www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Sicherheitsstatus des Kernkraftwerks Fessenheim

Aktualisierung der Analyse der Ergebnisse des EU-Stresstests des Kernkraftwerks Fessenheim

Darmstadt,
Dezember 2015

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

Autorinnen und Autoren

Dr. rer. nat. Christoph Pistner
Dipl. Phys. Christian Küppers

Öko-Institut e.V.

Im Auftrag des

Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg
Hausadresse
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin
Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 5

1. Einleitung und Zielsetzung 13

2. Grundsätze des Auslegungskonzepts und die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“ 15

2.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) 15

2.2. Darlegungen des Betreibers 16

2.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde 16

2.4. Auflagen und Nachrüstungen 17

2.4.1. Der „Hardened Safety Core“ und die nationale schnelle Eingreiftruppe (FARN) 18

2.4.2. Stand der Umsetzung und Zeitpläne 20

2.5. Stellungnahme 21

2.5.1. Grundsätze des Auslegungskonzepts 22

2.5.2. Nachrüstungen 23

3. Erdbeben 26

3.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) 26

3.2. Darlegungen des Betreibers 27

3.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde 28

3.4. Auflagen und Nachrüstungen 28

3.5. Stellungnahme 29

4. Überflutung 34

4.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) 34

4.2. Darlegungen des Betreibers 35

4.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde 35

4.4. Auflagen und Nachrüstungen 36

4.5. Stellungnahme 36

5. Brennelement-Lagerbecken 38

5.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) 38

5.2. Darlegungen des Betreibers 38

5.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde 39

5.4. Auflagen und Nachrüstungen 39

5.5. Stellungnahme 40

6. Elektrische Energieversorgung 42

6.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) 42
6.2. Darlegungen des Betreibers 43
6.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde 43
6.4. Auflagen und Nachrüstungen 43
6.5. Stellungnahme 44

7. Kühlwasser 46
7.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) 46
7.2. Darlegungen des Betreibers 47
7.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde 47
7.4. Auflagen und Nachrüstungen 47
7.5. Stellungnahme 47

8. Weitere sicherheitsrelevante Schwachstellen 49
8.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) 49
8.2. Darlegungen des Betreibers 50
8.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde 50
8.4. Auflagen und Nachrüstungen 50
8.5. Stellungnahme 51

Literaturverzeichnis 53

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. Schwerpunkt der anlagenspezifischen Überprüfungen war eine Analyse ausgewählter Sicherheitsaspekte unter Berücksichtigung von Erkenntnissen aus dem Unfallablauf in Fukushima, auch unter Annahmen, die über die bisherigen Auslegungsgrenzen der Anlagen hinausgehen. Auf europäischer Ebene wurde hierzu der sogenannte EU-Stresstest durchführt.

Für Baden-Württemberg sind grenznahe Anlagen von besonderer Bedeutung. In Frankreich zählen hierzu die französischen Druckwasserreaktoren Fessenheim 1 und 2 (Inbetriebnahme 1977), die zu den ältesten Anlagen weltweit gehören. Das Land Baden-Württemberg kann bei schweren Unfällen in den genannten Kernkraftwerken betroffen sein.

Das Öko-Institut hat im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg im Oktober 2012 ein Gutachten vorgelegt (Öko-Institut; PhB 2012), in dem Aussagen zu bislang im Rahmen des EU-Stresstests noch fehlenden oder unzureichend betrachteten Sicherheitsaspekten abgeleitet wurden. Weiterhin wurde anlagenspezifisch Hinweisen auf sicherheitstechnische Schwachstellen nachgegangen. Die Ergebnisse wurden anhand der Themenfelder Erdbeben, Überflutung, Brennelement-Lagerbecken, elektrische Energieversorgung und Kühlwasser sowie weiterer sicherheitsrelevanter Schwachstellen dargestellt. Eine vollumfängliche Überprüfung des Sicherheitsstatus der Anlagen lag außerhalb des Bearbeitungsumfangs dieses Gutachtens und wäre auf Basis der im Rahmen des EU-Stresstests vorliegenden Unterlagen auch nicht möglich.

Ziel des hier vorgelegten Gutachtens ist eine Aktualisierung der Bewertungen der sicherheitstechnischen Schwachstellen der Anlage Fessenheim unter Berücksichtigung der seit Abschluss des EU-Stresstests geplanten bzw. bereits erfolgten sicherheitstechnisch relevanten Nachrüstungen in der Anlage Fessenheim.

Dazu erfolgt eine aktualisierte Bewertung des Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim entsprechend den bereits in (Öko-Institut; PhB 2012) festgelegten Bewertungsmaßstäben, d. h. im Vergleich zum Sicherheitsstatus der noch in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke.

Gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) ist dabei für eine Bewertung des Sicherheitsstatus zunächst eine Berücksichtigung der Grundauslegung der Anlage erforderlich. Die Reaktorsicherheitskommission (RSK) hat in ihrer Sicherheitsüberprüfung für alle deutschen Kernkraftwerke einen „Basislevel“ als Mindestanforderung an die Grundauslegung 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 wurde in (Öko-Institut; PhB 2012) 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 der Anlage Fessenheim erreicht oder gar übertroffen wird.

Schließlich wurden 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.

Dieser Bewertungsmaßstab wird auch im Rahmen des hier vorgelegten Gutachtens zugrunde gelegt.

Eine detaillierte Wiedergabe des Umfangs der erfolgten nationalen und internationalen Überprüfungsprozesse, des daraus abgeleiteten Bewertungsmaßstabs sowie der wesentlichen sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen der deutschen Anlagen sowie der Anlage Fessenheim erfolgt im Rahmen dieses Gutachtens nicht, hierzu wird auf die Darstellungen in (Öko-Institut; PhB 2012) verwiesen. Weder aus Stellungnahmen des Betreibers der Anlage Fessenheim (EDF) noch aus solchen der französischen Aufsichtsbehörde (ASN) haben sich dabei zwischenzeitlich Erkenntnisse ergeben, dass hinsichtlich der Sachstandsdarstellung zur Anlage Fessenheim mit Stand von (Öko-Institut; PhB 2012) relevante weitere Aspekte zu berücksichtigen wären.

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse für die Anlage Fessenheim zusammengefasst. Dabei werden sowohl die bereits in (Öko-Institut; PhB 2012) ausgewiesenen, weiterhin gültigen Aspekte als auch ggf. weitere, im Rahmen dieser Aktualisierung festgestellte Erkenntnisse dargestellt.

Die Anlage Fessenheim unterscheidet sich in ihrem grundsätzlichen Auslegungskonzept von den in Deutschland aktuell noch betriebenen Druckwasserreaktoren. Diese Auslegungsunterschiede können sich ereignisübergreifend bei den verschiedenen untersuchten Themenfeldern auswirken und sind daher von besonderer Bedeutung. Darüber hinaus hat die Aufsichtsbehörde wesentliche Nachrüstungen in Form eines „Hardened Safety Core“ (noyau dur) angeordnet. Da auch diese Einrichtungen ereignisübergreifend von Bedeutung sind, werden sie ebenfalls übergeordnet bewertet. Daran anschließend erfolgt die Darstellung anhand der oben genannten spezifischen Themenfelder.

Grundsätze des Auslegungskonzepts

Das Sicherheitssystem der Anlage Fessenheim ist grundsätzlich zweisträngig (n+1 Redundanzgrad), d. h. einzelfehlerfest ausgelegt. Für bestimmte sicherheitstechnisch erforderliche Funktionen wie zum Beispiel das sekundärseitige Notspeisesystem wird der geringere Redundanzgrad der Notstromversorgung 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. Für bestimmte Sicherheitsfunktionen ist auch eine Stützung durch den benachbarten Block möglich. Damit entspricht die Anlage Fessenheim grundsätzlich internationalen Anforderungen an die Einzelfehlerfestigkeit des Sicherheitssystems.

In den deutschen Kernkraftwerken liegt der Auslegung des Sicherheitssystems das Einzelfehlerkonzept zugrunde. Dabei ist im Anforderungsfall sowohl ein ungünstigst wirkender Einzelfehler als auch eine gleichzeitig mit dem Einzelfehler ungünstigst wirkende Unverfügbarkeit infolge von Instandhaltungsmaßnahmen (vorbeugende Instandhaltungen oder ungeplante Instandsetzungsfälle) zu unterstellen. Daraus resultiert für die deutschen Anlagen grundsätzlich ein (n+2) Redundanzgrad, was über internationale Anforderungen hinausgeht.

Auch unter Berücksichtigung von Instandhaltungsregelungen ist der höhere Redundanzgrad der deutschen Anlagen weiterhin als ein sicherheitstechnischer Vorteil gegenüber der Anlage Fessenheim einzustufen. Dies betrifft vor allem den Redundanzgrad der Nachkühlkette und der Notstromversorgung.

Darüber hinaus greifen alle Stränge des zentral wichtigen Notspeisesystems ASG und des Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystems RCV 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 Redundanten gegeben. Diese Vermaschung ist weiterhin als ein sicherheitstechnischer Nachteil der Anlage Fessenheim einzustufen.

Nachrüstungen

Die in der Anlage Fessenheim erfolgten und geplanten Nachrüstungen sind geeignet, den Sicherheitsstatus der Anlage zu erhöhen.

In den deutschen Druckwasserreaktoren mit der Genehmigung zum Leistungsbetrieb sind im Vergleich zu den im Rahmen der Phase 1 in der Anlage Fessenheim bislang implementierten Nachrüstungen zumindest gleichwertige Nachrüstungen umgesetzt worden. Insbesondere ist in den deutschen Anlagen bereits eine dauerhaft verfügbare diversitäre Kühlwasserversorgung implementiert, deren Fertigstellung für die Anlage Fessenheim erst bis zum 31.12.2018 erforderlich ist.

Langfristig sollen ab ca. 2020 weitere Einrichtungen als Bestandteil des „Hardened Safety Core“ in französischen Anlagen implementiert werden. Ob und wann diese Einrichtungen auch in der Anlage Fessenheim umgesetzt werden, ist bislang nicht festgelegt. Gegenwärtig haben diese Maßnahmen daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Existierende Unterschiede in der Grundauslegung und der Robustheit der ursprünglich vorhandenen Einrichtungen der Anlage Fessenheim im Vergleich zu den deutschen Anlagen werden daher durch die erfolgten Nachrüstungen nicht ausgeglichen.

Erdbeben

Für den Standort Fessenheim liegt keine probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse vor. Demgegenüber sind für alle deutschen Standorte bei der Bestimmung der möglichen Erdbebeneinwirkungen auch probabilistische Untersuchungen durchgeführt und bei der Festlegung des Bemessungserdbebens berücksichtigt worden.

Eine Umsetzung von probabilistischen Erdbebengefährdungsanalysen soll für französische Anlagen grundsätzlich im Rahmen der zukünftigen periodischen Sicherheitsüberprüfungen durchgeführt werden. Es liegen keine Erkenntnisse vor, dass für die Anlage Fessenheim eine frühere Umsetzung geplant ist. Vor diesem Hintergrund wäre frühestens ab ca. 2020 mit entsprechenden Ergebnissen und daraus gegebenenfalls abzuleitenden Nachrüstungen zu rechnen.

Auch unter Berücksichtigung von neueren Aussagen des Betreibers kommen wir weiterhin zur Einschätzung, dass das Sicherheitserdbeben SMS der Anlage Fessenheim etwa eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-4} pro Jahr aufweist – die Anlage im Vergleich zu den deutschen Kernkraftwerken also einen geringeren Sicherheitsstatus aufweist.

Bislang liegen hinsichtlich der in der Anlage Fessenheim vorhanden Reserven keine neueren Erkenntnisse vor. Eine Ausweisung von seismischen Reserven sowie eine geforderte Ertüchtigung der Brandschutzeinrichtungen ist erst für die nächste periodische Sicherheitsüberprüfung vorgesehen. Daher ist frühestens ab ca. 2020 mit neueren Erkenntnissen hinsichtlich der

tatsächlich vorhandenen Robustheit der Anlage Fessenheim sowie ggf. notwendigen Ertüchtigungen zu rechnen.

Unter der Voraussetzung, dass das von der deutschen Reaktor-Sicherheitskommission festgestellte Robustheitspotenzial der deutschen Anlagen von einer Erdbebenintensitätsstufe nachgewiesen wird oder entsprechende Ertüchtigungen durchgeführt werden, sind die für die Anlage Fessenheim benannten Reserven weiterhin als deutlich geringer als diejenigen der deutschen Anlagen einzustufen.

Durch die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ soll eine deutliche Erhöhung der Robustheit gegenüber erdbebenbedingten Einwirkungen erreicht werden. Hierzu ist zunächst festzustellen, dass gemäß der Zeitpläne für die Errichtung des „Hardened Safety Core“ eine substanziell erhöhte Robustheit gegenüber den bisherigen, der Auslegung zugrunde liegenden externen Einwirkungen, erst mit Implementierung der weitergehenden Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ ab ca. 2020 erreicht wird.

Mit den grundsätzlichen Anforderungen an den „Hardened Safety Core“ würde selbst für die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ noch kein der Grundauslegung der deutschen Anlagen gleichwertiges Sicherheitsniveau erreicht. Ungeachtet der grundsätzlichen Anforderungen soll für die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ der Anlage Fessenheim mindestens eine maximalen horizontalen Bodenbeschleunigung von 0,3 g zugrunde gelegt werden. Damit würde sich zumindest gegenüber dem SMS ein Faktor größer 2 in den abtragbaren Beschleunigungen ergeben, was etwa dem für die deutschen Anlagen angestrebten Robustheitsniveau entspräche.

Spezifisch für die Notstromversorgung der Anlage Fessenheim gilt, dass die bisher als Reserve installierte diversitäre Notstromversorgung nicht seismisch qualifiziert ist und daher bereits bei einem Sicherheitserdbeben SMS nicht mehr als Reserve kreditiert werden kann. Im Rahmen des „Hardened Safety Core“ ist im Zeitraum ab ca. 2020 die Installation eines ultimativen Notstromdiesels pro Block vorgesehen. Demgegenüber ist die in deutschen Anlagen bereits heute vorhandene Notspeisedieselversorgung des elektrischen D2-Netzes erdbebenfest ausgelegt und steht als Reserve mit einem Redundanzgrad von (n+2) im Rahmen der Auslegung zur Verfügung.

Überflutung

Aufgrund von neueren Aussagen des Betreibers und der Aufsichtsbehörde kann davon ausgegangen werden, dass die bisherige Auslegung der Anlage Fessenheim zumindest dem Niveau eines 10.000 jährlichen Hochwassers entspricht, also eine den deutschen Kernkraftwerken vergleichbare Grundauslegung aufweist.

Hinsichtlich der verfügbaren Reserven verweist der Betreiber darauf, dass für die französischen Anlagen aktuell mindestens Reserven über 0,2 m ausgewiesen würden. Damit läge der Mindestwert gegenüber den für die Anlage Fessenheim im Rahmen des EU-Stresstests ausgewiesenen Werten von mindestens 0,06 m mittlerweile zwar um über einen Faktor 2 höher, jedoch immer noch signifikant unterhalb den für deutsche Anlagen ausgewiesenen Schutzhöhen im Bereich zwischen 0,5 und 1 m.

Der Betreiber stellt darüber hinaus fest, dass für die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ ein Hochwasser mit einer um 30% erhöhten Abflussmenge zugrunde gelegt werden soll. Die damit erreichbare Reserve mit Blick auf den Hochwasserstand läge in diesem Fall deutlich im Bereich der auch für die deutschen Anlagen ausgewiesenen Schutzhöhen. Den Ausführungen der Aufsichtsbehörde sowie den Festlegungen zum „Hardened Safety Core“ sind diesbezüglich

abschließende Festlegungen nicht zu entnehmen. Mit der Implementierung der weitergehenden Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ ist darüber hinaus erst ab ca. 2020 zu rechnen.

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.

Im Hinblick auf den Erhalt des Wasserinventars im Becken hat die Aufsichtsbehörde die Umsetzung der Maßnahmen gegen einen Wasserverlust aufgrund Saughebewirkung bestätigt. Andere diesbezüglich bereits im Rahmen des EU-Stresstests als offen ausgewiesene Punkte sind demgegenüber weiterhin als offen einzustufen.

Hinsichtlich einer zusätzlichen Instrumentierung des Lagerbeckens wurde die existierende Füllstandsmessung des Lagerbeckens mittlerweile an eine zusätzliche elektrische Versorgungsmöglichkeit angeschlossen. Aufgrund der auch in deutschen Anlagen eingerichteten zusätzlichen elektrischen Versorgungsmöglichkeiten ist eine zusätzliche Versorgungsmöglichkeit der leittechnischen Systeme auch für deutsche Anlagen gegeben.

Die Errichtung weiterer leittechnischer Einrichtungen sowie die Installation von festen Rohrleitungssystemen für die Einspeisung in das Lagerbecken im Zusammenhang mit dem „Hardened Safety Core“ sind erst nach dem Jahr 2019 vorgesehen, die Frist für die Errichtung der diversitären Wasserversorgung ist Ende 2020. Gegenwärtig haben diese Maßnahmen daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Die Lagerbecken sind in der Anlage Fessenheim in einem separaten Gebäude untergebracht, in den noch im Leistungsbetrieb befindlichen deutschen Druckwasserreaktoren hingegen innerhalb des Containments im Reaktorgebäude. Diese Unterbringung gewährleistet einen zusätzlichen Schutz gegen mechanische Einwirkungen von außen und eine bessere Spaltproduktrückhaltung im Falle von Brennelementschäden. Der diesbezügliche Sachstand hat sich nicht verändert. Vor diesem Hintergrund stufen wir die Unterbringung der Lagerbecken im Reaktorgebäude innerhalb des Containments weiterhin als sicherheitstechnischen Vorteil der deutschen Anlagen ein.

Elektrische Energieversorgung

Bezüglich der Grundauslegung der Anlage Fessenheim verbleiben die Unterschiede im Auslegungskonzept, damit entspricht die Anlage weiterhin nicht dem Sicherheitsstatus deutscher Anlagen.

Unverändert gilt für die in deutschen Anlagen vorhandenen Reserven, 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 demgegenüber eine zusätzliche Gasturbine (turbine à combustion, 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 auch 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 weiterhin als deutlich geringer als bei den deutschen Anlagen einzustufen.

Im Rahmen der Nachrüstung des „Hardened Safety Core“ soll darüber hinaus ein weiterer ultimativer Notstromdiesel pro Reaktor errichtet werden. Die Frist für die Errichtung dieses Notstromdiesels ist der 31.12.2018. Die Errichtung wesentlicher weiterer Einrichtungen des „Hardened Safety Core“, die von diesem Notstromdiesel versorgt werden sollen, ist jedoch erst nach dem Jahr 2019 vorgesehen. Gegenwärtig hat diese Maßnahme daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Kühlwasser

Hinsichtlich von Unterschieden im Auslegungskonzept der Kühlwasserversorgung wird an dieser Stelle auf die obigen Ausführungen zu den Grundsätzen des Auslegungskonzepts verwiesen.

Bei einem langandauernden Ausfall der Nachkühlkette 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.

Im Rahmen des EU-Stresstests wurden keine detaillierten Angaben gemacht, wie bei einem Ausfall der Kühlwasserversorgung die zur langfristigen Beherrschung des Ereignisses erforderlichen Systeme gekühlt werden sollen. Die Aufsichtsbehörde hat diese Fragestellung auch im Zusammenhang mit den Anforderungen an die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ wiederholt. Eine entsprechende Umsetzung von Maßnahmen ist erst im Rahmen der weiteren Umsetzung des „Hardened Safety Core“ zu erwarten und wird daher erst nach dem Jahr 2019 erfolgen.

Demgegenüber wurde in den deutschen Anlagen für alle Anlagen eine diversitäre ultimative Wärmesenke geschaffen. Damit ist neben der Abfuhr der Nachzerfallsleistung auch die erforderliche Komponentenkühlung möglich. Dies stufen wir als sicherheitstechnischen Vorteil der deutschen Anlagen gegenüber dem aktuellen Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim ein.

Im Rahmen der Nachrüstung des „Hardened Safety Core“ soll eine diversitäre und dauerhaft verfügbare Wasserversorgung zur Versorgung der Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ hergestellt werden. Die Frist für die Errichtung der diversitären Wasserversorgung ist Ende 2020. Die Installation von fest installierten Rohrleitungssystemen für die Einspeisung in die Dampferzeuger, den PTR-Behälter sowie das Lagerbecken ist jedoch erst nach dem Jahr 2019 vorgesehen. Gegenwärtig hat diese Maßnahme daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Weitere sicherheitsrelevante Schwachstellen

Auch unter Berücksichtigung von neueren Aussagen des Betreibers und der Aufsichtsbehörde stellen wir weiterhin hinsichtlich der Sicherstellung der sekundärseitigen Wärmeabfuhr sowie einer primärseitigen Einspeisung und Aufborierung unter den Bedingungen eines hohen Drucks im Primärkreislauf fest, dass die Anlage Fessenheim eine erheblich geringere Robustheit mit Blick auf das Konzept der gestaffelten Sicherheitsebenen aufweist als die deutschen Druckwasserreaktoren.

Langfristig sollen ab ca. 2020 weitere Einrichtungen als Bestandteil des „Hardened Safety Core“ in französischen Anlagen implementiert werden. Ob und wann diese Einrichtungen auch in der Anlage Fessenheim umgesetzt werden ist bislang nicht festgelegt. Gegenwärtig haben diese Maßnahmen daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Weiterhin gehen wir auch auf Basis der im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung geforderten Erhöhung der Robustheit von einer signifikant geringeren Robustheit der Anlage Fessenheim gegenüber zivilisatorischen Einwirkungen von außen im Vergleich zu den deutschen Anlagen aus.

Mit Blick auf die potenzielle Überflutungsgefahr für das gesamte Anlagengelände durch die Positionierung der sicherheitstechnischen Systeme am Standort Fessenheim auf einem Niveau weit unterhalb des Rheinseitenkanals, stellt die Aufsichtsbehörde zwar fest, dass die vom Betreiber geforderten Untersuchungen vorgelegt wurden. Sie stellt allerdings auch fest, dass sich daraus die Notwendigkeit weitergehender Untersuchungen ergeben habe. Zum diesbezüglichen Umsetzungsstand liegen keine Informationen vor.

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 war eine Analyse ausgewählter Sicherheitsaspekte unter Berücksichtigung von Erkenntnissen aus dem Unfallablauf in Fukushima, auch unter Annahmen, die über die bisherigen Auslegungsgrenzen der Anlagen hinausgehen. Auf europäischer Ebene wurde hierzu der sogenannte EU-Stresstest durchführt.

Für Baden-Württemberg sind grenznahe Anlagen von besonderer Bedeutung. In Frankreich zählen hierzu die französischen Druckwasserreaktoren Fessenheim 1 und 2 (Inbetriebnahme 1977), die zu den ältesten Anlagen weltweit gehören. Das Land Baden-Württemberg kann bei schweren Unfällen in den genannten Kernkraftwerken betroffen sein.

Das Öko-Institut hat im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg im Oktober 2012 ein Gutachten vorgelegt, in dem Aussagen zu bislang im Rahmen des EU-Stresstests noch fehlenden oder unzureichend betrachteten Sicherheitsaspekten abgeleitet wurden. Weiterhin wurde anlagenspezifisch Hinweisen auf sicherheitstechnische Schwachstellen nachgegangen. Die Ergebnisse wurden dort anhand der Themenfelder Erdbeben, Überflutung, Brennelement-Lagerbecken, elektrische Energieversorgung und Kühlwasser sowie weiterer sicherheitsrelevanter Schwachstellen dargestellt. Eine vollumfängliche Überprüfung des Sicherheitsstatus der Anlagen lag außerhalb des Bearbeitungsumfangs dieses Gutachtens und wäre auf Basis der im Rahmen des EU-Stresstests vorliegenden Unterlagen auch nicht möglich.

Der Betreiber der Anlage Fessenheim, Électricité de France (EDF, im Folgenden der Betreiber) sowie die französische Aufsichtsbehörde Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN, im Folgenden die Aufsichtsbehörde) haben unter anderem im Rahmen der Vorstellung des Gutachtens durch das Öko-Institut bei der französischen Informationskommission CLIS (EDF 2013) sowie beim Ausschuss für grenzüberschreitende Zusammenarbeit des Landkreises Breisgau-Hochschwarzwald (ASN 2014a) zur Analyse des Öko-Instituts Stellung genommen.

Weiterhin wurden auf Basis der letzten 10jährigen Überprüfung der Anlage Fessenheim (ASN 2011a; ASN 2012c; ASN 2013a) sowie in Reaktion auf die Ergebnisse des EU-Stresstests (ASN 2011; ASN 2012b; ASN 2014; ASN 2014b) verschiedene Auflagen und Nachrüstungen für die Anlage Fessenheim beschlossen, die im Gutachten des Öko-Instituts von 2012 noch nicht vollständig berücksichtigt werden konnten, beziehungsweise deren Umsetzungsstand sich zwischenzeitlich verändert hat.

Ziel dieses Gutachtens ist eine Aktualisierung der Bewertungen der sicherheitstechnischen Schwachstellen der Anlage Fessenheim unter Berücksichtigung der seit Abschluss des EU-Stresstests geplanten bzw. bereits erfolgten sicherheitstechnisch relevanten Nachrüstungen in der Anlage Fessenheim.

Dazu wird für die oben genannten Themenfelder zunächst analysiert, ob sich bezüglich des in (Öko-Institut; PhB 2012) dargestellten Sachstands zur Sicherheit des Kernkraftwerks Fessenheim abweichende bzw. neue Erkenntnisse aus den Darlegungen des Betreibers bzw. der Aufsichtsbehörde ergeben.

Weiterhin wird geprüft, welche Bedeutung die zwischenzeitlich beschlossenen Auflagen bzw. Nachrüstungen hinsichtlich der in (Öko-Institut; PhB 2012) identifizierten Schwachstellen

aufweisen und wie sich deren Umsetzungsstand bzw. der zugrundeliegende Zeitplan für die Anlage Fessenheim darstellt, soweit hierzu öffentlich verfügbare Informationen vorliegen. Dabei wurden die bis Sommer 2015 veröffentlichten Informationen ausgewertet.

Auf dieser Basis erfolgt eine aktualisierte Bewertung des Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim entsprechend den bereits in (Öko-Institut; PhB 2012) festgelegten Bewertungsmaßstäben, d. h. im Vergleich zum Sicherheitsstatus der noch in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke.

Eine detaillierte Wiedergabe des Umfangs der erfolgten nationalen und internationalen Überprüfungsprozesse, des daraus abgeleiteten Bewertungsmaßstabs sowie der wesentlichen sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen der deutschen Anlagen sowie der Anlage Fessenheim erfolgt im Rahmen dieses Gutachtens nicht, hierzu wird auf die Darstellungen in (Öko-Institut; PhB 2012) verwiesen.

Gemäß (Öko-Institut; PhB 2012) ist dabei für eine Bewertung des Sicherheitsstatus zunächst eine Berücksichtigung der Grundauslegung der Anlage erforderlich. Die Reaktorsicherheitskommission (RSK) hat in ihrer Sicherheitsüberprüfung für alle deutschen Kernkraftwerke einen „Basislevel“ als Mindestanforderung an die Grundauslegung 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 wurde in (Öko-Institut; PhB 2012) 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 der Anlage Fessenheim erreicht oder gar übertroffen wird.

Schließlich wurden 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.

Dieser Bewertungsmaßstab wird auch im Rahmen des hier vorgelegten Gutachtens zugrunde gelegt. Eine detaillierte Darstellung des Sicherheitsstatus der deutschen Anlagen sowie der erweiterten Anforderungen in Deutschland in Reaktion auf Fukushima ist den Kapiteln 3.1 und 3.2 in (Öko-Institut; PhB 2012) zu entnehmen. Eine Aktualisierung der Darstellung zum Sicherheitsstatus der deutschen Anlagen erfolgt dabei jeweils im Zusammenhang mit den im Rahmen dieses Gutachtens vorgenommenen Stellungnahmen.

Zu Beginn der jeweiligen Themenfelder werden die wesentlichen Ergebnisse aus (Öko-Institut; PhB 2012) noch einmal zusammenfassend dargestellt.

2. Grundsätze des Auslegungskonzepts und die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“

Die Anlage Fessenheim unterscheidet sich in ihrem grundsätzlichen Auslegungskonzept von den in Deutschland aktuell noch betriebenen Druckwasserreaktoren. Diese Auslegungsunterschiede können sich ereignisübergreifend bei den verschiedenen untersuchten Themenfeldern auswirken und sind daher von besonderer Bedeutung. Die in (Öko-Institut; PhB 2012) diesbezüglich identifizierten Schwachstellen werden daher in Kap. 2.1 vorab übergeordnet dargestellt. Daran anschließend werden in Kap. 2.2 Erkenntnisse aus den Darstellungen des Betreibers (EDF 2013) sowie in Kap. 2.3 aus denen der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) mit Bezug zu diesen Schwachstellen dargestellt.

Darüber hinaus hat die Aufsichtsbehörde wesentliche Nachrüstungen in Form eines „Hardened Safety Core“ (noyau dur) angeordnet. Da auch die hier vorgesehenen Einrichtungen ereignisübergreifend von Bedeutung sind, werden auch diese in Kap. 2.4 übergeordnet dargestellt. Die Aussagen von Betreiber und Aufsichtsbehörde werden in Kap. 2.5 bewertet.

2.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012)

Für die Beherrschung der verschiedenen Auslegungsstörfälle deutscher Anlagen 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).

In der Anlage Fessenheim sind die Funktionen der sekundärseitigen Wärmeabfuhr über das Notspeisesystem ASG sowie die primärseitigen Funktionen der Druckabsenkung, Aufborierung und Kühlmittelergänzung durch das Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem RCV 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 Redundanten gegeben.

Mit Blick auf die Grundauslegung 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.

Die Grundauslegung 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 Grundauslegung der Notstromversorgung der Anlage Fessenheim entspricht nicht dem Sicherheitsstatus deutscher Kernkraftwerke. Der Redundanzgrad der Notstromversorgung in Fessenheim ist nur einzelfehlerfest (n+1), 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. 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.

2.2. Darlegungen des Betreibers

Der Betreiber geht in (EDF 2013) zunächst auf die Auslegungsgrundsätze der Anlage Fessenheim ein. Er stellt fest, dass das Sicherheitssystem grundsätzlich zweisträngig (n+1 Redundanzgrad) ausgelegt sei, wie dies der Konzeption dieses Anlagentyps entsprach und in der Vergangenheit auch in über 100 weiteren Anlagen weltweit umgesetzt wurde. Der Auslegung der Notkühlsysteme liege der Bruch einer Hauptkühlmittelleitung bei gleichzeitig unterstelltem Einzelfehler in einer Redundante, also eine (n+1)-Auslegung zugrunde. Eine Instandhaltung an einer Redundante des Sicherheitssystems während des Leistungsbetriebs sei nicht zulässig, es sei denn, es sind äquivalente Ersatzmaßnahmen vorhanden. Hierzu zählt (EDF 2013) beispielsweise die beiden Blöcken gemeinsame zusätzliche Gasturbine (TAC), die als Ersatz für einen Notstromdiesel verwendet werden kann, oder die Tatsache, dass im Zwischenkühlkreislauf RRI jeweils zwei gleichwertige Pumpen vorhanden seien.

Weiterhin gibt der Betreiber an, dass für die Anlage Fessenheim im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung eine probabilistische Kernschadenshäufigkeit von $4{,}9\times10^{-9}$ pro Jahr bestimmt wurde.

Mit Blick auf die Einführung eines „Hardened Safety Core“ stellt der Betreiber (EDF 2013) fest, dass er bereits in 2009 eine Nachrüstung mit Blick auf die Kühlwasserversorgung und die elektrische Versorgung vorgeschlagen habe. Dies bestätige sich durch die im Nachgang zu Fukushima durchgeführten Untersuchungen. Als wesentliche Bestandteile des „Hardened Safety Core“ sollen nachgerüstet werden, vergleiche im Detail die Darstellungen im Kap. 2.4.1:

- Ein ultimativer Notstromdiesel (Diesel d’ultime secours, DUS) pro Reaktor
- Eine zusätzliche Pumpe zur Einspeisung in den Primärkreislauf
- Eine neue Möglichkeit zur Dampferzeugerbespeisung und zur Einspeisung in das Brennelement-Lagerbecken
- Anschlusspunkte für mobile Einrichtungen der nationalen schnellen Eingreiftruppe (Force d'Action Rapide du Nucléaire, FARN)

Der Betreiber schließt daraus, dass die Anlage Fessenheim eine mit den Anlagen in anderen Ländern vergleichbare Robustheit aufweise.

2.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde

Die Aufsichtsbehörde hat mit (ASN 2014a) zu den in (Öko-Institut; PhB 2012) vorgebrachten Argumenten Stellung genommen. Mit Blick auf den in der Anlage Fessenheim vorliegenden Redundanzgrad des Sicherheitssystems stellt sie darin fest, dass grundsätzlich ein 2×100% Redundanzgrad (entsprechend n+1) vorliege. Allerdings sei bezüglich der Kühlwasser- und

Elektrizitätsversorgung auch eine Stützung durch den benachbarten Block möglich. Weiterhin sei eine Instandhaltung an einer der Redundanten des Sicherheitssystems während des Betriebs nicht zulässig, ohne dass kompensatorische Maßnahmen ergriffen würden.

Auch die Aufsichtsbehörde bestätigt, dass im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung eine probabilistische Kernschadenshäufigkeit von $4{,}9\times10^{-9}$ pro Jahr bestimmt wurde.

Hinsichtlich der Diversität der vorhandenen Einrichtungen zur Kühlung der Brennelemente im Reaktorkern und der elektrischen Energieversorgung dieser Einrichtungen verweist die Aufsichtsbehörde auf die auf den verschiedenen Sicherheitsebenen installierten Einrichtungen, so wie sie auch in (Öko-Institut; PhB 2012) dargestellt wurden. Darüber hinaus verweist sie auf die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“.

In (ASN 2014a) stellt die Aufsichtsbehörde fest, dass mit Stand Januar 2014

- zusätzliche Vorratsbehälter für Speisewasser zur Einspeisung in die Dampferzeuger und Kühlmittel zur direkten Einspeisung in das Lagerbecken,
- mobile, motorgetriebene Pumpen mit der Möglichkeit für den Anschluss zur Einspeisung aus diesen Behältern in die Dampferzeuger und in das Lagerbecken sowie
- Mini-Diesel (Mini-DUS) für eine elektrische Energieversorgung bestimmter Einrichtungen

in der Anlage Fessenheim vorhanden seien.

Weiterhin befinde sich ein Brunnenwassersystem zur Versorgung der Dampferzeuger und des Lagerbeckens im Aufbau.

2.4. Auflagen und Nachrüstungen

Im Ergebnis des EU-Stresstests hat die Aufsichtsbehörde festgestellt (ASN 2012a), dass aus ihrer Sicht keine Notwendigkeit besteht, eine der in Betrieb befindlichen Anlagen unmittelbar abzuschalten. Als Voraussetzung für den weiteren Betrieb der Anlagen stellt sie jedoch fest, dass eine unverzügliche Erhöhung der Robustheit der Anlagen gegenüber Extremereignissen über die bisher bestehenden Sicherheitsreserven hinaus erforderlich ist.

Für die französischen Anlagen werden im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen auch probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) durchgeführt. Dabei unterscheiden sich diese in ihrem Umfang (also den im Rahmen der PSA in Betracht gezogenen Einwirkungen) und ihrem Tiefgang (die Analyse wird bis zum Zeitpunkt des Eintretens von Kernschäden oder bis zur Bestimmung der Freisetzungen in die Umgebung durchgeführt, entsprechend einer PSA der Stufen 1 oder 2). Gemäß (ASN 2014b) liegen für die 900 MWe Anlagen vom Typ CP0 PSA-Analysen der Stufe 1 und 2 ausgehend von anlageninternen Ereignissen vor. Nicht erfasst sind für diese Anlagen, zu denen auch die Anlage Fessenheim zählt:

- Brände,
- Erdbeben,
- Interne und externe Überflutung sowie
- Ereignisse mit Bezug zum Lagerbecken.

Gemäß (ASN 2014b) werden im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung der französischen 1300 MWe Anlagen auch probabilistische Verfahren zur Bestimmung der

Standortgefährdung angewendet. Ziel ist es, die für den Standort Saint-Alban exemplarisch angewendeten Methoden im Rahmen der nächsten periodischen Sicherheitsüberprüfungen auch auf andere Standorte anwenden zu können. Angaben zu geplanten Umsetzungszeiträumen für die Durchführung derartiger PSA-Analysen für die Anlagen vom Typ CP0, wie Fessenheim, macht (ASN 2014b) nicht.

2.4.1. Der „Hardened Safety Core“ und die nationale schnelle Eingreiftruppe (FARN)

Mit (ASN 2012a) hat die Aufsichtsbehörde erste Maßnahmen bzw. Nachrüstungen für die Anlage Fessenheim in Reaktion auf die Ergebnisse des EU-Stresstests (ASN 2011b) angeordnet. Diese wurden mit (ASN 2012b; ASN 2014) weiter konkretisiert. Wesentliche, im Zuge des Ereignisses von Fukushima beschlossene Nachrüstungen umfassen

- technische Einrichtungen zur dauerhaften Abfuhr der Nachzerfallsleistung aus dem Reaktor und dem Lagerbecken (ASN 2012b, [ECS-16]), siehe auch (ASN 2011a, [FSH1-20, -21]) und (ASN 2013a, [FSH2-17]),
- einen zusätzlichen ultimativen Notstromdiesel (Diesel d’ultime secours, DUS) pro Reaktor, der in der Lage ist, die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ mit der erforderlichen elektrischen Energie zu versorgen, beziehungsweise einen vorläufigen Mini-Diesel (Mini-DUS), der in der Lage ist, während eines Ausfalls der sonstigen elektrischen Energieversorgung die Leittechnik sowie die Beleuchtung der Warte zu versorgen (ASN 2012b, [ECS-18]),
- die Einrichtung einer nationalen schnellen Eingreiftruppe (Force d'Action Rapide du Nucléaire, FARN) (ASN 2012b, [ECS-36]) sowie eines lokalen Krisenstabsgebäudes sowie
- die Bereitstellung weiterer mobiler Einrichtungen.

Weiterhin ist eine Möglichkeit für die Einspeisung von boriertem Kühlmittel in den Reaktor während des Nichtleistungsbetriebs (geöffneter Primärkreislauf) zu schaffen (ASN 2012b, [ECS-16 II]).

Die FARN umfasst gemäß (ASN 2012a) Personal und Material, mit dem das Personal auf einer Anlage nach einem Unfall abgelöst werden kann. Dabei soll die FARN in der Lage sein, innerhalb von 12 Stunden nach Eintritt eines Ereignisses erste Maßnahmen einzuleiten und innerhalb von 24 Stunden zusätzlich erforderliche Ressourcen zur Anlage zu bringen.

Einen wesentlichen Bestandteil der geforderten Nachrüstungen bildet der „Hardened Safety Core“ (ASN 2012b, [ECS-1, -16, -18]). In (ASN 2014) spezifiziert die Aufsichtsbehörde diesen „Hardened Safety Core“ genauer. Demnach dient der „Hardened Safety Core“ dazu

a) Unfälle mit Kernschmelze zu vermeiden oder in ihren Auswirkungen zu begrenzen,

b) Freisetzungen von Radioaktivität in die Umwelt zu begrenzen und

c) Maßnahmen des anlageninternen Katastrophenschutzes sowie der externen Krisenunterstützung zu ermöglichen.

Die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ sollen von den bereits existierenden Einrichtungen unabhängig und zu ihnen diversitär sein. Eine davon abweichende Nutzung bereits existierender Einrichtungen im Rahmen des „Hardened Safety Core“ ist zu begründen.

Bei der Auslegung des „Hardened Safety Core“ sind dabei die externen Einwirkungen Erdbeben, Überflutung (unter Berücksichtigung von Starkregenereignissen), Wind, Blitz, Hagel sowie Tornados mit einer gegenüber der ursprünglichen Auslegung erhöhten Einwirkungsstärke zugrunde zu legen.

Weiterhin sind für den „Hardened Safety Core“ Situationen mit

- dem vollständigen Ausfall aller nicht zum „Hardened Safety Core“ gehörenden elektrischen Versorgungseinrichtungen,
- dem vollständigen Verlust aller nicht zum „Hardened Safety Core“ gehörenden Wärmesenken sowie
- den zuvor genannten externen Einwirkungen und den daraus für die Anlage und die Umgebung resultierenden Randbedingungen

sowie deren Überlagerung zu unterstellen, wobei ein einzelner oder alle Reaktoren einer Anlage betroffen sein können.

Dazu soll der „Hardened Safety Core“ die Möglichkeiten bieten

- in Zuständen mit einem unter Druck stehenden Primärkreislauf die Kühlung des Reaktorkerns und die Integrität des Primärkreislaufs durch eine Bespeisung der Dampferzeuger sicherzustellen,
- einen Durchdringungsabschluss des Containments herzustellen, Ereignisse mit einer Umgehung des Containments auszuschließen sowie die Integrität des Containments auch ohne eine Druckentlastung zu gewährleisten, wobei auch Unfallabläufe mit einer vollständigen Kernschmelze und einem Versagen des Reaktordruckbehälters zu unterstellen sind, und
- eine Freilegung der Brennelemente im Lagerbecken und während Handhabungsvorgängen zu vermeiden.

Hierzu sind auch die erforderlichen technischen und organisatorischen Vorkehrungen sowie Mess- und Überwachungseinrichtungen bereit zu stellen, die erlauben,

- die relevanten Parameter des Reaktorkerns und des Lagerbeckens zu überwachen,
- die erforderlichen Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ anzuschließen sowie
- die Bedingungen für den Einsatz dieser Einrichtungen festzulegen.

Dabei soll der „Hardened Safety Core“ über eigene leittechnische Einrichtungen und eine eigene elektrische Energieversorgung verfügen, die von den übrigen Einrichtungen der Anlage so unabhängig wie möglich sein sollen.

Die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ sind als sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen zu klassifizieren und müssen entsprechend gemäß Artikel 2.5.1 II in (ASN 2012) für die ereignisbedingt zu unterstellenden Randbedingungen qualifiziert sein.

Hinsichtlich der zu unterstellenden erdbebenbedingten Einwirkungen siehe Kap. 3.

Hinsichtlich der zu unterstellenden Überflutungsereignisse siehe Kap. 4.

Hinsichtlich der übrigen zu unterstellenden externen Einwirkungen hat der Betreiber bis zum 30.06.2014 einen Vorschlag für die anzusetzenden Einwirkungsstärken vorzulegen. Gemäß (ASN 2014b) hat der Betreiber für diese Einwirkungen zu unterstellende Auslegungsrandbedingungen vorgeschlagen. Eine Festlegung der anzusetzenden Einwirkungen soll Mitte 2015 durch die Aufsichtsbehörde erfolgen.

Neu zu errichtende Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ sind gegen diese zu unterstellenden Einwirkungen auszulegen. Für bereits existierende Einrichtungen, auf die im Rahmen des „Hardened Safety Core“ zurückgegriffen werden soll, ist nachzuweisen, dass sie

unter den zu unterstellenden Bedingungen zur Verfügung stehen. Kann dies nicht nachgewiesen werden, hat der Betreiber zu überprüfen, ob er diese Einrichtungen ersetzen oder verstärken kann.

Die Einsatzdauer der Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ ist festzulegen und eine Strategie für die Fortsetzung der Maßnahmen bei länger andauernden Einwirkungen zu ermitteln.

2.4.2. Stand der Umsetzung und Zeitpläne

Die Aufsichtsbehörde stellt in (ASN 2014b) fest, dass der Betreiber alle nach (ASN 2012b) bis zum 31.12.2014 fälligen Anforderungen gemäß des vorgegebenen Zeitplans umgesetzt hat. Sie führt jedoch weiterhin aus, dass in der Folge der genaueren Spezifikation der Anforderungen an den „Hardened Safety Core“ durch (ASN 2014) der Zeitplan für die Umsetzung der Anforderungen an die französischen Anlagen nochmals überarbeitet wurde. Die Umsetzung der Maßnahmen soll nunmehr in drei Phasen erfolgen.

Gemäß (ASN 2014b) soll die Phase 1 im Zeitraum 2012 bis 2015 abgeschlossen werden und umfasst die Einführung von temporären bzw. mobilen Einrichtungen, die insbesondere für die Fälle eines Station Blackout oder eines Ausfalls der Kühlwasserversorgung wirksam sein sollen, wie

- die Installation eines Mini-Diesel (Mini-DUS), diese wurden demnach in allen Reaktoren vor dem 30.06.2013 installiert,
- die Einrichtung von Anschlusspunkten für mobile Einrichtungen wie Pumpen und Notstromgeneratoren sowie
- die Einrichtung der FARN.

Die Phase 2 soll den Zeitraum von 2015 bis 2020 umfassen. In dieser Phase sollen wesentliche Elemente des „Hardened Safety Core“ umgesetzt werden, die auch für Ereignisse jenseits der bisherigen Auslegung geeignet sein sollen, wie

- die Installation des zusätzlichen ultimativen Notstromdiesels (DUS, bis zum 31.12.2018) in einem eigens zu errichtenden Gebäude und
- die Bereitstellung einer diversitären und dauerhaft verfügbaren Wasserversorgung für die Einspeisung in den Reaktor, die Dampferzeuger und das Lagerbecken.

Arbeiten an Maßnahmen der Phase 2 haben begonnen, die genauen Umsetzungstermine wurden jedoch noch nicht abschließend festgelegt.

Die Phase 3 schließt ab 2019 an die Phase 2 an. In dieser Phase sollen weitergehende Elemente des „Hardened Safety Core“ implementiert werden, darunter

- eine unabhängige Möglichkeit zur Bespeisung der Dampferzeuger aus der diversitären Wasserversorgung,
- eine unabhängige Einspeisemöglichkeit in den Primärkreislauf,
- die Installation von festen Rohrleitungssystemen für die Einspeisung in die Dampferzeuger, den PTR-Behälter sowie das Lagerbecken,
- die Installation von leittechnischen Einrichtungen für den „Hardened Safety Core“ sowie
- die Installation eines ultimativen Wärmeabfuhrsystems zur Abfuhr der Nachzerfallsleistung aus dem Containment (so dass keine Notwendigkeit mehr für eine gefilterte Druckentlastung besteht).

Festlegungen zu den tatsächlichen Umsetzungszeiträumen für die Maßnahmen und Einrichtungen der Phase 3 sollen in 2015 erfolgen.

Die Aufsichtsbehörde stellt weiterhin fest, dass der Betreiber am 30.06.2014 eine vorläufige Liste von neuen und existierenden Einrichtungen vorgelegt hat, die Bestandteil des „Hardened Safety Core“ der französischen Anlagen sein sollen (ASN 2014b). Weiterhin hat der Betreiber dabei Grundsätze für die Auslegung, Errichtung, Inbetriebnahme, Qualifizierung und Prüfung dieser Einrichtungen sowie einen Vorschlag für die anzusetzenden seismischen Lastannahmen für alle Anlagen vorgelegt. Die Aufsichtsbehörde plant, sich in der ersten Hälfte des Jahres 2015 damit zu befassen.

Mit Blick auf die Anforderung der Errichtung von technischen Einrichtungen zur Abfuhr der Nachzerfallsleistung aus dem Reaktor und dem Brennelement-Lagerbecken stellt die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2014b) fest, dass der Betreiber für alle Standorte die vorgesehenen Nachrüstungen vorgeschlagen hat und diese Vorschläge gegenwärtig von der Aufsichtsbehörde geprüft werden.

Für die Einspeisung von boriertem Kühlmittel in den Reaktor im Nichtleistungsbetrieb (bei offenem Primärkreislauf) wurde in allen Reaktoren der 900 MWe-Klasse eine zusätzliche Pumpe mit Einbindung in das Containment-Sprühsystem EAS und das Sicherheitseinspeisesystem RIS installiert. Im Rahmen der weiteren Umsetzung des „Hardened Safety Core“ soll eine neue Pumpe mit eigener Leittechnik errichtet werden, die auch nach Erdbeben und bei Unfällen mit schweren Kernschäden verfügbar sein soll (ASN 2014b, S. 25). Weiterhin sollen vom Betreiber bis Ende 2015 Anschlussstellen für die Einbindung mobiler Pumpen geschaffen werden, diese sollen langfristig durch fest verlegte Leitungen im Rahmen des „Hardened Safety Core“ ersetzt werden (ASN 2014b, S. 30f).

2.5. Stellungnahme

Weder aus der Stellungnahme des Betreibers (EDF 2013) noch aus derjenigen der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) ergeben sich Erkenntnisse, dass hinsichtlich der Sachstandsdarstellung zur Anlage Fessenheim mit Stand von (Öko-Institut; PhB 2012) relevante weitere Aspekte zu berücksichtigen wären.

Sowohl der Betreiber als auch die Aufsichtsbehörde verweisen auf die Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsuntersuchungen, die im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung der Anlage Fessenheim durchgeführt wurden. Diesen liegen allerdings ausschließlich anlageninterne Ereignisse zugrunde. Gerade die hier betrachteten externen Einwirkungen wie Erdbeben (und dadurch ggf. ausgelöste interne Brände), externe Überflutung oder Ereignisse im Zusammenhang mit dem Lagerbecken wurden hierbei für die Anlage Fessenheim nicht analysiert. Insofern haben die gemachten Aussagen zu probabilistischen Kernschadenshäufigkeit keinerlei Bedeutung für die hier diskutierten Ereignisse.

Für eine andere französische Anlage exemplarisch durchgeführte probabilistische Erdbebengefährdungsanalysen haben für diese Anlage einen Beitrag des Erdbebens zur Kernschadenshäufigkeit mit 10^{-6} pro Jahr bestimmt, vgl. Kap. 3. Allein dieser Beitrag liegt bereits um einen Faktor 200 über der im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung für die Anlage Fessenheim ausgewiesenen Kernschadenshäufigkeit von $4{,}9\times10^{-9}$ pro Jahr, wodurch vor allem die Bedeutung der externen Ereignisse im Rahmen der PSA deutlich wird.

2.5.1. Grundsätze des Auslegungskonzepts

Der Auslegung der Kapazität der Notkühlsysteme in deutschen Druckwasserreaktoren liegt, ebenso wie bei der Anlage Fessenheim, der Bruch einer Hauptkühlmittelleitung zugrunde. Hieraus ergeben sich keine relevanten Unterschiede zwischen den Anlagen.

Mit Blick auf die Unterschiede im Redundanzgrad der Anlage Fessenheim stellen sowohl der Betreiber als auch die Aufsichtsbehörde fest, dass das Sicherheitssystem der Anlage Fessenheim grundsätzlich zweisträngig (n+1 Redundanzgrad), d. h. einzelfehlerfest ausgelegt ist.

Die Aufsichtsbehörde verweist weiterhin darauf, dass für bestimmte Sicherheitsfunktionen auch eine Stützung durch den benachbarten Block möglich ist. Dies wurde für diese Fälle bereits in (Öko-Institut; PhB 2012) entsprechend gewürdigt.

Weiterhin verweisen sowohl der Betreiber wie die Aufsichtsbehörde darauf, dass im Unterschied zu den deutschen Anlagen eine Instandhaltung an einer Redundante des Sicherheitssystems während des Leistungsbetriebs nicht zulässig ist, es sei denn, es sind äquivalente Ersatzmaßnahmen vorhanden.

Damit entspricht die Anlage Fessenheim grundsätzlich internationalen Anforderungen an die Einzelfehlerfestigkeit des Sicherheitssystems, wie z. B. (WENRA 2014, E8.2).

In den deutschen Kernkraftwerken liegt der Auslegung des Sicherheitssystems das Einzelfehlerkonzept zugrunde, vgl. (SiAnf 2015, 3.1 (7)). Dabei ist im Anforderungsfall sowohl ein ungünstigst wirkender Einzelfehler als auch eine gleichzeitig mit dem Einzelfehler ungünstigst wirkende Unverfügbarkeit infolge von Instandhaltungsmaßnahmen (vorbeugende Instandhaltungen oder ungeplante Instandsetzungsfälle) zu unterstellen. Daraus resultiert für die deutschen Anlagen grundsätzlich ein (n+2) Redundanzgrad, was über internationale Anforderungen wie z. B. (WENRA 2014, E8.2) hinausgeht.

In deutschen Anlagen ist eine vorbeugende (geplante) Instandhaltung auch während des Leistungsbetriebs der Anlagen zulässig. Für solche Zeiträume ist der verfügbare Redundanzgrad entsprechend auf (n+1) reduziert. Allerdings sind vorbeugende Instandhaltungen während des Leistungsbetriebs nur unter Einhaltung verschiedener einschränkenden Randbedingungen zulässig. So muss sichergestellt sein, dass die übrigen Redundanten soweit verfügbar sind, dass für die Dauer des Instandhaltungsvorgangs die Anforderungen des Einzelfehlerkonzepts eingehalten sind (SiAnf 2015, Anh. 4, 3.1(1)). Weiterhin sollen Maßnahmen der vorbeugenden Instandhaltung grundsätzlich in Betriebsphasen durchgeführt werden in denen eine Anforderung dieser Einrichtung nicht ansteht oder wenig wahrscheinlich ist, so z. B. während des Nichtleistungsbetriebs (SiAnf 2015, Anh. 4, 3.3.1 (1)). Sollen vorbeugende Instandhaltungen dennoch während des Leistungsbetriebs durchgeführt werden, so ist die gesamte daraus resultierende Unverfügbarkeit von Einrichtungen zeitlich zu begrenzen. Ohne detaillierte Nachweisführung darf nach (SiAnf 2015, Anh. 4, 3.3.3 (2)) bei (n+2)-Einrichtungen die Unverfügbarkeitsdauer pro Redundante und Jahr maximal 7 Tage betragen.

Kommt es in deutschen Anlagen während des Leistungsbetriebs zur Feststellung von Mängeln an sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen, die einen (ungeplanten) Instandsetzungsfall nach sich ziehen, so sind unverzüglich Maßnahmen zur Behebung des Mangels einzuleiten. Zulässige Instandsetzungszeiten sind ebenfalls zeitlich begrenzt, kann der Mangel nicht innerhalb der zulässigen Instandsetzungszeiten behoben werden, so ist die Anlage in einen in den Betriebsvorschriften vorgegebenen Anlagenzustand zu überführen (SiAnf 2015, Anh. 4, 3.2), d. h. in der Regel ist die Anlage abzufahren.

Insgesamt ist festzuhalten, dass der in deutschen Anlagen realisierte (n+2) Redundanzgrad durch Instandhaltungsmaßnahmen während des Leistungsbetriebs für begrenzte Zeiten in der Größenordnung von vier Wochen pro Jahr eingeschränkt (n+1 Redundanzgrad wie in der Anlage Fessenheim) verfügbar sein kann. Für den Großteil der Zeiten des Leistungsbetriebs ist dieser Redundanzgrad jedoch als uneingeschränkt verfügbar anzusehen. Auch bei den grundsätzlich erforderlichen Instandhaltungsarbeiten an einzelnen Redundanten während des Nichtleistungsbetriebs (also bei abgeschalteter Anlage) ist in den deutschen Anlagen ein einzelfehlerfester Zustand gegeben, während in der Anlage Fessenheim für solche Zeiträume keine Einzelfehlerfestigkeit im Sicherheitssystem mehr vorliegt.

Der Betreiber verweist zusätzlich darauf, dass bei einem Instandhaltungsfall während des Leistungsbetriebs in der Anlage Fessenheim von Erstsatzmaßnahmen Kredit genommen werden kann. Dies ist grundsätzlich auch auf die deutschen Anlagen übertragbar. Dabei verweist der Betreiber allerdings auch beispielsweise auf die den beiden Blöcken gemeinsame zusätzliche Gasturbine (TAC). Solche Einrichtungen wurden in (Öko-Institut; PhB 2012) bereits im Rahmen der vorhandenen Reserven der Anlage bewertet. Wird von ihnen als Ersatzmaßnahme während Instandhaltungsfällen im Leistungsbetrieb Kredit genommen, stehen sie entsprechend im Anforderungsfall nicht mehr als Reserve für beide Blöcke zur Verfügung.

Vor diesem Hintergrund ist der höhere Redundanzgrad der deutschen Anlagen weiterhin als ein sicherheitstechnischer Vorteil gegenüber der Anlage Fessenheim einzustufen. Dies betrifft vor allem den Redundanzgrad der Nachkühlkette und der Notstromversorgung der Anlage Fessenheim, vgl. die Darstellung in Kap. 2.1.

Zur Frage der Vermaschung von zentral wichtigen Systemen wie beispielsweise dem Notspeisesystem ASG und dem Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem RCV durch den Rückgriff auf jeweils einen einzigen Vorratsbehälter (ASG bzw. PTR) haben weder der Betreiber noch die Aufsichtsbehörde Stellung genommen. Diese Vermaschung ist weiterhin als ein sicherheitstechnischer Nachteil der Anlage Fessenheim einzustufen.

2.5.2. Nachrüstungen

Bereits vor dem Ereignis in Fukushima war in allen deutschen Druckwasserreaktoren im Rahmen der anlageninternen Notfallmaßnahmen eine Prozedur zur Nutzung einer auf der Anlage befindlichen mobilen Pumpe für eine sekundärseitige Druckentlastung und Bespeisung der Dampferzeuger vorgesehen. Weiterhin waren anlagenspezifisch organisatorische Vorkehrungen zur externen Unterstützung durch Teams des Betreiberunternehmens, des Herstellers der Anlage, des Kerntechnischer Hilfsdienstes sowie weiterer regionaler und lokaler Katastrophenschutzorganisationen getroffen worden (BMU 2012).

In deutschen Anlagen wurden in Reaktion auf die Ereignisse in Fukushima weiterhin verschiedene Maßnahmen und Nachrüstungen veranlasst, vgl. hierzu auch die Darstellungen in (Öko-Institut; PhB 2012, Kap. 3.2). Eine aktualisierte Darstellung der veranlassten Maßnahmen und des Umsetzungsstandes in Deutschland liegt mit (BMUB 2014) vor. Wesentliche Maßnahmen und Nachrüstungen umfassen demnach:

- Die Sicherstellung einer 10-Stunden Autarkiezeit im Falle eines Station Blackout durch Erhöhung der Batterielaufzeiten oder Bereitstellung einer mobilen Notstromdieselversorgung (BMUB 2014, N-1).
- Die Bereitstellung eines mobilen Notstromdieselaggregats, um unter den Bedingungen auslegungsüberschreitender Ereignisse mit einem Verlust der elektrischen Energieversorgung

auf der Anlage die Versorgung mit Wechselstrom innerhalb der verfügbaren Karenzzeiten von 10 Stunden wieder herstellen zu können. Die Kapazität dieses Notstromdieselaggregats muss für die Systeme ausreichen, die erforderlich sind, um die Anlage abzufahren und die Nachwärme aus dem Reaktor und Brennelement-Lagerbecken abzuführen (BMUB 2014, N-2).

- Die Bereitstellung einer ultimativen Wärmesenke, die unabhängig von der primären Wärmesenke und zur Abfuhr der Nachzerfallsleistung und zur Komponentenkühlung ausreichend ist (BMUB 2014, N-3).
- Eine zusätzliche Einspeisemöglichkeit für boriertes Kühlmittel direkt in den Reaktordruckbehälter (BMUB 2014, N-5).
- Die Stärkung existierender Notfallmaßnahmen für die Abfuhr der Nachzerfallsleistung aus dem Reaktor und dem Brennelement-Lagerbecken, insbesondere
  - eine zusätzliche, gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen gesicherte mobile Pumpe zur Aufrechterhaltung des Zwischenkühlkreislaufs (BMUB 2014, N-4),
  - eine zusätzliche, fest installierte Einspeisemöglichkeit in das Brennelement-Lagerbecken (BMUB 2014, N-8, -22).

In (BMUB 2014) wird bestätigt, dass für alle deutschen Druckwasserreaktoren mit der Genehmigung zum Leistungsbetrieb eine 10-Stunden Autarkiezeit umgesetzt ist. Weiterhin wurden in allen Reaktoren mobile Notstromdieselaggregate sowie zugehörige Anschlussstellen bereitgestellt, mit denen die erforderlichen Systeme zum Abfahren der Anlage und zur Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktor und Brennelement-Lagerbecken versorgt werden können.

Gemäß (BMUB 2014) wurde weiterhin für alle Anlagen eine diversitäre ultimative Wärmesenke geschaffen. Auch wurde bei allen Reaktoren, bei denen eine diversitäre Versorgung des Zwischenkühlsystems bislang nicht möglich war, eine zusätzliche mobile Pumpe für den Aufbau einer verkürzten Nachkühlkette bereitgestellt. Die behördlichen Prüfungen zur Umsetzung dieser Anforderungen sind noch nicht bei allen Anlagen abgeschlossen.

Mit Blick auf eine zusätzliche Einspeisemöglichkeit in den Reaktordruckbehälter haben die Betreiber Vorschläge für die mögliche Umsetzung unterbreitet, diese befinden sich ebenfalls noch in der Prüfung (BMUB 2014).

Im Rahmen der Stärkung existierender Notfallmaßnahmen wurden in allen Anlagen zusätzliche, fest installierte Einspeisemöglichkeiten in das Brennelement-Lagerbecken installiert, die behördlichen Prüfungen zur Umsetzung dieser Anforderungen sind noch nicht bei allen Anlagen abgeschlossen (BMUB 2014).

Darüber hinaus haben die Betreiber zur Absicherung der vitalen Sicherheitsfunktionen bei auslegungsüberschreitenden Einwirkungen von außen oder innen eine systematische Analyse durchzuführen (BMUB 2014, N-13). Entsprechende Berichte der Betreiber wurden vorgelegt und befinden sich im Prozess der Überprüfung.

Die im Rahmen der Phase 1 in der Anlage Fessenheim bislang implementierten Nachrüstungen eines Mini-DUS, mobiler Anschlusspunkte für Notstromaggregate und für mobile Pumpen zur Einspeisung in die Dampferzeuger sowie in das Lagerbecken und die Einrichtung einer FARN entsprechen den in den deutschen Druckwasserreaktoren mit der Genehmigung zum Leistungsbetrieb entweder bereits vor Fukushima vorhandenen oder mittlerweile nachgerüsteten Möglichkeiten der elektrischen Energieversorgung durch mobile Notstromdieselaggregate, der sekundärseitigen Dampferzeugerbespeisung und der Einspeisung in das Lagerbecken.

Während für die Anlage Fessenheim bislang zusätzliche Wasservorräte auf der Anlage bereitgestellt wurden und sich eine dauerhaft verfügbare Kühlwasserversorgung durch ein Brunnensystem im Aufbau befindet, wurde in den deutschen Druckwasserreaktoren mit der Genehmigung zum Leistungsbetrieb eine dauerhaft verfügbare diversitäre Kühlwasserversorgung implementiert. Diese ist neben der Abfuhr der Nachzerfallsleistung aus dem Reaktor und dem Lagerbecken auch zur Kühlung der erforderlichen Komponenten geeignet.

Langfristig sollen im Rahmen der Phase 3 (ab ca. 2020) weitere Einrichtungen als Bestandteil des „Hardened Safety Core“ in französischen Anlagen implementiert werden. Ob und wann diese Einrichtungen auch in der Anlage Fessenheim umgesetzt werden, ist bislang nicht festgelegt. Gegenwärtig haben diese Maßnahmen daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Die bislang in der Anlage Fessenheim umgesetzten Nachrüstungen greifen auf die in der Anlage bereits existierenden Systeme, Strukturen und Komponenten (Gebäude, Pumpen, Rohrleitungen, Stromverteilung, Leittechnik etc.) zurück. Für diese existierenden Systeme, Strukturen und Komponenten gelten die bislang für die Anlage gültigen Auslegungsgrundlagen. Eine substanziell erhöhte Robustheit gegenüber den bisherigen, der Auslegung zugrunde liegenden externen Einwirkungen, kann daher erst mit Implementierung der weitergehenden Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ ab ca. 2020 in Phase 3 erreicht werden.

Eine Bewertung der Anforderungen an den „Hardened Safety Core“ mit Blick auf die Auslegung gegen die externen Einwirkungen Erdbeben und Überflutung erfolgt in den zugehörigen Kapiteln 3.5 und 4.5 dieses Gutachten. Die Anforderungen zur Auslegung des „Hardened Safety Core“ gegenüber den Einwirkungen Wind, Blitz, Hagel sowie Tornados sind bislang durch die Aufsichtsbehörde nicht festgelegt, so dass eine diesbezügliche Bewertung nicht möglich ist. Für die deutschen Anlagen hat die Reaktor-Sicherheitskommission mit Blick auf extreme Wetterbedingungen feststellt (RSK 2013), dass Nachweise im Auslegungsbereich für die Beherrschung von Wetterbedingungen mit einer Wiederkehrhäufigkeit von 10^{-4}/a geführt werden sollen. Vor dem Hintergrund der Empfehlungen des ENSREG Stress Test Peer Reviews sollte darüber hinaus mit einer ingenieurtechnischen Bewertung im Rahmen einer Robustheitsprüfung von den Betreibern untersucht werden, ob erforderliche vitale Sicherheitsfunktionen durch bestimmte Einwirkungen infolge extremer Wetterbedingungen unzulässig beeinträchtigt werden können.

Die in der Anlage Fessenheim erfolgten und geplanten Nachrüstungen sind geeignet, den Sicherheitsstatus der Anlage zu erhöhen. In den deutschen Druckwasserreaktoren mit der Genehmigung zum Leistungsbetrieb sind zumindest gleichwertige Nachrüstungen umgesetzt worden. Insbesondere ist in den deutschen Anlagen bereits eine dauerhaft verfügbare diversitäre Kühlwasserversorgung implementiert, deren Fertigstellung für die Anlage Fessenheim erst bis zum 31.12.2018 erforderlich ist.

Existierende Unterschiede in der Grundauslegung und der Robustheit der ursprünglich vorhandenen Einrichtungen der Anlage Fessenheim im Vergleich zu den deutschen Anlagen werden daher durch die erfolgten Nachrüstungen nicht ausgeglichen.

3. Erdbeben

Im Folgenden werden als Basis für die weitere Untersuchung zunächst die wesentlichen Ergebnisse aus (Öko-Institut; PhB 2012) wiedergegeben. Daran anschließend werden Erkenntnisse aus den Darstellungen des Betreibers (EDF 2013) sowie der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) zusammengefasst. Weiterhin wird u.a. auf Basis von (ASN 2014b) dargestellt, welche Auflagen bzw. Nachrüstungen mit Relevanz für die hier identifizierten Schwachstellen zwischenzeitlich beschlossen wurden.

3.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012)

Die deutschen Anlagen weisen eine Grundauslegung gegen ein Erdbeben mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-5} pro Jahr auf.

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 Aufsichtsbehörde empfohlen, für die zukünftige Überprüfung der Erdbebenauslegung existierender Reaktoren auch probabilistische Analysen heranzuziehen.

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.

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

Für die deutschen Anlagen hat die Reaktor-Sicherheitskommission (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. Die Aufsichtsbehörde stimmt dem grundsätzlichen Vorgehen des Betreibers bei der Analyse der Sicherheitsreserven zwar zu, stellt jedoch fest, dass die 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.

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 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.

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

3.2. Darlegungen des Betreibers

Hinsichtlich der Grundauslegung der Anlage Fessenheim stellt der Betreiber in (EDF 2013) zunächst fest, dass das französische Sicherheitserdbeben (Séisme Majorité de Sécurité, SMS) dem 1000-jährlichen Erdbeben (Séisme Maximum Historiquement vraisemblable, SMHV) mit einem Zuschlag von einer Intensität auf der Medwedew-Sponheuer-Kárník-Skala (MSK-Skala) entspricht. Bei der baulichen Auslegung der Systeme, Strukturen und Komponenten wurden konservative Verfahren verwendet, die eine Marge gegenüber den Einwirkungen des Sicherheitserdbebens sicherstellten. Im Rahmen der Untersuchungen nach Fukushima seien dabei Margen zwischen einem Faktor 1,5 und 4 in den abtragbaren Beschleunigungen ausgewiesen worden.

Der Betreiber verweist darauf, dass eine probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für den Standort St. Alban ergeben habe, dass der Beitrag des Erdbebens zur Kernschadenshäufigkeit mit 10^{-6} pro Jahr sehr gering sei. Er stellt allerdings fest, dass dieser Wert nicht unmittelbar auf die Anlage Fessenheim übertragbar, aber eine anlagenspezifische Untersuchung für Fessenheim zur Bestätigung dieser Werte geplant sei.

Hinsichtlich eines Vergleichs mit der deutschen Erdbebenauslegung stellt der Betreiber weiterhin fest, dass für die Anlage Fessenheim das SMS mit einer maximalen horizontalen Bodenbeschleunigung (PGA) von 0,13 g bestimmt wurde. Der Auslegung der Anlage lägen entsprechend Werte von 0,13 g und für manche Systeme, Strukturen und Komponenten (insbesondere das Reaktorgebäude) auch von 0,2 g zugrunde. Demgegenüber sei für die deutsche Anlage Philippsburg ein maximales historisches Erdbeben mit einer PGA von 0,08 g bestimmt und die Anlage für eine PGA von 0,2 g ausgelegt worden. Damit sei die Grundauslegung der Anlagen vergleichbar.

Hinsichtlich der für deutsche Anlagen in der KTA 2201.1 festgelegten maximalen Überschreitungswahrscheinlichkeit des Bemessungserdbeben von 10^{-5} pro Jahr verweist (EDF 2013) darauf, dass sich diese auf die Festlegung der Intensität des Bemessungserdbebens bezieht, während international üblicherweise die Beschleunigung als Bemessungsgröße herangezogen würde. Betrachte man die Überschreitungswahrscheinlichkeit der für die Anlage Fessenheim festgelegten Erdbeben, so ergäbe sich nach einem Schreiben der EDF an die Aufsichtsbehörde ASN vom 01.03.2013

- Für das SMHV eine Wiederkehrperiode von ca. 25.000 Jahren (entsprechend einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 4×10^{-4} pro Jahr)

- Für das SMS eine Wiederkehrperiode von ca. 200.000 Jahren (entsprechend einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5×10^{-6} pro Jahr)

Dementsprechend sei die Auslegung der deutschen und der französischen Anlagen vergleichbar.

Während in Deutschland keine weiteren Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit vorgesehen würden, sei in Frankreich die Errichtung des „Hardened Safety Core“ vorgesehen. Für diesen sei am Standort Fessenheim eine Auslegung für eine PGA von mindestens 0,3 g vorgesehen.

Der Betreiber schließt daraus, dass eine den deutschen Anlagen vergleichbare Auslegung vorliege, die durch den „Hardened Safety Core“ zusätzlich erhöht werde.

3.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde

Auch die Aufsichtsbehörde weist in (ASN 2014a) darauf hin, dass das SMS gegenüber dem maximal zu erwartenden historischen Erdbeben einen Zuschlag von einer Intensität aufweist und für die Auslegung mancher Einrichtungen am Standort Fessenheim das übergeordnete Auslegungsspektrum (Spectre de Dimensionnement, SDD) der EDF zugrunde gelegt wurde. Sie stellt fest, dass sich die Forderung einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-4} pro Jahr, wie sie beispielsweise von der IAEA gefordert würde, auf die der Auslegung zugrunde liegenden Beschleunigungswerte, nicht aber auf die Intensität am Standort beziehen würde. Sie verweist weiterhin auf die von der EDF vorgelegten Aussagen zur Überschreitungswahrscheinlichkeit der Intensität am Standort Fessenheim, siehe Kapitel 3.2, weist jedoch auch darauf hin, dass diese Angaben nicht durch die Aufsichtsbehörde überprüft seien.

Die Aufsichtsbehörde bestätigt weiterhin die von der EDF getroffenen Aussagen bezüglich der Auslegung der Anlage Fessenheim gegen ein SMS mit einer PGA von 0,13 g und von manchen Systemen, Strukturen und Komponeten (insbesondere des Reaktorgebäudes) gegen eine PGA von 0,2 g und stellt fest, dass für die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ eine PGA von mindestens 0,3 g zugrunde zu legen ist.

3.4. Auflagen und Nachrüstungen

Die Aufsichtsbehörde hat beschlossen, die bisherigen Methoden zur Bestimmung der Auswirkungen von Erdbeben auf die nuklearen Anlagen zu überprüfen (ASN 2012a).

Gemäß (ASN 2014b) haben die französischen Anlagen im Rahmen ihrer nächsten periodischen Sicherheitsüberprüfung auch eine Bewertung der Robustheit der Anlagen für Erdbeben oberhalb des SMS vorzulegen. Hierfür hat der Betreiber Leitfäden zur Bestimmung der seismischen Robustheit im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung vorgelegt, die gegenwärtig von der Aufsichtsbehörde geprüft werden. Weiterhin hatte der Betreiber einen Aktionsplan für die genauere Bestimmung der vorhandenen seismischen Margen und von Vorschlägen für eine Erhöhung dieser Margen vorzulegen. Nach (ASN 2014b) hat der Betreiber hierzu erste Vorschläge vorgelegt und wird bis Mitte 2015 die verbleibenden Aspekte adressieren. Eine entsprechende Umsetzung in den Anlagen soll im Rahmen der Implementierung des „Hardened Safety Core“ erfolgen.

Die Aufsichtsbehörde hat in (ASN 2012a) festgestellt, dass der EU-Stresstest die Fähigkeit der französischen Anlagen aufgezeigt hat, das Eintreten von Cliff-Edge-Effekten auch bei einem begrenzten Überschreiten der bisherigen Auslegungsgrenzen zu vermeiden. Sie stellt jedoch auch fest, dass der Schutz von Sicherheitseinrichtungen gegenüber durch Erdbeben ausgelösten

Bränden verbessert werden muss, da wesentliche bisherige Brandschutzmaßnahmen nicht gegen die Einwirkungen des SMS ausgelegt sind. Der Betreiber hat die Erdbebenfestigkeit der sicherheitstechnisch wichtigen Brandschutzeinrichtungen gegenüber einem SMS zu überprüfen und gegebenenfalls Ertüchtigungen vorzunehmen, um die Verfügbarkeit der Brandschutzeinrichtungen auch unter den Bedingungen des SMS sicherzustellen (ASN 2012b, [ECS-12]). Nach (ASN 2014b) hat der Betreiber entsprechende Untersuchungen vorgelegt. Eine Ertüchtigung von Einrichtungen soll während der nächsten periodischen Sicherheitsüberprüfung der betroffenen Reaktoren umgesetzt werden.

Gemäß (ASN 2014b) sind die in existierenden Anlagen installierten Maßnahmen für die Mitigation von schweren Unfällen nicht gegen externe Einwirkungen ausgelegt. Während die installierten passiven, autokatalytischen Rekombinatoren (PAR) für den Abbau von Wasserstoff aus Auslegungsstörfällen gegen die Einwirkungen aus Erdbeben ausgelegt sind, trifft dies für PAR zum Abbau von Wasserstoff aus auslegungsüberschreitenden Störfällen sowie für die Filtersysteme der gefilterten Druckentlastung nicht zu. Die Aufsichtsbehörde prüft gegenwärtig die vom Betreiber im Zusammenhang mit dem „Hardened Safety Core“ für die PAR vorgelegten Vorschläge. Sie stellt weiterhin fest, dass der Betreiber an der mit (ASN 2012b, [ECS-29]) geforderten Ertüchtigung der U5 Sandbettfiltersysteme der existierenden Anlagen arbeitet (ASN 2014b, S. 47).

Darüber hinaus hat der Betreiber die Vor- und Nachteile einer automatischen Schnellabschaltung des Reaktors bei einem Erdbeben mit der halben Stärke des SDD zu bewerten (ASN 2012b, [ECS-13]). Gemäß (ASN 2014b) soll im Rahmen der Maßnahmen der Phase 1 (vgl. Kap. 2.4.2) eine derartige automatische Schnellabschaltung implementiert werden.

Hinsichtlich der erdbebenbedingten Einwirkungen ist nach (ASN 2014, [ECS-ND7]) für den „Hardened Safety Core“ ein abdeckendes Beschleunigungsspektrum anzunehmen, dass

- das SMS um 50% und
- ein probabilistisch bestimmtes anlagenspezifisches Spektrum mit einer Wiederkehrperiode von 20.000 Jahren (entsprechend einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5×10^{-5} pro Jahr) überschreitet und
- die anlagenspezifischen Untergrundbedingungen berücksichtigt.

3.5. Stellungnahme

Weder aus der Stellungnahme des Betreibers (EDF 2013) noch aus derjenigen der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) ergeben sich Erkenntnisse, dass hinsichtlich der Sachstandsdarstellung zur Anlage Fessenheim mit Stand von (Öko-Institut; PhB 2012) relevante weitere Aspekte zu berücksichtigen wären.

Hinsichtlich von Unterschieden im Auslegungskonzept (Redundanzgrad) der Einrichtungen, die zur Beherrschung der Auswirkungen eines Erdbeben benötigt werden, wird an dieser Stelle auf Kap. 2 verwiesen.

Sowohl der Betreiber als auch die Aufsichtsbehörde stellen fest, dass für den Standort Fessenheim keine probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse vorliegt. Demgegenüber sind für alle deutschen Standorte bei der Bestimmung der möglichen Erdbebeneinwirkungen auch probabilistische Untersuchungen durchgeführt und bei der Festlegung des Bemessungserdbebens berücksichtigt worden.

Eine Umsetzung von probabilistischen Erdbebengefährdungsanalysen soll für französische Anlagen grundsätzlich im Rahmen der zukünftigen periodischen Sicherheitsüberprüfungen durchgeführt werden. Es liegen keine Erkenntnisse vor, dass für die Anlage Fessenheim eine frühere Umsetzung geplant ist. Vor diesem Hintergrund wäre frühestens ab ca. 2020 mit entsprechenden Ergebnissen und daraus gegebenenfalls abzuleitenden Nachrüstungen zu rechnen.

Bereits in (Öko-Institut; PhB 2012, Kap. 5.1.3.1) wurde eine Abschätzung der Größenordnung der Überschreitungswahrscheinlichkeit des Sicherheitserdbebens SMS der Anlage Fessenheim vorgenommen. Zur Einschätzung der probabilistischen Erdbebengefährdung des Standorts Fessenheim hat der Betreiber selbst erneut auf eine für den Standort St. Alban durchgeführte probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse verwiesen, auch wenn deren Ergebnisse nicht unmittelbar auf den Standort Fessenheim übertragbar seien, und zitiert eine darin abgeleitete erdbebenbedingte Kernschadenshäufigkeit von 10^{-6} pro Jahr. Wie bereits in (Öko-Institut; PhB 2012) dargestellt ist nach den Angaben in (ENSREG 2012) die Überschreitungswahrscheinlichkeit des am Standort St. Alban zugrunde gelegten Auslegungserdbebens im Rahmen eben dieser probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse mit 10^{-4} pro Jahr angegeben. Da die Bestimmung der Erdbebengefährdung der Anlage St. Alban auf Basis der gleichen deterministischen Vorgehensweise erfolgt ist wie für den Standort Fessenheim, ist davon auszugehen, dass für die Anlage Fessenheim eine Überschreitungswahrscheinlichkeit in der gleichen Größenordnung resultiert. Auch auf Basis des bereits in (Öko-Institut; PhB 2012) durchgeführten Vergleichs der für die Anlage St. Alban bestimmten Beschleunigungswerte des SMHV und des SMS mit den entsprechenden Beschleunigungswerten der Anlage Fessenheim ergeben sich vergleichbare Sicherheitsfaktoren für beide Anlagen.

Weiterhin vergleicht der Betreiber die der Anlage Fessenheim zugrundeliegenden Beschleunigungswerte mit denen der Anlage Philippsburg. Die vom Betreiber in diesem Zusammenhang ausgewiesenen Beschleunigungswerte haben wir nicht nachvollzogen. Der Betreiber stellt jedoch fest, dass für den Standort Philippsburg die PGA des maximalen historischen Erdbebens mit 0,08 g vergleichbar zu der für die Anlage Fessenheim bestimmten PGA des historischen Erdbebens SMHV von 0,09 g bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit in der Größenordnung von 10^{-3} pro Jahr sei. Da weiterhin die Anlage Fessenheim in Teilen gegen das sogenannte EDF-Spektrum mit einer PGA von 0,2 g und die Anlage Philippsburg für eine PGA von 0,2 g ausgelegt seien, ergäben sich keine relevanten Unterschiede zwischen den Anlagen.

Allerdings weist das für die Anlage Fessenheim ausgewiesene Sicherheitserdbeben SMS lediglich eine PGA von 0,13 g auf. Verschiedenen wichtige Systeme, Strukturen und Komponenten (SSK) wie die Notstromgebäude oder die Kühlwassereinlaufbauwerke wurden nicht unter Zugrundelegung des EDF-Spektrums errichtet. Ein Vergleich der Grundauslegung der Anlage Philippsburg, die der Betreiber mit einer PGA von 0,2 g angibt (und der eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-5} pro Jahr zugeordnet werden kann) muss daher bei angenommener gleicher Stärke des maximalen historischen Erdbebens mit der Grundauslegung der Anlage Fessenheim gegen das SMS mit einer PGA von 0,13 g erfolgen. Durch die Auslegung von Teilen der Anlage gegen das EDF-Spektrum ergeben sich für diese Anlagenteile zusätzliche Reserven, die jedoch im Rahmen einer Bewertung der in der Anlage vorhandenen Reserven getrennt bewertet werden.

Schließlich verweist der Betreiber auf Angaben zur Überschreitungswahrscheinlichkeit der Intensitäten des SMHV und des SMS der Anlage Fessenheim, die er in einem Schreiben an die Aufsichtsbehörde übersandt habe. Dieses Schreiben liegt uns nicht vor. Aus den Aussagen des Betreibers ist auch nicht nachvollziehbar, auf welcher Basis diese

Überschreitungswahrscheinlichkeiten bestimmt wurden, da für den Standort Fessenheim bislang keine probabilistischen Erdbebengefährdungsanalysen durchgeführt wurden. Die vom Betreiber gemachten Aussagen zu den Überschreitungswahrscheinlichkeiten sind vor dem Hintergrund der deterministischen Anforderungen zur Herleitung des SMHV und des SMS in ihrer Größenordnung nicht nachvollziehbar. Sie werden in dieser Form auch von der Aufsichtsbehörde nicht bestätigt.

Der Betreiber verweist weiterhin darauf, dass nach (KTA 2201.1 2011) die Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-5} pro Jahr für die Intensität auszuweisen sei, während internationale Anforderungen sich auf die maximale Bodenbeschleunigung (PGA) beziehen. Nach (KTA 2201.1 2011, 3.1(3)) ist die probabilistische Bestimmung der Kenngrößen des Bemessungserdbebens für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-5} pro Jahr vorzunehmen. Dabei sind für das Bemessungserdbeben die Intensität und entsprechend den zugehörigen seismotektonischen Bedingungen auch maßgebende Magnituden-, Entfernungs- und Herdtiefenbereiche zur Ermittlung der ingenieurseismologischen Kenngrößen anzugeben. Die ingenieurseismologischen Kenngrößen umfassen insbesondere Bodenantwortspektren mit den zugehörigen Starrkörperbeschleunigungen (maximale Bodenbeschleunigungen, PGA) und die Starkbewegungsdauer. Insofern sind die Intensitäten und die maximalen Bodenbeschleunigungen auch nicht als unabhängige Größen anzusehen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Überschreitungswahrscheinlichkeiten der für das Bemessungserdbeben festgelegten Intensitäten und den zugehörigen Bodenbeschleunigungen, wie er sich gemäß den obigen Ausführungen des Betreibers ergeben soll, ist methodisch daher nicht ableitbar. Damit sind auch vor dem Hintergrund des obigen Vergleichs der Beschleunigungswerte der Anlagen Fessenheim und Philippsburg die vom Betreiber gemachten Angaben zur Überschreitungswahrscheinlichkeit der Intensitäten des SMS nicht nachvollziehbar.

Vor diesem Hintergrund kommen wir weiterhin zur Einschätzung, dass das Sicherheitserdbeben SMS der Anlage Fessenheim etwa eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-4} pro Jahr aufweist, die Anlage im Vergleich zu den deutschen Kernkraftwerken also einen geringeren Sicherheitsstatus aufweist.

Der Betreiber verweist auf die konservativen Verfahren bei der baulichen Auslegung der Systeme, Strukturen und Komponenten, aus denen sich Sicherheitsmargen in der Größe von Faktoren 1,5 bis 4 ergeben. Bereits in (Öko-Institut; PhB 2012) wurde festgestellt, dass die Aufsichtsbehörde der grundsätzlichen Vorgehensweise des Betreibers zur Ausweisung von Sicherheitsreserven zustimmen konnte, jedoch feststellte, 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. In diesem Zusammenhang hat sie den Betreiber auch aufgefordert, seine Analyse der Sicherheitsreserven zu vervollständigen. Auch wurden insbesondere für den Vorratsbehälter des Notspeisesystems und den Flutbehälter geringe Reserven, die gegebenenfalls noch unter dem Faktor 1,5 liegen könnten, ausgewiesen. Weiterhin hat die Aufsichtsbehörde darauf hingewiesen, dass der Schutz sicherheitstechnischer Einrichtungen gegen durch Erdbeben induzierte Brände verbessert werden muss.

Bislang liegen hinsichtlich der in der Anlage Fessenheim vorhanden Reserven keine neueren Erkenntnisse vor. Eine Ausweisung von seismischen Reserven wird von den französischen Anlagen erst im Zusammenhang mit der nächsten periodischen Sicherheitsüberprüfung verlangt. Auch die geforderte Ertüchtigung der Brandschutzeinrichtungen ist erst für die nächste periodische Sicherheitsüberprüfung vorgesehen. Daher ist frühestens ab ca. 2020 mit neueren Erkenntnissen hinsichtlich der tatsächlich vorhandenen Robustheit der existierenden Systeme, Strukturen und Komponenten der Anlage Fessenheim sowie ggf. notwendigen Ertüchtigungen zu rechnen.

Demgegenüber wurden die Betreiber deutscher Kernkraftwerke zur Überprüfung ihrer Sicherheitsreserven aufgefordert (BMUB 2014, N-13):

> *„Zur Absicherung der vitalen Sicherheitsfunktionen bei auslegungsüberschreitenden Einwirkungen von außen oder innen sollte eine systematische Analyse durchgeführt werden.*
>
> *Dazu sind die sind Auslegungsreserven in den vorhandenen Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen dahingehend zu bewerten, ob und ab wann bei erhöhten (auslegungsüberschreitenden) Annahmen zu externen und internen Einwirkungen die benötigte Sicherheitsfunktion gefährdet sein kann. Hierzu sind die Kriterien aus der RSK Sicherheitsüberprüfung für mindestens Robustheitslevel 1 […] heranzuziehen.*
>
> *Auf dieser Basis ist zu bewerten, ob eine Erhöhung der Robustheit durch angemessene Maßnahmen zur Ertüchtigung vorhandener Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen oder durch vorhandene oder zusätzliche Notfallmaßnahmen möglich ist.“*

Der Nachweis eines Robustheitslevels 1 entspräche der Erhöhung der Erdbebenintensität um eine Stufe. Dies entspricht bei jeweils gleichen Standorteigenschaften in etwa einem Faktor zwei in den abtragbaren Beschleunigungen. Gemäß (BMUB 2014) wurden für alle deutschen Druckwasserreaktoren mit der Genehmigung zu Leistungsbetrieb entsprechende Untersuchungen durchgeführt, die Beratungen hierzu sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

Vor diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung der Darstellungen in Kap. 2.5 bewerten wir auch die Aussage des Betreibers, dass in Deutschland keine weiteren Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit vorgesehen würden, als nicht korrekt.

Unter der Voraussetzung, dass das von der RSK festgestellte Robustheitspotenzial der deutschen Anlagen von einer Erdbebenintensitätsstufe nachgewiesen wird oder entsprechende Ertüchtigungen durchgeführt werden, sind die für die Anlage Fessenheim benannten Reserven weiterhin als deutlich geringer als diejenigen der deutschen Anlagen einzustufen.

Für die Einrichtungen für die Mitigation von schweren Unfällen war ursprünglich weder in den französischen noch in den deutschen Anlagen eine Auslegung gegen externe Einwirkungen vorgegeben. Gemäß (BMUB 2014, N-21) sind für die deutschen Anlagen

> *„die Einrichtungen zur gefilterten Druckentlastung […] so abzusichern, dass die Druckentlastung auch bei bzw. nach naturbedingten Bemessungs-EVA und bei Station Blackout wiederholt durchgeführt werden kann. Zudem ist die Wirksamkeit der Einrichtungen zum Wasserstoffabbau im Sicherheitsbehälter entsprechend abzusichern.“*

Entsprechende Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Damit ergeben sich im Vergleich zur Situation in der Anlage Fessenheim keine signifikanten Unterschiede.

Sowohl der Betreiber als auch die Aufsichtsbehörde verweisen darauf, dass durch die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ eine deutliche Erhöhung der Robustheit der Anlage gegenüber erdbebenbedingten Einwirkungen erreicht werde.

Hierzu ist zunächst festzustellen, dass gemäß der Zeitpläne für die Errichtung des „Hardened Safety Core“ eine substanziell erhöhte Robustheit gegenüber den bisherigen, der Auslegung zugrunde liegenden externen Einwirkungen, erst mit Implementierung der weitergehenden Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ ab ca. 2020 erreicht wird, vgl. Kap. 2.5.2.

Aus den grundsätzlichen Anforderungen an den „Hardened Safety Core“ nach (ASN 2014, [ECS-ND7]) folgt, dass gegenüber den maximalen Bodenbeschleunigungen (PGA) des SMS ein Faktor 1,5 erreicht oder eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von weniger als 5×10^{-5} pro Jahr eingehalten werden soll. Bezogen auf den Standort Fessenheim ergäbe sich bei einer PGA des SMS von 0,13 g damit eine zu unterstellende PGA von ca. 0,2 g, die der bisherigen Auslegung von Teilen der Anlage gemäß dem EDF-Spektrum entspräche. Die geforderte Überschreitungswahrscheinlichkeit für den „Hardened Safety Core“ läge nur um etwa einen Faktor 2 unter der von uns abgeschätzten bisherigen Überschreitungswahrscheinlichkeit des SMS von 10^{-4} pro Jahr und läge damit immer noch um einen Faktor 5 oberhalb der für die deutschen Anlagen im Rahmen ihrer Grundauslegung geforderten Überschreitungswahrscheinlichkeit von weniger als 10^{-5} pro Jahr. Damit würde also selbst für die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ noch kein der Grundauslegung der deutschen Anlagen gleichwertiges Sicherheitsniveau erreicht.

Ungeachtet dieser grundsätzlichen Anforderungen stellen sowohl der Betreiber als auch die Aufsichtsbehörde fest, dass für die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ mindestens eine PGA von 0,3 g zugrunde zu legen ist. Damit würde sich zumindest gegenüber dem SMS ein Faktor größer 2 in den abtragbaren Beschleunigungen ergeben, was etwa dem für die deutschen Anlagen angestrebten Robustheitsniveau entspräche.

Spezifisch für die Notstromversorgung der Anlage Fessenheim gilt, dass die bisher als Reserve zur auslegungsgemäß vorhandenen Notstromversorgung in der Anlage Fessenheim installierte diversitäre Notstromversorgung über eine blockgemeinsame, einfach redundante zusätzliche Gasturbine TAC nicht seismisch qualifiziert ist und daher bereits bei einem Sicherheitserdbeben SMS nicht mehr als Reserve kreditiert werden kann. Im Rahmen des „Hardened Safety Core“ ist im Zeitraum ab ca. 2020 die Installation eines ultimativen Notstromdiesels pro Block vorgesehen, der gegen die höheren Einwirkungen gemäß den Bedingungen des „Hardened Safety Core“ ausgelegt sein soll. Demgegenüber ist die in deutschen Anlagen bereits heute vorhandene Notspeisedieselversorgung des elektrischen D2-Netzes erdbebenfest ausgelegt und steht als Reserve mit einem Redundanzgrad von (n+2) im Rahmen der Auslegung zur Verfügung.

4. Überflutung

Im Folgenden werden als Basis für die weitere Untersuchung zunächst die wesentlichen Ergebnisse aus (Öko-Institut; PhB 2012) wiedergegeben. Daran anschließend werden Erkenntnisse aus den Darstellungen des Betreibers (EDF 2013) sowie der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) zusammengefasst. Weiterhin wird u.a. auf Basis von (ASN 2014b) dargestellt, welche Auflagen bzw. Nachrüstungen mit Relevanz für die hier identifizierten Schwachstellen zwischenzeitlich beschlossenen wurden.

4.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012)

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

Dem in der Anlage Fessenheim deterministisch bestimmten maximalen Hochwasser liegt ein 1000 jährliches 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 damit verbundenen Überschreitungswahrscheinlichkeiten vorliegen. Gegenüber den für deutsche Anlagen ausgewiesenen Schutzhöhen sind die für die Anlage Fessenheim ausgewiesenen Reserven jedoch als eher gering einzustufen.

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 eines Versagens von Kühlwasserleitungen im Maschinenhaus weist der Betreiber Reserven von 90 m^3 aus. Dies entspricht weniger als 2% der bei diesem Ereignis innerhalb von 70 s bis zur Absperrung der Leitungen freigesetzten Wassermenge von 5110 m^3 und würde bei einer Verzögerung der Absperrung der Kühlwasserleitungen von 2 s anfallen. Diese Reserve von 90 m^3 vor dem möglichen Ausfall sicherheitstechnisch relevanter Einrichtungen ist als nicht signifikant anzusehen. Es wurde vom Betreiber nicht spezifiziert, welche sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen bei einer größeren Wasserfreisetzung ins Maschinenhaus beeinträchtigt werden können.

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.

4.2. Darlegungen des Betreibers

Der Betreiber verweist in (EDF 2013) darauf, dass das maximale Hochwasser der Anlage Fessenheim auf Basis des 1000jährlichen Hochwassers durch einen deterministischen Zuschlag von 15% auf die berechnete Abflussmenge bestimmt wurde und damit im Ergebnis ein Hochwasser mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit in der Größenordnung von 10^{-4} pro Jahr erreicht wird. Weiterhin verweist der Betreiber auf ein Gutachten des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), dass für das 10.000jährliche Hochwasser auf Höhe von Gambsheim (flussabwärts des Kinzigzuflusses in den Rhein und flussabwärts der Anlage Fessenheim) eine Abflussmenge von 6697 m^3/s bestimmt wurde, während das maximale Hochwasser der Anlage Fessenheim mit einer Abflussmenge von 9090 m^3/s festgelegt sei. Damit ergäbe sich gegenüber der Auslegung eine Marge von ca. 30%.

Mit Blick auf die ausgewiesenen Reserven vergleicht der Betreiber in (EDF 2013) die für deutsche Anlagen ausgewiesenen Reserven von typischerweise 0,5 bis 1 m mit den für französische Anlagen insgesamt ausgewiesenen Reserven, die aktuell bei mindestens 0,2 m lägen. Er stellt weiterhin fest, dass für den vorgesehenen „Hardened Safety Core“ ein Zuschlag auf den bislang bestimmten Hochwasserabfluss in Höhe von 30% vorgesehen sei. Dies resultiere für die französischen Anlagen typischerweise in einer Reserve von 1 m gegenüber dem bisherigen Hochwasserstand, für den Standort Fessenheim ergäbe sich eine Reserve von 1,44 m.

Daraus schließt der Betreiber insgesamt, dass die gegenwärtige Auslegung der Anlage Fessenheim einen Schutz der Anlage gegen ein Hochwasser mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit in der Größenordnung von 10^{-4} pro Jahr gewährleiste und durch die Errichtung des „Hardened Safety Core“ auch ein Schutz für Ereignisse mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit geringer als 10^{-5} pro Jahr erreicht werde.

4.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde

Zur Auslegung der Anlage verweist (ASN 2014a) darauf, dass für den Schutz der französischen Anlagen gegenüber einer externen Überflutung ein breites Spektrum von Ereignissen zu analysieren sei, vergleiche hierzu auch die Darstellung in (Öko-Institut; PhB 2012, Kap. 5.2). Bezüglich des zu berücksichtigenden maximalen Hochwassers sei das 1000jährliche Hochwasser mit einem deterministischen Zuschlag von 15% auf die berechnete Abflussmenge zu bestimmen. Sie vergleicht die auf diese Weise bestimmte Abflussmenge von 9090 m^3/s mit der vom IWG bestimmten Abflussmenge von 6697 m^3/s und dem größten historisch bekannten Hochwasser von 1876 mit einer Abflussmenge von 5700 m^3/s.

Die Aufsichtsbehörde stellt weiterhin fest, dass bereits in Reaktion auf das Überflutungsereignis in Blayais im Jahr 1999 eine Erhöhung des Schutzes gegen externe Überflutungen vorgenommen worden sei. Weitere Nachrüstungen würden z. B. die Erhöhung von Deichen und einen verbesserten Schutz gegen externe Überflutung (z. B. durch temporäre Dämmplatten) umfassen. Auch sei für den geplanten „Hardened Safety Core“ eine Auslegung gegen ein höheres Hochwasser vorgesehen.

4.4. Auflagen und Nachrüstungen

Im Zusammenhang mit der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung fordert die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2011a, [EDF-FSH-6]; ASN 2013a, [EDF-FSH-43]) für die Anlage Fessenheim,

- dass die Anlage gegen eine externe Überflutung geschützt ist, der
  - ein 1000jährliches Rheinhochwasser mit einem Sicherheitszuschlag von 15% auf die so bestimmte Abflussmenge oder
  - ein Versagen von Dämmen bei einem 100jährlichen Hochwasser zugrunde liegt,
- dass der Betreiber seine Risikoabschätzung hinsichtlich der Gefahr einer Überflutung des Rhein-Seitenkanals durch ein Versagen von Staustufen im Oberlauf bei einem unterstellten Sicherheitserdbeben auf dem jeweils aktuellen Stand hält.

Mit (ASN 2012b, [ECS-5]) hat die Aufsichtsbehörde festgelegt, dass der Betreiber notwendige Ertüchtigungen an den Maßnahmen und Einrichtungen zum Schutz vor externer Überflutung umzusetzen hat. Gemäß (ASN 2014b) wurden diese Ertüchtigungen fristgemäß umgesetzt.

Für den Block 2 der Anlage Fessenheim fordert die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2013a, [FSH2-19]) weiterhin, dass für die an das Reaktorgebäude angrenzenden Gebäude ein Eindringen von Wasser beim Versagen von nicht gegen das SMS ausgelegten Strukturen auf dem Anlagengelände ausgeschlossen wird.

In (ASN 2014b) stellt die Aufsichtsbehörde fest, dass für die Anlage Fessenheim die Überflutung von sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden im Fall eines Versagens von Leitungen des Kühlwassersystems CRF zu berücksichtigen ist. Diese soll durch die Absperrung dieser Leitungen durch Armaturen verhindert werden. Der Betreiber hat hierzu Studien zur Erhöhung der Robustheit dieser Absperrarmaturen vorgelegt. Die Aufsichtsbehörde wird im ersten Halbjahr 2015 eine Position zu den daraus notwendig werdenden Nachrüstungen erarbeiten.

Die Aufsichtsbehörde hat weiterhin beschlossen, die bisherigen Methoden zur Bestimmung der Auswirkungen von externen Überflutungen auf die kerntechnischen Anlagen zu überprüfen. Für die zukünftig zu berücksichtigenden Anforderungen mit Blick auf eine externe Überflutung hat die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2013) einen – allerdings nicht verbindlichen – Leitfaden veröffentlicht. In (ASN 2014b) stellt die Aufsichtsbehörde fest, dass diesem Leitfaden deterministische Methoden unter Berücksichtigung von elf verschiedenen Überflutungsursachen zugrunde liegen, wobei der Entwicklung des Leitfadens ein probabilistischer Zielwert von 10^{-4} pro Jahr zugrunde lag.

Gemäß (ASN 2012b, [ECS-6]) hat der Betreiber bis zum 31.12.2016 den Schutz der Anlage vor externen Überflutungen dahingehend zu verbessern, dass ein vollständiger Verlust der elektrischen Energieversorgung oder der Kühlwasserversorgung auch bei Ereignissen jenseits der bisherigen Auslegung nicht zu befürchten ist. Dabei sind insbesondere Starkregenereignisse und Ereignisse mit einem erdbebenbedingten Versagen von Strukturen auf dem Anlagengelände zu berücksichtigen. Nach (ASN 2014b) sollen die hierfür identifizierten Verbesserungsmöglichkeiten am Standort Fessenheim bis zum 31.12.2016 umgesetzt werden.

4.5. Stellungnahme

Weder aus der Stellungnahme des Betreibers (EDF 2013) noch aus derjenigen der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) ergeben sich Erkenntnisse, dass hinsichtlich der

Sachstandsdarstellung zur Anlage Fessenheim mit Stand von (Öko-Institut; PhB 2012) relevante weitere Aspekte zu berücksichtigen wären.

Hinsichtlich von Unterschieden im Auslegungskonzept (Redundanzgrad) der Einrichtungen, die zur Beherrschung der Auswirkungen einer externen Überflutung benötigt werden, wird an dieser Stelle auf Kap. 2 verwiesen.

Sowohl der Betreiber als auch die Aufsichtsbehörde verweisen auf ein Gutachten des IWG, in dem probabilistische Abschätzungen für die am Standort Fessenheim zu unterstellenden Hochwasserabflüsse ermittelt wurden. Dieses Gutachten liegt uns nicht vor, so dass ein Vergleich der diesem Gutachten zugrundeliegenden Methoden mit der nach deutschen Regelwerk geforderten Vorgehensweise, vgl. (KTA 2207 1993), nicht möglich ist. Aufgrund der hohen ausgewiesenen Reserven bezüglich der im Gutachten des IWG für ein 10.000 jährliches Hochwasser hergeleiteten Abflussmenge zu der der Auslegung der Anlage zugrundeliegenden Abflussmenge kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die bisherige Auslegung der Anlage zumindest dem Niveau eines 10.000 jährlichen Hochwassers entspricht. Dies wird auch durch die Aussagen der Aufsichtsbehörde hinsichtlich des bei der Aufstellung des neuen Leitfadens (ASN 2013) zugrunde gelegten probabilistischen Zielwerts von 10^{-4} pro Jahr gestützt. Mit den Auflagen im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung ist das 1000jährliche Rheinhochwasser mit einem Sicherheitszuschlag von 15% auf die so bestimmte Abflussmenge entsprechend den Vorgaben des Leitfadens auch als für die Anlage Fessenheim verbindliches Hochwasser festgelegt.

Hinsichtlich der verfügbaren Reserven verweist der Betreiber darauf, dass bei den verschiedenen auslegungsgemäß zu analysierenden Überflutungsereignissen für die französischen Anlagen aktuell mindestens Reserven über 0,2 m ausgewiesen würden. Damit läge der Mindestwert gegenüber den für die Anlage Fessenheim im Rahmen des EU-Stresstests ausgewiesenen Werten von mindestens 0,06 m mittlerweile zwar um über einen Faktor 2 höher, jedoch immer noch signifikant unterhalb den für deutsche Anlagen ausgewiesenen Schutzhöhen im Bereich zwischen 0,5 und 1 m.

Auch bei einem Versagen von Leitungen des Kühlwassersystems droht eine Überflutung sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen. Die hierfür im Rahmen des EU-Stresstests ausgewiesenen Reserven sind ebenfalls gering (Öko-Institut; PhB 2012). Gemäß den Aussagen der Aufsichtsbehörde wurden vom Betreiber bereits Untersuchungen mit dem Ziel einer Erhöhung der Robustheit der bei diesem Szenario erforderlichen Absperrarmaturen durchgeführt. Welche Maßnahmen hieraus abgeleitet wurden ist nicht bekannt, eine Umsetzung ist in der Anlage Fessenheim bislang noch nicht erfolgt.

Gemäß den Aussagen der Aufsichtsbehörde sind vor dem 31.12.2016 weitere Ertüchtigungen insbesondere mit Blick auf Starkregenereignisse und Ereignisse mit einem erdbebenbedingten Versagen von Strukturen auf dem Anlagengelände umzusetzen. Der aktuelle Umsetzungsstand der hierfür erforderlichen Maßnahmen ist uns nicht bekannt.

Der Betreiber stellt darüber hinaus fest, dass für die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ ein Hochwasser mit einer um 30% erhöhten Abflussmenge zugrunde gelegt werden soll. Die damit erreichbare Reserve mit Blick auf den Hochwasserstand läge in diesem Fall deutlich im Bereich der auch für die deutschen Anlagen ausgewiesenen Schutzhöhen. Den Ausführungen der Aufsichtsbehörde sowie den Festlegungen zum „Hardened Safety Core“ in (ASN 2014) sind diesbezüglich abschließende Festlegungen nicht zu entnehmen. Gemäß den Zeitplänen für die Errichtung des „Hardened Safety Core“ ist mit der Implementierung der weitergehenden Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ erst ab ca. 2020 zu rechnen, vgl. Kap. 2.5.2.

5. Brennelement-Lagerbecken

Im Folgenden werden als Basis für die weitere Untersuchung zunächst die wesentlichen Ergebnisse aus (Öko-Institut; PhB 2012) wiedergegeben. Daran anschließend werden Erkenntnisse aus den Darstellungen des Betreibers (EDF 2013) sowie der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) zusammengefasst. Weiterhin wird u.a. auf Basis von (ASN 2014b) dargestellt, welche Auflagen bzw. Nachrüstungen mit Relevanz für die hier identifizierten Schwachstellen zwischenzeitlich beschlossenen wurden.

5.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012)

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.

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 Druckwasserreaktoren 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 im Reaktorgebäude innerhalb des Containments als sicherheitstechnischen Vorteil der deutschen Anlagen ein.

5.2. Darlegungen des Betreibers

Der Betreiber stellt in (EDF 2013) fest, dass durch die Auslegung des Lagerbeckens ein massiver Verlust von Kühlwasser ausgeschlossen und die Überdeckung der Brennelemente durch zusätzliche Systeme sichergestellt sei. Auch während der Brennelement-Handhabung seien Wasserverluste hinsichtlich der möglichen Leckagemengen (Volumen, Austrittsrate) begrenzt.

Darüber hinaus sei 2005 nachgewiesen worden, dass das Lagerbecken auch unter Siedebedingungen (Temperaturen von 100°C) strukturell intakt bleibe und die Kühlsysteme auch unter diesen Bedingungen in Betrieb genommen werden können.

Als zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit sei im Rahmen des „Hardened Safety Core“ eine Einspeisung in das Lagerbecken vorgesehen. Weiterhin würden zusätzliche Instrumentierungen zur Überwachung des Füllstands und der Temperatur im Lagerbecken errichtet.

Der Betreiber schließt, dass die Auslegung der Brennelement-Lagerbecken in Frankreich international üblich sei und durch die Nachrüstung des „Hardened Safety Core“ eine weitere Erhöhung der Robustheit erreicht würde.

5.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde

Die Aufsichtsbehörde bestätigt, dass in 2005 nachgewiesen wurde, dass das Lagerbecken auch unter Siedebedingungen (Temperaturen von 100°C) strukturell intakt bleibt und die Kühlsysteme auch unter diesen Bedingungen in Betrieb genommen werden können (ASN 2014a).

Im Rahmen der Nachrüstung des „Hardened Safety Core“ sei ferner eine Einspeisemöglichkeit mit einer Versorgung durch Grundwasser vorgesehen. Weiterhin sei eine zusätzliche Instrumentierung zur Überwachung des Füllstands und der Temperatur im Lagerbecken gefordert.

5.4. Auflagen und Nachrüstungen

Mit Blick auf beide Blöcke am Standort Fessenheim fordert die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2011a, [FSH1-27]; ASN 2012c; ASN 2013a, [FSH2-20]),

- dass die Lagerbeckenkühlsysteme ausreichend dimensioniert sein müssen, um die Nachzerfallsleistung der im Lagerbecken befindlichen Brennelemente dauerhaft abzuführen und dass diese auch bei einem Sieden des Lagerbeckens funktionsfähig bleiben und wiederzuschaltbar sein müssen.

Im Zusammenhang mit der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung fordert die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2011a, [FSH1-19]) für den Block 1 der Anlage Fessenheim u.a.,

- dass bis zum 31.12.2012 vorhandene Siphonbrecher ersetzt und ein automatisches Schließen von Ansaugleitungen aus dem Brennelement-Lagerbecken implementiert wird.

Auch nach (ASN 2012b, [ECS-22]) hat der Betreiber Untersuchungen zur Möglichkeit eines Wasserverlusts aus dem Lagerbecken bei einem Leck an anschließenden Rohrleitungen aufgrund einer Saughebewirkung sowie zur Notwendigkeit automatischer Maßnahmen zur Absperrung von Ansaugleitungen des Lagerbeckens durchzuführen und resultierende Maßnahmen bis März 2014 bzw. Dezember 2016 umzusetzen. Gemäß (ASN 2014b) wurden die Maßnahmen gegen einen Wasserverlust aufgrund Saughebewirkung fristgemäß umgesetzt, in den 900 MWe Anlagen ist bis zum 31.12.2016 eine automatisch Absperrung der Ansaugleitungen der Lagerbeckenkühlsysteme zu installieren.

Im Zusammenhang mit der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung fordert die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2011a, [FSH1-19, -29]) für den Block 1 der Anlage Fessenheim,

- dass bis zum 31.12.2014 für den Fall eines partiellen Wasserverlusts aus dem Lagerbecken mit der Folge eines Ausfalls der Lagerbeckenkühlsysteme ein Sicherheitssystem zur Einspeisung in das Lagerbecken errichtet wird, das in der Lage ist,
  - siedebedingte Wasserverluste im Lagerbecken auszugleichen und
  - den Füllstand im Lagerbecken soweit anzuheben, dass die Wiederinbetriebnahme der Lagerbecken-Kühlsysteme möglich ist.

(ASN 2012b, [ECS-20]) fordert die Nachrüstung einer Instrumentierung zur Bestimmung des Füllstands und der Temperatur im Lagerbecken sowie der radiologischen Bedingungen im Brennelement-Lagebeckengebäude. Weiterhin hat der Betreiber den nationalen

Krisenreaktionskräften Tabellen mit den verfügbaren Karenzzeiten bis zum Erreichen von Siedetemperaturen im Lagerbecken bei Ausfall der Kühlmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen. Für die Messung des Füllstands des Lagerbeckens muss bis zum 31.12.2013 sichergestellt sein, dass diese auch unter den Bedingungen eines Station Blackout verfügbar ist. Die Aufsichtsbehörde bestätigt in (ASN 2014b), dass vom Betreiber vor dem 30.06.2012 Vorschläge zur Verbesserung der Lagerbecken-Instrumentierung sowie die für die nationalen Krisenreaktionskräfte erforderlichen Informationen eingereicht wurden. Weiterhin bestätigt die Aufsichtsbehörde, dass die Füllstandsmessung des Lagerbeckens an eine zusätzliche elektrische Versorgungsmöglichkeit angeschlossen wurde.

Der Betreiber hat bis zum 31.12.2012 eine Untersuchung zu den möglichen Folgen eines Absturzes eines Transportbehälters im Lagerbeckengebäude und bis zum 31.12.2013 eine Untersuchung zu möglichen Vorsorgemaßnahmen für diesen Fall vorzulegen (ASN 2012b, [ECS-21]). Gemäß (ASN 2014b) wurden die Ergebnisse dieser Untersuchungen vom Betreiber fristgemäß eingereicht, die Aufsichtsbehörde will im ersten Halbjahr 2015 hieraus entsprechende Schlussfolgerungen ableiten.

Der Betreiber hat nach (ASN 2012b, [ECS-23, -25]) eine Untersuchung zur Möglichkeit der sicheren Unterbringung eines Brennelements bei einem totalen Verlust der elektrischen Energieversorgung während Handhabungsvorgängen zu erstellen sowie Möglichkeiten zur Vermeidung einer Freilegung eines Brennelements bzw. von Wasserverlusten aus dem Lagerbecken bei Leckagen am Transferkanal zu ermitteln. Nach (ASN 2014b) hat der Betreiber hierzu Untersuchungen vorgelegt, die im ersten Halbjahr 2015 von der Aufsichtsbehörde weiter geprüft werden. Erste organisatorische Maßnahmen zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Position von Absperrarmaturen zur Vermeidung von Wasserverlusten bei Leckagen am Transferkanal wurden bereits Mitte 2013 umgesetzt.

Schließlich hat der Betreiber eine Untersuchung zur zeitlichen Entwicklung des Füllstands und der Temperaturen im Lagerbecken, der radiologischen Bedingungen in der Atmosphäre des Lagerbecken-Gebäudes sowie der durch Radiolyse zu erwartenden Wasserstoffkonzentration auch unter Berücksichtigung eines Ausfalls der Lüftungssysteme zu erstellen (ASN 2012b, [ECS-24]). Gemäß (ASN 2014b) hat der Betreiber entsprechende Untersuchungen vorgelegt und als Maßnahmen auf die Einspeisung in das Lagerbecken im Rahmen des „Hardened Safety Core“ verwiesen.

Gemäß (ASN 2014, [ECS-ND14]) hat der Betreiber bis zum 31.12.2015 eine Untersuchung der strukturellen Integrität des Lagerbeckens und der bei der Brennelementhandhabung verwendeten baulichen Einrichtungen unter den Bedingungen des „Hardened Safety Core“ vorzulegen sowie gegebenenfalls erforderliche Ertüchtigungen vorzuschlagen.

5.5. Stellungnahme

Im Hinblick auf den Erhalt des Wasserinventars im Becken hat die Aufsichtsbehörde die Umsetzung der Maßnahmen gegen einen Wasserverlust aufgrund Saughebewirkung bestätigt. Eine automatische Absperrung der Ansaugleitungen der Lagerbeckenkühlsysteme ist bis zum 31.12.2016 zu installieren. Untersuchung zu den möglichen Folgen eines Absturzes eines Transportbehälters im Lagerbeckengebäude, zur Möglichkeit der sicheren Unterbringung eines Brennelements bei einem totalen Verlust der elektrischen Energieversorgung während Handhabungsvorgängen sowie zu Möglichkeiten zur Vermeidung einer Freilegung eines Brennelements bzw. von Wasserverlusten aus dem Lagerbecken bei Leckagen am Transferkanal wurden vom Betreiber vorgelegt. Maßnahmen wurde jedoch bislang nicht abschließend umgesetzt.

Daher sind die diesbezüglich bereits im Rahmen des EU-Stresstests als offen ausgewiesenen Punkte weiterhin als offen einzustufen.

Gemäß der Auflagen im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung müssen die Lagerbeckenkühlsysteme auch bei einem Sieden des Lagerbeckens funktionsfähig bleiben und wiederzuschaltbar sein, die Aufsichtsbehörde bestätigt, dass diesbezüglich bereits 2005 Nachweise vom Betreiber vorgelegt wurden. Gemäß (BMUB 2014, N-22) wurden auch für die deutschen Anlagen von den Betreibern Untersuchungen durchgeführt, ob im Rahmen des Notfallschutzkonzepts eine Verdampfungskühlung des Lagerbecken erfolgen kann (Nachweise für Brennelement-Lagerbecken, Flutraum, Absetzbecken, Flutkompensator auf Siedetemperatur). Die behördlichen Prüfungen zur Umsetzung dieser Anforderungen sind noch nicht bei allen Anlagen abgeschlossen.

Bezüglich der bereits erfolgten Nachrüstungen in der Anlage Fessenheim wird an dieser Stelle auf Kap. 2.5.2 verwiesen.

Hinsichtlich einer zusätzlichen Instrumentierung des Lagerbeckens hat die Aufsichtsbehörde bestätigt, dass die existierende Füllstandsmessung des Lagerbeckens mittlerweile an eine zusätzliche elektrische Versorgungsmöglichkeit angeschlossen wurde. Aufgrund der auch in deutschen Anlagen eingerichteten zusätzlichen elektrischen Versorgungsmöglichkeiten, vgl. Kap. 2.5.2 ist eine zusätzliche Versorgungsmöglichkeit der leittechnischen Systeme auch für deutsche Anlagen gegeben. Die Errichtung weiterer leittechnischer Einrichtungen im Zusammenhang mit dem „Hardened Safety Core“ sind erst im Rahmen der Phase 3 (vgl. Kap. 2.4.2) vorgesehen und werden daher erst nach dem Jahr 2019 erfolgen.

Im Rahmen der Nachrüstung des „Hardened Safety Core“ soll darüber hinaus eine diversitäre und dauerhaft verfügbare Wasserversorgung für die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ hergestellt sowie fest installierte Rohrleitungssysteme für die Einspeisung in das Lagerbecken errichtet werden. Die Frist für die Errichtung der diversitären Wasserversorgung ist im Rahmen der Phase 2 bis Ende 2020. Die Installation von festen Rohrleitungssystemen für die Einspeisung in das Lagerbecken ist erst im Rahmen der Phase 3 (vgl. Kap. 2.4.2) vorgesehen und wird daher erst nach dem Jahr 2019 erfolgen. Gegenwärtig haben diese Maßnahmen daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Untersuchungen zur strukturellen Integrität des Lagerbeckens und der bei der Brennelementhandhabung verwendeten baulichen Einrichtungen unter den Bedingungen des „Hardened Safety Core“ liegen noch nicht vor. Ob daher selbst durch die Errichtung zusätzlicher Einspeisemöglichkeiten in das Lagerbecken tatsächlich eine Erhöhung der Robustheit der Lagerbeckenkühlung bis auf das Niveau der für den „Hardened Safety Core“ zu unterstellenden Einwirkungen erreicht werden kann, ist noch nicht bewertbar.

Die Lagerbecken sind in der Anlage Fessenheim in einem separaten Gebäude untergebracht, in den noch im Leistungsbetrieb befindlichen deutschen Druckwasserreaktoren hingegen innerhalb des Containments im Reaktorgebäude. Diese Unterbringung gewährleistet einen zusätzlichen Schutz gegen mechanische Einwirkungen von außen und eine bessere Spaltproduktrückhaltung im Falle von Brennelementschäden. Der diesbezügliche Sachstand hat sich nicht verändert. Vor diesem Hintergrund stufen wir die Unterbringung der Lagerbecken im Reaktorgebäude innerhalb des Containments weiterhin als sicherheitstechnischen Vorteil der deutschen Anlagen ein.

6. Elektrische Energieversorgung

Im Folgenden werden als Basis für die weitere Untersuchung zunächst die wesentlichen Ergebnisse aus (Öko-Institut; PhB 2012) wiedergegeben. Daran anschließend werden Erkenntnisse aus den Darstellungen des Betreibers (EDF 2013) sowie der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) zusammengefasst. Weiterhin wird u.a. auf Basis von (ASN 2014b) dargestellt, welche Auflagen bzw. Nachrüstungen mit Relevanz für die hier identifizierten Schwachstellen zwischenzeitlich beschlossenen wurden.

6.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012)

Hinsichtlich von Unterschieden im Auslegungskonzept (Redundanzgrad) wird an dieser Stelle auf Kap. 2 verwiesen.

Die deutschen Anlagen verfügen mindestens über Batteriekapazitäten, um einen zweistündigen Station Blackout zu beherrschen. Der Betreiber gibt für die Anlage Fessenheim 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 Grundauslegung 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 Gastrubine TAC ist nicht seismisch qualifiziert und nicht gegen zusätzliche seltene Einwirkungen von außen wie einen Flugzeugabsturz ausgelegt.

Nach Angaben des Betreibers im EU-Stresstest existiert für die Dieselvorräte auf dem Anlagengelände ein zentrales Lager. 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 anlagenspezifische Verträge abgeschlossen sind. Detailliertere Angaben zur Erreichbarkeit der Vorratsbehälter bei Zerstörungen der anlageninternen oder externen Infrastruktur insbesondere unter EVA-Randbedingungen liegen jedoch nicht vor.

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

Der Betreiber verweist im Zusammenhang mit den Szenarien eines Verlusts der externen Stromversorgung und der Notstromversorgung 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.

6.2. Darlegungen des Betreibers

Der Betreiber geht in seinen Darlegungen in (EDF 2013) nicht spezifisch auf diese Punkte ein, verweist jedoch auf die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“, siehe Kapitel 2.1.

Der ultimative Notstromdiesel (DUS) solle dabei über eine Leistung von 3 MW verfügen und in der Lage sein, alle Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ mit der erforderlichen elektrischen Energie zu versorgen. Er werde in einem eigenen, bis Ende 2012 errichteten Gebäude aufgestellt und gegen Einwirkungen von außen ausgelegt, denen höhere Lastannahmen zugrunde liegen als der bisherigen Auslegung der Anlage, vergleiche hierzu Kapitel 2.4.1.

6.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde

Die Aufsichtsbehörde geht in ihren Darlegungen in (ASN 2014a) nicht spezifisch auf diese Punkte ein, verweist jedoch allgemein auf die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“, siehe Kapitel 2.1.

In (ASN 2014a) stellt die Aufsichtsbehörde fest, dass mit Stand Januar 2014

- ein Mini-Diesel (Mini-DUS)

in der Anlage Fessenheim vorhanden sei.

6.4. Auflagen und Nachrüstungen

Der Betreiber hat gemäß (ASN 2012b, [ECS-18 I]) Maßnahmen zu entwickeln und bis zum 31.12.2014 in der Anlage umzusetzen, um die verfügbaren Zeiten bis zur Erschöpfung der Batterien signifikant zu verlängern. Die Aufsichtsbehörde bestätigt in (ASN 2014b), dass die verfügbaren Zeiten bis zur Erschöpfung der Batterien von einer Stunde auf zwei Stunden erhöht wurden.

So früh wie möglich, jedoch spätestens bis zum 31.12.2018 hat der Betreiber für jeden Reaktor eine zusätzliche ultimative Notstromversorgung bereitzustellen, die auch bei Verlust aller übrigen elektrischen Energieversorgungen in der Lage ist, die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ zu versorgen. Bis zur Verfügbarkeit dieser Einrichtung sind temporäre Versorgungseinrichtungen vorzusehen, die in der Lage sind, die erforderlichen leittechnischen Einrichtungen sowie die Beleuchtung der Warte sicherzustellen (ASN 2012b, [ECS-18 III]). Die Aufsichtsbehörde bestätigt in (ASN 2014b), dass in allen französischen Reaktoren ein Mini-DUS (vgl. Kap. 2.4.1) installiert wurde.

Im Zusammenhang mit der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung fordert die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2013a, [EDF-FSH-42]) für die Anlage Fessenheim,

- dass bis zum 31.12.2015 Maßnahmen umgesetzt sind, mit denen sichergestellt wird, dass in den Räumen des Turbogenerators LLS Temperaturen eingehalten werden, für die die Funktionsfähigkeit des Turbogenerators über die erforderlichen Zeiträume nachgewiesen ist.

Die Aufsichtsbehörde hat den Betreiber aufgefordert, die Verfügbarkeit von Betriebsmitteln wie Diesel und Schmieröl auf dem Anlagengelände sowie die Möglichkeit für eine Versorgung der Anlage mit Betriebsmitteln zu verbessern, um eine Autonomiezeit der Anlage von wenigstens 15 Tagen sicherzustellen. Die vom Betreiber ergriffenen Maßnahmen werden von der Aufsichtsbehörde im Rahmen ihrer normalen Aufsichtstätigkeiten überprüft, bezüglich der Versorgung der Anlagen von außen wird auf die Möglichkeiten der FARN verwiesen (ASN 2014b).

6.5. Stellungnahme

Weder aus der Stellungnahme des Betreibers (EDF 2013) noch aus derjenigen der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) ergeben sich Erkenntnisse, dass hinsichtlich der Sachstandsdarstellung zur Anlage Fessenheim mit Stand von (Öko-Institut; PhB 2012) relevante weitere Aspekte zu berücksichtigen wären.

Hinsichtlich von Unterschieden im Auslegungskonzept (Redundanzgrad) wird an dieser Stelle auf Kap. 2 verwiesen.

Die Aufsichtsbehörde hat bestätigt, dass mittlerweile die Batteriekapazitäten der Anlage Fessenheim von einer auf zwei Stunden erhöht wurden.

Es verbleiben die Unterschiede im Auslegungskonzept, vgl. Kap. 2.5.1, damit entspricht die Grundauslegung der Anlage Fessenheim weiterhin nicht dem Sicherheitsstatus deutscher Anlagen.

Unverändert gilt für die in deutschen Anlagen vorhandenen Reserven, 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 demgegenüber 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 auch nicht einzelfehlerfest aufgebaut. Die zusätzliche Gasturbine TAC ist nicht seismisch qualifiziert und nicht gegen zusätzliche seltene Einwirkungen von außen wie einen Flugzeugabsturz ausgelegt.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Betriebsmitteln auf der Anlage ergibt sich für die deutschen Anlagen eine Autarkiezeit bei einem Verlust der externen Stromversorgung von 7 Tagen (BMUB 2014). Vor diesem Hintergrund ist bei der von der Aufsichtsbehörde geforderten Umsetzung einer Autonomiezeit von wenigstens 15 Tagen ein grundsätzlicher Vorteil der Anlage Fessenheim gegenüber den deutschen Anlagen festzustellen. Allerdings ist auf Basis der vorliegenden Unterlagen nicht klar ersichtlich, inwieweit bei der Ausweisung der Autarkiezeiten bereits eine Berücksichtigung der eingeführten Versorgungsmöglichkeiten von außen im Rahmen der FARN kreditiert wird, oder ob die Autarkiezeit von 15 Tagen alleine mit den auf der Anlage vorhandenen Betriebsstoffen erreicht werden kann.

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

Bei Ausfall der externen Stromversorgung und der Notstromversorgung eines Blocks hat der Betreiber im Rahmen des EU-Stresstest 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, verwiesen (vgl. auch Kap. 7). Im Zusammenhang mit der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung hat die Aufsichtsbehörde jedoch Maßnahmen eingefordert, um den längerfristigen Betrieb des Turbogenerators LLS sicherzustellen. Diese sollen bis zum 31.12.2015 erfolgen, zum Umsetzungsstand liegen jedoch keine Informationen vor.

Bezüglich der bereits erfolgten Nachrüstungen in der Anlage Fessenheim wird an dieser Stelle auf Kap. 2.5.2 verwiesen.

Im Rahmen der Nachrüstung des „Hardened Safety Core“ soll darüber hinaus ein weiterer ultimativer Notstromdiesel (DUS) pro Reaktor zur Versorgung der Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ errichtet werden. Die Frist für die Errichtung dieses DUS ist der 31.12.2018. Die Errichtung wesentlicher weiterer Einrichtungen des „Hardened Safety Core“, die von diesem DUS versorgt werden sollen, ist jedoch erst im Rahmen der Phase 3 (vgl. Kap. 2.4.2) vorgesehen und wird daher erst nach dem Jahr 2019 erfolgen. Gegenwärtig hat diese Maßnahme daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Die in der Anlage Fessenheim erfolgten und geplanten Nachrüstungen sind geeignet, den Sicherheitsstatus der Anlage zu erhöhen. Davon unabhängig verbleiben bisherige Unterschiede in der Grundauslegung und der Robustheit der existierenden Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung im Vergleich zu deutschen Anlagen.

7. Kühlwasser

Im Folgenden werden als Basis für die weitere Untersuchung zunächst die wesentlichen Ergebnisse aus (Öko-Institut; PhB 2012) wiedergegeben. Daran anschließend werden Erkenntnisse aus den Darstellungen des Betreibers (EDF 2013) sowie der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) zusammengefasst. Weiterhin wird u.a. auf Basis von (ASN 2014b) dargestellt, welche Auflagen bzw. Nachrüstungen mit Relevanz für die hier identifizierten Schwachstellen zwischenzeitlich beschlossenen wurden.

7.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012)

Hinsichtlich von Unterschieden im Auslegungskonzept (Redundanzgrad) wird an dieser Stelle auf Kap. 2 verwiesen.

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

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.

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 (Wiederauffüllen Kühlmittelvorräte, Komponentenkühlung etc.) realisiert werden kann.

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.

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.

7.2. Darlegungen des Betreibers

Der Betreiber geht in seinen Darlegungen in (EDF 2013) nicht spezifisch auf diese Punkte ein, verweist jedoch auf die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“, siehe Kapitel 2.1.

7.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde

Die Aufsichtsbehörde geht in ihren Darlegungen in (ASN 2014a) nicht spezifisch auf diese Punkte ein, verweist jedoch allgemein auf die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“, siehe Kapitel 2.1.

7.4. Auflagen und Nachrüstungen

Der Betreiber hat gemäß (ASN 2012b, [ECS 15]) eine Studie zur Auslegung Kühlwasserentnahmestellen der primären Wärmesenke hinsichtlich der Gefahren einer Verstopfung bzw. einer Reduzierung der Durchflussmenge und Wasserqualität durchzuführen. In (ASN 2014b) stellt die Aufsichtsbehörde fest, dass diese Untersuchungen vom Betreiber vorgelegt und Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der primären Wärmesenke vorgeschlagen wurden. Die Aufsichtsbehörde sieht hierzu jedoch die Notwendigkeit für weiterführende Verbesserungen, insbesondere mit Blick auf das Risiko einer Verstopfung der Kühlwasserentnahmestelle. Sie verweist in diesem Zusammenhang jedoch auch auf die mit der Einrichtung des „Hardened Safety Core“ angeordnete Errichtung einer diversitären Wärmesenke.

Im Rahmen der Auflage (ASN 2012b, [ECS-17]) hatte der Betreiber bis zum 31.12.2013 eine Studie zu den Anforderungen an die Einrichtungen, die bei einem vollständigen Ausfall der primären Wärmesenke erforderlich sind, auch hinsichtlich ihrer Temperaturbeständigkeit zu erstellen. Mit Blick auf die erforderliche Komponentenkühlung der Einrichtungen zur Nachwärmeabfuhr stellt die Aufsichtsbehörde in (ASN 2014b) fest, dass sie dieses Thema im Zusammenhang mit den Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ für diese Einrichtungen weiterverfolgen wird.

7.5. Stellungnahme

Weder aus der Stellungnahme des Betreibers (EDF 2013) noch aus derjenigen der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) ergeben sich Erkenntnisse, dass hinsichtlich der Sachstandsdarstellung zur Anlage Fessenheim mit Stand von (Öko-Institut; PhB 2012) relevante weitere Aspekte zu berücksichtigen wären.

Hinsichtlich von Unterschieden im Auslegungskonzept (Redundanzgrad) der Kühlwasserversorgung wird an dieser Stelle auf Kap. 2 verwiesen. Es verbleiben die Unterschiede im Auslegungskonzept, vgl. Kap. 2.5.1.

Bereits in ihrer Stellungnahme zum EU-Stresstest (ASN 2011b) hat die Aufsichtsbehörde darauf hingewiesen, dass sie in Folge der Ereignisse in Cruas und Fessenheim im Jahr 2009 eine Überprüfung aller Nebenkühlwassersysteme mit Blick auf die Gefahr einer Verstopfung der Kühlwassereinlaufbauwerke angeordnet hat, die jedoch gemäß Aussagen in (ASN 2014b) noch

immer nicht vollständig abgeschlossen ist. Im Rahmen des Nationalen Aktionsplans (BMUB 2014, N-12) haben die Betreiber deutscher Anlagen

> *„Maßnahmen zur Überprüfung und ggf. Verbesserung der Zuverlässigkeit der Primären Wärmesenke im Hinblick auf Blockaden des Kühlwasserzulaufs, zur Stärkung der Zuverlässigkeit der Primären Wärmesenke im Hinblick auf den Eintritt von seltenen Einwirkungen von Außen und zur Beherrschung des Ausfalls der Primären Wärmesenke“*

durchzuführen. Gemäß (BMUB 2014) wurden für alle deutschen Druckwasserreaktoren mit der Genehmigung zu Leistungsbetrieb entsprechende Untersuchungen durchgeführt, wobei die behördlichen Prüfungen zur Umsetzung dieser Anforderungen noch nicht bei allen Anlagen abgeschlossen sind. Insofern ergibt sich hier kein relevanter Unterschied zwischen Fessenheim und den deutschen Anlagen.

Wie bereits in (Öko-Institut; PhB 2012) dargestellt, ist bei einem langandauernden Ausfall der Nachkühlkette RRI und SEB 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.

Der Betreiber hat im Rahmen des EU-Stresstests keine detaillierten Angaben gemacht, wie bei einem Ausfall der Kühlwasserversorgung die zur langfristigen Beherrschung des Ereignisses erforderlichen Systeme gekühlt werden sollen. Die Aufsichtsbehörde ASN hat hierfür bereits im Rahmen des EU-Stresstests eine Sensitivitätsuntersuchung der Komponenten angeordnet. Die Aufsichtsbehörde hat diese Fragestellung auch im Zusammenhang mit den Anforderungen an die Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ wiederholt. Eine entsprechende Umsetzung von Maßnahmen ist daher jedoch auch erst im Rahmen der weiteren Umsetzung des „Hardened Safety Core“ zu erwarten und wird daher erst nach dem Jahr 2019 erfolgen.

Demgegenüber wurde in den deutschen Anlagen gemäß (BMUB 2014) für alle Anlagen eine diversitäre ultimative Wärmesenke geschaffen. Auch wurde bei allen Reaktoren, bei denen eine diversitäre Versorgung des Zwischenkühlsystems bislang nicht möglich war, eine zusätzliche mobile Pumpe für den Aufbau einer verkürzten Nachkühlkette bereitgestellt, vgl. Kap. 2.5.2. Damit ist neben der Abfuhr der Nachzerfallsleistung auch die erforderliche Komponentenkühlung möglich. Dies stufen wir als sicherheitstechnischen Vorteil der deutschen Anlagen gegenüber dem aktuellen Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim ein.

Bezüglich der weiteren bereits erfolgten Nachrüstungen in der Anlage Fessenheim wird an dieser Stelle auf Kap. 2.5.2 verwiesen.

Im Rahmen der Nachrüstung des „Hardened Safety Core“ soll darüber hinaus eine diversitäre und dauerhaft verfügbare Wasserversorgung zur Versorgung der Einrichtungen des „Hardened Safety Core“ hergestellt werden. Die Frist für die Errichtung der diversitären Wasserversorgung ist im Rahmen der Phase 2 bis Ende 2020. Die Installation von fest installierten Rohrleitungssystemen für die Einspeisung in die Dampferzeuger, den PTR-Behälter sowie das Lagerbecken ist jedoch erst im Rahmen der Phase 3 (vgl. Kap. 2.4.2) vorgesehen und wird daher erst nach dem Jahr 2019 erfolgen. Gegenwärtig hat diese Maßnahme daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

8. Weitere sicherheitsrelevante Schwachstellen

Im Folgenden werden als Basis für die weitere Untersuchung zunächst die wesentlichen Ergebnisse aus (Öko-Institut; PhB 2012) wiedergegeben. Daran anschließend werden Erkenntnisse aus den Darstellungen des Betreibers (EDF 2013) sowie der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) zusammengefasst. Weiterhin wird u.a. auf Basis von (ASN 2014b) dargestellt, welche Auflagen bzw. Nachrüstungen mit Relevanz für die hier identifizierten Schwachstellen zwischenzeitlich beschlossenen wurden.

8.1. Identifizierte Schwachstellen gemäß (Öko-Institut; PhB 2012)

Die noch in Betrieb befindlichen deutschen Druckwasserreaktoren verfügen über ein betriebliches System zur Dampferzeugerbespeisung, ein betriebliches, zweisträngiges An- und Abfahrsystem und ein viersträngiges Notspeisesystem. Die Redundanten des Notspeisesystems greifen dabei auf strangzugeordnete Notspeisebehälter zu. Die einzelnen Notspeiseteilsysteme sind vollständig räumlich voneinander getrennt und in einem eigenen verbunkerten 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.

Demgegenüber verfügt die Anlage Fessenheim für die Gewährleistung der sekundärseitigen Wärmeabfuhr über ein betriebliches System zur Dampferzeugerbespeisung ANG sowie ein Notspeisesystem ASG. Das Notspeisesystem besteht aus drei Redundanten, von denen eine Redundante 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.

Die noch in Betrieb befindlichen deutschen Druckwasserreaktoren verfügen für die primärseitige Druckabsenkung durch Druckhaltersprühen und die Aufborierung des Primärkreises über ein betriebliches Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem sowie ein als Sicherheitssystem ausgelegtes viersträngiges Zusatzboriersystem. Zur Kühlmittelergänzung bei Leckstörfällen mit Anlagenzuständen bei hohem Druck im Primärkreis und die Aufborierung des Primärkreises stehen darüber hinaus die Sicherheitseinspeisepumpen des viersträngigen Not- und Nachkühlsystems zur Verfügung. Ein Versagen der Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen führt in den deutschen Druckwasserreaktoren nicht zu einem Integritätsverlust des Primärkreislaufs.

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.

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.

8.2. Darlegungen des Betreibers

Der Betreiber geht in seinen Darlegungen in (EDF 2013) nicht spezifisch auf diese Punkte ein, verweist jedoch auf die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“, siehe Kapitel 2.1.

8.3. Darlegungen der Aufsichtsbehörde

Die Aufsichtsbehörde stellt in (ASN 2014a) fest, dass im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung eine Verstärkung der Vorratsbehälter ASG des Notspeisesystems und eine Abdeckung der Flutbehälter PTR der primärseitigen Einspeisesysteme beschlossen wurde.

Sie verweist weiterhin darauf, dass hinsichtlich der Gefahren durch einen Flugzeugabsturz zwar Untersuchungen vorlägen, diese jedoch nicht öffentlich zugänglich seien.

Hinsichtlich der Erdbebenfestigkeit des Deichs des Rheinseitenkanals stellt die Aufsichtsbehörde in (ASN 2014a) fest, dass eine mit (ASN 2012b, [ECS-11]) geforderte Untersuchung der EDF eine Festigkeit des Deichs für Erdbeben mit einer PGA von 0,3 g ergeben habe. Dem Schutz der Anlage Fessenheim sei eine Abflussmenge jenseits des Deichs von 20 m^3/s zugrunde gelegt worden, während tatsächlich nur eine zu erwartende Abflussmenge von 7 m^3/s berechnet worden sei.

8.4. Auflagen und Nachrüstungen

Die Aufsichtsbehörde stellt fest, dass die Dichtungen der Hauptkühlmittelpumpen der 900 MWe-Anlagen dahingehend ertüchtigt wurden, dass es auch bei einem länger andauernden Ausfall der Sperrwasserversorgung unter den Bedingungen von hohem Druck und hoher Temperatur im Primärkreislauf nicht einem Versagen der Dichtungen kommt (ASN 2014b).

Im Zusammenhang mit der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung fordert die Aufsichtsbehörde mit (ASN 2011a, [FSH1-8]; ASN 2013a, [FSH2-6]) für die Anlage Fessenheim,

- dass sicherheitstechnisch wichtige Gebäude einer Druckwelle mit einem Überdruck von 50 mbar, einer Dauer von 0,3 s und einer Geschwindigkeit von 350 m/s standhalten müssen.

Mit (ASN 2012b, [ECS-11]) fordert die Aufsichtsbehörde vom Betreiber eine Studie zur Robustheit des Damms des Rheinseitenkanals sowie zu möglichen Auswirkungen eines Versagens des Damms und der für einen solchen Fall vorgesehenen Maßnahmen zum Schutz des „Hardened Safety Core“. In (ASN 2014b) bestätigt die Aufsichtsbehörde, dass der Betreiber Ende 2013 die geforderte Untersuchung vorgelegt hat. Sie stellt jedoch weiterhin fest, dass sich aus dieser Studie

die Notwendigkeit für weiterführende Untersuchungen ergeben hat. Diese Ergebnisse sollen ca. Ende März 2015 vorliegen.

8.5. Stellungnahme

Weder aus der Stellungnahme des Betreibers (EDF 2013) noch aus derjenigen der Aufsichtsbehörde (ASN 2014a) ergeben sich Erkenntnisse, dass hinsichtlich der Sachstandsdarstellung zur Anlage Fessenheim mit Stand von (Öko-Institut; PhB 2012) relevante weitere Aspekte zu berücksichtigen wären.

Bezüglich der bereits erfolgten Nachrüstungen in der Anlage Fessenheim wird an dieser Stelle auf Kap. 2.5.2 verwiesen. Mit Blick auf die Sicherstellung der sekundärseitigen Wärmeabfuhr ergibt sich aus diesen Maßnahmen, das in der Anlage Fessenheim mittlerweile eine Möglichkeit zur Bespeisung der Dampferzeuger mit mobilen Pumpen vorhanden ist. Durch die erfolgte Ertüchtigungen der Dichtungen der Hauptkühlmittelpumpen droht darüber hinaus bei einem Verlust der Sperrwasserversorgung kein kurzfristiger Kühlmittelverlust mehr. Weitere relevante Änderungen mit Bedeutung für die in Kap. 8.1 identifizierten anlagentechnischen Unterschiede ergeben sich nicht.

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

Langfristig sollen im Rahmen der Phase 3 (ab ca. 2020) weitere Einrichtungen als Bestandteil des „Hardened Safety Core“ in französischen Anlagen implementiert werden. Ob und wann diese Einrichtungen auch in der Anlage Fessenheim umgesetzt werden ist bislang nicht festgelegt. Gegenwärtig haben diese Maßnahmen daher keine Bedeutung für den Sicherheitsstatus der Anlage Fessenheim.

Die Reaktor-Sicherheitskommission hat im Rahmen ihrer Anlagenspezifischen Überprüfung (RSK 2011) allen deutschen Anlagen mit der Genehmigung zum Leistungsbetrieb hinsichtlich der Robustheit gegenüber zivilisatorischen Einwirkungen von außen mit Blick auf einen Flugzeugabsturz die Einhaltung des Schutzgrads 2 (Erhalt der vitalen Funktionen bei der Last-Zeit-Funktion gemäß RSK-Leitlinien sowie einer Last-Zeit-Funktion eines mittleren Verkehrsflugzeuges sowie bei unterstellten Freisetzungen und Brand von Treibstoffen beim Absturz eines mittleren Verkehrsflugzeuges) bestätigt. Weiterhin hat sie allen Anlagen die Einhaltung des Schutzgrades 1 mit Blick auf die Einwirkungen einer Explosionsdruckwelle (Erhalt der Vitalfunktionen, auch unter Einbeziehung möglicher Folgeschäden und möglicher einwirkungsbedingter Personalausfälle, bei Einwirkungen entsprechend den Anforderungen der BMI-Richtlinie zu Explosionsdruckwellen) bestätigt.

Auch die „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf 2015) verweisen in Anhang 3, Kapitel 4.2.2.2 auf die „Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen“ (BMI 1976). Die Richtlinie sieht vor, dass wenn keine genaueren, standortbezogenen Untersuchungen vorliegen zur Erfassung möglicher Explosionsdruckwellen eine Druckwelle entsprechend der Richtlinie anzunehmen ist. Diese kann aus beliebiger Richtung mit einer ebenen Druckfront kommen. Nach einer ersten Überhöhung durch dynamischen Reflexionsdruck von 45 kN/m^2 (450 mbar) wird ein quasistatischer Überdruck durch die Explosionswelle von 30 kN/m^2 (300 mbar) zugrunde gelegt, bei einer Dauer von 1 s.

Für die Anlage Fessenheim hat die Aufsichtsbehörde bestätigt, dass Untersuchungen zur Robustheit gegen zivilisatorische Einwirkungen von außen erfolgt sind. Sie verweist insbesondere auf die im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung geforderte Erhöhung der Robustheit der Anlage Fessenheim. Die in diesem Zusammenhang geforderte Widerstandsfähigkeit der sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude ist jedoch im Vergleich mit den Anforderungen an deutsche Anlagen als gering einzustufen. Inwieweit die Anlage Fessenheim diese Anforderungen bereits erfüllt geht aus den uns vorliegenden Unterlagen nicht hervor. Demgegenüber wurde die Einhaltung dieser Anforderungen für die deutschen Anlagen bestätigt. Vor diesem Hintergrund gehen wir weiterhin von einer signifikant geringeren Robustheit der Anlage Fessenheim gegenüber zivilisatorischen Einwirkungen von außen im Vergleich zu den deutschen Anlagen aus.

Mit Blick auf die potenzielle Überflutungsgefahr für das gesamte Anlagengelände durch die Positionierung der sicherheitstechnischen Systeme am Standort Fessenheim auf einem Niveau weit unterhalb des Rheinseitenkanals, stellt die Aufsichtsbehörde zwar fest, dass die vom Betreiber geforderten Untersuchungen vorgelegt wurden. Sie stellt allerdings auch fest, dass sich daraus die Notwendigkeit weitergehender Untersuchungen ergeben habe. Zum diesbezüglichen Umsetzungsstand liegen keine Informationen vor.

Die Aufsichtsbehörde verweist auch darauf, dass bei der Auslegung der Schutzvorkehrungen der Anlage Fessenheim mit einer Abflussmenge von 20 m^3/s gegenüber einer berechneten Abflussmenge von 7 m^3/s aus Undichtigkeiten von Deichen beispielweise im Falle von Erdbeben eine hohe Robustheit erreicht sei. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass je nach anstehender Abflussmenge im Rhein durch die Aufteilung des Rheinwassers am Standort Kembs zwischen 1200 und 1460 m^3/s in den Rheinseitenkanal geleitet werden. Die mit der berechneten Abflussmenge von 7 m^3/s, also ca. 0,6% der im Rheinseitenkanal vorhandenen Abflussmenge, einhergehenden Unsicherheiten wurden im Rahmen des EU-Stresstests nicht ausgewiesen. Inwieweit eine Erhöhung dieser berechneten Abflussmenge um einen Faktor von ca. 3 als ausreichend konservativ angesehen werden kann, ist daher nicht bewertbar.

Literaturverzeichnis

ASN (2011): Décision no 2011-DC-0213 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 mai 2011 prescrivant à Electricité de France (EDF) de procéder à une évaluation complémentaire de la sûreté de certaines de ses installations nucléaires de base au regard de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (05.05.2011). Online verfügbar unter http://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Decisions-de-l-ASN/Decision-n-2011-DC-0213-de-l-ASN-du-5-mai-2011, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

ASN (2011a): Décision de l'Autorité de sûreté nucléaire n° 2011-DC-0231 du 4 juillet 2011 fixant à Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) les prescriptions complémentaires applicables au site électronucléaire de Fessenheim (Haut Rhin) au vu des conclusions du troisième réexamen de sûreté du réacteur n°1 de l'INB n°75. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (04.07.2011). Online verfügbar unter http://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Decisions-de-l-ASN/Decision-n-2011-DC-0231-de-l-ASN-du-4-juillet-2011, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

ASN (2011b): Complementary Safety Assessment of the French Nuclear Power Plants. Report by the French Nuclear Safety Authority. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (December 2011). Online verfügbar unter http://www.ensreg.eu/sites/default/files/120106%20Rapport%20ASN%20ECS%20-%20ENG%20validated.pdf, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

ASN (2012): Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (28.08.2015, DEVP1202101A). Online verfügbar unter http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025338573, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

ASN (2012a): Avis no2012-AV-0139 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 3 janvier 2012 sur les évaluations complémentaires de la sûreté des installations nucléaires prioritaires au regard de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (03.01.2012). Online verfügbar unter http://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Avis-de-l-ASN/Avis-n-2012-AV-0139-de-l-ASN-du-3-janvier-2012, zuletzt geprüft am 07.09.2015.

ASN (2012b): Décision n°2012-DC-0284 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juin 2012 fixant à Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) des prescriptions complémentaires applicables au site électronucléaire de Fessenheim (Haut-Rhin) au vu des conclusions des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) de l'INB n°75. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (26.06.2012). Online verfügbar unter http://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Decisions-de-l-ASN/Decision-n-2012-DC-0284-de-l-ASN-du-26-juin-2012, zuletzt geprüft am 28.08.2015.

ASN (2012c): Décision n° 2012-DC-0328 du 11 décembre 2012 de l'Autorité de sûreté nucléaire modifiant la décision n°2011-DC-0231 du 4 juillet 2011 de l'Autorité de sûreté nucléaire fixant à Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) les prescriptions complémentaires applicables au site électronucléaire de Fessenheim (Haut Rhin) au vu des conclusions du troisième réexamen de sûreté du réacteur n°1 de l'INB n°75. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (11.12.2012). Online verfügbar unter http://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Decisions-de-l-ASN/Decision-n-2012-DC-0328-de-l-ASN-du-11-decembre-2012, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

ASN (2013): Protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (Guides de L'ASN, Guide No 13). Online verfügbar unter http://professionnels.asn.fr/Installations-nucleaires/Centrales-nucleaires/Guides-de-l-ASN-dans-le-domaine-des-installations-nucleaires/Guide-de-l-ASN-n-13-relatif-a-la-protection-des-installations-nucleaires-de-base-contre-les-inondations-externes, zuletzt geprüft am 07.09.2015.

ASN (2013a): Décision n° 2013-DC-0342 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 avril 2013 fixant à Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) les prescriptions complémentaires applicables au site électronucléaire de Fessenheim (Haut Rhin) au vu des conclusions du troisième réexamen de sûreté du réacteur n°2 de l'INB n°75. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (23.04.2013). Online verfügbar unter http://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Decisions-de-l-ASN/Decision-n-2013-DC-0342-de-l-ASN-du-23-avril-2013, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

ASN (2014): Décision n°2014-DC-0404 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 janvier 2014 fixant à Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) des prescriptions complémentaires applicables au site électronucléaire de Fessenheim (Haut-Rhin) au vu de l'examen du dossier présenté par l'exploitant conformément à la prescription (ECS-1) de la décision n°2012-DC-0284 du 26 juin 2012 de l'Autorité de sûreté nucléaire. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (21.01.2014). Online verfügbar unter http://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Decisions-de-l-ASN/Decision-n-2014-DC-0404-de-l-ASN-du-21-janvier-2014, zuletzt geprüft am 28.08.2015.

ASN (2014a): Rapport de l'Öko Institut sur la centrale de Fessenheim. Éléments d'éclairage. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). Vortrag beim Ausschuss für grenzüberschreitende Zusammenarbeit des Landkreises Breisgau-Hochschwarzwald, Freiburg, 30.09.2014.

ASN (2014b): Updated National Action Plan of the French Nuclear Safety Authority. Follow-up to the French Nuclear Power Plant Stress Test. Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) (December 2014). Online verfügbar unter http://www.ensreg.eu/sites/default/files/France%20-%20141217_Updated_NAcP_France_EN.pdf, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

BMI (1976): Bekanntmachung der Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierter Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände. Bundesministerium des Inneren (BMI) (BAnz, 179). Online verfügbar unter http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/rsh/3-bmub/3_6.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

BMU (2012): EU Stresstest - National Report of Germany. Implementation of the EU Stress Tests in Germany. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Online verfügbar unter http://www.ensreg.eu/sites/default/files/EU_Stress_test_national_report_Germany.pdf, zuletzt geprüft am 15.09.2015.

BMUB (2014): Updated German Action Plan for the implementation of measures after the Fukushima reactor accident. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Online verfügbar unter http://www.ensreg.eu/sites/default/files/Germany%20-%20National%20Action%20Plan.pdf, zuletzt geprüft am 15.09.2015.

EDF (2013): Rapport Öko-Institut Stress Test: Centrales de Fessenheim et de Beznau. Électricité de France (EDF). CLIS Fessenheim.

ENSREG (2012): Stress Test Peer Review Board: Peer Review Country Report – France. Ensreg Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG). Online verfügbar unter http://www.ensreg.eu/sites/default/files/Country%20Report%20FR%20Final.pdf, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

KTA 2201.1 (2011): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen. Fassung 2011-11. Kerntechnischer Ausschuss (KTA). Online verfügbar unter http://www.kta-gs.de/d/regeln/2200/2201_1_r_2011_11.pdf, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

KTA 2207 (1993): Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser. Fassung 11/04. Kerntechnischer Ausschuss (KTA). Online verfügbar unter http://www.kta-gs.de/d/regeln/2200/2207_r_2004_11.pdf, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

Öko-Institut; PhB (2012): Christoph Pistner, Mathias Brettner, Christian Küppers, Stephan Kurth und Simone Mohr: Analyse der Ergebnisse des EU-Stresstest der Kernkraftwerke Fessenheim und Beznau. Teil 1: Fessenheim. Öko-Institut e.V. (Öko-Institut); Physikerbüro Bremen (PhB). Darmstadt. Online verfügbar unter http://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Kernenergie/Aktuelle_Informationen/Aktuelle_Meldungen/EU_Stresstest_Teil_1_Fessenheim.pdf, zuletzt geprüft am 12.10.2015.

RSK (2011): Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan). Stellungnahme. Reaktor-Sicherheitskommission (RSK). Online verfügbar unter http://www.rskonline.de/sites/default/files/reports/rsksnsue20110516hp.pdf, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

RSK (2013): Einschätzung der Abdeckung extremer Wetterbedingungen durch die bestehende Auslegung. Stellungnahme. Reaktor-Sicherheitskommission (RSK). Online verfügbar unter http://www.rskonline.de/sites/default/files/reports/epanlagersk462hp.pdf, zuletzt geprüft am 12.10.2015.

SiAnf (2015): Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (BAnz, AT 30.03.2015 B2). Online verfügbar unter http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/rsh/3-bmub/3_0_1.pdf?__blob=publicationFile&v=7, zuletzt geprüft am 01.09.2015.

WENRA (2014): WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors. Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA). Online verfügbar unter http://www.wenra.org/media/filer_public/2014/09/19/wenra_safety_reference_level_for_existing_reactors_september_2014.pdf, zuletzt geprüft am 12.10.2015.