfuhr über die Sekundärseite aufrecht zu erhalten. Diese steht jedoch nicht bei allen Anlagenzuständen zur Verfügung. Auch weist der Betreiber keine zusätzlichen Notfallmaßnahmen aus, mit denen innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit eine ausreichende Stromversorgung wiederhergestellt werden kann. So ist beispielsweise keine unabhängige dritte Netzeinspeisung vorhanden.

Die in der Anlage Fessenheim vorhandenen Einrichtungen entsprechen daher nicht den Kriterien des Level 1 der RSK.

Die zusätzliche Gasturbine TAC ist nicht seismisch qualifiziert und nicht gegen zusätzliche seltene Einwirkungen von außen wie einen Flugzeugabsturz ausgelegt. Auch die verfahrenstechnischen Systeme zur Nachwärmeabfuhr wie die frischdampfgetriebene Turboeinspeisepumpe ASG und insbesondere der Notspeisebehälter ASG sind nicht gegen zusätzliche seltene Einwirkungen von außen ausgelegt. Demgegenüber ist die in deutschen Anlagen vorhandene Notstandsdieselsversorgung des elektrischen D2-Netzes erdbebenfest und gegen seltene Einwirkungen von außen ausgelegt und steht als Reserve mit einem Redundanzgrad von (n+2) im Rahmen der Auslegung zur Verfügung.

Die in der Anlage Fessenheim vorhandenen Einrichtungen entsprechen daher auch nicht den Kriterien des Level 2 der RSK.

Für alle noch in Deutschland in Betrieb befindlichen Anlagen hat die RSK die Erfüllung der Kriterien sowohl des Level 1 wie des Level 2 bestätigt.

Mit Blick auf einen langandauernden Notstromfall bestehen auf Basis der Aussagen im EU-Stresstestbericht Unsicherheiten bezüglich der langfristigen Verfügbarkeit von erforderlichen Einrichtungen. So schlägt der Betreiber Änderungen vor, um die Dauerverfügbarkeit der Notstromdiesel zu sichern. Es liegen allerdings keine Angaben zum Dauerbetriebsverhalten der Diesel für einen Zeitraum von mehr als 3 Tagen vor.

Nach Angaben des Betreibers existiert für die Dieselvorräte auf dem Anlagengelände ein zentrales Lager, siehe (EDF 2011), 1-5/10. Detailliertere Angaben zur Lagerung von Vorräten, die die Autarkie der Anlage in einem langanhaltenden Notstromfall sicherstellen sollen, liegen jedoch nicht vor. So liegen keine Angaben vor, ob und in welchem Umfang die Notstromdiesel mit strangzugehörigen Dieselvorräten ausgerüstet sind. Auch macht der Betreiber keine Angaben zum Wiederauffüllen der (strangzugehörigen und standortbezogenen) Dieselvorräte. Zwar stellt der Betreiber fest, dass für die Dieselvorräte nationale Lieferverträge und für Schmieröl anlagen-spezifische Verträge abgeschlossen sind. Detailliertere Angaben zur Erreichbarkeit der Vorratsbehälter bei Zerstörungen der anlageninternen oder externen Infrastruktur insbesondere unter EVA-Randbedingungen liegen jedoch nicht vor.

Damit die vom Betreiber angeführten Reserven für die Beherrschung eines langandauernden Notstromfalls tatsächlich kreditiert werden können, wären weitergehende Aussagen erforderlich, mit denen gezeigt wird, dass auch bei einer Beeinträchtigung der anlageninternen und externen Infrastruktur, wie sie beispielsweise nach Erdbeben oder bei Hochwasser gegeben ist, von einem Erhalt der auf der Anlage vorhandenen Vorräte ebenso ausgegangen werden kann wie von einer durchgängigen Lieferkette von außerhalb der Anlage bis hin zu den sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen.

Der Betreiber verweist im Zusammenhang mit den Szenarien H3 auf eine nachgewiesene Verfügbarkeit der Turboeinspeisepumpe ASG und des Turbogenerators LLS auch bei einer Nichtverfügbarkeit der Nachkühlkette RRI und SEB, welche zur Komponentenkühlung und zur Raumkühlung erforderlich ist. Er macht jedoch keine weitergehenden Aussagen zu den Auswirkungen eines länger andauernden Ausfalls der Kühlkette auf die Gebäudetemperaturen und die Verfügbarkeit weiterer sicherheitstechnisch relevanter Einrichtungen sowie die Erreichbarkeit von Räumen durch das Personal zur Durchführung gegebenenfalls erforderlicher Handmaßnahmen. Bei einem langandauernden Ausfall der Nachkühlkette RRI und SEB ist davon auszugehen, dass verfahrenstechnische Einrichtungen nach einer begrenzten Zeit aufgrund des Ausfalls der Komponentenkühlung versagen. Durch den Ausfall der Gebäudekühlung wären außerdem Handmaßnahmen für Umschaltungen oder Reparaturen dauerhaft nicht möglich. Eine längerfristige Beherrschbarkeit eines derartigen Ereignisses ist unter diesen Bedingungen nicht gegeben.

Zur Erhöhung der Robustheit der Anlage Fessenheim hat der Betreiber eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen, die von der Aufsichtsbehörde ASN zum Teil bereits als neue Anforderungen formuliert wurden. Mit der Einführung der geforderten Einrichtungen eines „Hardened Safety Core“ stünde unter anderem ein zusätzlicher mobiler Diesel zur Verfügung, so dass im Zusammenspiel mit den von der Notstromversorgung unabhängigen Einrichtungen zur Nachwärmeabfuhr die Kriterien des Level 1 der RSK erfüllt würden.



Davon unabhängig ergäbe sich durch die bisher geplanten Verbesserungen keine Änderung mit Blick auf die Kriterien des Basislevels (insbesondere hinsichtlich des Redundanzgrads der Notstromversorgung) oder des Level 2 (insbesondere hinsichtlich des Redundanzgrads der diversitären Notstromversorgung).

Die für die Erhöhung der Robustheit der elektrischen Energieversorgung der Anlage Fessenheim geplanten Maßnahmen sind vergleichbar zu den für die deutschen Anlagen geplanten Maßnahmen. Auch in deutschen Anlagen ist eine Stärkung der Autarkie der Anlagen für einen Zeitraum von 10 Stunden und die Einrichtung mobiler Dieselaggregate vorgesehen mit dem Ziel, innerhalb von 10 Stunden die elektrische Energieversorgung zum Abfahren der Anlage und zur Wärmeabfuhr sicherzustellen. Bei einer Umsetzung der vorgesehenen Maßnahmen sowohl in den deutschen Anlagen wie in der Anlage Fessenheim verbleiben die bisherigen Unterschiede in der Robustheit der existierenden Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung.

## **5.5 Kühlwasser**

### **5.5.1 Darstellung des Betreibers**

#### **5.5.1.1 Bisherige Auslegung der Anlage**

Die Anlage verfügt über ein Einlaufbauwerk für das Haupt- und Nebenkühlwasser der Anlage. Der Betreiber stellt dar, dass bei der Auslegung der Kühlwasserversorgung des Standorts Fessenheim sowohl das Auftreten tiefer Temperaturen als auch die Möglichkeit einer Verstopfung der Kühlwasserentnahme beispielsweise durch Treibgut berücksichtigt wurden.

Im Rahmen der Auslegung ist ein unterstellter Verlust der Kühlwasserversorgung für einen Block zu beherrschen (Szenario H1). Der Verlust der Kühlwasserversorgung führt zu einem Ausfall der Kühlfunktion des Nebenkühlwassersystems SEB und damit auch des Zwischenkühlwassersystems RRI, des Nachkühlsystems RRA, des BE-Beckenkühlsystems PTR sowie des Containment-Sprühsystems EAS.

Die Beherrschung dieses Ereignisses wird durch sekundärseitige Wärmeabfuhr mit dem Notspeisesystem ASG sichergestellt. Dabei stehen sowohl die Kühlmittelreserven des Notspeisesystems ASG sowie die Reserven SER zur Verfügung. Die Frischdampfabgabe erfolgt über die Frischdampfabblassventile VCD-a an die Atmosphäre. Die Sicherstellung der Primärkreisintegrität durch Aufrechterhaltung der Sperrwasserversorgung erfolgt durch das Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem RCV. Dies stellt auch die primärseitige Kühlmittelergänzung und das Aufborieren des Primärkreislaufs bei einem Abfahren der Anlage sicher. Der Betrieb einer Hochdruckeinspeisepumpe wird dabei aufgrund der Kühlung durch das Flutbehälterinventar PTR (Komponentenkühlung) als sichergestellt angesehen.

Ziel ist ein Halten der Anlage bei einer Primärkreistemperatur von 180°C und einem Druck von 27 bar, so dass der Betrieb des RCV nicht länger benötigt wird.

Der Betreiber gibt an, dass der Betrieb der Turboeinspeisepumpe ASG und des Turbogenerators LLS bei Ausfall der Kühlung inklusive des Lüftungssystems für einen Zeitraum von bis zu 24 Stunden nachgewiesen ist.

Tritt das Ereignis bei geöffnetem Primärkreislauf auf, wird die Wärmeabfuhr durch Verdampfungskühlung aus dem Primärkreislauf beziehungsweise dem Brennelementlagerbecken sichergestellt. Die Ergänzung des verdampften Kühlmittels erfolgt mit den Vorräten aus dem Flutbehälter PTR. Die langfristige Integrität des Sicherheitsbehälters kann in diesem Fall durch die Möglichkeit der gefilterten Druckentlastung U5 sichergestellt werden (EDF 2011), S. 5-31/49.

Der Betreiber gibt für dieses Szenario eine Karenzzeit von mehreren Tagen an.

#### 5.5.1.2 Unterstellter Verlust der Kühlwasserversorgung für beide Blöcke

Als ein erstes Szenario mit Randbedingungen jenseits der bisherigen Auslegung diskutiert der Betreiber den gleichzeitigen Verlust der Kühlwasserversorgung für beide Anlagen.

Die grundsätzliche Beherrschung des Ereignisses unterscheidet sich dabei nicht vom in der Auslegung zugrunde gelegten Fall. Es ergibt sich jedoch ein Unterschied bezüglich der ausgewiesenen Karenzzeiten, da die zur sekundärseitigen Wärmeabfuhr zur Verfügung stehenden Kühlmittelreserven SER nun für beide Blöcke genutzt werden müssen. Der Betreiber weist für dieses Szenario eine Karenzzeit von circa 1 Tag bei minimalem Wasserstand der Reserven SER aus, realistisch seien die vorhandenen Reserven jedoch für circa 2 Tage ausreichend.

Zur Stärkung der Robustheit der Anlage bei einem solchen Ereignis schlägt der Betreiber die Erhöhung der vorgeschriebenen minimalen Wasserreserven SER vor, um die daraus resultierenden Karenzzeiten für die sekundärseitige Nachwärmeabfuhr zu erhöhen.

#### 5.5.1.3 Überlagerung der Szenarien H1 und H3

Weiterhin diskutiert der Betreiber eine Überlagerung des Ausfalls der Kühlwasserversorgung (H1) mit einem Ausfall der externen und internen elektrischen Energieversorgung der Anlage (H3). Nach Darstellung des Betreibers ergeben sich dabei keine zusätzlichen Implikationen gegenüber dem alleinigen Szenario H3, da ein Ausfall der elektrischen Energieversorgung unter anderem eine Nichtverfügbarkeit des Zwischenkühlwassersystems RRI nach sich zieht, die wiederum der Situation bei einem Ausfall der Kühlwasserversorgung (H1) entspräche.

Als zusätzliche Randbedingung bei einem erdbebenbedingten Auftreten dieses Szenarios wird vom Betreiber die Nichtverfügbarkeit der zusätzlichen Gasturbine TAC angeführt, was einem vollständigen Verlust der Energieversorgung entspricht. Auch bei einer externen Überflutung in Überlagerung mit dem hier betrachteten Szenario sieht der Betreiber keine zusätzlich zu berücksichtigenden Aspekte.

Für dieses Szenario beruft sich der Betreiber zur Erhöhung der Robustheit der Anlage auf die für das Szenario H3 vorgeschlagenen Maßnahmen.

Dabei schlägt er zusätzlich eine Prüfung vor, gegen welche Einwirkungen eines noch zu definierenden, auslegungsüberschreitenden Hochwassers die entsprechenden Einrichtungen ausgelegt werden sollen.

### 5.5.2 Bewertung durch die Aufsichtsbehörde

ASN stellt fest, dass keine der in Betrieb befindlichen Anlagen eine alternative Wärmesenke aufweist. Nach den Ereignissen in Cruas und Fessenheim im Jahr 2009, bei denen es zu einer Verstopfung der Kühlwassereinlaufbauwerke gekommen war, hatte ASN bereits die Überprüfung aller Nebenkühlwassersysteme der französischen Kernkraftwerke angeordnet. Die Ergebnisse dieser Überprüfung stehen noch aus, werden jedoch für das Jahr 2012 erwartet.

Die Aufsichtsbehörde verweist darauf, dass der Betreiber EDF für verschiedene Szenarien, die zu einem Verlust der Kühlwasserversorgung führen können, Maßnahmen vorgesehen hat. So sind sowohl für besonders tiefe als auch besonders hohe Kühlwassertemperaturen Überwachungsmaßnahmen vorgesehen, die letztlich auch zu einer präventiven Abschaltung der Anlage führen können. Ein Eintrag von Oberflächenverschmutzungen (Ölteppiche, Treibgut) in das Kühlwassersystem werde durch bauliche Vorkehrungen reduziert und werde gegebenenfalls durch die Abschaltung des Hauptkühlwassersystems zur Reduzierung der Ansaugmengen ergänzt. Eine Verstopfung des Nebenkühlwassersystems werde insbesondere durch gestaffelt aufgebaute Filtersysteme verhindert. Dennoch werde durch den Betreiber EDF gegenwärtig eine detaillierte Überprüfung aller Wärmesenken vorgenommen.

Nach Angaben von ASN sind die französischen Anlagen bei einem Verlust der Hauptwärmesenke in einem Block für eine Autonomie von mindestens 100 Stunden ausgelegt, siehe (ASN 2011), S. 79.

Darüber hinaus stellt ASN fest, dass EDF für den Fall eines Totalverlusts der Kühlwasserversorgung eines Standorts bei einem kurzfristig auftretenden Ereignis eine Autonomie von wenigstens 60 Stunden anstrebt.

Hinsichtlich der Beherrschung der H1-Szenarien stellt ASN fest, dass von EDF für die langfristige Beherrschung die Verfügbarkeit von Einrichtungen kreditiert wird, deren Komponentenkühlung jedoch nicht mehr sichergestellt ist. Hiervon sind so-

wohl das Volumenregelsystem RCV als auch elektrische und leittechnische Einrichtungen betroffen.

ASN fordert eine Sensitivitätsstudie für die bei einem H1-Szenario benötigten Komponenten beim Ausfall der Komponentenkühlung.

In diesem Zusammenhang stellt ASN weiterhin fest, dass die Notwendigkeit von vor Ort-Maßnahmen bei Ausfall der Kühlung durch den Betreiber hinsichtlich der Durchführbarkeit auch bei hohen Temperaturen zu überprüfen ist.

Schließlich verweist ASN darauf, dass die Auslegung von Einrichtungen zur Beherrschung von H1-Szenarien gegen EVA nicht einheitlich ist. So nimmt EDF beispielsweise Kredit von den Kühlwasserreserven SER, wobei diese nicht seismisch qualifiziert sind.

Zur Erhöhung der Robustheit der Anlagen gegenüber Szenarien mit einem Verlust der Kühlwasserversorgung fordert ASN die Einführung eines „Hardened Safety Core“ von Einrichtungen, vergleiche Kapitel 4.4.

### 5.5.3 Stellungnahme

Die Bewertung im Rahmen dieser Studie erfolgt auf Basis des in Kapitel 3.1.4 eingeführten Bewertungsmaßstabs.

Mit Blick auf die Einrichtungen zur Nebenkühlwasserversorgung ist als ein wesentlicher Unterschied der Anlage Fessenheim zu der in deutschen Anlagen realisierten Nebenkühlwasserversorgung festzustellen, dass der Redundanzgrad der Nachkühlkette (Nebenkühlwassersystem SEB und Zwischenkühlwassersystem RRI) in Fessenheim nur einzelfehlerfest ( $n+1$ ) ist, nicht jedoch eine gleichzeitige Instandhaltung zulässt, wie dies in deutschen Anlagen durch einen ( $n+2$ ) Redundanzgrad gewährleistet ist. Aus den Darstellungen im Rahmen des EU-Stresstests wird nicht eindeutig klar, ob in Bereichen des Neben- und Zwischenkühlwassersystems eine Vermischung durch die gemeinsame Nutzung von passiven Systemteilen (Rohrleitungen) besteht.

Vor dem Hintergrund des geringeren Redundanzgrads der Nachkühlkette der Anlage Fessenheim entspricht diese nicht den im Basislevel der RSK ausgewiesenen Kriterien.

In der Anlage Fessenheim ist die Beherrschung eines Ausfalls der Kühlwasserversorgung für einen Block mithilfe des Notspeisesystems ASG und einer primärseitigen Einspeisung über RCV für einen begrenzten Zeitraum möglich. Die Karenzzeiten schätzt der Betreiber anhand der vorhandenen Kühlmittelreserven mit mehreren Tagen ab, allerdings stellt er fest, dass der Betrieb des Notspeisesystems ASG bei einem Ausfall der Gebäude- und Komponentenkühlung nur für einen Zeitraum von 24 Stunden nachgewiesen ist. Den vorliegenden Unterlagen ist insofern nicht zu

entnehmen, dass durch Notfallmaßnahmen eine dauerhafte Beherrschung eines Ausfalls der Kühlwasserversorgung realisiert werden kann.

Der Betreiber macht keine detaillierten Angaben, wie bei einem Ausfall der Kühlwasserversorgung die zur langfristigen Beherrschung des Ereignisses erforderlichen Systeme gekühlt werden sollen. Die Aufsichtsbehörde ASN hat hierfür bereits eine Sensitivitätsuntersuchung der Komponenten angeordnet.

Da der Betreiber keine Angaben zur langfristigen Beherrschung des Ereignisses über anlageninterne Notfallmaßnahmen macht (Wiederauffüllen Kühlmittelvorräte, Komponentenkühlung etc.), gehen wir davon aus, dass die in der Anlage Fessenheim vorhandenen Einrichtungen nicht den Kriterien des Level 1 der RSK entsprechen.

Als diversitäre Wärmesenke existiert in der Anlage Fessenheim die sekundärseitige Wärmeabfuhr mit dem Notspeisesystem ASG. Dieses weist in seinen aktiven Komponenten eine (n+2) Redundanz vergleichbar zu den in deutschen Anlagen vorhandenen Notspeisesystemen auf. Allerdings greifen alle Stränge des Notspeisesystems ASG auf einen einzigen Notspeisebehälter ASG zu und sind durch die gemeinsame Nutzung von passiven Systemteilen (Rohrleitungen) vermascht.

Für die Nachkühlkette RRI und SEB, welche zur Gebäude- und Komponentenkühlung sowie zur Kühlung der Anlage im Stillstandsbetrieb erforderlich ist, steht keine diversitäre Wärmesenke zur Verfügung.

Die in der Anlage Fessenheim vorhandenen Einrichtungen entsprechen daher auch nicht den Kriterien des Level 2 der RSK.

Für alle noch in Deutschland in Betrieb befindlichen Anlagen hat die RSK die Erfüllung der Kriterien des Level 1 bestätigt. Speziell für die in Baden-Württemberg noch in Betrieb befindlichen Anlagen wurde darüber hinaus auch die Erfüllung des Level 2 festgestellt.

Zur Erhöhung der Robustheit der Anlage Fessenheim hat der Betreiber eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen, die von der Aufsichtsbehörde ASN zum Teil bereits als neue Anforderungen formuliert wurden. Mit der Einführung der geforderten Einrichtung eines „Hardened Safety Core“ stünde unter anderem eine zusätzliche mobile Pumpe zur Verfügung, die aus einem ganzjährig nutzbaren Wasserreservoir eine Ergänzung der sekundärseitigen (Notspeisebehälter ASG) und primärseitigen Wasserreserven (Flutbehälter PTR) ermöglichen soll. Damit wäre eine dauerhafte Wärmeabfuhr aus dem Reaktor über die Sekundärseite (Notspeisesystem) oder bei geöffnetem Primärkreis durch Verdampfungskühlung möglich.

Auch für die deutschen Anlagen ist eine Erhöhung der Robustheit der Nebenkühlwasserversorgung vorgesehen. Dabei wird für alle Anlagen eine eigenständige Nebenkühlwasserversorgung gefordert, die von der auslegungsgemäß vorhandenen Kühlwasserentnahme unabhängig ist, und ausreichend sowohl zur Nachwärmeab-

fuhr wie zur Kühlung erforderlicher Systeme (Diesel) ist. Darüber hinaus soll im Rahmen von Notfallmaßnahmen eine mobile Pumpe zur Einspeisung in das Zwischenkühlwassersystem vorgehalten werden, die auch gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen geschützt ist. Bei einer Umsetzung der vorgesehenen Maßnahmen sowohl in den deutschen Anlagen wie in der Anlage Fessenheim verbleiben die bisherigen Unterschiede in der Robustheit der existierenden Einrichtungen der Nebenkühlwasserversorgung.

## **5.6 Identifikation weiterer sicherheitsrelevanter Schwachstellen**

Ein wichtiges Sicherheitskonzept für die Auslegung kerntechnischer Anlagen ist das Konzept der gestaffelten Sicherheitsebenen. Dies bedeutet, dass Maßnahmen und Einrichtungen vorgesehen sind, die auf einer ersten Sicherheitsebene das Eintreten von Störungen und Störfällen vermeiden, auf einer zweiten Sicherheitsebene eintretende Störungen beherrschen und das Eintreten von Störfällen vermeiden, auf einer dritten Sicherheitsebene Störfälle beherrschen und auf einer vierten Sicherheitsebene die Auswirkungen von sehr seltenen Ereignissen beherrschen, schwere Kernschäden vermeiden (präventive Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes) sowie bei Unfällen mit schweren Kernschäden die Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung so weit wie möglich begrenzen (mitigative Maßnahmen). Die Maßnahmen und Einrichtungen einer Sicherheitsebene sollen dabei soweit wie möglich unabhängig von den Maßnahmen und Einrichtungen der anderen Sicherheitsebenen sein.

Insbesondere für die Einrichtungen der dritten Sicherheitsebene (Sicherheitssystem) existieren verschiedene Auslegungsgrundsätze, die eine hohe Zuverlässigkeit dieser Systeme gewährleisten sollen. Diese umfassen u. a. die Prinzipien der Redundanz und Diversität sowie der Entmaschung und räumlichen Trennung von redundanten Teilsystemen.

Die Anlage Fessenheim verfügt für die Gewährleistung der sekundärseitigen Wärmeabfuhr über ein betriebliches System zur Dampferzeugerbespeisung ANG sowie ein Notspeisesystem ASG. Das Notspeisesystem besteht aus drei Redundanzen, von denen eine Redundanz unabhängig von der Notstromversorgung ist. Alle Notspeisepumpen eines Blocks der Anlage Fessenheim greifen auf einen einzigen Vorratsbehälter, den Notspeisebehälter ASG zurück und sind dadurch miteinander vermascht. Zur räumlichen Trennung der Notspeisepumpen in Fessenheim liegen keine detaillierten Angaben vor. Demgegenüber verfügen die noch in Betrieb befindlichen deutschen Druckwasserreaktoren über ein betriebliches System zur Dampferzeugerbespeisung, ein betriebliches, zweisträngiges An- und Abfahrssystem und ein viersträngiges Notspeisesystem. Die Redundanzen des Notspeisesystems greifen dabei auf strangzugeordnete Notspeisebehälter zu. Die einzelnen Notspeisetysteme sind vollständig räumlich voneinander getrennt und in einem eigenen ver-

bunkerten Gebäude gegen Einwirkungen von außen geschützt. Im Rahmen der anlageninternen Notfallmaßnahmen ist weiterhin unter Nutzung einer auf der Anlage befindlichen mobilen Pumpe eine Prozedur zur sekundärseitigen Druckentlastung und Bespeisung der Dampferzeuger vorgesehen.

Hinsichtlich der Sicherstellung der sekundärseitigen Wärmeabfuhr stellen wir daher fest, dass die Anlage Fessenheim eine erheblich geringere Robustheit mit Blick auf das Konzept der gestaffelten Sicherheitsebenen aufweist als die deutschen Druckwasserreaktoren.

Für die primärseitige Druckabsenkung durch Druckhaltersprühen, die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen, die Aufborierung des Primärkreises und ggf. die Kühlmittelergänzung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Anlagenzuständen bei hohem Druck im Primärkreis verfügt die Anlage Fessenheim nur über das Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem RCV. Dieses System verfügt über drei Hochdruckeinspeisepumpen ISHP pro Block. Alle Hochdruckeinspeisepumpen eines Blocks der Anlage Fessenheim greifen auf einen einzigen Vorratsbehälter, den Flutbehälter PTR zurück und sind dadurch vermascht. Für beide Blöcke gemeinsam ist eine nachgelagerte Drucktestpumpe RIS vorhanden. Demgegenüber verfügen die noch in Betrieb befindlichen deutschen Druckwasserreaktoren über ein betriebliches Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem sowie ein als Sicherheitssystem ausgelegtes viersträngiges Zusatzboriersystem. Zur Kühlmittelergänzung bei Leckstörfällen stehen darüber hinaus die Sicherheitseinpeisepumpen des viersträngigen Not- und Nachkühlsystems zur Verfügung. Ein Versagen der Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen führt in den deutschen Druckwasserreaktoren nicht zu einem Integritätsverlust des Primärkreislaufs.

Hinsichtlich der Sicherstellung einer primärseitigen Einspeisung und Aufborierung unter den Bedingungen eines hohen Drucks im Primärkreislauf stellen wir daher fest, dass die Anlage Fessenheim eine erheblich geringere Robustheit mit Blick auf das Konzept der gestaffelten Sicherheitsebenen aufweist als die deutschen Druckwasserreaktoren.

Im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung der RSK wurden für die deutschen Anlagen auch zivilisatorische Einwirkungen wie ein Flugzeugabsturz auf die Anlage analysiert. Im Rahmen des EU-Stresstests der Anlage Fessenheim wurden solche Szenarien nicht betrachtet. Es liegen daher keine expliziten Aussagen zur Widerstandsfähigkeit der Systeme, Strukturen und Komponenten der Anlage Fessenheim gegen derartige Einwirkungen vor. Allerdings wurde im Zusammenhang mit der seismischen Auslegung der Anlage Fessenheim vom Betreiber festgestellt, dass insbesondere für die zentral wichtigen Vorratsbehälter des Notspeisesystems ASG sowie der Flutbehälter PTR, die sich jeweils in eigenen Gebäuden auf dem Anlagengelände befinden, nur begrenzte Reserven in der Auslegung ausgewiesen werden können. Die Abhängigkeit der zentral wichtigen Sicherheitsfunktionen der sekundärseitigen Wärmeabfuhr und der primärseitigen Kühlmittelergänzung von jeweils nur ei-

nem Vorratsbehälter pro Block bewerten wir vor diesem Hintergrund als eine sicherheitstechnisch besonders relevante Schwachstelle.

Durch die Positionierung der sicherheitstechnischen Systeme am Standort Fessenheim auf einem Niveau weit unterhalb des Rheinseitenkanals, nur durch einen Deich vor diesem geschützt, besteht eine potenzielle Überflutungsgefahr für das gesamte Anlagengelände. Die von ASN geforderten Nachweise zur Erdbebenfestigkeit der Deiche am Standort einschließlich einer Analyse möglicher Auswirkungen bei einem Versagen der Deiche weisen explizit auf diese potenzielle Schwachstelle hin.



## Literaturverzeichnis

- ASN 2011 Autorité de Sûreté Nucléaire: Complementary Safety Assessment of the French Nuclear Power Plants. Report by the French Nuclear Safety Authority. December 2011.
- EDF 2011 Electricite de France: Rapport d'évaluation complémentaire de la sûreté des installations nucléaires au regard de l'accident de Fukushima. 15 September 2011
- ENSREG 2012 Ensreg Nuclear Safety Regulators Group, Stress Test Peer Review Board: Peer Review Country Report – France.
- EU 2012 Council of the European Union: Report of the Ad hoc Group on Nuclear Security. Brüssel, 31.05.2012
- GKN 2011 EnBW Kernkraft GmbH: Sicherheitsüberprüfung europäischer Kernkraftwerke vor dem Hintergrund des schweren Erdbeben und Tsunamis in Japan am 11.03.2011 (Europäische Stresstests). Standortbericht des Betreibers für den Standort Neckarwestheim (GKN) – Abschlussbericht. 2011
- GRS 2012 Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit: Weiterleitungsnachricht „Auswirkungen des Tohoku-Erdbebens an den japanischen Kernkraftwerksstandorten Fukushima Dai-ichi (I) und Dai-ni (II) am 11.03.2011 und des Niigataken Chuetsu-Oki-Erdbebens am japanischen Kernkraftwerksstandort Kashiwazaki-Kariwa am 16.07.2007“. WLN 2012/02, 15.02.2012. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/grs\\_fukushima\\_wln\\_1202.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/grs_fukushima_wln_1202.pdf)
- KTA 2201.1 Kerntechnischer Ausschuss; KTA 2201.1: Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Fassung 2011-11
- KTA 2207 Kerntechnischer Ausschuss; KTA 2207: Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser; Fassung 11/04
- KTA 3701 Kerntechnischer Ausschuss; KTA 3701: Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken; Fassung 6/99
- RSK 2011 Reaktorsicherheitskommission; Stellungnahme: Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan); 16. Mai 2011