

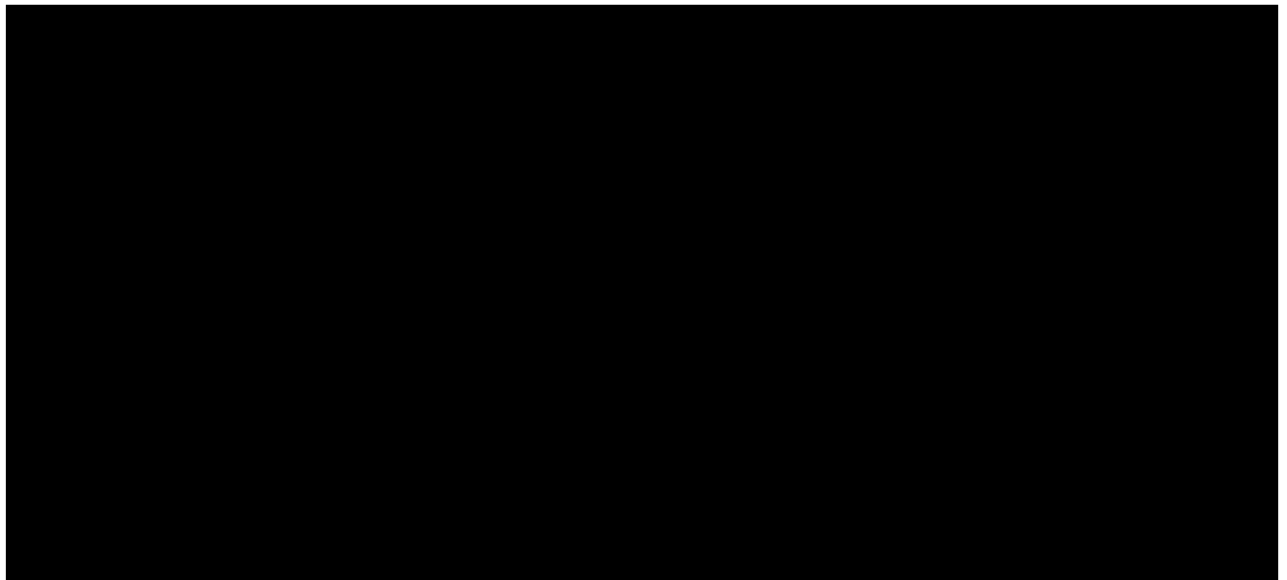


Thema: Sicherheitsüberprüfung europäischer Kernkraftwerke vor dem Hintergrund des schweren Erdbebens und Tsunamis in Japan am 11. März 2011 (Europäische Stresstests)

Standortbericht des Betreibers für den Standort Obrigheim
– Abschlussbericht –

Am Standort Obrigheim wird von der EnKK auf dem Gelände des endgültig abgeschalteten (stillgelegten) Kernkraftwerks Obrigheim (KWO) ein separates Brennelementlager (Nasslager) für abgebrannte Brennelemente betrieben.

Personenbezogene Daten
sind in diesem Bericht
unkenntlich gemacht.





Verzeichnis

Änderungsverzeichnis

Index	Anlass/Kurzbeschreibung der Änderung	Datum
-	Erstellung	31.10.2011



Inhaltsverzeichnis

VERZEICHNIS.....	2
Änderungsverzeichnis	2
Inhaltsverzeichnis	3
Verzeichnis der Anlagen	8
Verzeichnis der Abkürzungen.....	9
0 ZUSAMMENFASSUNG	10
0.1 Kurzbeschreibung der Anlage	12
0.2 Erdbeben.....	14
0.3 Hochwasser	16
0.4 Extreme Wetterbedingungen	17
0.5 Verlust der Stromversorgung	17
0.6 Verlust der primären Wärmesenke	18
0.7 Verlust der Wärmesenke bei Station-Blackout	18
0.8 Management schwerer Unfälle	19
0.9 Notfallmaßnahmen	21
1 STANDORT UND HAUPTMERKMALE DER ANLAGE	24
1.1 Standort	24
1.1.1 Hauptmerkmale der Anlage	24
1.1.2 Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme	25
1.2 Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede	31
1.3 Probabilistische Sicherheitsbewertungen	31
1.4 Begriffsverständnis	32
2 ERDBEBEN.....	36
2.1 Auslegungsgrundlage	36
2.1.1 Erdbeben, gegen welches die Anlage ausgelegt ist	36
2.1.1.1 Charakteristik des Bemessungserdbebens.....	36
2.1.1.2 Methodik bei der Festlegung des Bemessungserdbebens	37
2.1.1.3 Angemessenheit der Auslegung.....	38
2.1.2 Vorkehrungen zum Schutz der Anlage vor dem Bemessungserdbeben.....	39
2.1.2.1 Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	39
2.1.2.2 Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten.....	40
2.1.2.3 Folgewirkungen des Erdbebens	40
2.1.2.3.1 Nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegte Strukturen, Systeme und Komponenten	40
2.1.2.3.2 Ausfall der externen Stromversorgung.....	41
2.1.2.3.3 Situation außerhalb des Anlagengeländes des KWO.....	42
2.1.2.3.4 Andere Folgewirkungen	42
2.1.3 Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage.....	43
2.1.3.1 Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	43
2.1.3.2 Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen	43
2.1.3.3 Festgestellte Abweichungen.....	43
2.2 Bewertung von Auslegungsreserven.....	44
2.2.1 Abschätzung der zu schweren Kernschäden führenden Erdbebenstärke	44
2.2.2 Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses	46

2.2.3	Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens.	46
2.2.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben.....	46
3	HOCHWASSER.....	48
3.1	Auslegungsgrundlage	48
3.1.1	Hochwasser, gegen welches das Brennelementlager ausgelegt ist.....	48
3.1.1.1	Höhe des Bemessungshochwassers	48
3.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungshochwassers.....	49
3.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung.....	50
3.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage gegen Bemessungshochwasser	50
3.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	50
3.1.2.2	Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser ...	51
3.1.2.3	Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser	52
3.1.2.4	Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage.....	52
3.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage.....	53
3.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderliche Systeme, Komponenten und Strukturen.....	53
3.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtung	53
3.1.3.3	Festgestellte Abweichungen.....	53
3.2	Bewertung von Auslegungsreserven.....	54
3.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen Überflutung	54
3.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung...	55
4	EXTREME WETTERBEDINGUNGEN	56
4.1	Auslegungsgrundlage	56
4.1.1	Bewertung der für die Auslegung verwendeten Wetterbedingungen.....	56
4.1.1.1	Verifizierung der Wetterbedingungen, welche bei der Auslegung von Systemen, Strukturen und Komponenten verwendet wurden	57
4.1.1.2	Annahmen für extreme Wetterbedingungen, falls diese nicht bereits in der Auslegung berücksichtigt waren	57
4.1.1.3	Bewertung der zu erwartenden Häufigkeit von unterstellten extremen Wetterbedingungen.....	57
4.1.1.4	Berücksichtigung der möglichen Überlagerungen von Wetterbedingungen.....	57
4.1.1.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen.....	58
4.2	Bewertung von Auslegungsreserven.....	58
4.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen.....	58
4.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen.....	58
5	AUSFALL DER STROMVERSORGUNG UND AUSFALL DER PRIMÄREN WÄRMESENKE	59
5.1	Ausfall der Stromversorgung	60
5.1.1	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss.....	60
5.1.1.1	Auslegung der Anlage	60
5.1.1.2	Vorkehrungen für einen lang andauernden Ausfall des Haupt- und Reservenetzanschlusses ohne externe Unterstützung.....	61
5.1.2	Notstromfall und Ausfall der normalen Reservestromdrehquelle.....	61

5.1.2.1	Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption	61
5.1.2.2	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung.....	62
5.1.3	Notstromfall und Ausfall der normalen Reservestromdrehquelle und Ausfall anderer diversitärer Einrichtungen zur Drehstromversorgung	62
5.1.3.1	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung.....	62
5.1.3.2	Vorgesehene Maßnahmen zur Wiederherstellung einer Drehstromversorgung mit mobilen oder speziellen externen Einrichtungen	62
5.1.3.3	Erforderliches Schicht- oder Fachpersonal für elektrischen Anschluss	63
5.1.3.4	Zur Verfügung stehende Zeit zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung und damit der Kernkühlung.....	63
5.1.3.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust der Stromversorgung	63
5.1.3.6	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust der Stromversorgung	63
5.2	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser.....	63
5.2.1	Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung.....	64
5.2.2	Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	64
5.2.2.1	Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke	64
5.2.2.2	Mögliche zeitliche Einschränkungen für die Verfügbarkeit der alternativen Wärmesenke und Möglichkeiten für weitere zeitliche Reserven	65
5.2.3	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser und der alternativen Wärmesenke	65
5.2.3.1	(Externe) Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden	65
5.2.3.2	Zeit zur Wiederherstellung verlorener Wärmesenken oder für externe Maßnahmen	65
5.2.4	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	65
5.2.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	65
5.3	Ausfall der primären Wärmesenke mit „Station-Blackout“	66
5.3.1	Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern.....	66
5.3.2	Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden	66
5.3.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers mit „Station-Blackout“	66
6	MANAGEMENT SCHWERER UNFÄLLE	67
6.1	Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen	67
6.1.1	Notfallschutzorganisation des Genehmigungsinhabers	67
6.1.1.1	Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb.....	69
6.1.1.2	Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement	69
6.1.1.3	Maßnahmen für optimalen Personaleinsatz.....	70
6.1.1.4	Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen.....	70
6.1.1.5	Verfahren, Ausbildung und Übungen	70
6.1.2	Nutzung vorhandener Ausrüstung	70
6.1.2.1	Nutzung externer mobiler Geräte	70



6.1.2.2	Regelungen für und Management von Betriebs- und Hilfsmitteln.....	71
6.1.2.3	Management des Strahlenschutzes	71
6.1.2.4	Interne und externe Kommunikations- und Informationsmittel.....	71
6.1.3	Ermittlung von Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können	72
6.1.3.1	Weitgehende Zerstörung der Infrastruktur oder Überflutung in der Standortumgebung, welche den Zugang zum Kraftwerksgelände behindert.....	72
6.1.3.2	Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen.....	73
6.1.3.3	Erschwerende radiologische Randbedingungen	73
6.1.3.4	Auswirkungen auf den Zugang und die Nutzbarkeit der Hauptwarte und Notsteuerstelle sowie Gegenmaßnahmen.....	73
6.1.3.5	Auswirkungen auf die von der Notfallorganisation genutzten Räume und/oder Einrichtungen	73
6.1.3.6	Durchführbarkeit und Wirksamkeit für Notfallmaßnahmen unter den Randbedingungen durch Erdbeben oder Hochwasser	73
6.1.3.7	Unverfügbarkeit der Stromversorgung	74
6.1.3.8	Potenzial für den Ausfall von Instrumentierungen.....	74
6.1.3.9	Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock	74
6.1.4	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Organisation für das Notfallmanagement	74
6.1.5	Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements	74
6.2	Verfügbare präventive Notfall-Maßnahmen in den verschiedenen Phasen eines Szenarios „Verlust der Kernkühlfunktion“	75
6.2.1	Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelements Schadens im Reaktordruckbehälter	75
6.2.2	Mitigative Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelements Schadens im Reaktordruckbehälter	75
6.2.3	Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters	75
6.3	Verfügbare Notfall Maßnahmen zur Erhaltung „Integrität Sicherheitsbehälter“	75
6.3.1	Vermeidung von Brennelementschäden/-schmelzen bei hohem Druck.....	75
6.3.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	76
6.3.1.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	76
6.3.2	Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters	76
6.3.2.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Bewertung der Angemessenheit unter Berücksichtigung von Wasserstoffproduktionsrate und -menge	76
6.3.2.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	76
6.3.3	Vermeidung von Sicherheitsbehälterüberdruck.....	76
6.3.3.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Hilfsmittel zur Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe bei erforderlicher Druckentlastung.....	76
6.3.3.2	Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen.....	76
6.3.4	Vermeidung von Rekritikalität	77
6.3.4.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	77
6.3.4.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	77
6.3.5	Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte.....	77



6.3.5.1	Potenzielle Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption zur Rückhaltung der Kernschmelze im Reaktordruckbehälter.....	77
6.3.5.2	Potenzielle Vorkehrungen zur Kühlung der Kernschmelze im Sicherheitsbehälter nach Versagen des Reaktordruckbehälters.....	77
6.3.5.3	Cliff-edge-Effekte innerhalb des Zeitraums zwischen Reaktorabschaltung und Kernschmelze.....	77
6.3.6	Notwendigkeit von Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters.....	77
6.3.6.1	Anlagentechnische Vorkehrungen.....	78
6.3.6.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung.....	78
6.3.7	Erforderliche Instrumentierung zum Schutz des Sicherheitsbehälters.....	78
6.3.8	Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort.....	78
6.3.9	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit der Systeme und Komponenten für den Schutz des Sicherheitsbehälters.....	78
6.3.10	Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen.....	78
6.4	Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.....	78
6.4.1	Aktivitätsfreisetzung nach Verlust der Sicherheitsbehälterintegrität.....	79
6.4.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen.....	79
6.4.1.2	Vorkehrungen der Betriebsführung.....	79
6.4.2	Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken.....	79
6.4.2.1	Wasserstoffmanagement.....	81
6.4.2.2	Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung.....	81
6.4.2.3	Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken.....	82
6.4.2.4	Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls.....	82
6.4.2.5	Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte.....	83
6.4.3	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Vorkehrungen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung.....	83



Verzeichnis der Anlagen

Nummer	Bezeichnung

Verzeichnis der Abkürzungen

BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Bundesumweltministerium)
BOS	Behörden, Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
DIN	Deutsche Industrienorm
DWR	Druckwasserreaktor
EnBW	Energie Baden-Württemberg AG
EnKK	EnBW Kernkraft GmbH
ENSREG	European Nuclear Safety Regulators Group
EU	Europäische Union
EVA	Einwirkung von Außen
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission for Radiological Protection
KKP	Kernkraftwerk Philippsburg
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
kW	Kilowatt
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim
MN	Meganewton
MW	Megawatt
NN	Normal Null (Höhenangabe)
RSK	Reaktorsicherheitskommission
SAG	Stilllegungs- und Abbaugenehmigung
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
üNN	über Normalnull
UM-BW	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Landesumweltministerium)
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association

0 Zusammenfassung

Hintergrund der vorliegenden Sicherheitsüberprüfung

Vor dem Hintergrund des Unfalls im Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi in Japan hat der Europäische Rat am 24. und 25. März 2011 erklärt, dass die Sicherheit aller Kernkraftwerke in der EU auf der Basis einer umfassenden und transparenten Risikobewertung („Stresstest“) überprüft werden soll. Die European Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG) und die Europäische Kommission wurden aufgefordert, den Umfang und die Modalitäten dieser Tests in einem abgestimmten Rahmen vor dem Hintergrund der Erkenntnisse aus dem Unfall in Japan und mit vollständiger Beteiligung der Mitgliedstaaten zu entwickeln.

Die in diesem Prozess entwickelten EU-Spezifikationen für „Stresstests“ wurden den deutschen Kernkraftwerksbetreibern mit Schreiben des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom 31.05.2011 über die zuständigen Länderbehörden zur Kenntnis gegeben. Darin wird die EnKK aufgefordert, auf Basis der Spezifikation

- bis zum 15.08.2011 einen Fortschrittsbericht und
- bis zum 31.10.2011 einen Abschlussbericht

vorzulegen.

Für jeden Standort eines Kraftwerkes ist ein Bericht zu erstellen. Standorte, an denen alle Kernkraftwerke endgültig abgeschaltet sind, jedoch noch ein Lager für abgebrannte Kernbrennstoffe in Betrieb ist, sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Die EnBW ist an einem transparenten, europaweit einheitlichen und objektiven Verfahren innerhalb der europäischen Sicherheitsüberprüfung interessiert. In enger Abstimmung mit den beteiligten Gremien des Landes, des Bundes und der Europäischen Union sowie mit deutschen und europäischen Betreibern hat die EnBW den Prozess von Beginn an konstruktiv, offen und aktiv unterstützt.

Die EnBW sieht den größten Gewinn der Sicherheitsüberprüfung für alle Beteiligten in den „Lessons learned“ hinsichtlich der Robustheit der Anlagen und dem möglichen Verbesserungspotenzial. Deshalb hat es für uns höchste Priorität, dass die Ergebnisse der Betreiberanalysen hinsichtlich der Robustheit der Anlagen eindeutig, objektiv und transparent im Nationalbericht, im nachfolgenden Peer Review-Prozess und letztlich im Gesamtergebnis der europäischen Sicherheitsüberprüfung gewürdigt bzw. in diesen europäischen Rahmen eingebunden werden.

Am Standort Obrigheim wird von der EnBW Kernkraft GmbH (EnKK) auf dem Gelände des endgültig abgeschalteten (stillgelegten) Kernkraftwerkes Obrigheim (KWO) ein separates Brennelementlager (Nasslager) für abgebrannte Brennelemente betrieben.

Zum 15.08.2011 wurde fristgerecht beim Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM-BW) der Fortschrittsbericht für den Standort Obrigheim eingereicht.

Der vorliegende Abschlussbericht umfasst entsprechend den Überprüfungsvorgaben von ENSREG Angaben zur Auslegung der Anlage, Aussagen zu Auslegungsreserven, Robustheit der Anlage auch im auslegungsüberschreitenden Bereich, die Diskussion sogenannter „Cliff-Edge“-Effekte sowie Schlussfolgerungen zur Angemessenheit der Vorkehrungen und ggf. festgestelltem Verbesserungspotential. Die Angaben zu die Auslegung überschreitenden Untersuchungen wurden zum Teil – u.a. auch aufgrund von nicht vorhandenen Regelwerksvorgaben – auf Basis ingenieurmäßiger Abschätzungen vorgenommen. Dies entspricht insbesondere der Untersuchungsmethodik von ENSREG („engineering judgement“, siehe ENSREG document Annex I, E „Stress test“ specifications).

Der Abschlussbericht ist entsprechend der von ENSREG auf der Sitzung am 05.09.2011 vorgegebenen Gliederung strukturiert und wurde am Anfang um eine Zusammenfassung der anlagenspezifischen Untersuchungsergebnisse, die themenbezogen gegliedert ist, ergänzt. Das von ENSREG empfohlene Kapitel 7 wird dadurch inhaltlich abgedeckt.

Übergreifend ist zur europäischen Sicherheitsüberprüfung festzustellen, dass sie sich vor dem Hintergrund der Ereignisse in Japan sehr stark auf den auslegungsüberschreitenden Bereich konzentriert. Dieser Fokus ist richtig und zielführend, um die Robustheit der Anlagen im auslegungsüberschreitenden Bereich zu untersuchen. Um ein ganzheitliches Bild der Anlagensicherheit zu erhalten, muss im Sinne des gestaffelten Schutzkonzeptes die anlagentechnische Konzeption, die bereits in der Auslegung berücksichtigt wurde, ebenso betrachtet werden.

Vorbemerkung zum Betrachtungsumfang

Für den Standort Obrigheim kann die Sicherheitsüberprüfung auf das Brennelementlager für abgebrannte Brennelemente beschränkt werden. Das Kernkraftwerk wurde 2005 vom Netz genommen und befindet sich in Stilllegung und Abbau.

Das Brennelementlager besteht im Wesentlichen aus einem Brennelementlagerbecken mit Einbauten sowie Kühl-, Versorgungs- und Hilfssystemen. Das Brennelementlagerbecken befindet sich im Notstandsgebäude auf dem Gelände des KWO. Daher werden im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung der Standort Obrigheim, das Notstandsgebäude, das Brennelementlagerbecken mit Einbauten sowie die Kühl-, Versorgungs- und Hilfssysteme des Brennelementlagers und der Betrieb des Brennelementlagers betrachtet.

Der Abschlussbericht ist entsprechend der von ENSREG vorgegebenen Gliederung strukturiert, wobei anzumerken ist, dass in vielen Bereichen diese Vorgabe von den Merkmalen in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke geprägt ist. Dem Darstellungsumfang des Berichts für den Standort Obrigheim liegt weiterhin die Spezifikation zur Sicherheitsüberprüfung (Declaration of ENSREG, Annex I) bezogen auf ein Brennelementlager für abgebrannte Brennelemente zugrunde.

0.1 Kurzbeschreibung der Anlage

Anlagentechnische Beschreibung

Am Standort Obrigheim wird von der EnKK auf dem Gelände des endgültig abgeschalteten (stillgelegten) Kernkraftwerks Obrigheim (KWO) ein Brennelementlager (Nasslager) für abgebrannte Brennelemente betrieben. Das Brennelementlager – im folgenden auch als Anlage bezeichnet – besteht im wesentlichen aus einem Brennelementlagerbecken mit Einbauten sowie Kühl-, Versorgungs- und Hilfssystemen. Das Brennelementlagerbecken befindet sich im Notstandsgebäude. Dort lagern insgesamt noch 342 abgebrannte Brennelemente.

Aufgrund der langen Abklingzeiten seit ihrem Einsatz im KWO-Reaktor (mehr als sechs Jahre seit Einstellung des Leistungsbetriebes des Kernkraftwerkes) erzeugen die abgebrannten Brennelemente nur noch eine geringe Nachzerfallsleistung (insgesamt weniger als 165 kW).

Das Notstandsgebäude ist als massive, dickwandige Stahlbetonkonstruktion ausgeführt. Das Brennelementlager ist hochwertig gegen Einwirkungen von Außen geschützt. Das Notstandsgebäude und das Brennelementlager sind insbesondere gegen Bemessungs-erdbeben, Bemessungshochwasser, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle und extreme Witterungsbedingungen ausgelegt.

Das Brennelementlagerbecken ist im besonders geschützten Gebäudebereich im Notstandsgebäude als ein innenliegendes, eigenständiges, massives Stahlbetonbecken aufgebaut. Die Brennelemente lagern in Brennelementlagergestellen.

Aufgrund der hochwertigen baulichen Auslegung und Ausführung des Brennelementlagerbeckens und des umgebenden Notstandsgebäudes in Verbindung mit nur geringer Nachzerfallsleistung der abgebrannten Brennelemente und der daraus resultierenden sehr langen Karenzzeit für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen sind als Sicherheitsfunktionen ausschließlich passive Funktionen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers anzusehen.

Passive Sicherheitsfunktionen des Brennelementlagers im Notstandsgebäude sind die Integrität des Brennelementlagers, die Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung und die Aufrechterhaltung der Unterkritikalität.

Aktive Funktion der Systeme des Brennelementlagerbeckens zur Wärmeabfuhr und zur Stromversorgung sind daher als wichtige Betriebs- und Hilfsfunktion bezeichnet, die dennoch hochwertig systemtechnisch ausgelegt sind.

Die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken erfolgt über zwei voneinander unabhängige Kühlketten. Die Kühlketten – jeweils bestehend aus Beckenkühlsystem, Notstandszwischenkühlsystem und Notstandsnebenkühlwassersystem mit Zellenkühler – sind notstromgesichert, zweisträngig redundant und räumlich getrennt aufgebaut. Die Wärmeabfuhr erfolgt über Zellenkühler an die Umgebungsluft. Eine Abhängigkeit von Flusswasserbedingungen (Hoch-, Niedrigwasser, Schmutzfracht) besteht nicht.

Über jeden der Kühlstränge können bei einer Beckenwassertemperatur von 60°C ca. 3,2 MW Wärme abgeführt werden. Aufgrund der nur noch geringen abzuführenden Nachzerfallsleistung von weniger als 0,165 MW bestehen daher sehr hohe Reserven bezüglich der wärmetechnischen Auslegung der Kühlketten.

Mit Ausnahme der Zellenkühler sowie der erdverlegten Teile des Notstandsnebenkühlwassersystems sind alle Komponenten zur Wärmeabfuhr im Notstandsgebäude installiert.

Die Anlage KWO verfügt über einen externen 110 kV-Hauptnetzanschluss und einen externen 20-kV-Reservenetzanschluss zur Eigenbedarfsversorgung. Bei Ausfall der 110 kV-Netzanbindung erfolgt eine Umschaltung der 6 kV-Eigenbedarfsschienen auf den 20 kV-Reservenetzanschluss.

Die Stromversorgung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers erfolgt über im Außenbereich räumlich getrennt aufgestellte luftgekühlte 6 kV/0,4 kV-Transformatoren. Die zweisträngige dieselgestützte Stromversorgung im Notstandsgebäude besteht aus zwei strangzugeordneten räumlich getrennten Dieselaggregaten mit Generatoren und versorgt insbesondere die Verbraucher, die zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken vorgesehen sind.

Im Notstandsgebäude sind weitere wichtige Betriebs- und Hilfsfunktionen zum Betrieb des Brennelementlagers installiert, wie eine Notsteuerstelle zur Bedienung und Überwachung der aktiven Systemfunktionen sowie eine Deionatbevorratung z.B. für die Nachspeisung von Wasser in das Brennelementlagerbecken.

Kultur und Leitlinien

Das KWO sowie die beiden Blöcke am Standort Neckarwestheim (GKN I und GKN II) sowie am Standort Philippsburg (KKP 1 und KKP 2) werden von der EnBW Kernkraft GmbH (EnKK) betrieben. Die Sicherheit ihrer Anlagen genießt für die EnKK oberste Priorität. Hierbei gilt der Leitsatz „Sicherheit hat Vorrang vor Wirtschaftlichkeit“. Wie alle anderen deutschen Anlagen unterliegen auch die Kernkraftwerke der EnKK einer permanenten, unabhängigen und rechtsstaatlichen Kontrolle (Atomaufsicht).

Dass Sicherheit beim Betrieb der Anlagen oberste Priorität hat, ist in der EnKK mit dem nach internationalen Normen zertifizierten Managementsystem für nukleare Sicherheit, Qualitätssicherung, Umweltschutz sowie Arbeits- und Gesundheitsschutz auch organisatorisch verankert (Integriertes Managementsystem). Denn für die Sicherheit ihrer Kernkraftwerke verfolgt die EnKK konsequent einen ganzheitlichen Ansatz, der die Faktoren Mensch, Technik und Organisation sowie das Zusammenwirken dieser Faktoren gleichermaßen berücksichtigt. Zielrichtung dieses Ansatzes sind kontinuierliche Optimierungen und Weiterentwicklungen auf allen genannten Feldern.

Dank der dargelegten Sicherheitsphilosophie werden die Anlagen – auch im internationalen Vergleich – auf höchstem sicherheitstechnischem Niveau betrieben. So zeigen die aktuellen Ergebnisse der gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsüberprüfungen für die vier Anlagen GKN I und GKN II sowie KKP 1 und KKP 2, dass sie alle sicherheitstechnischen Anforderungen ausnahmslos erfüllen. Das Sicherheitsniveau der Anlagen bewegt sich auf dem von der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) für neue Anlagen geforderten Niveau. (Anmerkung: Für das im Jahr 2005 vom Netz genommene KWO ist gesetzlich keine Sicherheitsüberprüfung vorgesehen).

Daneben hat die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) der EnKK mehrmals einen Sicherheitsstandard auf höchstem internationalem Niveau bestätigt. Sie hatte auf Initiative der EnKK die Kernkraftwerke Philippsburg (in den Jahren 2004 und 2006) und Neckarwestheim (in den Jahren 2007 und 2009) im Rahmen sogenannter OSART-Missionen bewertet. Nimmt man den genannten ganzheitlichen Aspekt der Faktoren Mensch, Technik und Organisation für die Sicherheit, dienen OSART-Missionen dazu, Erkenntnisse über die Aspekte von Mensch und Organisation in einem Kernkraftwerk zu gewinnen. Im Ergebnis hatte die IAEA erklärt, die EnKK zeige „insgesamt ein hohes Maß an Engagement und Führung beim Management von Sicherheit und Sicherheitskultur.“ Demnach erzielten die Anlagen gemessen an internationalen Standards sehr gute Ergebnisse.

In der Gesamtbetrachtung ergibt sich damit für die EnKK-Anlagen ein ganzheitliches Bild eines ausgezeichneten sicherheitstechnischen Niveaus sowie hoher menschlicher und organisatorischer Sicherheitskultur. Damit dieses hohe Maß an Sicherheit nicht nur gehalten, sondern stetig gesteigert wird, investiert und optimiert die EnKK kontinuierlich bei allen drei Faktoren. Und selbstverständlich wird sie sich auch weiter neuen Anforderungen stellen und erforderlichenfalls Maßnahmen treffen. Und dabei wird die EnKK – Beim Betrieb sowie bei Stilllegung und Abbau der Anlagen – auch in Zukunft den ganzheitlichen Ansatz zugrunde legen, der die Faktoren Mensch, Technik und Organisation sowie das Zusammenwirken dieser Faktoren gleichermaßen berücksichtigt.

0.2 Erdbeben

Der Standort Obrigheim befindet sich in einer Zone geringer Seismizität.

Das Notstandsgebäude und das Brennelementlager sind gegen Bemessungserdbeben, Bemessungshochwasser, Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle ausgelegt.

Die der Auslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers zugrunde gelegten seismischen Lastannahmen wurden mehrfach von unterschiedlichen Expertengruppen überprüft und sind gut abgesichert. Es ergaben sich keine Erkenntnisse, die eine Änderung der seismischen Lastannahmen erforderlich machen.

Der Auslegungsstörfall Bemessungserdbeben wird mit den bestehenden Sicherheitsfunktionen beherrscht. Es sind keine mobilen Einrichtungen erforderlich.

Die Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage wird durch die schriftlichen betrieblichen Regelungen unterstützt. Hierzu zählen insbesondere die genehmigten Betriebsordnungen, die auch in Verbindung mit weiteren Unterlagen Maßnahmen und Tätigkeiten wie z.B. Instandhaltungen und Reparaturen, Änderungsmaßnahmen, Wartungen und Wiederkehrende Prüfungen regeln. Eine Überwachung von Maßnahmen und Tätigkeiten erfolgt auch im Rahmen von Prozessüberwachungen mit einem vorhandenen integrierten Managementsystem. Sowohl im Rahmen der kontinuierlich als auch periodisch ablaufenden Überprüfungen wurden keine Abweichungen von der geltenden Genehmigungsunterlage festgestellt.

Aufgrund der hochwertigen Auslegung und Ausführung der Anlage sowie der günstigen seismischen Verhältnisse am Standort Obrigheim ergibt sich eine sehr hohe Robustheit gegenüber seismischen Ereignissen. Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben sind nicht erforderlich.

Das Brennelementlager ist, hinsichtlich der Sicherheitsfunktionen, zum Rest der Anlage (teilweise im Abbau befindlich) räumlich und funktional entkoppelt und damit autark. Schädigungen, verursacht durch Erdbeben oder Hochwasser an den sonstigen Anlagenbereichen beeinflussen den sicheren Zustand des Brennelementlagers nicht.

Das Brennelementlagerbecken ist hinsichtlich der noch zu lagernden abgebrannten Brennelemente mit einer Abklingzeit von mehr als 6 Jahren weit überdimensioniert.

Die Wärmeleistung beträgt derzeit weniger als 165 kW. Ausgehend von einer betriebsüblichen maximalen Temperatur des Wassers im Brennelementlagerbecken von 28°C wird erst nach ca. 5 Tagen eine Temperatur von 60°C erreicht. Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre ohne Nachspeisung erst nach ca. 75 Tagen bis in den Bereich der Brennelementköpfe verdampft.

Aufgrund dieser sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen ist offensichtlich, dass ein sehr langer Zeitraum zur Verfügung steht um aktive Funktionen wie z.B. Inbetriebnahme der Kühlsysteme einzuleiten. Daher ist ein Ausfall aktiver Komponenten (z.B. Komponenten der Kühlsysteme oder der Stromversorgung) unbedeutend für den sicheren Zustand des Brennelementlagers. Entscheidend für die Sicherheit des Brennelementlagers sind passive Funktionen. Die hohe Robustheit ist durch bautechnische Auslegung und Konstruktion des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers gegeben.

Das Brennelementlagerbecken ist als eigenständiges Stahlbetonbecken (mit Innenauskleidung aus austenitischem Stahl) innerhalb des Notstandsgebäudes tief liegend auf der Fundamentplatte des Notstandsgebäudes aufgestellt und durch umlaufende Fugen von der Außenwand des Notstandsgebäudes entkoppelt. Die tiefe Lage, die Anordnung und Überdimensionierung des Lagerbeckens sowie die besondere Ausführung der Baustrukturen des Notstandsgebäudes, insbesondere im Bereich des Lagerbeckens, bietet einen besonders robusten passiven Schutz gegen externe Ereignisse. Bezüglich des Lastfalls Erdbeben bestehen erhebliche Auslegungsreserven aufgrund der soliden und überdimensionierten Baustruktur des Brennelementlagers und des Notstandsgebäudes. Wanddurchdringende Risse im Brennelementlagerbecken, die zu relevantem Wasserverlust aus dem Brennelementlagerbecken führen könnten, sind praktisch auszuschließen.

Selbst bei unterstelltem erheblichem Wasserverlust aus dem unteren Bereich des Brennelementlagerbeckens ist aufgrund des großen Wasserinventars, der geringen räumlichen Ausdehnung des Gebäudebereichs des Brennelementlagers, der massiven räumlichen Trennung zum übrigen Notstandsgebäude und der Ausführung des Kellergeschosses des Notstandsgebäudes weiterhin eine vollständige Überdeckung der Brennelementlagerstelle im Brennelementlagerbecken gegeben. Eine sprunghafte Veränderung im Ereignisablauf wäre selbst in diesem Fall nicht gegeben. Selbst bei postuliertem fast vollständigem Freiliegen der Brennelemente sind aufgrund der sehr geringen Wärmeleistung schwere Brennstabschäden praktisch auszuschließen.

Aufgrund des hohen Schutzzustandes des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers ist die Brennstabintegrität der abgebrannten Brennelemente selbst bei unterstellten Flugzeugabstürzen robust nachgewiesen. Selbst bei dennoch unterstellten Brennstab-schäden werden auch die Eingreifrichtwerte der Strahlenschutzkommission zu Strahlenschutzmaßnahmen für die Bevölkerung auch in der näheren Umgebung der Anlage weit unterschritten.

Die getroffenen Vorkehrungen und Maßnahmen sind geeignet um den sicheren Zustand des Brennelementlagers auch bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen zu gewährleisten.

0.3 Hochwasser

Das Notstandsgebäude und das Brennelementlager sind gegen Bemessungshochwasser ausgelegt. Die Zugänge im unteren Bereich des Notstandsgebäudes befinden sich auf einer Geländehöhe, die ca. 2 m oberhalb des für den Standort ermittelten Wasserstands des Neckars für das 10.000-jährliche Hochwasser liegt. Es liegt eine hohe Auslegungsreserve auch gegen auslegungsüberschreitende Hochwasser vor. Die Rohr- und Kabeldurchführungen, sowie Zugänge zum Notstandsgebäude und zum Brennelementlager sind entsprechend der Anforderungen der Anlagensicherung hochwertig ausgeführt und wasserdicht.

Der der Auslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers zugrundeliegende Schutz gegen Bemessungshochwasser wurde mehrfach überprüft und ist gut abgesichert.

Der Auslegungsstörfall Bemessungshochwasser wird mit den bestehenden permanenten (passiven) Schutzmaßnahmen beherrscht. Es sind keine mobilen Einrichtungen und Versorgungsfunktionen erforderlich.

Die Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage wird durch die schriftlichen betrieblichen Regelungen unterstützt. Hierzu zählen insbesondere die genehmigten Betriebsordnungen, die auch in Verbindung mit weiteren Unterlagen Maßnahmen und Tätigkeiten wie z.B. Instandhaltungen und Reparaturen, Änderungsmaßnahmen, Wartungen und Wiederkehrende Prüfungen regeln. Eine Überwachung von Maßnahmen und Tätigkeiten erfolgt auch im Rahmen von Prozessüberwachungen mit einem vorhandenen integrierten Managementsystem. Sowohl im Rahmen der kontinuierlich als auch periodisch ablaufenden Überprüfungen wurden keine Abweichungen von der geltenden Genehmigungsgrundlage festgestellt.

Aufgrund der permanenten (passiven) Schutzmaßnahmen (wie baulichen Ausführung sowie Anordnung des Notstandsgebäudes und der Zellenkühler am Standort), welche der Auslegung zugrunde lagen sowie der günstigen Lage des Brennelementlagers auf dem Gelände des KWO, besteht ein hochwertiger und robuster Schutz gegen Hochwasser. Aufgrund der geringen Wärmeleistung der Brennelemente bestehen sehr lange Karenzzeiten ohne dass aktive Handlungen notwendig werden. Auch Hochwasserereignisse oberhalb des Bemessungshochwassers führen nicht zu Situationen, die die Einhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers gefährden. Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Hochwasser sind nicht erforderlich.

Hinsichtlich Hochwasser besitzen das Notstandsgebäude und das Brennelementlager eine sehr hohe Robustheit und hohe Auslegungsreserven.

0.4 Extreme Wetterbedingungen

Im Rahmen der Auslegung und deren Bewertung wurden die am Standort gemäß den Normen zu unterstellenden Auswirkungen extremer Wetterbedingungen berücksichtigt.

Das Notstandsgebäude und das Brennelementlager sind hochwertig gegen Bemessungserdbeben, Bemessungshochwasser, Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle ausgelegt. Das Notstandsgebäude mit seinen Zugängen einschließlich Montageöffnungen und Rohr- und Kabelkanäle zum Notstandsgebäude und zum Brennelementlager ist entsprechend der Anforderungen der Anlagensicherung hochwertig ausgeführt und konstruktiv so aufgebaut, dass es wasserdicht ist.

Die hochwertige bautechnische Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers deckt anzusetzende bautechnische Lastannahmen aus naturbedingten Wetterereignissen robust ab.

Aufgrund der sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und die dadurch bedingten sehr langen Karenzzeiten sind weder automatische noch von Hand auszulösende aktive Funktionen von Systemen und Komponenten (z.B. Kühlsysteme, Stromversorgung) zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich.

Extreme Wetterbedingungen haben insgesamt keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen auf das Brennelementlager. Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen sind nicht erforderlich.

0.5 Verlust der Stromversorgung

Die hochwertige und robuste Auslegung und Ausführung des Brennelementlagers und des Notstandsgebäudes sowie die sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von aktiven Funktionen (z.B. Inbetriebnahme der Kühlsysteme) stellen sicher, dass als Sicherheitsfunktionen ausschließlich passive Funktionen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers anzusehen sind.

Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen sind – auch bei Verlust der Stromversorgung – weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich. Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen werden die aktiven Funktionen zur Stromversorgung als wichtige Betriebs- und Hilfsfunktionen des Brennelementlagers bezeichnet. Ungeachtet dessen steht eine hochwertig ausgelegte robuste Stromversorgung für das Brennelementlager zur Verfügung.

Bei Ausfall der gesamten externen Stromversorgung werden die Dieselaggregate im Notstandsgebäude gestartet. Zur Sicherstellung der Stromversorgung der Anlage ist ein Strang der dieselgestützten Stromversorgung ausreichend.

Bei sequentielltem Betrieb der beiden Dieselaggregate und unter Berücksichtigung nur der im Notstandsgebäude vorhandenen Kraftstoff- und Schmierölvorräte ist die Stromversorgung der Anlage für mehr als 72 Stunden sichergestellt.

Für einen lang anhaltenden Notstromfall stehen auf dem Gelände des KWO weitere Kraftstoffreserven und Schmierölvorräte für einen Betrieb der Dieselaggregate im Notstandsgebäude für mehr als 1 Woche zur Verfügung.

Für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Wiederherstellung aktiver Funktionen (z.B. Wiederherstellung der Stromversorgung) in der Anlage stehen sehr lange Karenzzeiten – auch über eine angestrebte Zeitspanne von 72 Stunden hinaus ohne externe Unterstützung – zur Verfügung. Innerhalb der sehr langen Karenzzeiten kann beispielsweise durch Instandsetzungsmaßnahmen eine Drehstromversorgung wiederhergestellt werden. Hierzu stehen sowohl ausreichend Schicht- und Fachpersonal zur Verfügung.

0.6 Verlust der primären Wärmesenke

Die hochwertige und robuste Auslegung und Ausführung des Brennelementlagers und des Notstandsgebäudes sowie die sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von aktiven Funktionen (z.B. Inbetriebnahme der Kühlsysteme) stellen sicher, dass als Sicherheitsfunktionen ausschließlich passive Funktionen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers anzusehen sind.

Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich. Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten werden die aktiven Funktionen zur Wärmeabfuhr als wichtige Betriebs- und Hilfsfunktionen des Brennelementlagers bezeichnet. Ungeachtet dessen stehen hochwertig ausgelegte robuste Wärmeabfuhrsysteme für das Brennelementlager zur Verfügung.

Bei Ausfall der beiden Kühlketten erwärmt sich das Beckenwasser ausgehend von einer betriebsüblichen maximalen Temperatur von 28°C erst nach ca. 5 Tagen auf 60°C. Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre ohne Nachspeisung erst nach ca. 75 Tagen bis in den Bereich der Brennelementköpfe verdampft.

Ein unterstellter Ausfall der Wärmeabfuhrsysteme des Brennelementlagers hat aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagerbeckens sowie der sehr langen Karenzzeiten keine Auswirkungen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers.

0.7 Verlust der Wärmesenke bei Station-Blackout

Die hochwertige und robuste Auslegung und Ausführung des Brennelementlagers und des Notstandsgebäudes sowie die sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von aktiven Funktionen (z.B. Inbetriebnahme der Kühlsysteme) stellen sicher, dass als Sicherheitsfunktionen ausschließlich passive Funktionen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers anzusehen sind.

Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich. Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten werden die aktiven Funktionen zur Stromversorgung als wichtige Betriebs- und Hilfsfunktionen des Brennelementlagers bezeichnet. Ungeachtet dessen steht eine hochwertig ausgelegte robuste Stromversorgung für das Brennelementlager zur Verfügung.

Bei Station-Blackout (Ausfall der externen Stromversorgung und Ausfall der internen dieselgestützten Stromversorgung) steht die Stromversorgung der Wärmeabfuhrsysteme aus dem Brennelementlagerbecken planmäßig zunächst nicht zur Verfügung. Die leittechnischen Einrichtungen werden über Batterien versorgt. Für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Wiederherstellung aktiver Funktionen (z.B. Wiederherstellung der Stromversorgung) in der Anlage stehen sehr lange Karenzzeiten – auch weit über eine im allgemeinen angestrebte Zeitspanne von 72 Stunden ohne externe Unterstützung hinaus – zur Verfügung.

Aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagerbeckens sowie der sehr langen Karenzzeiten ist auch bei planmäßig vorgesehener Nichtverfügbarkeit der Wärmeabfuhrsysteme bei Station-Blackout der sichere Zustand des Brennelementlagers gegeben.

0.8 Management schwerer Unfälle

Aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers gerade auch im Hinblick auf Sonderlastfälle sowie der sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und der dadurch bedingten sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen ist die Durchführung von geeigneten Notfallmaßnahmen unproblematisch. Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich.

Am Standort Obrigheim besteht eine auf den Anlagenzustand angepasste Organisationsstruktur des Genehmigungsinhabers EnKK, die für die Abwicklung von Störungsereignissen (auslegungsgemäß und auslegungsüberschreitend) am Standort Obrigheim zuständig ist. Die Organisationsstruktur der EnKK und die Zuständigkeiten insbesondere für die Erkennung und Bewältigung von Störungsereignissen sind im Betriebsreglement festgelegt. Die Organisation bei Störungsereignissen besteht aus einem Stab unter der Führung eines Technischen Leiters.

Der Technische Leiter, in der Regel der technische Geschäftsführer, trägt die Gesamtverantwortung für die Aufrechterhaltung eines sicheren Zustands der Anlage und für die zu ergreifenden Maßnahmen. Er übernimmt die Einsatzleitung und bestimmt, insbesondere ereignis- und zustandsabhängig, die Personen für die jeweiligen spezifischen Einsatztrupps, die verantwortlichen Leiter der Einsatztrupps und die Person, welche für die Beratung der Behörden und Hilfsorganisationen zuständig ist.

Die Auslösung der externen Alarme (Informationsstufe, Voralarm bzw. Katastrophenalarm) obliegt dem Leiter der Katastrophenschutzbehörde.

Die Kriterien für die Information und Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die EnKK bezogen auf den Standort Obrigheim sind im Betriebsreglement festgelegt. Bezogen auf den Füllstand des externen Brennelementlagerbeckens wurden die Kriterien der gemeinsamen Empfehlung der Reaktorsicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission zur Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen zugrunde gelegt.

Ausgehend vom Ausfall der Kühlsysteme des Brennelementlagerbeckens (Aufwärmen und Verdampfen des Lagerbeckenwassers) und den betrieblichen Randbedingungen im Brennelementlagerbecken zu Beginn des postulierten Ausfalls ergeben sich Karenzzeiten von ca. 50 Tage bis zum Erreichen des Kriteriums für „Voralarm“ und ca. 75 Tage bis zum Erreichen des Kriteriums „Katastrophenalarm“. Das Erreichen dieser Kriterien ist aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers nicht mit einer erheblichen Freisetzung von Spaltprodukten gleichzusetzen. Die Zeitangaben beruhen auf einer konservativen Ermittlung der Karenzzeiten bei gegebener Integrität des Brennelementlagerbeckens.

Die Festlegung von Maßnahmen, welche im Rahmen der Erkennung und Bewältigung getroffen werden, erfolgen zunächst auf Basis der konkreten Festlegungen im Betriebsreglement und anschließend aufgrund der sehr langen Karenzzeiten angemessen situativ anhand einer ausgiebigen Lagebeurteilung, unter der Einbeziehung von Fach- und Leitungspersonal ggf. externer Experten. Vorgefertigte Maßnahmenbeschreibungen sind aufgrund der zu betrachtenden Störungsereignisse und der sehr langen Karenzzeiten nicht erforderlich.

Die Organisation der EnKK am Standort Obrigheim bei Störungsereignissen entscheidet insbesondere ereignis- und zustandsabhängig über eine EnKK interne oder externe Verstärkung. Beispielsweise wird die Organisation der EnKK am Standort Obrigheim, sofern erforderlich, durch eine im EnBW-Konzern angesiedelte sog. „Krisenabwehrorganisation“ unterstützt.

Die Krisenabwehrorganisation beinhaltet einen sog. „Krisenstab“, der u.a. auch Koordinatoren und Teams für Kern-, Fach-, Support- und Kommunikationsthemen umfasst.

Abhängig vom radiologischen Zustand in der Anlage sowie am Standort und in der Umgebung des Standortes erfolgt eine Beurteilung der radiologischen Gesamtsituation.

In der Umgebung des Standortes Obrigheim, auf dem Außengelände sowie innerhalb von Gebäuden des Standortes sind Messstellen installiert, die Messwerte zur Ortsdosisleistung und zu Aktivitätskonzentrationen übermitteln.

Messwerte zur Meteorologie werden in unmittelbarer Nähe der Anlage ermittelt (z.B. Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Umgebungstemperatur).

Spezielle radiologische Messwerte sowie Messwerte zur Meteorologie vom Standort Obrigheim werden über das Kernreaktorfernüberwachungssystem an die für die radiologische Überwachung zuständigen Behörden in Baden-Württemberg (u.a. UM-BW) übertragen.

Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können, wie Zerstörung der Infrastruktur (Erdbeben, Hochwasser), Verlust von Kommunikationseinrichtungen, Zugänglichkeit der Warte bzw. Notsteuerstelle, erschwerte radiologische Randbedingungen, Ausfall von Instrumentierung, haben keine Bedeutung für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage, da in der Frühphase des Ereigniseintritts keine aktiven Handlungen zur Störungsbehandlung erforderlich sind und für längerfristige Maßnahmen sehr lange Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Verfügung stehen.

0.9 Notfallmaßnahmen

Eine effektive Rückhaltung des radioaktiven Inventars im Brennelementlager erfolgt nach dem Barriereprinzip. Eine robuste Unterkritikalität der bestrahlten Brennelemente ist gegeben.

Neben den Barrieren zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe bestehen auch Barrieren zur Abschirmung der Direktstrahlung der Brennelemente. Diese sind das Beckenwasser, die massiven dicken Stahlbetonwände des Brennelementlagerbeckens und die massiven dicken Stahlbetonstrukturen des Notstandsgebäudes.

Bezogen auf Störfälle und auf sehr seltene Ereignisse bestehen für die speziellen Randbedingungen des externen Brennelementlagers Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung, Rückhaltung von Spaltprodukten im Kristallgitter des Brennstoffs sowie Rückhaltung von radioaktiven Stoffen im wassergefüllten massiven Brennelementlagerbecken.

Sämtliche zu ergreifende Maßnahmen, unabhängig davon, auf welchen Füllstand der Wasserspiegel im Brennelementlagerbecken abgesunken ist, haben das primäre Ziel eine hinreichende Wasserüberdeckung der Brennelemente wiederherzustellen. Sekundäres Ziel ist eine Wärmeabfuhr über die vorhandenen Kühlsysteme wieder herzustellen.

Aufgrund der speziellen Konstruktion und Auslegung der Baustrukturen im besonders geschützten Bereich des Brennelementlagers und des tiefliegenden konstruktiv entkoppelten Brennelementlagerbeckens ist ein erheblicher Wasserverlust aus dem Brennelementlagerbecken praktisch ausgeschlossen.

Ausgehend von einer betriebsüblichen maximalen Wassertemperatur im Brennelementlagerbecken von ca. 28°C wird eine Wassertemperatur von 60°C erst nach ca. 5 Tagen sowie von 100°C erst nach ca. 12 Tagen erreicht. Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre erst nach ca. 75 Tagen bis in den Bereich der Brennelementköpfe verdampft.

Daher sind im Vorfeld eines nennenswerten Füllstandsabfalls sehr lange Karenzzeiten für vorgelagerte effektive Gegenmaßnahmen gegeben. Bei Unterschreitung eines definierten Kühlmittelinventares erfolgt ereignisunabhängig gemäß Betriebsreglement eine Ergänzung des Wasserinventars im Brennelementlagerbecken mittels der betrieblichen Deionatversorgung, die komplett im Notstandsgebäude angeordnet ist. Hierzu steht ein großer Deionatvorrat zur Verfügung. Alternativ dazu ist eine Nachspeisung von Wasser aus dem Feuerlöschnetz (mittels Schlauchleitung) ins Lagerbecken vorgesehen.

Aufgrund der sehr langen Karenzzeit für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen können umfassende Beurteilungen der Störungsereignisse und ggf. weitere Maßnahmen mit dem Ziel eine hinreichende Wasserbedeckung der Brennelemente herzustellen, durchgeführt werden. Situativ können weitere Nachspeisemöglichkeiten genutzt werden.

Die Zugänglichkeit der für die jeweilige Maßnahmenumsetzung erforderlichen Raumbereiche des Brennelementlagers auch nach längerer Verdunstungskühlung kann z.B. mittels mobiler Absaugung und Durchlüftung problemlos sichergestellt werden.

An der Oberkante des Brennelementlagerbeckens ist bei ca. 1 m Wasserüberdeckung der Brennelemente eine Dosisleistung von ca. 5 mSv/h zu erwarten. Einfache Tätigkeiten am Beckenrand (z.B. Schlauchverlegen zur provisorischen Wassernachspeisung, Kontrollgang, Messungen vornehmen) sind daher selbst bei einer Wasserüberdeckung von nur ca. 1 m aus Strahlenschutzsicht problemlos möglich.

Als Karenzzeit bis zum Erreichen eines Füllstands des Brennelementlagerbeckens von ca. 1 m Brennelementüberdeckung sind ca. 65 Tage anzusetzen. Es ist daher ein sehr langer Zeitraum verfügbar, um ungehindert Maßnahmen im unmittelbaren Bereich des Brennelementlagerbeckens durchführen zu können.

Um Nachspeisemöglichkeiten zum Brennelementlagerbecken aufzubauen ist es zudem nicht zwingend notwendig Maßnahmen vom oberen Bereich des Brennelementlagerbeckens aus durchzuführen.

Die Räume in welchen aktive und passive Komponenten der Lagerbeckenkühlung (z.B. Pumpen, Wärmetauscher, Anschlussmöglichkeiten zur Nachspeisung) aufgebaut sind, sind durch massive Stahlbetonstrukturen vom eigentlichen Brennelementlagerbecken getrennt, die zudem eine wirksame Abschirmung zum Brennelementlagerbecken darstellen.

Die Notsteuerstelle ist aufgrund des räumlichen Abstandes und der Baustruktur (Stahlbetonwände und -decken) zum Brennelementlagerbecken ausreichend abgeschirmt und uneingeschränkt zugänglich.

Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre ohne Nachspeisung erst nach ca. 95 Tagen bis in den Bereich der Brennelementfüße verdampft. Aufgrund der sehr geringen Wärmeleistung sind selbst bei fast vollständigem Freiliegen der Brennelemente nennenswerte Freisetzungen von Wasserstoff oder schwere Brennstabschäden und dem damit verbundenen Freisetzen von Spaltprodukten praktisch auszuschließen. Besondere Maßnahmen zum Wasserstoffmanagement sind nicht erforderlich.

Die längerfristige wesentliche Maßnahme zur Begrenzung zu unterstellender Aktivitätsfreisetzungen ist ein Wiederauffüllen des Brennelementlagerbeckens mit Wasser um eine Sicherheitsbarrierefunktion zur Rückhaltung und Abschirmung der radioaktiven Stoffe aufrecht zu erhalten.

Eine weitere Reduktion der Aktivitätsfreisetzung kann über den Fortluftstrom aus dem Brennelementlager durch eine betriebliche zweistufige Filterung der Luft oder durch den Lüftungstechnischen Abschluss des Brennelementlagers erreicht werden. Ist der Lüftungstechnische Abschluss und/oder die Filterung der Fortluft schadensbedingt ganz oder teilweise nicht möglich ist ein Wiederauffüllen des Brennelementlagerbeckens mit Wasser zur Begrenzung zu unterstellender Aktivitätsfreisetzungen ausreichend.

Für die Konstruktion und Auslegung der Baustrukturen des Notstandsgebäudes und des bautechnisch entkoppelten Brennelementlagerbeckens ist der Sonderlastfall Flugzeugabsturz bestimmend. Sowohl der besonders gegen dynamische Lasten geschützte Bereich des Notstandsgebäudes, in dem sich das Brennelementlagerbecken befindet, als auch das konstruktiv entkoppelte Brennelementlagerbecken besitzen daher erhebliche Auslegungsreserven für den Lastfall Erdbeben. Wanddurchdringende Risse in der Beckenstruktur, die zu erheblichen Wasserverlusten aus dem Brennelementlagerbecken in das Notstandsgebäude führen könnten, sind praktisch ausgeschlossen. Das Brennelementlagerbecken ist bei unterstelltem erheblichem Wasserverlust aus dem unteren Bereich des Brennelementlagerbeckens in den umgebenden vom übrigen Notstandsgebäude durch Wände getrennten Gebäudebereich separiert so dass weiterhin eine vollständige Überdeckung der Lagergestelle im Brennelementlagerbecken verbleibt.

Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten bis zum Einleiten von Maßnahmen besteht ausreichend Zeit um eine Lagebeurteilung und situationsgerechte Maßnahmen, unter Einbeziehung von Fach- und Leitungspersonal sowie ggf. externe Experten, einzuleiten. Die vorgesehenen Maßnahmen können problemlos ohne besondere externe Hilfsmittel und Unterstützung durchgeführt werden.

1 Standort und Hauptmerkmale der Anlage

1.1 Standort

Der Standort des Brennelementlagers befindet sich auf dem Gelände des endgültig abgeschalteten (stillgelegten) Kernkraftwerkes Obrigheim (KWO). Das KWO liegt in der Bundesrepublik Deutschland im Bundesland Baden-Württemberg ca. 30 km nordwestlich von Heilbronn am linken Neckarufer in der Gemeinde Obrigheim im Neckar-Odenwald-Kreis. Der Neckar im Bereich des Standortes ist eine staugeregelte Bundeswasserstraße.

Als wesentliche Nachrüstung des KWO ist die Errichtung und der Betrieb eines Notstandsgebäudes mit Notstandssystemen, die als zusätzliche Systeme zur sicheren Abschaltung des KWO-Reaktors sowie zur Gewährleistung der Unterkritikalität und der Nachwärmeabfuhr des KWO-Reaktors dienen, und eines externen Brennelementlagers im besonders geschützten Bereich des Notstandsgebäudes zu nennen.

Die vollständige Einbeziehung der Notstandssysteme in den Betrieb der KWO wurde im August 1985, der Betrieb des externen Brennelementlagers im Oktober 1998 genehmigt.

Die 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (1. SAG) für das KWO wurde durch das Umweltministerium Baden-Württemberg am 28.08.2008, die 2. SAG am 24.10.2011 erteilt. Genehmigungsinhaber der 1. SAG für das KWO ist die EnKK.

Diese Genehmigung umfasst auch den Umgang mit bestrahlten Brennelementen im externen Brennelementlager im Notstandsgebäude.

1.1.1 Hauptmerkmale der Anlage

Das KWO wurde vom 29.10.1968 (1. Netzsynchonisierung, 1. Kritikalität 22.09.1968) bis 11.05.2005 als Druckwasserreaktor (DWR) mit einer thermischen Leistung von maximal 1.050 MW betrieben.

Auf dem Gelände des endgültig abgeschalteten KWO wird ein Nasslager für abgebrannte Brennelemente betrieben. Das Nasslager befindet sich im sogenannten Notstandsgebäude. Dort befinden sich insgesamt noch 342 abgebrannte Brennelemente.

Die Brennelemente wurden in der Nachbetriebsphase aus dem internen Brennelementlagerbecken im Reaktorgebäude des KWO (Nasslager) in das externe Brennelementlagerbecken im Notstandsgebäude (Bau 37) verbracht und dort nass gelagert. Das interne Brennelementlagerbecken im Reaktorgebäude ist vollständig entleert.

Die im externen Brennelementlagerbecken im Notstandsgebäude lagernden Brennelemente erzeugen aufgrund der langen Abklingzeiten seit ihrem Einsatz im KWO-Reaktor (mehr als sechs Jahre) nur noch eine geringe Nachzerfallsleistung (insgesamt weniger als 165 kW).

Die Wärmeabfuhr erfolgt über Kühlstränge. Deren Abwärme wird über zwei Zellenkühler (Kühltürme) (Bau 41 und Bau 42) an die Umgebung abgegeben. Für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und von Verbrauchern aus dem Notstandsgebäude wird keine Kühlwasserentnahme aus dem Neckar benötigt.

Im Notstandsgebäude befinden sich mit Ausnahme der Zellenkühler sowie erdverlegten Teilen der Notstandsnebenkühlwassersysteme alle wesentlichen Anlagenteile und Systeme, die zur Brennelementlagerung einschließlich Wärmeabfuhr dienen.

Das externe Brennelementlager ist funktional unabhängig vom internen Brennelementlager und hochwertig gegen externe Ereignisse geschützt.

Alle nachfolgenden Betrachtungen, die hinsichtlich der Sicherheitsüberprüfung (EU-Stresstest) erforderlich sind, beziehen sich daher im Wesentlichen auf das Notstandsgebäude (Bau 37) mit dem darin befindlichen externen Brennelementlagerbecken und dessen Kühl-, Versorgungs- sowie Hilfseinrichtungen.

1.1.2 Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme

Die hochwertige und robuste Auslegung und Ausführung des Brennelementlagers und des Notstandsgebäudes gerade auch im Hinblick auf Sonderlastfälle sowie die sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und die dadurch bedingten sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen (z.B. Inbetriebnahme der Kühlsysteme) stellen sicher, dass als Sicherheitsfunktionen ausschließlich passive Funktionen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers anzusehen sind. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Wertigkeit der für den Betrieb des Brennelementlagers vorhandenen aktiven Systemen im Vergleich zu den aktiven Systemen zur Aufrechterhaltung des sicheren Betriebs eines Kernkraftwerkes. Für ein Kernkraftwerk sind kurzfristig viele aktive automatische oder von Hand durchzuführende Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich. Diese Funktionen werden daher auch als aktive Sicherheitsfunktionen bezeichnet.

Passive Sicherheitsfunktionen des Brennelementlagers im Notstandsgebäude sind die Integrität des Brennelementlagers (Sicherstellung des Wasserinventars zwecks Wärmeabfuhr über Aufwärmung und ggf. Verdunstung), die Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung und die Aufrechterhaltung der Unterkritikalität.

Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich. Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen werden die aktiven Funktionen der Systeme des Brennelementlagers zur Wärmeabfuhr und zur Stromversorgung als wichtige Betriebs- und Hilfsfunktionen des Brennelementlagers bezeichnet.

Ungeachtet dessen stehen hochwertig ausgelegte Betriebs- und Hilfssysteme für das Brennelementlager zur Verfügung. Diese Systeme weisen hohe Auslegungsreserven (z.B. betriebliche, wärmetechnische Auslegung der Kühlstränge in Verbindung mit dem zweisträngig, redundanten Aufbau der zugehöriger Stromversorgung) auf.

Zur Aufrechterhaltung der passiven Sicherheitsfunktionen sind die Integrität des Gebäudebereichs des Brennelementlagers im Notstandsgebäude mit Brennelementlagerbecken und der Brennelementlagergestelle erforderlich. Diese Anlagenteile werden im folgenden unter I als wichtige Sicherheitsfunktionen mit der Untergliederung (Notstandsgebäude, Gebäudebereich des Brennelementlagers im Notstandsgebäude mit Brennelementlagerbecken, Brennelementlagergestelle) dargestellt.

Zusätzlich werden wichtige aktive Betriebs- und Hilfsfunktionen des Betriebes des Brennelementlagers unter II mit der Untergliederung (Kühlsysteme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken, Versorgungs- und Hilfssysteme) beschrieben.

I Passive Sicherheitsfunktionen

Notstandsgebäude

Das Notstandsgebäude (Bau 37) ist als eigenständiges massives Stahlbetongebäude zwischen dem Reaktorgebäude (Bau 1) des KWO und dem Reaktorhilfsanlagegebäude (Bau 2) des KWO angeordnet. Die Außenkonturen des Notstandsgebäudes sind an die vorgenannten Gebäude angepasst und durch Bewegungsfugen von diesen getrennt und separat gegründet. Das Notstandsgebäude ist vollständig unterkellert und hat sieben Geschosse. Im besonders geschützten Bereich des Notstandsgebäudes befindet sich das externe Brennelementlagerbecken, das über mehrere Geschosse hinwegreicht.

Die sichtbaren Außenabmessungen des Notstandsgebäudes betragen ca. 40 m x ca. 7 m bis ca. 15,5 m x ca. 24 m (Länge x Breite x Höhe über Gebäudeebene). Die unterste Ebene im Bereich des externen Brennelementlagers befindet sich ca. 7,5 m unter Geländeebene (ca. 144 m üNN).

Die Zugänge im unteren Bereich des Notstandsgebäudes befinden sich auf der Geländehöhe Ebene ± 0 m, die einer Höhe von ca. 144 m üNN entspricht. Die Zugänge zum Notstandsgebäude erfüllen die Anforderung der Anlagensicherung und sind konstruktiv so aufgebaut, dass sie wasserdicht sind. Tiefer liegende Rohr- bzw. Kabeldurchführungen in das und aus dem Notstandsgebäude sind ebenfalls wasserdicht.

Im unteren Geschoss des Gebäudebereichs des Brennelementlagers ist das Brennelementlagerbecken mit Brennelementlagergestellen angeordnet. Die Oberkante der Brennelementlagergestelle (und damit der Brennelementköpfe) befindet sich ca. 4 m unterhalb der ± 0 m-Ebene (d.h. auch der Geländeebene).

Der besonders geschützte Bereich des Notstandsgebäudes enthält das Brennelementlagerbecken. Die Beckentiefe reicht von ca. + 5 m (Umgang Beckenrand) bis in eine Tiefe von ca. - 7 m. Der Raum über dem Becken hat die Höhe bis ca. + 14 m.

Das Schleusentor, Transportschleuse und einer der Personenzugänge befinden sich auf Geländeebene.

Die Krananlage (Laufkatze) steht auf der ca. + 15 m-Decke, läuft durch eine Bedienungsöffnung in der Decke und kann den Bereich von der Transportschleuse nur bis zur Abstellposition des Transportbehälters für Brennelemente befahren. Die Krananlage kann nicht abstürzen und überlagert nicht die Beckenbereiche mit Brennelementgestellpositionen.

Die Gründung des Notstandsgebäudes erfolgte ca. 10 m unter Geländeebene als Flachgründung auf einer durchgehenden dicken Stahlbetonplatte, die mit Zugpfählen im Standstein verankert sind. Durch Erweiterung der Pfahldurchmesser im Fußbereich sind die Zugpfähle in einer Tiefe von ca. 20 m bis ca. 22 m verankert. Das Kellergeschoß ist bis auf Geländeebene als Stahlbetonwanne aus wasserundurchlässigem Beton mit einer innen liegenden Beschichtung ausgeführt.

Im Notstandsgebäude sind, mit Ausnahme der Zellenkühleranlage (Bau 41 und Bau 42) sowie der erdverlegten Teile des zugehörigen Notstandsnebenkühlwassersystems alle wesentlichen Komponenten und Systeme integriert, die für die Brennelementlagerung einschließlich Wärmeabfuhr erforderlich sind.

Hierzu zählen insbesondere

- das Brennelementlagerbecken
- die Kühlsysteme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken
- Versorgungs- und Hilfssysteme wie:
 - die Stromversorgung
 - die Deionatbevorratung
 - die Notsteuerstelle.

Gebäudebereich des Brennelementlagers im Notstandsgebäude mit Brennelementlagerbecken

Im besonders geschützten Gebäudebereich des Notstandsgebäudes ist das Brennelementlagerbecken als ein innen liegendes, separates Becken ausgeführt. Die massive Beckenkonstruktion aus Stahlbeton ist freistehend auf der Fundamentplatte des Notstandsgebäudes aufgestellt und von dieser durch eine isolierende Zwischenschicht getrennt. Von der Innenseite der Außenwand des Notstandsgebäudes ist das Lagerbecken über eine umlaufende Fuge entkoppelt. Die das Brennelementlagerbecken umfassende dicke Außenwand des Notstandsgebäudes wurde aus Stahlbeton ausgeführt. Die massive Dachdecke des Notstandsgebäudes und mindestens eine weitere Geschossdecke grenzen den Brennelementlagerbeckenbereich nach oben ab.

Zum Schutz gegen das Eindringen des Wassers aus dem Brennelementlagerbecken in das Grundwasser und den Boden wurden bautechnisch drei Barrieren ausgebildet.

Als 1. Barriere gegen ein Auslaufen von Wasser ist das Brennelementlagerbecken anzusehen. Die Wände und der Boden des Brennelementlagerbeckens sind als massive Struktur aus wasserundurchlässigem Stahlbeton ausgeführt mit innenliegender Edelstahlauskleidung und Leckageüberwachungssystem.

In den Wänden des Brennelementlagerbeckens sind horizontal und vertikal Profile aus Edelstahl einbetoniert, die über Betonanker mit dem Beton verbunden sind. Auf diese Profile, die rechteckige Felder bilden, sind die Auskleidungsbleche aufgeschweißt. Die Bodenkonstruktion besteht aus den Bodenträgern und Ankerplatten. Auf die Ankerplatten sind die Bolzen als Auflager für die Lagergestelle und auf die Bodenträger die Auskleidungsbleche aufgeschweißt.

Die durch die rechteckigen Felder zwischen Auskleidung und Betonwanne gebildeten Bereiche sind über Leckageabfuhrleitungen an ein Leckageüberwachungssystem angeschlossen, so dass Undichtheiten an der wasserdichten Stahlblech-Auskleidung erkannt werden.

Als 2. Barriere gegen ein Auslaufen von Wasser ist die Beschichtung der Betonoberflächen im Kellergeschoß des Gebäudebereichs des Brennelementlagers im Notstandsgebäude anzusehen.

Im gesamten Kellergeschoß des Brennelementlagers (auch unterhalb des Brennelementlagerbeckens) sind zum Schutz des Betons die Boden- und Wandflächen mit einer Epoxidharzbeschichtung abgedichtet, die die zweite Barriere gegen das Austreten von Flüssigkeiten in den Baugrund bildet.

Als 3. Barriere gegen ein Auslaufen von Wasser ist die Gebäudebodenwanne anzusehen.

Das Notstandsgebäude mit externen Brennelementlagerbecken ist zwischen dem Reaktor- und dem Reaktorhilfsanlagegebäude angeordnet und wegen der Standsicherheitsanforderungen bei Sonderlasten auf Zugpfählen gegründet und verankert. Wegen dieser bautechnisch notwendigen Konstruktion ist keine äußere Bauwerksabdichtung ausgeführt, sondern die Bodenwanne des Gebäudes bis zum Geländeniveau in wasserundurchlässigem Beton hergestellt („weiße Wanne“). Hierdurch ist ein äquivalenter Schutz gegen Durchdringen von Flüssigkeiten gegeben.

Selbst bei unterstelltem erheblichen Wasserverlust aus dem unteren Bereich des Brennelementlagerbeckens (wasserundurchlässiges Stahlbetonbecken mit innenliegender Edelstahlauskleidung) in den umgebenden vom übrigen Notstandsgebäude getrennten Gebäudereich des Brennelementlagers verbleibt das Wasser in der weißen Wanne. Das Wasserinventar im Brennelementlagerbecken und die räumliche Ausdehnung des Gebäudebereiches des Brennelementlagers sind so bemessen, dass bei unterstelltem Wasserverlust aus dem Brennelementlagerbecken die Lagergestelle der Brennelemente weiterhin wasserüberdeckt sind.

Das Brennelementlagerbecken ist mit Deionat gefüllt. Der Normalwasserstand beträgt etwas mehr als 11 m bezogen auf den Boden des Brennelementlagerbeckens (dies entspricht einer Wasserüberdeckung der Brennelemente von ca. 7,5 m). Bei Unterschreitung des Normalwasserstandes wird aus den Deionatbecken, welche sich im nördlichen Bereich des Notstandsgebäudes befinden, Wasser nachgespeist.

Ausgehend von einem Wasserstand von ca. 11 m befindet sich ein Wasservolumen von ca. 560 m³ im Brennelementlagerbecken. Im Brennelementlagerbecken befinden sich 342 bestrahlte Brennelemente mit einer Wärmeleistung von weniger als 165 kW. Das Brennelementlagerbecken ist ursprünglich für eine Gesamtlagerkapazität von maximal, ausschließlich im Reaktor des KWO eingesetzten, 980 Brennelementen konzipiert und genehmigt worden.

Brennelementlagergestelle

Die Brennelement-Lagergestelle sind als Stahlkonstruktion mit einer Höhe von ca. 3,5 m ausgeführt, in der die Brennelemente senkrecht stehen. Aus geometrischen Gründen sind zwei Gestelltypen mit unterschiedlicher Anzahl von Lagerpositionen (25 oder 30 Brennelemente) eingesetzt.

Die wesentlichen Strukturteile der Lagergestelle sind der obere Tragverband, die Tragschächte, der untere Tragverband und die Absorberschächte. Die Tragschächte verbinden den oberen und unteren Tragverband.

Zur Einhaltung der sicheren Unterkritikalität sind im Brennelement-Lagergestell Absorberschächte um jedes Brennelement vorgesehen. Die Absorberschächte bestehen aus korrosionsbeständigen Stahlblechen mit einlegiertem Bor zur Neutronenabsorption und umschließen die Brennelemente über die gesamte Länge. Die Absorberschächte haben keine Tragfunktion zu erfüllen.

Aus Gründen der Korrosionsbeständigkeit und Verträglichkeit mit den Beckenkomponenten sind alle Baugruppen und Bauteile der Lagergestelle aus korrosionsbeständigen Stählen hergestellt.

Die Lagergestelle sind zur Aufnahme von Brennelementen, Kernbauteilen, Dummy-Elementen (Stahl-Elemente ohne Kernbrennstoff), Brennstabköchern und erforderlichenfalls Brennelemente in Kapseln oder Büchsen ausgelegt. Auslegungsgrundlage ist die Regel des KTA 3602 (11/03).

Die Brennelement-Lagergestelle und deren Verankerungen sind entsprechend der Regel des KTA 2502 (06/90) für alle relevanten Betriebs- und Sonderlastfälle ausgelegt. Alle Kräfte aus den Lagergestellen werden über die Gestellfüße und den auf der Beckenbodenkonstruktion in der unteren bzw. auf den Trägern in der oberen Ebene aufgeschweißten Aufnahmebolzen direkt in die Stahlbetonstruktur des Beckens geleitet.

Die Unterkritikalität bei der Lagerung der abgebrannten Brennelemente ist sichergestellt. Die in der Regel des KTA 3602 (11/03) spezifizierten Randbedingungen werden für alle möglichen Belegungsmuster der abgebrannten Brennelemente in den Lagergestellen auch bei Störfällen sicher eingehalten.

Die Brennelemente sind im Lagergestell so angeordnet, dass aufgrund des gegenseitigen Abstandes der Brennelemente und der neutronenabsorbierenden Absorberschächte der Multiplikationsfaktor im mit borfreiem Wasser gefüllten externen Brennelementlagerbecken unter Berücksichtigung des Mindestabbrandes (selbst für den hinsichtlich Kritikalitätssicherheit abdeckenden Lastfall Bemessungserdbeben) weit unter 0,9 ist. Die Berechnungen berücksichtigen konservativ überlagert insbesondere methodische Unsicherheiten und fertigungsbedingte Toleranzen.

II Wichtige aktive Betriebs- und Hilfssysteme

Kühlsysteme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken

Die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken erfolgt über zwei voneinander unabhängige Kühlketten. Jede der beiden Kühlketten besteht aus einem Strang des Beckenkühlsystems für das Brennelementlagerbecken, des Notstands-Zwischenkühlwassersystems und des Notstands-Nebenkühlwassersystems. Die Abgabe der Abwärme aus dem Notstands-Nebenkühlwassersystems erfolgt über Zellenkühler an die Umgebungsluft.

Mit Ausnahme der Zellenkühler (Bau 41 und Bau 42) sowie Teilen des Notstands-Nebenkühlwassersystems verbindende erdverlegten Rohrleitungen / Kabel zwischen dem Notstandsgebäude und den Zellenkühlern sind alle Komponenten zur Wärmeabfuhr im Notstandsgebäude installiert.

Durch intermittierenden Betrieb wird die Wassertemperatur im Brennelementlagerbecken innerhalb betrieblich vorgegebener Grenzen (ca. 20 – 28°C) gehalten.

Da die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken ohne Flusswasserkühlung erfolgt, sind unmittelbare Rückwirkungen durch Flusswasserbedingungen (z.B. Hoch- bzw. Niedrigwasser, Schmutzfracht) für die Wärmeabfuhr nicht relevant.

Die Anordnung der Beckenanschlussleitungen wurde so gewählt, dass bei einem unterstellten Bruch einer Anschlussleitung das Brennelementlagerbecken nicht auslaufen könnte und ausreichende Wasserüberdeckung der Brennelemente gewährleistet wären.

Der Auslegung der Kühlkette liegt zugrunde, dass bei maximal möglicher Beckenbeladung (980 Brennelemente):

- bei Normalbetrieb die mittlere Kühlwassertemperatur von 45°C entsprechend der Regel des KTA 3303 (06/90) nicht überschritten wird.
- bei anormalem Betrieb infolge Störung am Beckenkühlsystem die mittlere Kühlwassertemperatur von 60°C nicht überschritten wird.

Das Beckenkühlsystem ist in der Lage, mit einem Strang 1,9 MW bei 45°C bzw. 3,2 MW bei 60°C abzuführen.

Ausgehend von einer tatsächlichen Nachwärmeleistung der 342 abgebrannten Brennelemente von weniger als 165 kW (0,165 MW) ist offensichtlich, dass die Wärmeabfuhrsysteme hohe Sicherheitsreserven besitzen.

Versorgungs- und Hilfssysteme

Stromversorgung

Die Stromversorgung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers erfolgt über zwei im Außenbereich des Notstandsgebäudes aufgestellte, räumlich getrennte luftgekühlte 6-kV/0,4 kV-Transformatoren. Die elektrische Versorgung der Transformatoren erfolgt im ungestörten Betrieb über die betriebliche Eigenbedarfsversorgung auf dem Gelände des KWO.

Bei einem angenommenen Ausfall der betrieblichen Eigenbedarfsversorgung würden automatisch zwei räumlich getrennt aufgestellte Dieselaggregate starten.

Die zweisträngige dieselgestützte Stromversorgung im Notstandsgebäude besteht aus den zwei strangzugehörigen Dieselaggregaten mit Generatoren und versorgt insbesondere die Notstandszwischen- und -nebenkühlwassersysteme, die Brennelementlagerbeckenkühlsysteme und die Ersatzbeleuchtung (Notbeleuchtung).

Die Einrichtungen der dieselgestützten Stromversorgung wie z.B. die beiden Notstromdiesel mit Hilfssystemen (wie Kraftstoffversorgung), die Schaltanlagen, Gleichrichter mit zugehörigen Batterien und die leittechnischen Einrichtungen befinden sich im Notstandsgebäude. Die Versorgung der wesentlichen Verbraucher der Zellenkühler (Bau 41, 42) erfolgt ebenfalls aus der dieselgestützten Stromversorgung.

Deionatbevorratung

Über die Deionatversorgung erfolgt im Wesentlichen das Nachspeisen des externen Brennelementlagerbeckens, die Ergänzung von Deionatverlusten der Notstandszwischen-/Nebenkühlwassersysteme und die Kühlung der Notstromdieselaggregate als Sonderfahrweise bei unterstelltem Ausfall der Rückkühlung über die Zellenkühler.

Das Deionat wird in Deionatbecken im Notstandsgebäude zwischengespeichert. Gemäß einer Betriebsvorschrift erfolgt bei Unterschreitung eines definierten Füllstandes ein Wiederauffüllen mit Deionat. Mittels Pumpen, welche sich im Notstandsgebäude befinden, wird das Deionat zu den jeweiligen Verbrauchern gefördert.

Notsteuerstelle

Im Notstandsgebäude ist ein Leitstand aufgebaut, von dem aus Bedien- und Überwachungsfunktionen der Kühlsysteme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken sowie der Versorgungs- und Hilfssysteme (z.B. Deionatversorgung) wahrgenommen werden können.

In der Regel erfolgt die Bedienung und Überwachung insbesondere der Kühlsysteme zur Wärmeabfuhr von der derzeit noch genutzten Kraftwerkswarte aus, die sich im Schaltanlagegebäude befindet. Daher wird die Notsteuerstelle nur im Bedarfsfall besetzt. Mittels Bereichsumschaltungen können die Bedienungseinrichtungen von Warte auf Notsteuerstelle und umgekehrt geschaltet werden. Die beiden Steuerstellen (Warte, Notsteuerstelle) sind rückwirkungsfrei voneinander entkoppelt.

Der Zugang zur Notsteuerstelle erfolgt in der Regel über das Reaktorhilfsanlagegebäude (Bau 2) auf der Ebene + 12 m. Alternativ dazu bestehen weitere Zugangsmöglichkeiten einerseits von Außen auf der Ebene ± 0 sowie über den Kontrollbereich (Bau 2, Ebene + 5 m).

1.2 Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede

Da es sich beim Betrieb des externen Brennelementlagers um eine Einzelanlage am Standort KWO handelt, sind keine sicherheitstechnisch bedeutsamen Unterschiede zwischen mehreren Blöcken am gleichen Standort darzustellen.

1.3 Probabilistische Sicherheitsbewertungen

Mit der 1. SAG für das KWO vom 28.08.2008 wurde durch das Landesumweltministerium Baden-Württemberg die endgültige und dauerhafte Betriebseinstellung des KWO genehmigt. Zwischenzeitlich wurden wesentliche Anlagenteile für den Betrieb der Anlage irreversibel stillgesetzt und teilweise bereits abgebaut. Daher erfolgt keine Darstellung der Ergebnisse probabilistischer Sicherheitsbewertungen für den ehemaligen Betrieb des KWO-Reaktors.

Für das externe Brennelementlager im besonders geschützten Notstandsgebäude waren – insbesondere aufgrund der vergleichsweise geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr (nur noch weniger als 165 kW) und der sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen – im Rahmen der Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren keine probabilistischen Sicherheitsbewertungen zur Absicherung der Zuverlässigkeit der Systeme und Anlagenteile des Brennelementlagers erforderlich.

1.4 Begriffsverständnis

Auslegungsbasis oder auch Auslegung

Festgelegte Anforderungen für die Bemessung (engl.: Design Basis)

As-built-Ausführung oder auch Ausführung (realer Anlagenzustand)

Die Ausführung kann gegenüber der Bemessung Reserven, sog. Auslegungsreserven beinhalten.

Auslegungsreserven

Auslegungsreserven sind vorhandene Reserven, wenn ein (nicht nur vernachlässigbarer) Unterschied zwischen Auslegungsbasis und As-built-Ausführung besteht.

Die Auslegungsbasis überschreitender Bereich (Auslegungsbasisüberschreitender Bereich)

Bereich oberhalb der Bemessung, d. h. der Auslegungsbasis (engl.: Beyond Design Basis).

Cliff Edge Effect (oder auch Kipp-Effekt) gem. IAEA

„A Cliff Edge Effect“ is the effect of an abrupt transition from one status to another: a discontinuity in the first derivative of the response to a small deviation in a plant parameter“.

D. h., eine kleine Erhöhung der Auslegungsbasis (über den Bemessungswert, z.B. Intensität / Freifeldbeschleunigung / Hochwasserstand) resultiert in einer sprunghaften Veränderung (Verschlechterung) des Anlagenzustandes; nachfolgend (klassischer) Cliff Edge genannt.

Cliff Edge Effect (oder auch Kipp-Effekt) gem. Definition ENSREG

Der Begriff Cliff Edge Effekt gem. Definition ENSREG geht über die Definition der IAEA zu Cliff Edge Effect hinaus, da dort nur von einer kleinen Überschreitung der Auslegungsbasis (Design Basis) auszugehen ist. ENSREG meint z.B. auch zeitbezogene Kippeffekte in Sequenzen. Die ENSREG-Definition beinhaltet somit

- (klassischer) Cliff Edge
Siehe Def. IAEA oben; wenn es einen (nicht nur vernachlässigbaren) Unterschied zwischen der Bemessung und der As-built-Ausführung gibt, also Auslegungsreserven bestehen, kann es keinen klassischen Cliff Edge geben.
Hat eine Anlage keinen derartigen Cliff Edge, ist sie schon robust in dem Bereich der die Auslegungsbasis (in bestimmtem Umfang) überschreitet.
- parameterbezogene Kippeffekte
Nach ENSREG-Definition sind im Bereich, der die Auslegungsbasis überschreitet (wenn Unterschied zwischen Bemessung und As-built-Ausführung besteht: erst oberhalb der As-built-Ausführung) Parameter so lange zu erhöhen, bis ggf. schwere Brennstabschäden unvermeidbar sind (bei EVA). Wenn gezeigt werden kann, dass eine Anlage keinen derartigen Kippeffekt hat, ist sie robust weit in den Bereich hinein, der die Auslegungsbasis überschreitet. Allerdings kann eine Anlage, die z.B. keinen (klassischen) Cliff Edge bezüglich Hochwasser hat, trotzdem einen parameterbezogenen Kippeffekt (schwere Brennstabschäden unvermeidbar) bei einem bestimmten Hochwasserstand haben.
Bei den Untersuchungen können weitere mögliche Reserven und zusätzliche Einrichtungen kreditiert werden, deren Funktionen unter den gegebenen Randbedingungen vorwiegend ingenieurmäßig zu zeigen ist. Unter Umständen kann für diese Untersuchungen gezeigt werden, dass es bei der anzunehmenden Erhöhung der Parameter Werte gibt, die aufgrund technischer und physikalischer Randbedingungen ausgeschlossen werden können (z.B. Hochwasserstände aufgrund der Topographie).
- zeitbezogene Kippeffekte
Nach ENSREG-Definition sind auch mögliche Zeitpunkte bei Ereignisablaufsequenzen zu identifizieren, bei denen unter den jeweiligen Randbedingungen z.B. schwere Brennstabschäden unvermeidbar sind.
Die anzunehmenden Ausgangssituationen beziehen sich auf Postulate (unter Berücksichtigung von jeweiligen Randbedingungen), oder z.B. für in Betrieb befindliche Kernkraftwerke auf eine eingetretene Kernschmelze, bis das Versagen des Reaktordruckbehälters unvermeidbar ist.
Auch dafür können weitere mögliche Reserven und zusätzliche Einrichtungen kreditiert werden, deren Funktionieren unter den gegebenen Randbedingungen vorwiegend ingenieurmäßig zu zeigen ist.
Insbesondere in dem letzten Untersuchungsbereich sind Definitionen und Arbeitshypothesen erforderlich, um überhaupt Aussagen treffen zu können. Mögliche Aussagen zu einer (dann immer noch vorliegenden) Robustheit in diesem Bereich, der sehr weit oberhalb der Auslegungsbasis liegt, d. h. z.B. zu dem Fehlen von derartigen zeitbezogenen Kippeffekten nach einer Kernschmelze, werden aufgrund der Fragestellung mit Unsicherheiten behaftet sein.

Aktivitätsrückhaltung

Eine effektive Rückhaltung des radioaktiven Inventars im externen Brennelementlager erfolgt nach dem Barrierenprinzip. Eine robuste Unterkritikalität der bestrahlten Brennelemente beim Betrieb des Brennelementlagerbeckens und bei Störfällen ist gegeben.

Bezogen auf die Sicherheitsebenen Normalbetrieb und anomaler Betrieb bestehen folgende betriebliche Barrieren zur Aktivitätsrückhaltung:

- a) Rückhaltung von Spaltprodukten im Kristallgitter des Kernbrennstoffs
- b) Rückhaltung von radioaktiven Stoffen in den Brennstabhüllrohren
- c) Rückhaltung von radioaktiven Stoffen im wassergefüllten massiven Brennelementlagerbecken
- d) Rückhaltung von radioaktiven Stoffen im von massiven Stahlbetonstrukturen umschlossenen Raumbereich des Brennelementlagers
- e) Betriebliche Unterdruckhaltung im Raumbereich des Brennelementlagers

Neben den Barrieren zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe und dem robusten Schutz der Brennelemente im Brennelementlagerbecken vor äußeren Einwirkungen bestehen auch Barrieren zur Abschirmung der Direktstrahlung der Brennelemente (Bekkenwasser, massive dicke Stahlbetonwände des Brennelementlagerbeckens, massive dicke Stahlbetonstrukturen des Notstandsgebäudes).

Bezogen auf die Sicherheitsebene Störfälle (Bemessungserdbeben) bestehen die vorgenannten betrieblichen Barrieren zur Aktivitätsrückhaltung a) bis c).

Bezogen auf Störfälle (Bemessungserdbeben) und auf sehr seltene Ereignisse bestehen für die speziellen Randbedingungen des externen Brennelementlagers als Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung die Sicherheitsbarrieren a) und c) (Rückhaltung von Spaltprodukten im Kristallgitter des Kernbrennstoffs, Rückhaltung von radioaktiven Stoffen im wassergefüllten massiven Brennelementlagerbecken).

Anlage

Unter dem Begriff „Anlage“ wird für den Standort Obrigheim das auf dem Gelände des endgültig abgeschalteten KWO befindliche Brennelementlager verstanden. Das Brennelementlager besteht im wesentlichen aus dem Brennelementlagerbecken mit Einbauten sowie Kühl-, Versorgungs- und Hilfssystemen.

Notstromfall

Unter „Notstromfall“ wird für den Standort Obrigheim der Ausfall der externen Stromversorgung (Netzanbindung) verstanden.

Station-Blackout

Unter „Station-Blackout“ wird für den Standort Obrigheim der Ausfall der gesamten Drehstromversorgung (d.h. der Ausfall der externen Stromversorgung und der Ausfall der internen dieselgestützten Stromversorgung) verstanden.

Primäre Wärmesenke

Unter „primäre Wärmesenke“ werden für den Standort Obrigheim die Kühlsysteme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken verstanden. Die Kühlsysteme bestehen aus zwei Kühlsträngen.

Gesichertes Nebenkühlwasser

Die Rückkühlung des Brennelementlagerbeckens erfolgt über gesichertes Notstands-Nebenkühlwasser. Die Abgabe der Abwärme aus den Notstandsnebenkühlwassersystemen erfolgt über Zellenkühler an die Umgebungsluft. Die Rückkühlung des Brennelementlagerbeckens ist unabhängig vom Flusswasser.

Kühlstrang

Unter „Kühlstrang“ wird eine Redundanz einer gesamten Rückkühlkette bestehend aus Beckenkühlsystem, Notstands-Zwischenkühlwassersystem und Notstands-Nebenkühlwassersystem mit zugehörigem Zellenkühler verstanden.

2 Erdbeben

2.1 Auslegungsgrundlage

Der Standort KWO liegt in einer Zone geringer Seismizität. Nach der aktuellen Karte des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, die nach den Kriterien der aktuellen DIN 4149 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten“ vom April 2005 erstellt ist, befindet sich der Standort und seine nähere Umgebung außerhalb der Erdbebenzonen. Die makroseismische Intensität möglicher Erdbeben ist danach kleiner als 6.

2.1.1 Erdbeben, gegen welches die Anlage ausgelegt ist

2.1.1.1 Charakteristik des Bemessungserdbebens

Das Notstandsgebäude mit dem externen Brennelementlager einschließlich dessen Einbauten, die Kühlsysteme einschließlich der Zellenkühler sowie die für den Betrieb nach Bemessungserdbeben vorgesehenen Versorgungs- und Hilfssysteme sind gegen Bemessungserdbeben ausgelegt.

Im Rahmen der Genehmigungsverfahren zur Errichtung und zum Betrieb der Notstandssysteme, des Notstandsgebäudes und der Zellenkühler Anfang der 80er-Jahre erfolgte die Auslegung gegen Erdbeben auf Basis der Regel des KTA 2201 (06/75) mit folgenden maximalen resultierenden Freifeld-Beschleunigungen für das Auslegungserdbeben (horizontal 50 cm/s²; vertikal 25 cm/s²) und für das Sicherheitserdbeben (horizontal 100 cm/s²; vertikal 50 cm/s²). Als resultierendes horizontales Bemessungsspektrum (Bodenantwortspektrum mit Bezugshorizont Felsoberkante Sandstein) wurde das sog. Berckhemer-Schneider-Spektrum vorgegeben.

Aufgrund neuerer Erkenntnisse definiert die gegenüber dem Stand 6/75 überarbeitete Fassung 06/90 der Regel des KTA 2201 nur noch das „Bemessungserdbeben“, das dem früheren „Sicherheitserdbeben“ entspricht. Das Bemessungserdbeben ist das Erdbeben mit der größten Intensität, die unter Berücksichtigung einer größeren Umgebung des Standorts (bis etwa 200 km) nach wissenschaftlichen Erkenntnissen erwartet werden kann.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zum Betrieb des externen Brennelementlagers im Notstandsgebäude erfolgte 1997/1998 eine Ermittlung der Bodenbeschleunigung für das Bemessungserdbeben am Standort KWO auf der Grundlage der Festlegungen in der Regel des KTA 2201.1 (06/90). Über den in der Regel des KTA 2201.1 vorgegebenen deterministischen Weg hinaus wurde auch eine probabilistische Bewertung des Bemessungserdbebens am Standort vorgenommen. In den Gutachten zu den Erdbebenparametern am Standort KWO wurde bestätigt, dass die Bestimmung der seismischen Parameter für das Bemessungserdbeben (früher Sicherheitserdbeben) mit einer maximalen resultierenden horizontalen Bodenbeschleunigung von 1 m/s² und dem festgelegten Spektralverlauf auch dem heutigen Kenntnisstand entspricht. Die Vertikalbeschleunigung liegt weiterhin bei 50 % der resultierenden Horizontalbeschleunigung. Die Neufassung der Regel des KTA 2201 (Teil 1 und 2) aus dem Jahre 1990 sowie die seit dem Jahre 1980 zusätzlich gesammelten Beobachtungen über tektonische Bewegungen wurden bei der Begutachtung berücksichtigt.

Insgesamt kommen die Expertengruppen zu dem Ergebnis, dass das der Bemessung der Anlage bisher zu Grunde gelegte Bemessungsspektrum (Spektralverlauf, Einhängewert) oberhalb des nach gegenwärtigem Stand von Wissenschaft und Technik ermittelten Spektrums liegt. Es ergaben sich keine Erkenntnisse, die eine Änderung der seismischen Lastannahmen erforderlich machen.

2.1.1.2 Methodik bei der Festlegung des Bemessungserdbebens

Für den Standort Obrigheim ist die Ermittlung der Erdbeben-Bodenbeschleunigung auf der Grundlage der Regel des KTA 2201.1 (06/90) erfolgt.

Hierbei sind entsprechend der in der Regel KTA 2201.1 angegebenen Vorgehensweise die historischen Erdbebendaten im möglichen Einflussbereich des Standortes zusammengestellt worden. Die Auswertung dieser Erdbebendaten unter Berücksichtigung der geologischen Gegebenheiten in Südwestdeutschland hat ergeben, dass

- das „Baseler Erdbeben“ (1356) sowie weitere im Raum Basel aufgetretene Erdbeben nicht der tektonischen Einheit „Oberrheingraben“ zuzuordnen sind
- in der seismogeografischen Zone „Northern Franconia“, in der Obrigheim liegt, historisch keine Erdbeben mit Intensitäten größer IV aufgetreten sind und somit diese Zone bezüglich größerer Intensitäten praktisch als aseismisch anzusehen ist.

Entsprechend der in der Regel KTA 2201.1 angegebenen Vorgehensweise sind folgende Erdbebenereignisse zur Festsetzung des Bemessungserdbebens (mit Maximalbeschleunigung, Antwortspektrum) zu berücksichtigen:

- Oberrheingraben
Beben in Kenzingen/Lahr (03.08.1782)
- Schwäbische Alb
Beben in Ebingen (16.11.1911).

Diese beiden Erdbebenereignisse sind mit ihren Erdbebenparametern bzgl. ihrer Auswirkungen am Standort Obrigheim aufgrund

- empirischer Beziehungen
- Simulationsberechnungen

ausgewertet worden. Zusätzlich ist für die Region „Oberrheingraben“ ein konservativ abdeckendes (historisch nicht belegtes) Beben „Oberrheingraben VIII“ mit der Epizentralintensität VIII betrachtet worden. Beben dieser Intensität würden, wenn sie im Oberrheingraben aufträten und an die dem Standort nächstgelegene Stelle dieser seismogeografischen Zone verschoben würden (siehe Vorgehensweise in der Regel KTA 2201.1) bzgl. ihrer Auswirkungen eine Intensität VII am Standort Obrigheim entsprechen.

Die vorgenommene Überprüfung der Erdbebenlastannahmen im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für den Betrieb des externen Brennelementlagers führt zu dem Ergebnis, dass die in den Jahren 1973/1991 getroffenen Festlegungen zum Bemessungsspektrum, die auch der ursprünglichen Auslegung des Notstandsgebäudes zu Grunde lag, weiterhin verwendet werden können.

2.1.1.3 Angemessenheit der Auslegung

Die seismischen Lastannahmen am Standort KWO wurden seit der ursprünglichen Festlegung im Jahr 1973 mehrfach überprüft und bestätigt. Die Aussagesicherheit ist daher als hoch anzusehen.

Insgesamt ist nachgewiesen, dass bei Anwendung des für den Standort Obrigheim (vom Institut für Geophysik der Universität Stuttgart) festgelegten Bemessungsspektrums bzgl. der seismischen Auslegung des Notstandsgebäudes, Gebäudebereich des externen Brennelementlagers mit Brennelementlagerbecken, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden getroffen ist.

Bei der Bestimmung des Erdbebenbemessungsspektrums für den Standort KWO wurden vom Gutachter für Ereignisse, denen eine Eintrittswahrscheinlichkeit von ca. $10^{-5}/a$ zuzuordnen ist, Mittelwertspektren (50 %-Fraktile) verwendet. Bei Erdbebenereignissen, denen eine Eintrittswahrscheinlichkeit von ca. $10^{-4}/a$ zuzuordnen ist, wurden 84 %-Fraktile der ermittelten Erdbebenspektren zu Grunde gelegt. Bei dieser Vorgehensweise bezüglich der Festlegung der Erdbebenspektren (Spektralverlauf, Einhängewert) werden auch aus Sicht des Gutachters ausreichende Sicherheitsreserven erzielt.

Durch Gutachten wird bestätigt, dass die Komponenten und Systeme des externen Brennelementlagers, die nach einem Erdbeben funktionsbereit sein müssen, gegen die o.g. Lasten aus dem Erdbeben (Spektralverlauf, Einhängewert) ausgelegt sind und demnach nach einem derartigen Erdbebenereignis ihre Aufgabe weiter erfüllen können. Die Schutzziele werden eingehalten. Die Standsicherheit des Notstandsgebäudes und des externen Brennelementlagers ist im Falle des Bemessungserdbebens gegeben.

Eine erneute Überprüfung der seismischen Bemessungsgrößen für den Standort KWO erfolgte in der gutachterlichen Stellungnahme vom Mai 2005. Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Konservativität und Belastbarkeit der Bemessungsgrößen für den Standort KWO bezogen auf den Felsuntergrund (insbesondere in der Gründungssohle des Notstandsgebäudes) nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik auf der Grundlage der Regel des KTA 2201.1 (06/90) nachgewiesen sind.

Zusammenfassend bestätigt der Gutachter, dass insbesondere bzgl. der Erdbebenauslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers die nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden getroffen ist.

2.1.2 Vorkehrungen zum Schutz der Anlage vor dem Bemessungserdbeben

2.1.2.1 Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten

Die wichtigsten Strukturen sind das freistehend auf der Fundamentplatte im Notstandsgebäude aufgestellte Brennelementlagerbecken und die Gebäudestruktur des Notstandsgebäudes.

Die in Kapitel 1.1.2 dargelegte hochwertige Baustruktur des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagerbeckens besitzt eine hohe Robustheit durch Auslegungsprinzipien. Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen und der sehr langen Karenzzeiten sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich. Selbst bei postulierte Ausfall der Kühlsysteme und der dieselgestützten Stromversorgung ist insbesondere wegen der geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr und aufgrund der sehr langen Karenzzeit für Maßnahmen ein sicherer Zustand im Lager für abgebrannte Brennelemente gegeben.

Dennoch wurden die Systeme zur Wärmeabfuhr und die dieselgestützte Stromversorgung gegen Bemessungserdbeben ausgelegt. Die Systeme und Komponenten, die auch nach dem Auftreten eines Bemessungserdbebens verfügbar bleiben sollen, sind im Wesentlichen:

- die Brennelementlagergestelle und Tragstrukturen
- die Beckenkühlsysteme des externen Brennelementlagerbeckens
- die Notstandszwischenkühlwassersysteme
- die Notstandsnebenkühlwassersysteme
- die Zellenkühler
- die dieselgestützte Stromversorgung

Darüber hinaus gibt es noch Komponenten (z.B. Laufkatze der Krananlage im Beckenbereich, Manipulierbrücke für die Handhabung von Brennelementen), die bei einem unterstellten Versagen wie z.B. Absturz auf die vorgenannten Systeme und Komponenten diese beschädigen könnten. Eine Bewertung dieser Komponenten ergab, dass die Auswirkungen aus dem Lastfall Bemessungserdbeben in Kombination mit anderen betrieblichen Lastfällen zu keiner Beeinträchtigung der Systeme und Komponenten führen, die nach dem Auftreten eines Bemessungserdbebens verfügbar bleiben sollen.

Außerdem ist die Standsicherheit des Brennelement-Transportbehälters im externen Brennelementlagerbecken auch beim Lastfall Bemessungserdbeben sichergestellt.

2.1.2.2 Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten

Das Notstandsgebäude und das Brennelementlagerbecken sind gegen Bemessungserdbeben, Bemessungshochwasser, Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle ausgelegt und besitzen insbesondere auf Grund der Auslegung gegen Flugzeugabsturz eine sehr hohe Robustheit auch hinsichtlich auslegungsüberschreitender Erdbebenlastannahmen (siehe auch Kapitel 1.1.2).

Aufgrund der geringen Aufwärmspanne des Wasserinventars im Brennelementlagerbecken ohne Betrieb der Kühlsysteme und des auch bei Erdbeben verfügbaren großen Wasserinventars im Brennelementlagerbecken ist eine sehr lange Karenzzeit bis zur Durchführung von Gegenmaßnahmen gegeben. Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen sind weder automatische Maßnahmen noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen bei Erdbeben zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich (siehe auch Kapitel 1.1.2). Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten treten insoweit nicht auf.

In einer Betriebsvorschrift für Personalhandlungen und Maßnahmenableitung ist geregelt, das bei Einwirkung von Außen eine Situationsanalyse mit Lagebeurteilung, insbesondere im Bereich des Lagerbeckens durchzuführen ist.

Hierzu zählt im Wesentlichen die Kontrolle des Zustands des Brennelementlagerbeckens und der zugehörigen Kühlsystem inklusive Stromversorgung.

Bei Eintritt eines Erdbebens ist davon auszugehen, dass die Eigenbedarfsversorgung unverfügbar wird und die dieselgestützte Stromversorgung im Notstandsgebäude die Versorgung der vorgesehenen Verbraucher der Anlage (u.a. die Systeme zur Wärmeabfuhr des Brennelementlagerbeckens) übernimmt. Besondere Hilfsmittel sind beim Erdbeben nicht erforderlich.

Daher bestand insgesamt auch keine besondere Notwendigkeit für eine besondere Überprüfung unmittelbar im Nachgang zu den Ereignissen von Fukushima.

2.1.2.3 Folgewirkungen des Erdbebens

2.1.2.3.1 Nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegte Strukturen, Systeme und Komponenten

Die wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten des Brennelementlagers im Notstandsgebäude einschließlich dessen Kühl-, Versorgungs- und Hilfssystem, die nach dem Auftreten eines Bemessungserdbebens verfügbar bleiben sollen, besitzen eine Auslegung gegen Bemessungserdbeben (siehe Kap. 2.1.2.1). Alle übrigen Strukturen, Systeme und Komponenten des Brennelementlagerbeckens, die nicht besonders gegen Bemessungserdbeben ausgelegt sind, wurden als ausgefallen angesetzt und führen nicht zu Folgewirkungen, die den sicheren Zustand des Brennelementlagers beeinträchtigen.

Der sichere Zustand des Brennelementlagers wurden ursprünglich im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für den Betrieb des externen Brennelementlagerbeckens im Notstandsgebäude (Genehmigung wurde 1998 erteilt) – unter Berücksichtigung der Folgewirkungen des Bemessungserdbebens bei zeitgleichem Betrieb des KWO-Reaktors – mit den dafür vorgesehenen Strukturen, Systemen und Komponenten bestätigt. Der sichere Zustand des Brennelementlagers wurde auch im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Stilllegung und den Abbau der Anlage KWO (1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung wurde 2008 erteilt) betrachtet. Relevante Folgewirkungen des Bemessungserdbebens auf den sicheren Zustand des Brennelementlagers bei zeitgleicher Stilllegung und Abbau (z.B. im Hinblick auf radiologische Auswirkungen aufgrund eines unterstellten Versagens der Gebäude auf dem Gelände des KWO bzw. der in diesen Gebäuden angeordneten Systeme und Komponenten, die kerntechnisch nicht gegen Erdbeben ausgelegt sind) sind nicht gegeben. Die anzusetzenden radiologischen Auswirkungen aufgrund des Versagens nicht gegen Erdbeben ausgelegter Strukturen und Komponenten wurden ermittelt. Hieraus resultiert keine Beeinträchtigung des sicheren Betriebs des Brennelementlagers.

Die Auslegung des Notstandsgebäudes und der Zellenkühler gegen die Explosionsdruckwelle deckt auch unterstelltes Versagen von Behältern mit großem Energieinhalt (z.B. im Maschinenhaus, des KWO-Reaktors während des Leistungsbetriebes) ab. In der stillgelegten Anlage KWO sind keine Behälter mit hohem Energiepotenzial mehr in Betrieb, die bei unterstelltem Versagen eine auslegungsrelevante Berstdruckwelle erzeugen.

Erdbebeninduzierte anlageninterne Überflutungen durch Folgeversagen nicht ausgelegter Systeme und Komponenten im Notstandsgebäude sowie im Gebäudebereich des Brennelementlagers sind ausgeschlossen, da sich keine relevanten in Folge Erdbeben freisetzbare Wasserinventare in den zu betrachtenden Gebäudebereichen befinden. Das Notstandsgebäude ist in Brandabschnitte untergliedert, die durch feuerbeständige Wände und Schottungen getrennt sind. Der Gebäudebereich des Brennelementlagers ist brandschutztechnisch von übrigen Notstandsgebäudebereichen getrennt und enthält nur geringe Brandlasten. Aufgrund der hochwertigen Auslegung des Notstandsgebäudes beeinträchtigen möglicherweise erdbebeninduzierte Folgebrände und Trümmerlasten nicht den sicheren Zustand des Brennelementlagers.

Auf dem Anlagengelände ist durch die ringförmig um das Notstandsgebäude verlaufende Straße eine gute Zugänglichkeit des Notstandsgebäudes gegeben.

2.1.2.3.2 Ausfall der externen Stromversorgung

Die Anlage KWO verfügt über einen externen 110-kV-Hauptnetzanschluss und einen externen 20-kV-Reservenetzanschluss. Als Folgewirkung des Erdbebens wird unterstellt, dass die externe Stromversorgung ausfällt. Die dieselgestützte Stromversorgung im Notstandsgebäude mit den zugeordneten 0,4 kV bzw. 24-V-Schaltanlagen und 24-V-Batterien sind gegen Bemessungserdbeben ausgelegt.

2.1.2.3.3 Situation außerhalb des Anlagengeländes des KWO

Auf Grund der im Umfeld des Standortes vorliegenden geologischen und seismologischen Verhältnisse ist auszuschließen, dass die Anlage (z.B. über Zufahrt vorhandener Straßen) wegen Verwerfungen, bis an die Oberfläche reichende Risse oder Trümmer durch Folgewirkungen längerfristig unzugänglich ist. Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten haben kurzfristige Unzugänglichkeiten keine Auswirkungen auf den sicheren Zustand der Anlage.

Das Anlagengelände ist mit zwei Straßen von Obrigheim sowie einer Straße von Mörtelstein/Guttenbach zu erreichen. Weiterhin kann das Gelände zu Wasser über den Neckar oder mit dem Hubschrauber erreicht werden. Eine Schiffsanlegestelle und eine Hubschrauberlandemöglichkeit stehen zur Verfügung. Es ist hinreichende Redundanz für den Zugang zum Kraftwerksgelände vorhanden. Signifikante Schäden an der Infrastruktur sind für das Bemessungserdbeben nicht zu erwarten.

Ein Übergreifen von postulierten externen Bränden in der Umgebung der Anlage (z.B. aufgrund von Folgewirkungen eines Erdbebens auf nicht ausgelegte Einrichtungen außerhalb des Anlagengeländes) oder auch von Waldbränden auf das Notstandsgebäude und das Brennelementlager ist aufgrund der räumlichen Entfernung und der vorhandenen Freiflächen zwischen den Einrichtungen und Waldgebieten und dem Notstandsgebäude auszuschließen.

2.1.2.3.4 Andere Folgewirkungen

Aufgrund der Unabhängigkeit der Kühlsysteme vom staugeregelten Neckar sowie der Auslegung und erhöhten Anordnung des Notstandsgebäudes einschließlich Brennelementlager mit den Zugängen im unteren Bereich auf einer Höhenlage von ca. 144 m üNN (ca. 11 m oberhalb des staugeregelten Neckars) führen erdbebeninduzierte Folgewirkungen auf dem Neckar (z.B. Absinken oder Anstieg erdbebenbedingter Schäden an Staustufen, erdbebenbedingte große Mengen von Treibgut) nicht zur Beeinträchtigung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers.

Aufgrund des Baugrundes und der Gründung des Notstandsgebäudes einschließlich der Verankerung der Zugpfähle im Sandstein (siehe Kapitel 1.1.2) sowie der Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes selbst führen auch erdbebenbedingte Folgewirkungen im Gebäudeumfeld (z.B. Bodenverflüssigung, Abrutschen der Böschungen auf den jeweiligen Ebenen des Anlagengebäudes, Trümmerlasten) zu keiner Beeinträchtigung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers. Anzusetzende Nachbeben führen aufgrund der hochwertigen Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers ebenso zu keiner Beeinträchtigung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers.

2.1.3 Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage

2.1.3.1 Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen

Genehmigungsgrundlage sind die dargestellten permanenten (passiven) Schutzmaßnahmen gegen Bemessungserdbeben (wie bauliche Ausführung der Gebäudestruktur).

Die Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlagen wird durch die schriftlichen betrieblichen Regelungen unterstützt. Hierzu zählen insbesondere die genehmigten Betriebsordnungen, die auch in Verbindung mit weiteren Unterlagen Maßnahmen und Tätigkeiten wie z.B. Instandhaltungen und Reparaturen (u.a. im und am Notstandsgebäude), Änderungsmaßnahmen, Wartungen und wiederkehrende Prüfungen regeln. Eine Überwachung der vorgesehenen Maßnahmen erfolgt auch im Rahmen von Prozessüberwachungen mit einem vorhandenen integrierten Managementsystem. Zu dem Managementsystem werden regelmäßig Audits durchgeführt für eine permanente Überprüfung und einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess.

2.1.3.2 Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen

Selbst bei postulierten großen Schäden auf dem Anlagengelände des KWO und in der Anlagenumgebung bei Erdbeben sind aufgrund der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen und der sehr langen Karenzzeiten keine mobilen Einrichtungen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage erforderlich. Daher ist auch kein spezieller Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen erforderlich.

Aufgrund der Eignung des Zugangs zum Anlagengelände und zum Brennelementlager im Notstandsgebäude können dennoch längerfristig zur Unterstützung z.B. bei der Behebung von Schäden auch wenn nicht erforderlich, die sehr langen Karenzzeiten genutzt werden, um mobile Einrichtungen zur Unterstützung beizubringen und zu nutzen.

2.1.3.3 Festgestellte Abweichungen

Sowohl im Rahmen der kontinuierlichen als periodisch ablaufenden Überprüfungen wurden keine Abweichungen von der geltenden Genehmigungsgrundlage festgestellt.

Bei der Sichtung der Unterlagen im Rahmen der Erstellung dieses Berichtes und der Plausibilitätskontrollen vor Ort wurden ebenso keine Abweichungen festgestellt.

2.2 Bewertung von Auslegungsreserven

2.2.1 Abschätzung der zu schweren Kernschäden führenden Erdbebenstärke

Robustheit des Brennelementlagers

Für die Konstruktion und Auslegung der Baustrukturen des Notstandsgebäudes und des bautechnisch entkoppelten Brennelementlagerbeckens war der Sonderlastfall Flugzeugabsturz bestimmend. Aufgrund der bautechnischen Entkopplung des tiefliegenden Brennelementlagerbeckens werden Zugkräfte aus den Baustrukturen des Notstandsgebäudes nicht direkt von der Fundamentplatte des Notstandsgebäudes in das Brennelementlagerbecken übertragen. Die maßgeblichen globalen und lokalen Gebäudebeanspruchungen insbesondere im Bereich des Brennelementlagerbeckens für den bereits im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zur Errichtung des Notstandsgebäudes unterstellte Sonderlastfall Flugzeugabsturz decken die anzusetzenden Lasten aus dem Lastfall Bemessungserdbeben mit großem Abstand ab.

Sowohl der besonders gegen dynamische Lasten geschützte Bereich des Notstandsgebäudes, in dem sich das Brennelementlagerbecken befindet, als auch das konstruktiv entkoppelte Brennelementlagerbecken besitzen erhebliche Auslegungsreserven für den Lastfall Erdbeben. Wanddurchdringende Risse in der Beckenstruktur, die zu erheblichen Wasserverlusten aus dem Brennelementlagerbecken in das Notstandsgebäude führen könnten, können daher auch für Erdbeben, mit im Vergleich zum Bemessungserdbeben erheblich höheren Bodenantwortspektrum, praktisch ausgeschlossen werden.

Selbst bei unterstelltem erheblichem Wasserverlust aus dem unteren Bereich des Brennelementlagerbeckens (wasserundurchlässiges Stahlbetonbecken mit innen liegender Edelstahlauskleidung) in den umgebenden vom übrigen Notstandsgebäude durch Wände getrennten Gebäudebereich ist aufgrund des großen Wasserinventars, der geringen räumlichen Ausdehnung des Gebäudebereiches des Brennelementlagers und der Ausführung des Kellergeschosses als weiße Wanne (siehe Kapitel 1.1.2) weiterhin eine vollständige Überdeckung der Brennelementlagergestelle im Brennelementlagerbecken gegeben. Eine sprunghafte Veränderung im Ereignisablauf wäre selbst in diesem Fall nicht gegeben. Ein Kipp-Effekt liegt nicht vor.

Selbst bei postuliertem fast vollständigem Freiliegen der Brennelemente sind aufgrund der sehr geringen Wärmeleistung schwere Brennstababschäden praktisch auszuschließen.

Aufgrund des hohen Schutzzustandes des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers ist die Brennstabintegrität der abgebrannten Brennelemente selbst bei unterstellten Flugzeugabstürzen robust nachgewiesen.

Die radiologischen Folgen in der Anlagenumgebung infolge unterstellter Brennstababschäden im externen Brennelementlagerbecken wurden unter Ansatz aktueller Anlagenrandbedingungen und postulierte bodennaher Freisetzung über Gebäudeundichtigkeiten bei gegebenen Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung abgeschätzt. Selbst bei hohen Gebäudeundichtigkeiten und einem hohen Anteil an Brennstababschäden werden die Eingreifrichtwerte der ICRP und der SSK zu Strahlenschutzmaßnahmen für die Bevölkerung auch in der näheren Umgebung der Anlage weit unterschritten.

Die Unterkritikalität beim Betrieb des Brennelementlagers und bei Störfällen ist robust sichergestellt. Die in der Regel des KTA 3602 (11/03) spezifizierten Randbedingungen werden für alle möglichen Belegungsmuster der abgebrannten Brennelemente in den Lagergestellen sicher eingehalten. In den Kritikalitätsrechnungen wurden ein minimaler Abbrand und die neutronenabsorbierenden Bauteile, die fester Bestandteil der Lagergestelle sind, berücksichtigt.

Die Brennelemente sind im Lagergestell so angeordnet, dass aufgrund des gegenseitigen Abstandes der Brennelemente und der neutronenabsorbierenden Absorberschächte der Multiplikationsfaktor im mit borfreiem Wasser gefüllten Brennelementlagerbecken unter Berücksichtigung des Mindestabbrandes selbst bei Bemessungserdbeben weit unter 0,9 ist. Die Berechnungen zur Unterkritikalität berücksichtigen konservativ überlagert insbesondere methodische Unsicherheiten des verwendeten Programmsystems, Unsicherheiten bezüglich des Abbrandes, fertigungsbedingte Toleranzen (Hüllrohrdurchmesser, Wandstärken usw.).

Für den Lastfall Bemessungserdbeben wurde eine dauerhafte Verschiebung der Brennelemente aus ihrer Nominallage untersucht. Als ungünstigster (praktisch unwahrscheinlicher) Fall wurde unterstellt, dass systematisch im gesamten Brennelementlagerbecken jeweils 4 benachbarte Brennelemente auf ihr gemeinsames Zentrum verschoben werden. Selbst in diesem Fall ergibt sich ein Multiplikationsfaktor von weit unter 0,9. Damit liegen insbesondere für den Lastfall Erdbeben große Auslegungsreserven bezüglich Kritikalitätssicherheit vor. Ein Kipp-Effekt bezüglich Kritikalität liegt nicht vor.

Aufgrund des hohen Schutzzustandes des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers insbesondere bezüglich dynamischer Lasten ist die Brennstabintegrität der abgebrannten Brennelemente selbst bei unterstellten Flugzeugabstürzen mit einer Stoßlast von 110 MN gemäß RSK-Leitlinie für Druckwasserreaktoren, Abschnitt 19.1, robust und mit hohem Sicherheitsabstand nachgewiesen. Daher ist kein kausaler Zusammenhang zwischen auslegungsüberschreitendem Erdbeben und einem Folgeversagen einer größeren Zahl von Brennstäben zu unterstellen. Eine ausreichend wirksame Rückhaltung von aus abgebrannten (mehr als 6 Jahre seit dem letzten Einsatz im KWO-Reaktor abgeklungenen) Brennstäben ausgetretener Aktivität ist durch das Wasser im Brennelementlagerbecken gegeben.

Eine Betrachtung eines passiven Versagens von Komponenten der Beckenkühlsysteme mit Auslaufen des Wasserinventars bis zur Einbindung der Beckenkühlsysteme als Betriebszustand nach auslegungsüberschreitenden Erdbeben und einer Berücksichtigung von Schwappwasser führt nur zu einer geringen Reduktion der Karenzzeiten.

Selbst bei einem unterstellten Füllstandsabfall um einen Meter reduziert sich die Karenzzeit ohne Nachspeisen von Wasser im Fall des Verdampfens des Wasserinhalts des Brennelementlagerbeckens z.B. bis zum Erreichen der Brennelementköpfe und ohne Nachspeisung nur von ca. 75 Tagen auf ca. 65 Tage.

Die Grundwärmeleistung der 342 abgebrannten Brennelemente im Brennelementlager beträgt nur noch weniger als 165 kW. Pro Brennelement beträgt die Wärmeleistung im Mittel nur noch ca. 0,5 kW, pro Brennstab im Mittel nur noch 2,7 Watt bei einer mittleren Brennstablängenleistung von ca. 0,7 Watt pro Meter. Selbst bei postuliertem fast vollständigem Freiliegen der Brennelemente sind aufgrund der sehr geringen Wärmeleistung schwere Brennstabschäden praktisch auszuschließen. Unabhängig davon ist aufgrund der sehr hohen Robustheit des Brennelementlagers und der sehr langen Karenzzeiten auch längerfristig kein kompletter Verlust des Kühlmittels bei auslegungsüberschreitenden Erdbeben zu unterstellen. Ein Kipp-Effekt bezüglich großer Aktivitätsfreisetzungen sowie Schwachstellen bezogen auf die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage, auch im Hinblick auf auslegungsüberschreitende Erdbeben, liegen nicht vor.

2.2.2 Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses

Mit Bezug auf den Betrieb eines Druckwasserreaktors bezieht sich der Begriff „Integrität des Sicherheitseinschlusses“ auf die Sicherheitsbehälterintegrität einschließlich Dichtheit von Durchführungen am Sicherheitsbehälter. Da das Freisetzungspotential im Brennelementlagerbecken im Notstandsgebäude im Vergleich zu einem in Betrieb befindlichen Reaktor wesentlich reduziert ist, sind auch die Anforderungen an einen Aktivitätseinschluss im Vergleich mit den Integritätsanforderungen eines Sicherheitsbehälters wesentlich reduziert. Weitere Aspekte hierzu sind im Kapitel 1.4 dargestellt. Die Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung weisen insbesondere aufgrund der robusten Baustruktur des Brennelementlagers und des Notstandsgebäudes erhebliche Auslegungsreserven auf.

2.2.3 Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens.

Auslegungsüberschreitende Erdbeben sind aufgrund der Standortgegebenheiten einschließlich der Anlagenauslegung und der Standortumgebung physikalisch nicht in der Lage auslegungsüberschreitende Hochwasser zu erzeugen. Schwere Schäden an Strukturen außerhalb der Anlage (z.B. Versagen von Staustufen des Neckars in der Standortumgebung, Versagen von Brücken und Neckarbefestigungen) und innerhalb der Anlage (z.B. vollständiges Versagen der übrigen Gebäude und bauliche Anlagenteile) haben keinen Einfluss auf die sichere Lagerung der Brennelemente im Notstandsgebäude.

Ein Kipp-Effekt sowie Schwachstellen bezogen auf die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage auch im Hinblick auf zu unterstellende Hochwasser infolge auslegungsüberschreitender Erdbeben liegen nicht vor.

2.2.4 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben

Aufgrund der hochwertigen Auslegung und Ausführung der Anlage sowie der günstigen seismischen Verhältnisse am Standort Obrigheim ergibt sich eine sehr hohe Robustheit der Anlage gegenüber seismischen Ereignissen.



Daher sind keine Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben erforderlich.

3 Hochwasser

3.1 Auslegungsgrundlage

3.1.1 Hochwasser, gegen welches das Brennelementlager ausgelegt ist

Das Notstandsgebäude mit dem externen Brennelementlagerbecken einschließlich dessen Einbauten, die Kühlsysteme, einschließlich der Zellenkühler, sowie die Versorgungs- und Hilfssysteme (siehe Kap. 1.1.2) sind gegen Bemessungshochwasser (10.000-jährliches Hochwasser) geschützt. Als Ausgangsgröße zur Ermittlung des Bemessungswasserstandes wurde ein Hochwasserabfluss im Neckar mit einer Überschreitenswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ angesetzt. Die Bewertung der vorliegenden Nachweise zeigt, dass signifikante Auslegungsreserven auch gegenüber dem nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik geforderten 10.000-jährlichen Hochwassers bestehen.

3.1.1.1 Höhe des Bemessungshochwassers

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zum Betrieb des externen Brennelementlagers im Notstandsgebäude wurde im Jahr 1997 entsprechend der damals gültigen Regel des KTA 2207 (06/92) für den Standort Obrigheim ein Bemessungswasserstand von 140,8 m üNN für ein 10.000-jähriges Hochwasser ermittelt. Der Ermittlung des Bemessungswasserstandes liegt ein Hochwasserabfluss im Neckar von ca. 4.800 m³/s (Abflussscheitelwert am Pegel Rockenau) zugrunde.

Die Untersuchung der Modellunsicherheiten (Ansatz der Vorlandrauhigkeiten, Ermittlung Abflussscheitelwert) ergaben keine wesentliche Änderung des Bemessungswasserstandes. Selbst bei Verdoppelung der angesetzten Vorlandrauhigkeit ergibt sich nur ein um 0,4 m höherer Wasserspiegel am Standort KWO. Bei Erhöhung des Abflussscheitelwertes auf 5.000 m³/s errechnet sich ein Anstieg des Bemessungswasserstandes um auf ca. 141 m üNN.

Im Jahr 2003 wurde anlässlich der Regeländerungsentwurfsvorlage der Regel des KTA 2207 (Fassung Februar 2003) eine Neubewertung des Bemessungswasserstandes mit einer Überschreitenswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ durchgeführt.

Ausgehend von Wasserspiegellagen am Standort KWO wurde der Bemessungswasserstand auf Basis des Verfahrens gemäß KTA-Regelentwurfsvorlage vom Februar 2003 ermittelt. Der Hochwasserabfluss beim Bemessungsereignis wurde auf Basis des Verfahrens gemäß der KTA-Regelentwurfsvorlage konservativ bestimmt und beträgt 5.400 m³/s. Bei Ansatz eines Abflusses von 5.400 m³/s ergibt sich ein Bemessungswasserstand von weniger als 142 m üNN.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zur 1. SAG und 2. SAG für das KWO wurde bei der Ermittlung des Bemessungswasserstandes am Standort KWO die aktuelle Fassung der Regel des KTA 2207 (11/04) herangezogen. Der Bemessungswasserstand von maximal 142 m üNN für das 10.000-jährliche Hochwasser wurde bestätigt. Die gewählte Vorgehensweise entspricht der aktuellen Fassung der Regel des KTA 2207 und damit dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Der Standort KWO liegt auf einer Höhe von ca. 144 m üNN bezogen auf die 0-m-Ebene des Anlagengeländes. Die Zugänge im unteren Bereich des Notstandsgebäudes und damit auch zum externen Brennelementlager befinden sich in einer Höhe von ca. 144 m üNN. Es bleibt somit ein Freibord von ca. 2 m zum Bemessungswasserstand.

Die wenigen unterhalb von ca. 144 m üNN in den Gebäudebereich des Brennelementlagers im besonders geschützten Bereich des Notstandsgebäudes mündenden Rohr- und Kabeldurchführungen sind selbst dann, wenn sie mit Wasser beaufschlagt würden gegen drückendes Wasser abgedichtet. Die Zugänge einschließlich Montageöffnungen und Rohr- und Kabelkanäle zum Notstandsgebäude und zum Brennelementlager sind entsprechend der Anforderung der Anlagensicherung hochwertig ausgeführt und konstruktiv so aufgebaut, dass sie wasserdicht sind.

3.1.1.2 Methodik bei der Festlegung des Bemessungshochwassers

Die Festlegung des Bemessungshochwassers basiert auf der Grundlage der aktuellen Fassung der Regel des KTA 2207 (11/04). Die Ableitung des Hochwasserabflusses der Überschiebungswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ erfolgt auf der Methodik des Anhang A der Regel des KTA 2207 (11/04). Als Basisdaten für die Ableitung des Hochwasserabflusses wurden die amtlichen Abflussdaten am in Fließrichtung unterhalb des Standortes KWO (Fluss km 77,3) gelegenen Neckarpegels Rockenau (Fluss km 60,7). Diese Vorgehensweise ist konservativ, da zwischen dem Standort KWO und dem unterhalb liegenden Pegel Rockenau keine Abflüsse aus dem Neckar erfolgen und das Einzugsgebiet (geringfügig) erhöht ist.

Die Berechnung des Wasserstands am Standort des KWO wurde mit Hilfe eines eindimensionalen, stationären Wasserspiegellagenprogramms durchgeführt.

Auf der Basis der vorhandenen Gewässerprofile wurde ein hydraulische Wasserspiegellagenprogramm an den zu betrachtenden Gewässerabschnitt angepasst. Durch Nachrechnung der Wasserspiegellinie des Hochwassers vom Dezember 1993 für einen Abfluss von $2.690 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde das Rechnermodell überprüft. Als Randbedingungen wurden die gemessenen Wasserstände des Hochwassers vom Dezember 1993 am Pegel Rockenau, am KWO-Standort und am Stau Guttenbach angesetzt. Aus diesen Modellrechnungen wurde anschließend der zu erwartende Wasserstand beim Bemessungsereignis ermittelt.

Am Standort wurden alle möglichen Ursachen und Faktoren bei der Ermittlung und Überprüfung des Bemessungshochwassers berücksichtigt. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sind z.B. Rückstau, Eisversetzungen, Überströmen von Deichen, Windstau, Wellenauflauf oder Tsunami keine Gefahrenquellen. Ein Gefährdungspotential aus Speichern (Talsperren, etc.) im Oberlauf des Neckareinzugsgebietes sind nicht relevant.

Andere Faktoren wie Niederschlag mit Schneeschmelze sind berücksichtigt und bilden die maßgebliche Einflussgröße. Zusammen mit den Eigenschaften des Einzugsgebietes sind diese Einflussgrößen in der ganzen Komplexität der Wechselbeziehungen in den beobachteten Werten enthalten. Diese Werte wurden dann für die Ermittlung des Bemessungshochwassers zugrunde gelegt.

Es gibt keine neueren Erkenntnisse zur Verschlechterung der hydrologischen Verhältnisse. Da zwischenzeitlich weitere amtliche Abflussdaten am Pegel Rockenau vorliegen (Jahr 2002 bis 2010), wurde im Jahr 2011 eine erneute Berechnung des Hochwasserabflusses der Überschreitungswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ vorgenommen. Die Berechnung ergab einen Hochwasserabfluss von $5.250 \text{ m}^3/\text{s}$. Damit wurde aktuell auch die Konservativität der Festlegung gemäß von $5.400 \text{ m}^3/\text{s}$ als Hochwasserabfluss des Bemessungshochwassers gezeigt.

3.1.1.3 Angemessenheit der Auslegung

Bei der Betrachtung des Bemessungshochwassers von maximal 142 m üNN verbleibt ein Freibord von ca. 2 m bezogen auf die 0-m-Ebene des Anlagengeländes. Der Betrieb des externen Brennelementlagers kann auch beim 10.000-jährlichen Hochwasser ohne Beeinträchtigung fortgeführt werden. Auch die Eigenbedarfsversorgung steht in diesem Fall zur Verfügung. Hierfür sind keine temporären Hochwasserschutzmaßnahmen erforderlich.

Die Zufahrtsstraßen zum Kraftwerksgelände sind befahrbar, die Verkehrswege auf dem Kraftwerksgelände und Zugänge zu den Gebäuden auf der 0-m Ebene des Anlagengebäudes sind uneingeschränkt verfügbar. Die Personalverfügbarkeit ist nach wie vor gewährleistet. Die Auslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers sind angemessen.

Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen und der sehr langen Karenzzeiten sind weder automatische Maßnahmen noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Sicherheitsfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich (siehe auch Kapitel 1.1.2).

Daher bestand insgesamt auch keine besondere Notwendigkeit für eine besondere Überprüfung unmittelbar im Nachgang zu den Ereignissen in Fukushima.

3.1.2 Vorkehrungen zum Schutz der Anlage gegen Bemessungshochwasser

3.1.2.1 Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten

Die wichtigsten Strukturen sind das freistehend auf der Fundamentplatte im Notstandsgebäude aufgestellte Brennelementlagerbecken und die massive schwere Gebäudestruktur des Notstandsgebäudes. Das massive als Stahlbetonwanne aus wasserundurchlässigem Beton ausgeführte Kellergeschoss bis zur Ebene $\pm 0 \text{ m}$ des Notstandsgebäudes mit den wenigen ins Gebäude führenden Durchführungen stellt den passiven Hochwasserschutz dar.

Aufgrund der unter Kapitel 1.1.2 dargelegten Baustruktur des Notstandsgebäudes der robusten Gründung des Notstandsgebäudes und der wasserdichten Ausführung der wenigen Durchführungen sowie dem im Notstandsgebäude freistehend aufgestellten Brennelementlagerbecken und dessen Ausführung besteht eine hohe Robustheit durch Auslegungsprinzipien. Das massive schwere Notstandsgebäude mit hochwertiger Gründung schwimmt bei Bemessungshochwasser nicht auf.

Unabhängig davon stellt das Brennelementlagerbecken selbst bei unterstellter Flutung des Notstandsgebäudes mit seiner wasserdichten Ausführung eine weitere Barriere bis zu einer Höhe von + 4,7 m bezogen auf die ± 0 m-Ebene des Notstandsgebäudes dar. Selbst bei postuliertem Eindringen von Wasser und unterstelltem Ausfall der Kühlsysteme und der dieselgestützten Stromversorgung ist insbesondere wegen der geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr und aufgrund der sehr langen Karenzzeit für Maßnahmen ein sicherer Zustand im Lager für abgebrannte Brennelemente gegeben.

3.1.2.2 Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser

Vorkehrungen zur Sicherstellung der Kühlwasserentnahme

Für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und von Verbrauchern aus dem Notstandsgebäude wird keine Kühlwasserentnahme aus dem Neckar benötigt.

Die Wärmeabfuhr erfolgt über zwei redundante, räumlich getrennte Kühlstränge des Notstands-Nebenkühlwassersystems mit zugehörigen Zellenkühlern. Jede Zellenkühleranlage verfügt über einen zugehörigen Wasservorrat von ca. 100 m³.

Die Zellenkühler (Kühltürme) selbst sind zwei eigenständige, vom Notstandsgebäude räumlich getrennte Gebäude die einen vergleichbaren passiven Hochwasserschutz (Baustruktur, Dichtheit der Durchführungen) wie das Notstandsgebäude selbst bieten.

Die Höhenanordnung der beiden Zellenkühler (± 0 m-Ebene, Zugangsbereich) beträgt ca. 144 m üNN und hat somit wie das Notstandsgebäude ein Freibord von ca. 2 m zum Bemessungshochwasserstand von ca. 142 m üNN.

Vorkehrungen zur Sicherstellung der Stromversorgung

Die Komponenten der Notstromversorgung befinden sich, wie das Brennelementlagerbecken selbst, im Notstandsgebäude. Aufgrund der Höhenlage am Standort ist die dieselgestützte Stromversorgung insbesondere für die Verbraucher des Lagerbeckens nicht betroffen.

Die Eigenbedarfsversorgung ist aufgrund der Höhenanordnung am Standort ebenfalls bei Bemessungshochwasser nicht betroffen.

In der Auslegung berücksichtigte Maßnahmen zum Schutz des Standorts vor Hochwasser

Der permanente (passive) Schutz gegen Bemessungshochwasser für das Notstandsgebäude und die Zellenkühler ist durch die Ausführungen der Gebäude selbst (baulicher Schutz) und die Höhenlage der Gebäude auf dem Gelände des KWO gegeben. Aufgrund der Geländehöhe (± 0 m-Ebene des Anlagengeländes) ist der Zugang zu den o.g. Gebäuden gegeben.

Zusätzliche temporäre Hochwasserschutzmaßnahmen gegen Bemessungshochwasser sowie hochwasserspezifische Vorsorgemaßnahmen zum Schutz des Brennelementlagers bei Bemessungshochwasser sind nicht erforderlich.

3.1.2.3 Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser

Im Hinblick auf den sicheren Betrieb des Brennelementlagers sind keine speziellen Betriebsvorschriften zur Warnung und zur Begrenzung der Auswirkungen selbst bei Bemessungshochwasser erforderlich.

3.1.2.4 Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage

Der Bemessungswasserstand von ca. 142 m üNN liegt ca. 2 m unterhalb der Kraftwerksgeländehöhe von ca. 144 m üNN. Für den Fall des Bemessungshochwassers ist die allgemeine Zugänglichkeit der Anlage (Kraftwerkspforte), die Zugänglichkeit des Notstandsgebäudes (einschließlich des Lagerbeckens, der Kühlsysteme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken sowie der Versorgungs- und Hilfssysteme wie Stromversorgung, Deionatbevorratung, Notsteuerstelle) ohne Einschränkung gegeben.

Bei Bemessungshochwasser können die beiden externen Stromversorgungen (Eigenbedarfsversorgung 110 kV und 20 kV) als verfügbar angesehen werden, da ihre Zuführungen oberhalb des Bemessungswasserstandes erfolgen. Unabhängig davon steht die dieselgestützte Stromversorgung (angeordnet im Notstandsgebäude) einschließlich der für deren Betrieb erforderlichen Betriebsstoffe bei Bemessungshochwasser zur Verfügung.

Wegen der Zugänglichkeit des Anlagengeländes und der Zugänglichkeit der für den Betrieb des Lagerbeckens erforderlichen Gebäude und Anlagenteile von außen ist beim Bemessungshochwasser auch keine besondere Situation für das Personal zu erwarten.

Die Zufahrtsstraßen zum Kraftwerksgelände sind befahrbar, die Verkehrswege auf dem Kraftwerksgelände und Zugänge zu den relevanten Gebäuden sind uneingeschränkt verfügbar. Die Personalverfügbarkeit ist gewährleistet und sicherstellende Maßnahmen bezogen auf den Betrieb des Brennelementlagers (Bedienhandlungen und Instandsetzung) sind ohne Einschränkungen durchführbar.

3.1.3 Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage

3.1.3.1 Prozess hinsichtlich erforderliche Systeme, Komponenten und Strukturen

Genehmigungsgrundlage sind die dargestellten permanenten (passiven) Schutzmaßnahmen gegen Bemessungshochwasser (wie bauliche Ausführung der Gebäudestruktur, Dichtheit von Durchführungen).

Die Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlagen wird durch die schriftlichen betrieblichen Regelungen unterstützt. Hierzu zählen insbesondere die genehmigten Betriebsordnungen, die auch in Verbindung mit weiteren Unterlagen Maßnahmen und Tätigkeiten wie z.B. Instandhaltungen und Reparaturen (u.a. im und am Notstandsgebäude), Änderungsmaßnahmen, Wartungen und wiederkehrende Prüfungen regeln. Eine Überwachung der vorgesehenen Maßnahmen erfolgt auch im Rahmen von Prozessüberwachungen mit einem vorhandenen integrierten Managementsystem. Zu dem Managementsystem werden regelmäßig Audits durchgeführt für eine permanente Überprüfung und einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess.

3.1.3.2 Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtung

Selbst bei postulierten großen Schäden auf dem Anlagengelände des KWO und in der Anlagenumgebung bei Hochwasser sind aufgrund der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen und der sehr langen Karenzzeiten keine mobilen Einrichtungen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage erforderlich. Daher ist auch kein spezieller Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen erforderlich.

Aufgrund der Eignung des Zugangs zum Anlagengebäude und zum Brennelementlager im Notstandsgebäude können dennoch längerfristig zur Unterstützung z.B. bei der Behebung von Schäden auch wenn nicht erforderlich, die sehr langen Karenzzeiten genutzt werden, um mobile Einrichtungen zur Unterstützung beizubringen und zu nutzen

3.1.3.3 Festgestellte Abweichungen

Sowohl im Rahmen der kontinuierlichen als auch periodisch ablaufenden Überprüfungen wurden keine Abweichungen von der geltenden Genehmigungsgrundlage festgestellt.

Bei der Sichtung der Unterlagen im Rahmen der Erstellung dieses Berichtes und der Plausibilitätskontrollen vor Ort insbesondere im Bereich der Durchführungen im Kellerbereich des Notstandsgebäudes wurden ebenso keine Abweichungen festgestellt.

3.2 Bewertung von Auslegungsreserven

3.2.1 Abschätzung von Auslegungsreserven gegen Überflutung

Aufgrund der Einschätzungen insbesondere auf der Grundlage der verfügbaren Informationen zur Höhe des Bemessungshochwassers sowie dem verfügbaren Freibordes von ca. 2 m ist eine Überflutung der ± 0 m-Ebene des Anlagengeländes extrem unwahrscheinlich.

Selbst wenn das gesamte Anlagengelände als überflutet angesetzt würde, wäre bezogen auf den Betrieb des Brennelementlagers nur der Ausfall der Eigenbedarfsversorgung anzusetzen. Die dieselgestützte Stromversorgung befindet sich im Notstandsgebäude.

Das Notstandsgebäude kann als verfügbar angesehen werden, da das Notstandsgebäude mit seinen Zugängen einschließlich Montageöffnungen und Rohr- und Kabelkanäle zum Notstandsgebäude und zum Brennelementlager entsprechend den Anforderungen der Anlagensicherung hochwertig ausgeführt und konstruktiv so aufgebaut ist, dass es wasserdicht ist und damit Wasser auch nach dem Ansteigen auf die Zugangskote nicht eindringt. Die dieselgestützte Stromversorgung im Notstandsgebäude kann daher als verfügbar angesehen werden.

Unterstellt man, dass auch die dieselgestützte Stromversorgung ausfällt und damit der Ausfall der Beckenkühlsysteme zu unterstellen ist, ist aufgrund der geringen Aufwärmspanne eine sehr lange Karenzzeit zur Vorbereitung und zur Durchführung von Maßnahmen gegeben.

Bis zum Erreichen von 60°C dauert es unter konservativer Berechnung ca. 5 Tage.

Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre ohne Nachspeisung erst nach ca. 75 Tagen auf bis in den Bereich der Brennelementköpfe verdampft.

Auch die Überlagerung der Flutwelle, welche bei Zerstörung oberhalb des Kraftwerkstandortes befindlicher Stauanlagen auftritt, mit dem Bemessungshochwasser ist bereits bei der Ermittlung des Bemessungshochwasserstands bewertet worden. Der Einfluss von Talsperren- und Schleusenbrüchen ist vernachlässigbar. Ein Grund hierfür ist, dass das Volumen der Stauanlagen im Vergleich zur Hochwasserwelle klein ist.

Plötzliche sehr hohe Flutwellen sind aufgrund der Topografie auszuschließen.

Aufgrund der anlagen- und standortspezifischen Randbedingungen liegt hinsichtlich extremen Hochwasserereignissen und den damit verbundenen postulierenden auslegungsüberschreitenden Hochwasserpegeln kein Kipp-Effekt bezogen auf die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage vor.

Das Auftreten abrupter Zustände, die die Sicherheit des Brennelementlagerbeckens durch das Erreichen eines bestimmten Wasserstandes beeinträchtigen, bestehen nicht.

Schwachstellen bezogen auf die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage auch im Hinblick auf auslegungsüberschreitende Hochwasser- /Überflutungsereignisse liegen nicht vor.

Die Betrachtung kann auf das Notstandsgebäude und das Brennelementlager beschränkt werden.

Das Notstandsgebäude mit dem Brennelementlagerbecken besitzt eine sehr hohe Robustheit auch hinsichtlich auslegungsüberschreitender Hochwasserereignisse.

3.2.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung

Aufgrund der hochwertigen Auslegung und Ausführung der Anlage sowie der günstigen Lage auch auf dem Gelände des KWO ergibt sich eine sehr hohe Robustheit gegenüber Hochwasser. Daher sind keine Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Hochwasser erforderlich.

4 Extreme Wetterbedingungen

4.1 Auslegungsgrundlage

Als wesentliche Nachrüstung des KWO ist die Errichtung und der Betrieb eines Notstandsgebäudes mit Notstandssystemen, die als zusätzliche Systeme zur sicheren Abschaltung des KWO-Reaktors sowie zur Gewährleistung der Unterkritikalität und der Nachwärmeabfuhr des KWO-Reaktors dienen, und eines externen Brennelementlagers im besonders geschützten Bereich des Notstandsgebäudes zu nennen.

Die vollständige Einbeziehung der Notstandssysteme in den Betrieb der KWO wurde im August 1985, der Betrieb des externen Brennelementlagers im Oktober 1998 genehmigt.

Im Rahmen der Auslegung und deren Bewertung wurden die am Standort gemäß den damaligen Normen zu unterstellenden Auswirkungen meteorologisch-klimatischer Phänomene wie Wind, Eisbildung, Schnee berücksichtigt. Die Auslegung der äußeren und inneren Blitzschutzmaßnahmen des Notstandsgebäudes erfüllen für die Funktion der Brennelementlager und die sich aus der Regel des KTA 2206 (06/00) ergebenden Forderungen.

Aufgrund der räumlichen Entfernung und der vorhandenen Freiflächen zwischen Waldgebieten und dem Brennelementlager ist ein Übergreifen von durch extreme Wetterbedingungen ausgelösten Waldbränden auf das Brennelementlager auszuschließen.

4.1.1 Bewertung der für die Auslegung verwendeten Wetterbedingungen

Das Notstandsgebäude und das Brennelementlager im Notstandsgebäude sind hochwertig gegen Bemessungserdbeben, Bemessungshochwasser, Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle ausgelegt. Die dadurch bedingten Anforderungen an die bautechnische Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes deckt die entsprechenden Anforderungen an die bautechnische Auslegung aufgrund meteorologisch-klimatischer Phänomene robust ab.

Das Notstandsgebäude mit seinen Zugängen einschließlich Montageöffnungen und Rohr- und Kabelkanäle zum Notstandsgebäude und zum Brennelementlager sind entsprechend der Anforderungen der Anlagensicherung hochwertig ausgeführt und konstruktiv so aufgebaut, dass es wasserdicht ist. Dadurch ist auch das Ereignis Starkregen robust abgedeckt.

4.1.1.1 Verifizierung der Wetterbedingungen, welche bei der Auslegung von Systemen, Strukturen und Komponenten verwendet wurden

Die für die Brennelementlagerung erforderlichen Systeme und Komponenten sind durch die bautechnische Auslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers gegen Lasten aus Wetterereignissen, wie Wind, Schnee, Eis, Blitzschlag geschützt. Wetterbedingt auftretende Temperaturschwankungen (hohe und tiefe Temperaturen) wurden bei der Auslegung der Systeme und Komponenten für den Betrieb des Brennelementlagers berücksichtigt. Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten ist selbst ein postulierter Ausfall oder eine Nichtverfügbarkeit von aktiven Systemen und Komponenten (z.B. aufgrund hoher oder tiefer Temperaturen) unbedeutend für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustands des Brennelementlagers. Bezüglich der Strukturen gelten die Aussagen in Kapitel 4.1.1.

4.1.1.2 Annahmen für extreme Wetterbedingungen, falls diese nicht bereits in der Auslegung berücksichtigt waren

Gemäß den konventionellen Auslegungsanforderungen (DIN-Normen) ist das Wetterereignis Tornado formal nicht zu berücksichtigen. Die anzusetzenden Lasten aus einem Tornado sind aufgrund der höherwertigen bautechnischen Gebäudeauslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers gegen spezielle Einwirkungen von Außen (Erdbeben, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle) abgedeckt.

4.1.1.3 Bewertung der zu erwartenden Häufigkeit von unterstellten extremen Wetterbedingungen

Extreme Wetterbedingungen, deren Auswirkungen sich innerhalb der Vorgaben der einschlägigen Normen befinden, sind bereits in der Gebäudeauslegung berücksichtigt. Extreme Wetterereignisse außerhalb des formalen Auslegungsbereichs sind als seltene Ereignisse zu bewerten. Aufgrund der beschriebenen Sachverhalte z.B. im Kapitel 4.1.1 und 4.1.1.1 hinsichtlich der Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers sowie der topografischen Gegebenheiten am Standort Obrigheim treten selbst bei Eintritt seltener Extremwetterereignisse keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen auf das Brennelementlager auf.

4.1.1.4 Berücksichtigung der möglichen Überlagerungen von Wetterbedingungen

Die Überlagerung von Einwirkungen, die in einem direkten Zusammenhang stehen wie Wind und Schnee bzw. Wind und Starkregen, sind in der Gebäudeauslegung gemäß den Normen berücksichtigt. Eine Überlagerung von formal auslegungsüberschreitenden Wetterereignissen (d. h. Ereignisse mit gegenüber den Normen geringen Eintrittshäufigkeiten) wird durch die bautechnische Gebäudeauslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers gegen Einwirkungen von Außen (Erdbeben, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle) und die sehr langen Karenzzeiten robust abgedeckt.

4.1.1.5 Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen

Extreme witterungsbedingte Einflüsse wie Wind, Eisbildung, Schnee, Blitzeinschlag und Temperatur sind bei der Auslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers berücksichtigt und im Rahmen von Genehmigungsverfahren bewertet.

Das Brennelementlager im Notstandsgebäude ist gegen Bemessungserdbeben, Bemessungshochwasser, Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle ausgelegt. Das Notstandsgebäude mit seinen Zugängen einschließlich Montageöffnungen und Rohr- und Kabelkanäle zum Notstandsgebäude und zum Brennelementlager sind entsprechend den Anforderungen der Anlagensicherung hochwertig ausgeführt und konstruktiv so aufgebaut, dass es wasserdicht ist.

Diese hochwertige Auslegung und Ausführung der Strukturen des Brennelementlagers deckt anzusetzende Lastannahmen aus naturbedingten Wetterereignissen robust ab.

Aufgrund der sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und die dadurch bedingten sehr langen Karenzzeiten sind weder automatische noch von Hand auszulösende aktive Funktionen von Systemen und Komponenten (z.B. Kühlsysteme, Stromversorgung) zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich.

Extreme Wetterbedingungen haben insgesamt keine sicherheitstechnischen Auswirkungen auf das Brennelementlager.

4.2 Bewertung von Auslegungsreserven

4.2.1 Abschätzung von Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen

Durch die hochwertige und robuste Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers besitzt die Anlage hohe Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen (siehe Kapitel 4.1.1.5). Selbst bei Ansatz von im Vergleich zu den der Auslegung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers zugrunde gelegten Wetterbedingungen erhöhten postulierten auslegungsüberschreitenden Wetterbedingungen bestehen keine Kipp-Effekte und keine Schwachstellen bezogen auf die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage.

4.2.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen

Aufgrund der hochwertigen Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers gegen Einwirkungen von Außen (u.a. auch Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle) ergibt sich eine sehr hohe Robustheit gegen extreme Witterungsbedingungen. Daher sind keine Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit erforderlich.

5 Ausfall der Stromversorgung und Ausfall der primären Wärmesenke

Sicherheitsfunktionen und wichtige Betriebs- und Hilfsfunktionen des Brennelementlagers

Die hochwertige und robuste Auslegung des Brennelementlagers und des Notstandsgebäudes gerade auch im Hinblick auf Sonderlastfälle sowie die sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und die dadurch bedingten sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von aktiven Funktionen (z.B. Inbetriebnahme der Kühlsysteme) stellen sicher, dass als Sicherheitsfunktionen ausschließlich passive Funktionen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers anzusehen sind. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Wertigkeit der für den Betrieb des Brennelementlagers vorhandenen aktiven Systemen im Vergleich zu den aktiven Systemen zur Aufrechterhaltung des sicheren Betriebs eines Kernkraftwerkes. Für ein Kernkraftwerk sind kurzfristig viele aktive automatische oder von Hand durchzuführende Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich. Diese Funktionen werden daher auch als aktive Sicherheitsfunktionen bezeichnet.

Passive Sicherheitsfunktionen des Brennelementlagers im Notstandsgebäude sind die Integrität des Brennelementlagers (Sicherstellung des Wasserinventars zwecks Wärmeabfuhr über Aufwärmung und ggf. Verdunstung), Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung und die Aufrechterhaltung der Unterkritikalität.

Grundsätzlich kann ein postulierter Ausfall der gesamten externen Stromversorgung oder der Ausfall der Kühlsysteme der Anlage für mehrere Tage unterstellt werden. Üblicherweise wird auch unterstellt, dass der Standort z.B. für 72 Stunden nicht mit schwerem Material über Straßen oder Wasserwege beliefert werden kann und dass der Standort z.B. erst nach 24 Stunden mit tragbarer leichter Ausrüstung versorgt werden kann.

Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich. Für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Wiederherstellung aktiver Funktionen (z.B. Wiederherstellung der Stromversorgung, Wiederherstellung der Wärmeabfuhr über die Brennelementbeckenkühlsysteme) stehen sehr lange Karenzzeiten – auch weit über eine angestrebte Zeitspanne von 72 Stunden hinaus ohne externe Unterstützung – zur Verfügung.

Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten werden die aktiven Funktionen der Systeme des Brennelementlagers zur Wärmeabfuhr und zur Stromversorgung als wichtige Betriebs- und Hilfsfunktionen des Brennelementlagers bezeichnet.

Ungeachtet dessen stehen hochwertig ausgelegte Betriebs- und Hilfssysteme für das Brennelementlager zur Verfügung. Diese Systeme weisen hohe Auslegungsreserven (z.B. betriebliche, wärmetechnische Auslegung der Kühlstränge in Verbindung mit dem zweisträngig, redundanten Aufbau der zugehörigen Stromversorgung) auf.

5.1 Ausfall der Stromversorgung

5.1.1 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss

Durch Ausfall des Haupt- und Reservenetzanschluss entsteht der sogenannte „Notstromfall“. Die Versorgung der vorgesehenen Verbraucher der Anlage, die im Notstromfall versorgt werden sollen, erfolgt dann über die dieselgestützte Stromversorgung.

Die dieselgestützte Stromversorgung stellt hinsichtlich der Sicherheit des Brennelementlagers eine Hilfsfunktion dar.

5.1.1.1 Auslegung der Anlage

Die Anlage KWO verfügt über einen externen 110 kV-Hauptnetzanschluss und einen externen 20-kV-Reservenetzanschluss zur Eigenbedarfsversorgung. Bei Ausfall der 110 kV-Netzanbindung erfolgt eine Umschaltung der 6 kV-Eigenbedarfsschienen auf den 20 kV-Reservenetzanschluss.

Die Stromversorgung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers erfolgt über im Außenbereich räumlich getrennt aufgestellte luftgekühlte 6 kV/0,4 kV-Transformatoren. Aufgrund der Anforderungen aus dem Leistungsbetrieb ist die dieselgestützte Stromversorgung zweisträngig, räumlich getrennt und funktionell unabhängig aufgebaut. Das Notstandsgebäude und die dieselgestützte Stromversorgung, die zugeordneten 0,4 kV bzw. 24 V-Schaltanlagen und ± 24 V-Batterien sind gegen Einwirkungen von Außen wie Bemessungserdbeben und Bemessungshochwasser ausgelegt. Dadurch ist auch eine hohe Robustheit gegen extreme Wetterbedingungen gegeben. Die dieselgestützte Stromversorgung besteht aus zwei strangzugeordneten Dieselaggregaten mit Generatoren und versorgt insbesondere die Verbraucher, die zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken vorgesehen sind. Die Rückkühlung der Dieselaggregate erfolgt über die Kühlstränge über die auch die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken erfolgt.

Der ursprünglichen Auslegung der dieselgestützten Stromversorgung lagen abdeckend die Anforderungen aus dem Leistungsbetrieb zugrunde. Ein Strang der dieselgestützten Stromversorgung ist zur Sicherstellung der Stromversorgung der Anlage ausreichend.

Bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung werden beide Dieselaggregate automatisch gestartet. Aufgrund der langen Karenzzeit bis zur vorgesehenen Inbetriebnahme der Kühlsysteme ist auch ein Handstart der Dieselaggregate und das Zuschalten der notwendigen Verbraucher von Hand grundsätzlich möglich.

Die im Falle des Ausfalls der Eigenbedarfsversorgung ausgelösten automatischen Maßnahmen und die ggf. erforderlichen Handmaßnahmen sind im Betriebsreglement beschrieben.

Bei sequentiell Betrieb der beiden Dieselaggregate und unter Berücksichtigung nur der im Notstandsgebäude vorhandenen Kraftstoff- und Schmierölvorräte (und dem aktuellen Leistungsbedarf der Anlage bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung) ist die Stromversorgung der Anlage für mehr als 72 Stunden sichergestellt.

5.1.1.2 Vorkehrungen für einen lang andauernden Ausfall des Haupt- und Reservenetzanschlusses ohne externe Unterstützung

Entsprechend der gültigen betrieblichen Regelungen wird der ordnungsgemäße Betrieb der Dieselanlagen durch die anwesende Betriebsschicht überwacht und der langfristige Betrieb der Dieselaggregate durch frühzeitige Ergänzung der Betriebsmittel aufrechterhalten.

Als Handmaßnahmen sind für einen lange andauernden Betrieb der Dieselaggregate, das Nachtanken mit Kraftstoff, das Auffüllen des Schmierölnachfüllbehälters und das Ergänzen von Kühlwasser durch das Betriebspersonal vorgesehen.

Bei sequentiell betriebenen Dieselaggregate und unter Berücksichtigung nur der im Notstandsgebäude vorhandenen Kraftstoff- und Schmierölvorräte ist die Stromversorgung der Anlage für mehr als 72 Stunden sichergestellt.

Für die Dieselaggregate im Notstandsgebäude stehen auf dem Gelände des KWO noch weitere Kraftstoff- und Schmierölreserven in der Regel für mehr als 1 Woche zur Verfügung.

5.1.2 Notstromfall und Ausfall der normalen Reservestromdrehquelle

Der Anlagenzustand „Notstromfall und Ausfall der normalen Reservestromquelle (Drehstrom)“ ist gekennzeichnet durch den Ausfall der externen Stromversorgung (Netzanbindung) und den Ausfall der internen (zweistufig aufgebauten) dieselgestützten Stromversorgung und entspricht anlagenspezifisch dem sogenannten Anlagenzustand „Station-Blackout“. Zur Spannungsversorgung stehen die Batterieanlagen zur Verfügung.

Im Falle eines Station-Blackout werden leittechnische Einrichtungen zur Überwachung des Brennelementlagerbeckens bis zur maximalen Entladezeit der ± 24 V Batterien versorgt. Nach Ausfall der 24 V bzw. 48 V-Gleichspannungsversorgung wird die Überwachung des Brennelementlagerbeckens (Beckenfüllstand, Beckentemperatur) im Rahmen der Begehung durch die Betriebsschicht vorgenommen. Für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Brennelementlagerung besitzt die 24 V-Gleichspannungsversorgung keine Bedeutung.

5.1.2.1 Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption

Bei Ausfall der externen Stromversorgung (110 kV-Hauptnetz, 20 kV-Reservenetz) und der dieselgestützten Stromversorgung stehen zur elektrischen Energieversorgung im Notstandsgebäude noch die ± 24 V-Batterieanlagen zur Verfügung.

Die unterbrechungsfreie Stromversorgung der leittechnischen Einrichtungen im Notstandsgebäude wird über redundant und räumlich getrennt angeordnete 24 V bzw. 48 V-Gleichstromanlagen versorgt. Die Einrichtungen sind im Notstandsgebäude untergebracht und mit Ladegeräten, Batterien und Verteilungen ausgerüstet und gegen Bemessungsereignisse ausgelegt. Die ± 24 V-Batterieanlage besteht aus einer Plus-Batterie und einer Minus-Batterie. Die Batterieanlagen wurden ursprünglich abdeckend für den Leistungsbetrieb mit einer spezifizierten Entladezeit von mindestens zwei Stunden ausgelegt. Die Batterieversorgungszeit für den aktuellen Zustand der Anlage beträgt mehr als zehn Stunden.

5.1.2.2 Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung

Die ± 24 V-Batterieanlage besteht aus einer Plus-Batterie und einer Minus-Batterie. Die Batteriekapazitäten werden regelmäßig im Rahmen von wiederkehrenden Kapazitätsprüfungen geprüft. Die Batterieversorgungszeit für den aktuellen Zustand der Anlage beträgt mehr als zehn Stunden.

Möglichkeiten zum Nachladen der Batterien bei Station-Blackout haben für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustands der Brennelementlagerung keine Bedeutung (siehe Kapitel 5 und 5.1.2).

Die vorliegenden Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen decken bei weitem eine angestrebte Zeitspanne von 72 Stunden ohne externe Unterstützung ab. Innerhalb der Karenzzeiten kann beispielsweise durch Instandsetzungsmaßnahmen eine Drehstromversorgung aufgebaut werden. Hierzu stehen sowohl ausreichend Schicht- und Fachpersonal als auch mögliche mobile externe Einrichtungen zur Wiederherstellung einer Drehstromversorgung zur Verfügung.

5.1.3 Notstromfall und Ausfall der normalen Reservestromdrehquelle und Ausfall anderer diversitärer Einrichtungen zur Drehstromversorgung

Am Standort Obrigheim sind keine diversitären Einrichtungen zur Drehstromversorgung vorhanden, da diese für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers nicht erforderlich (siehe auch Kapitel 5 und 5.1.2).

5.1.3.1 Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung

Siehe Kapitel 5.1.3

5.1.3.2 Vorgesehene Maßnahmen zur Wiederherstellung einer Drehstromversorgung mit mobilen oder speziellen externen Einrichtungen

Siehe Kapitel 5.1.3

5.1.3.3 Erforderliches Schicht- oder Fachpersonal für elektrischen Anschluss

Siehe Kapitel 5.1.3

5.1.3.4 Zur Verfügung stehende Zeit zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung und damit der Kernkühlung

Siehe Kapitel 5.1.3

5.1.3.5 Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust der Stromversorgung

Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen und der sehr langen Karenzzeiten sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich.

Ungeachtet dessen steht eine hochwertig ausgelegte robuste Stromversorgung für das Brennelementlager zur Verfügung. Dieses System weist hohe Auslegungsreserven auf.

Die vorliegenden Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen decken bei weitem eine angestrebte Zeitspanne von 72 Stunden ohne externe Unterstützung ab.

Es bestehen keine Kipp-Effekte und keine Schwachstellen bezogen auf die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage.

5.1.3.6 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust der Stromversorgung

Aufgrund der bereits dargestellten Sachverhalte sind keine Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust der Stromversorgung erforderlich.

5.2 Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser

Hinweis: Unter „primäre Wärmesenke“ werden bezogen auf das Brennelementlager für den Standort Obrigheim die Kühlsysteme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken verstanden.

5.2.1 Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung

Entsprechend der Beschreibung unter Kapitel 1.1.2 bestehen die Systeme zur Wärmeabfuhr aus dem externen Brennelementlagerbecken und zur Rückkühlung der Dieselaggregate aus zwei redundanten, räumlich getrennten Kühlsträngen. Mit Ausnahme der Zellenkühler sowie Teilen des Notstands-Nebenkühlwassersystems sind alle Komponenten zur Wärmeabfuhr und zur Rückkühlung im Notstandsgebäude installiert.

Jede der beiden Kühlstränge besteht aus einem Strang des Beckenkühlsystems für das externe Brennelementlagerbecken, des Notstands-Zwischenkühlwassersystems und des Notstands-Nebenkühlwassersystems. Ein Kühlstrang ist für die Wärmeabfuhr von ca. 3,2 MW bei einer Wassertemperatur von 60°C im Brennelementbecken ausgelegt. Die tatsächliche Wärmeleistung der Brennelemente beträgt weniger als 0,165 MW. Dies stellt eine erhebliche Auslegungsreserve dar. Die Abgabe der Abwärme aus dem Notstands-Nebenkühlwassersystem erfolgt über Zellenkühler an die Umgebungsluft und ist vollkommen unabhängig vom Flusswasser. Der Wasservorrat in den Speicherbecken der Zellenkühler ist mit je ca. 100 m³ so bemessen, dass kurz- und mittelfristig keine Nachspeisung erfolgen muss.

5.2.2 Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers

Bei Ausfall der beiden Kühlstränge des Brennelementlagers erwärmt sich das Beckenwasser ausgehend von einer betriebsüblichen maximalen Temperatur von 28°C erst nach ca. 5 Tagen auf eine Temperatur von 60°C. Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre ohne Nachspeisung nach ca. 75 Tagen bis in den Bereich der Brennelementköpfe verdampft.

Im Betriebsreglement sind für den Ausfall der Wärmeabfuhrsysteme entsprechende Handlungsanweisungen enthalten.

Beim Ausfall aktiver bzw. passiver Komponenten in einem Kühlstrang wird auf den zweiten Kühlstrang umgeschaltet und die Instandsetzung vom ersten Strang unverzüglich eingeleitet.

Unter der Annahme, dass ein Kühlstrang störungsbedingt ausfällt, der zweite Strang nicht verfügbar (z.B. durch Wartungsarbeiten) ist, werden Maßnahmen veranlasst, um einen der beiden Kühlstränge unverzüglich wieder verfügbar zu machen.

Aufgrund der sehr langen Karenzzeiten steht ausreichend Zeit zur Verfügung um mindestens einen Kühlstrang wieder in Funktion zu bringen.

5.2.2.1 Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke

Wie unter Kapitel 5.2.1 dargestellt bestehen sehr hohe Auslegungsreserven bei den Kühlketten zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken. In Verbindung mit den sehr langen Karenzzeiten besteht keine Erfordernis einer alternativen Wärmesenke.

Für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers ist insbesondere aufgrund der sehr langen Karenzzeiten keine alternative Wärmesenke erforderlich.

5.2.2.2 Mögliche zeitliche Einschränkungen für die Verfügbarkeit der alternativen Wärmesenke und Möglichkeiten für weitere zeitliche Reserven

Siehe Kapitel 5.2.2.1

5.2.3 Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser und der alternativen Wärmesenke

Dieser postulierte Ausfall stellt für die Anlage keine Veränderung gegenüber dem unter Kapitel 5.2.2 beschriebenen Sachverhalt dar.

5.2.3.1 (Externe) Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden

Siehe Kapitel 5.2.3

5.2.3.2 Zeit zur Wiederherstellung verlorener Wärmesenken oder für externe Maßnahmen

Siehe Kapitel 5.2.3

5.2.4 Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers

Der Verlust der Systeme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und zur Rückkühlung über das gesicherte Nebenkühlwasser hat aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagerbeckens und der sehr langen Karenzzeiten keine Auswirkungen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers.

Die vorliegenden Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen decken bei weitem eine angestrebte Zeitspanne von 72 Stunden ohne externe Unterstützung ab.

Es bestehen keine Kipp-Effekte und keine Schwachstellen bezogen auf die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage.

5.2.5 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers

Aufgrund der bereits dargestellten Sachverhalte sind keine Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers erforderlich.

5.3 Ausfall der primären Wärmesenke mit „Station-Blackout“

Dieser postulierte Ausfall stellt für die Anlage keine Veränderung gegenüber dem unter Kapitel 5.1.2 beschriebenen Sachverhalten dar.

5.3.1 Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern

Siehe Kapitel 5.3

5.3.2 Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden

Siehe Kapitel 5.3

5.3.3 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers mit „Station-Blackout“

Siehe Kapitel 5.3

6 Management schwerer Unfälle

Das Kernkraftwerk Obrigheim hat am 11. Mai 2005 den Leistungsbetrieb endgültig eingestellt. Alle Brennelemente wurden aus dem Reaktordruckbehälter und dem internen Brennelementlagerbecken entfernt und in das externe Brennelementlagerbecken innerhalb des Notstandsgebäudes eingelagert.

Aufgrund der Belegung des Brennelementlagerbeckens mit abgebrannten Brennelementen, die eine Abklingzeit von mehr als 6 Jahre besitzen, mit entsprechend geringer Nachwärmeproduktion ist die Aufwärmgeschwindigkeit des Wasserinventars jedoch so gering, dass sehr lange Karennzeiten zur Verfügung stehen, verdampftes Wasserinventar zu ergänzen beziehungsweise um Maßnahmen zur Wiederaufnahme der Beckenkühlung über die vorhandenen Systeme oder andere geeignete Maßnahmen durchzuführen.

Aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers gerade auch im Hinblick auf Sonderlastfälle sowie der sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und der dadurch bedingten sehr langen Karennzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen ist die Durchführung von geeigneten Notfallmaßnahmen unproblematisch. Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich (siehe auch Kapitel 1.1.2 und 2.2.1).

6.1 Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen

6.1.1 Notfallschutzorganisation des Genehmigungsinhabers

Am Standort Obrigheim besteht eine auf den Anlagenzustand angepasste Organisationsstruktur des Genehmigungsinhabers EnKK, die für die Abwicklung von Störungsereignissen (auslegungsgemäß und auslegungsüberschreitend) am Standort Obrigheim zuständig ist. Die Organisationsstruktur der EnKK und die Zuständigkeiten insbesondere für die Erkennung und Bewältigung von Störungsereignissen sind im Betriebsreglement festgelegt. Die Organisation bei Störungsereignissen besteht aus einem Stab unter der Führung eines Technischen Leiters.

Der Technische Leiter, in der Regel der Technische Geschäftsführer, trägt die Gesamtverantwortung für die Aufrechterhaltung eines sicheren Zustands der Anlage und für die zu ergreifenden Maßnahmen. Er übernimmt die Einsatzleitung und bestimmt, insbesondere ereignis- und zustandsabhängig, die Personen für die jeweiligen spezifischen Einsatztrupps, die verantwortlichen Leiter der Einsatztrupps und die Person, welche für die Beratung der Behörden und Hilfsorganisationen zuständig ist.

Die Einsatztrupps sind personell in der Regel fachspezifisch zusammengesetzt. Der für den Einsatztrupp verantwortliche Leiter ist in der Regel der zugehörige Fach- bzw. Teilbereichsleiter.

Für das Auslösen externer Alarme sind in den „Kriterien für die Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen“ (gemeinsame Empfehlung der Reaktorsicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission) Kriterien (hier relevant: Füllstände von Brennelementlagerbecken) zur Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde zu vorgegebenen Alarmstufen festgelegt.

Die Auslösung der externen Alarme obliegt dem Leiter der Katastrophenschutzbehörde.

Für die Auslösung eines externen Alarms sind drei Stufen „Informationsstufe“, „Voralarm“ und „Katastrophenalarm“ vorgesehen, die wie folgt definiert sind.

- Informationsstufe wird bei einem Ereignis ausgelöst, bei dem noch kein Voralarm erforderlich erscheint, das jedoch weiter beobachtet werden muss, weil die weitere Entwicklung in der Anlage noch nicht übersehbar ist.
- Voralarm wird ausgelöst, wenn bei einem Ereignis bisher noch keine oder nur eine im Vergleich zu den Auslösekriterien für Katastrophenalarm geringe Auswirkung auf die Umgebung aufgetreten ist, jedoch auf Grund des Anlagenzustandes nicht ausgeschlossen werden kann, dass Auswirkungen, die den Auslösekriterien für Katastrophenalarm entsprechen, eintreten können.
- Katastrophenalarm wird ausgelöst, wenn bei einem Unfall eine Gefahr bringende Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung festgestellt wird oder droht.

Die Kriterien für die Information und Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde sind am Standort Obrigheim im Betriebsreglement festgelegt. Bezogen auf das Kriterium Füllstand des externen Brennelementlagerbeckens wurde die gemeinsame Empfehlung der RSK und SSK zugrunde gelegt.

Ausgehend vom Ausfall der Kühlsysteme des Brennelementlagerbeckens (Aufwärmen und Verdampfen des Lagerbeckenwassers) und den betrieblichen Randbedingungen im Brennelementlagerbecken zu Beginn des postulierten Ausfalls ergeben sich Karenzzeiten von ca. 50 Tage zum Erreichen des Kriteriums für Voralarm und ca. 75 Tage bis zum Erreichen des Kriteriums für Katastrophenalarm. Diese Zeitangaben beruhen auf einer konservativen Ermittlung der Karenzzeiten bei gegebener Integrität des Brennelementlagerbeckens.

Das Erreichen dieser Kriterien ist aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers nicht mit einer erheblichen Freisetzung von Spaltprodukten gleichzusetzen.

Die Festlegung von Maßnahmen, welche im Rahmen der Erkennung und Bewältigung von Störungsereignissen getroffen werden, erfolgen zunächst auf Basis der konkreten Festlegungen im Betriebsreglement und anschließend -aufgrund der sehr langen Karenzzeiten angemessen - situativ anhand der Ergebnisse einer Lagebeurteilung, unter der Einbeziehung von Fach- und Leitungspersonal und ggf. externer Experten. Vorgefertigte Maßnahmenbeschreibungen sind aufgrund der zu betrachtenden Störungsereignisse und der sehr langen Karenzzeiten nicht erforderlich.

Die Festlegung von Maßnahmen zur Umsetzung der Strahlenschutzgrundsätze insbesondere zur Dosisbegrenzung, Vermeidung unnötiger Strahlenexposition erfolgte im Betriebsreglement. Dies deckt auch den Umgang mit vom Personal aufgenommenen Dosen und Vorkehrungen zur Begrenzung der Dosen ab.

6.1.1.1 Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb

Die Besetzung und Qualifikation von Schichtpersonal ist im Betriebsreglement festgelegt. Sollten Störungsereignisse in der Anlage auftreten werden diese in der Regel vom Schichtpersonal selbst erkannt, bzw. an das Schichtpersonal gemeldet.

Für die Auslösung eines internen Alarms und die ordnungsgemäße Durchführung der im internen Alarmfall erforderlichen Maßnahmen ist der Schichtleiter verantwortlich. Alarme werden immer dann von dem Schichtleiter gegeben, wenn auf Grund von Instrumentenanzeigen auf der Warte oder auf Grund von Meldungen, die Personen aus der Anlage oder externe Dienststellen geben, eine Gefährdung für Personen und Sachgüter innerhalb oder außerhalb des Anlagengeländes besteht. Des Weiteren kann der Technische Leiter des Standortes Obrigheim die Auslösung eines Alarms anordnen.

Rund um die Uhr sind mindestens sechs Schichtmitarbeiter (ein Schichtleiter, ein Leitstandsfahrer, ein Brandmeister sowie drei weitere Schichtmaschinisten/-elektriker) auf der Anlage, um ggf. Maßnahmen zur Störungsbehebung einleiten zu können.

Unterstützend hierzu ist ein wöchentlich wechselnder Bereitschaftsdienst eingerichtet, der einerseits eine Fachbereitschaft für die Bereiche Maschinentechnik, Elektrotechnik und Strahlenschutz und andererseits eine Werksfeuerwehrebereitschaft bereitstellt. Der Bereitschaftsdienst besteht aus mindestens sechs Personen. Zur Schichtleiterunterstützung ist ein Betriebsingenieur (Ingenieur mit Schichtleiterqualifikation) im Bereitschaftsdienst.

In den technischen Bereichen der KWO sind noch etwa 145 Personen (Eigenpersonal) tätig, viele davon mit langjähriger Erfahrung aus dem Leistungsbetrieb der Anlage.

Unabhängig davon ist der Schichtleiter befugt bzw. verpflichtet je nach Ereignisablauf weitere Kräfte wie weiteres Fach- und Leitungspersonal sowie externe Feuerwehren anzufordern.

Detaillierte Vorgaben hierzu sind im Betriebsreglement enthalten.

6.1.1.2 Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement

Die Organisation der EnKK am Standort Obrigheim bei Störungsereignissen entscheidet insbesondere ereignis- und zustandsabhängig über eine EnKK interne oder externe Verstärkung. Beispielsweise wird die Organisation der EnKK am Standort Obrigheim, sofern erforderlich, durch eine im EnBW-Konzern angesiedelte sog. „Krisenabwehrorganisation“ unterstützt.

Die Krisenabwehrorganisation beinhaltet einen sog. „Krisenstab“, der u.a. auch Koordinatoren und Teams für Kern-, Fach-, Support- und Kommunikationsthemen umfasst. Geltungsbereich, Aufgaben, Befugnisse und Nahtstellen des Krisenstabes hin zur Organisation am Standort Obrigheim einerseits sowie zum Gesamtvorstand des EnBW-Konzerns andererseits geregelt.

6.1.1.3 Maßnahmen für optimalen Personaleinsatz

Die hohe Anzahl an langjährig erfahrenem Betriebspersonal in Verbindung mit regelmäßigen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen stellt sicher, dass auch im Anforderungsfall ein optimaler Personaleinsatz möglich ist.

6.1.1.4 Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen

Aufgrund der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen und der sehr langen Karenzzeiten für Maßnahmen ist bei Störungsereignissen im Brennelementlager planmäßig keine externe technische Unterstützung am Standort Obrigheim erforderlich. Ungeachtet dessen kann die Organisation am Standort Obrigheim problemlos EnKK intern technische Unterstützung durch qualifizierte Mitarbeiter der Kernkraftwerksstandorte Philippsburg (KKP) und Neckarwestheim (GKN) erhalten.

Die EnKK hat einen Vertrag zur technischen Unterstützung bei Störfällen und Unfällen mit externen Organisationen (z.B. dem Kerntechnischen Hilfsdienst GmbH).

Bei Brandereignissen am Standort Obrigheim wird je nach Schadenslage auf die Unterstützung von Feuerwehren der umliegenden Gemeinden zurückgegriffen.

6.1.1.5 Verfahren, Ausbildung und Übungen

Das in der Anlage beschäftigte Personal wird regelmäßig geschult und unterrichtet. Dies umfasst auch Maßnahmen für Störungsereignisse.

Gemäß der Vorgabe im Betriebsreglement werden jährlich Alarmübungen durchgeführt. Die Übungen der Werkfeuerwehr werden entsprechend einer Feuerwehrdienstvorschrift durchgeführt.

6.1.2 Nutzung vorhandener Ausrüstung

6.1.2.1 Nutzung externer mobiler Geräte

Aufgrund der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen und der sehr langen Karenzzeiten für Maßnahmen ist bei Störungsereignissen im Brennelementlager keine Nutzung externer mobiler Geräte erforderlich.

Zur Brandbekämpfung werden am Standort Obrigheim Geräte (z.B. Feuerwehrfahrzeug) vorgehalten.

6.1.2.2 Regelungen für und Management von Betriebs- und Hilfsmitteln

Durch interne Festlegungen („Lagermanagement“) ist sichergestellt, dass für die aktiven Betriebs- und Hilfssysteme (siehe Kapitel 1.4 und 5) ausreichend Betriebs- und Hilfsmittel (z.B. Schmieröl, Kraftstoff) auf der Anlage bevorratet sind.

6.1.2.3 Management des Strahlenschutzes

Das Management des Strahlenschutzes insbesondere hinsichtlich unterstellter Freisetzung und deren Begrenzung ist im Betriebsreglement festgelegt. Abhängig vom radiologischen Zustand in der Anlage sowie am Standort und in der Umgebung des Standortes erfolgt eine Beurteilung der radiologischen Gesamtsituation.

Maßnahmen zur Begrenzung der radiologischen Auswirkungen werden zunächst auf Basis der konkreten Festlegungen im Betriebsreglement und anschließend – aufgrund der sehr langen Karenzzeiten angemessen - situativ entsprechend den Ergebnissen einer Lagebeurteilung, unter der Einbeziehung von Fach- und Leitungspersonal und ggf. externer Experten festgelegt.

In der Umgebung des Standortes Obrigheim, auf dem Außengelände sowie innerhalb von Gebäuden des Standortes sind Messstellen installiert, die Messwerte zur Ortsdosisleistung und zu Aktivitätskonzentrationen übermitteln.

Messwerte zur Meteorologie werden in unmittelbarer Nähe der Anlage ermittelt (z.B. Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Umgebungstemperatur).

Spezielle radiologische Messwerte sowie Messwerte zur Meteorologie vom Standort Obrigheim werden über das Kernreaktorfernüberwachungssystem an die für die radiologische Überwachung zuständigen Behörden in Baden Württemberg (u.a. UM-BW) übertragen.

Ein am Standort Obrigheim vorhandener Strahlenschutzmesswagen kann bei Anforderung von jedem beliebigen Ort Information zum radiologischen Zustand liefern.

6.1.2.4 Interne und externe Kommunikations- und Informationsmittel

Neben den allgemeinen Kommunikations- und Informationsmitteln am Standort Obrigheim (z.B. PC-Netzwerk mit zugehörigen Einrichtungen, Telefonanlage) stehen insbesondere für die externe Alarmierung speziell die folgenden Kommunikationsmittel zur Verfügung:

- Glasfaserdirektanschlüsse
- Betriebsnetz der EnBW
- Anschlüsse an das Fernsprechnetz der Telekom (zwei unterschiedliche Ortsnetze auf zwei verschiedenen Kabeltrassen)

- Verbindung über Satellitentelefon
- Standleitung zur Katastrophenmeldestelle des Regierungspräsidium Karlsruhe bzw. Landespolizeidirektion Karlsruhe
- Anschluss an das BOS-Funknetz (Behörde, Organisationen mit Sicherheitsaufgaben)
- Außen liegende Nebenstelle der Telekommunikationsanlage für Notfälle der Aufsichtsbehörde
- Funktelefone
- Funkanlage zur Kommunikation mit dem Strahlenschutzmesswagen

Weitere Informationsmittel sind die üblichen öffentlichen Medien (Fernsehen, Radio, Internet sowie EnKK und EnBW-Intranet).

6.1.3 Ermittlung von Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können

Die hochwertige und robuste Auslegung des Brennelementlagers und des Notstandsgebäudes gerade auch im Hinblick auf Sonderlastfälle sowie die sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und die dadurch bedingten sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von aktiven Funktionen (z.B. Inbetriebnahme der Kühlsysteme) stellen sicher, dass als Sicherheitsfunktionen ausschließlich passive Funktionen für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes des Brennelementlagers anzusehen sind.

Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können, haben keine Bedeutung für die Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage, da in der Frühphase des Ereigniseintritts keine aktiven Handlungen zur Störungsbehandlung erforderlich sind und für längerfristige Maßnahmen sehr lange Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung zur Verfügung von Maßnahmen stehen.

6.1.3.1 Weitgehende Zerstörung der Infrastruktur oder Überflutung in der Standortumgebung, welche den Zugang zum Kraftwerksgelände behindert

Da für die Störungsbehandlung kurzfristig keine Erfordernis von externen mobilen Einrichtungen und externem Personal besteht, hätte selbst eine postulierte weitgehende Zerstörung der Infrastruktur oder Überflutung in der Standortumgebung keine Auswirkungen auf den sicheren Zustand der Anlage. Ungeachtet dessen bestehen für den Zugang zum Anlagengelände standortspezifische günstige Randbedingungen (mehrere Straßenanbindungen, Schiffsanlagestelle, Hubschrauberlandemöglichkeiten).

6.1.3.2 Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen

Da für die Störungsbehandlung kurzfristig keine Erfordernis von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen besteht, hätte selbst ein postulierter Verlust der zahlreich vorhandenen Kommunikationseinrichtungen oder -systeme keine Auswirkungen auf den sicheren Zustand der Anlage.

6.1.3.3 Erschwerende radiologische Randbedingungen

Da für die Störungsbehandlung kurzfristig keine Maßnahmen in der Anlage erforderlich sind, hätten die anzusetzenden radiologischen Randbedingungen z.B. durch Direktstrahlung (siehe Kapitel 6.4.2) keine Auswirkungen auf den sicheren Zustand der Anlage.

6.1.3.4 Auswirkungen auf den Zugang und die Nutzbarkeit der Hauptwarte und Notsteuerstelle sowie Gegenmaßnahmen

Da für die Störungsbehandlung kurzfristig keine Maßnahmen in der Hauptwarte und Notsteuerstelle erforderlich sind, hätten weder der Zugang noch die Nutzbarkeit der Einrichtungen Auswirkungen auf den sicheren Zustand der Anlage.

6.1.3.5 Auswirkungen auf die von der Notfallorganisation genutzten Räume und/oder Einrichtungen

Falls die von der Organisation am Standort Obrigheim genutzten Räume und/oder Einrichtungen nicht genutzt werden können, können aufgrund der sehr langen Karenzzeit andere geeignete Räume und/oder Einrichtungen genutzt oder die bestehenden wieder verfügbar gemacht werden.

6.1.3.6 Durchführbarkeit und Wirksamkeit für Notfallmaßnahmen unter den Randbedingungen durch Erdbeben oder Hochwasser

Aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung und Ausführung des Notstandsbauwerkes und des Brennelementlagers gerade auch im Hinblick auf Sonderlastfälle sowie der sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und der dadurch bedingten sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen ist die Durchführung von geeigneten Notfallmaßnahmen unproblematisch. Wegen der Hochwertigkeit der passiven Sicherheitsfunktionen und der sehr langen Karenzzeiten sind weder automatische noch kurzfristig von Hand auszulösende aktive Systemfunktionen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes erforderlich (siehe auch Kapitel 1.1.2 und 2.2.1).

Selbst bei auslegungsüberschreitenden Erdbeben oder Hochwasser sind zusätzlich aufgrund der günstigen standortspezifischen Randbedingungen keine wesentlichen Einschränkungen, auch der längerfristigen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes der Anlage gegeben (siehe auch Kapitel 2 und 3).

6.1.3.7 Unverfügbarkeit der Stromversorgung

Da aufgrund der sehr langen Karenzzeiten auch bei Unverfügbarkeit der Stromversorgung kurzfristig keine Maßnahmen in der Anlage erforderlich sind, hätte eine Unverfügbarkeit der Stromversorgung keine Auswirkungen auf den sicheren Zustand der Anlage.

6.1.3.8 Potenzial für den Ausfall von Instrumentierungen

Da für die Störungsbehandlung kurzfristig keine Maßnahmen in der Anlage erforderlich sind, hätte ein Ausfall von Instrumentierungen keine Auswirkungen auf den sicheren Zustand der Anlage.

Unabhängig davon liessen sich die wesentlichen Parameter der Anlage (z.B. Füllstand und Temperatur im Brennelementlagerbecken, Ortsdosisleistung im Brennelementlager) auch einfach mittels mobiler Geräte erfassen.

6.1.3.9 Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock

Die Anlage am Standort Obrigheim hat keinen Nachbarblock.

6.1.4 Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Organisation für das Notfallmanagement

Die am Standort Obrigheim vorhandene, auf den Anlagenzustand angepasste Organisationsstruktur des Genehmigungsinhabers EnKK ist für die Abwicklung von Störungsereignissen (auslegungsgemäße und auslegungsüberschreitende) geeignet und angemessen.

6.1.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements

Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements sind aufgrund der günstigen anlagenspezifischen Randbedingungen nicht erforderlich.

6.2 Verfügbare präventive Notfall-Maßnahmen in den verschiedenen Phasen eines Szenarios „Verlust der Kernkühlfunktion“

Die in diesem Kapitel abzuwickelnden Aspekte beziehen sich auf den Verlust der Kernkühlfunktion eines in Betrieb befindlichen Reaktors mit der Erfordernis der Wärmeabfuhr aus dem Reaktordruckbehälter. Die in diesem Kapitel abzuwickelnden Aspekte sind für die Anlage am Standort Obrigheim nicht mehr relevant, da die Brennelemente sich vollständig im Brennelementlager befinden. Der Verlust der Kühlsysteme des Brennelementlagers wird im Kapitel 6.4.2 dargestellt.

6.2.1 Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter

Siehe Kapitel 6.2

6.2.2 Mitigative Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter

Siehe Kapitel 6.2

6.2.3 Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters

Siehe Kapitel 6.2

6.3 Verfügbare Notfall Maßnahmen zur Erhaltung „Integrität Sicherheitsbehälter“

Die in diesem Kapitel abzuwickelnden Aspekte beziehen sich auf die Integrität des Sicherheitsbehälters eines in Betrieb befindlichen Reaktors mit der Erfordernis einer Wärmeabfuhr aus dem Reaktordruckbehälter. Aufgrund des bei KWO vorliegenden Anlagenzustandes ist das Freisetzungspotential im Brennelementlagerbecken im Notstandsgebäude im Vergleich zu einem in Betrieb befindlichen Reaktor wesentlich reduziert. Daher können auch die Anforderungen an einen Aktivitätseinschluss im Vergleich mit den Integritätsanforderungen eines Sicherheitsbehälters wesentlich reduziert werden (siehe Kapitel 6.4). Für das Brennelementlager im Notstandsgebäude relevante Sachverhalte werden unter Kapitel 6.4.2 dargestellt.

6.3.1 Vermeidung von Brennelementschäden/-schmelzen bei hohem Druck

Siehe Kapitel 6.3

6.3.1.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Siehe Kapitel 6.3

6.3.1.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Siehe Kapitel 6.3

6.3.2 Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters

Siehe Kapitel 6.3

6.3.2.1 Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Bewertung der Angemessenheit unter Berücksichtigung von Wasserstoffproduktionsrate und -menge

Siehe Kapitel 6.3

6.3.2.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Siehe Kapitel 6.3

6.3.3 Vermeidung von Sicherheitsbehälterüberdruck

Siehe Kapitel 6.3

6.3.3.1 Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Hilfsmittel zur Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe bei erforderlicher Druckentlastung

Siehe Kapitel 6.3

6.3.3.2 Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen

Siehe Kapitel 6.3

6.3.4 Vermeidung von Rekritikalität

Siehe Kapitel 6.3

6.3.4.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Siehe Kapitel 6.3

6.3.4.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Siehe Kapitel 6.3

6.3.5 Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte

Siehe Kapitel 6.3

6.3.5.1 Potenzielle Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption zur Rückhaltung der Kernschmelze im Reaktordruckbehälter

Siehe Kapitel 6.3

6.3.5.2 Potenzielle Vorkehrungen zur Kühlung der Kernschmelze im Sicherheitsbehälter nach Versagen des Reaktordruckbehälters

Siehe Kapitel 6.3

6.3.5.3 Cliff-Edge-Effekte innerhalb des Zeitraums zwischen Reaktorabschaltung und Kernschmelze

Siehe Kapitel 6.3

6.3.6 Notwendigkeit von Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters

Siehe Kapitel 6.3

6.3.6.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Siehe Kapitel 6.3

6.3.6.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Siehe Kapitel 6.3

6.3.7 Erforderliche Instrumentierung zum Schutz des Sicherheitsbehälters

Siehe Kapitel 6.3

6.3.8 Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort

Siehe Kapitel 6.1.3.9

6.3.9 Schlussfolgerungen zur Angemessenheit der Systeme und Komponenten für den Schutz des Sicherheitsbehälters

Siehe Kapitel 6.3

6.3.10 Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen

Siehe Kapitel 6.3

6.4 Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung

Eine effektive Rückhaltung des radioaktiven Inventars im Brennelementlager erfolgt nach dem Barriereprinzip (siehe auch Kapitel 1.4) Eine robuste Unterkritikalität der bestrahlten Brennelemente ist gegeben (siehe auch Kapitel 1.1.2).

Neben den Barrieren zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe bestehen auch Barrieren zur Abschirmung der Direktstrahlung der Brennelemente. Diese sind das Beckenwasser, die massiven dicken Stahlbetonwände des Brennelementlagerbeckens und die massiven dicken Stahlbetonstrukturen des Notstandsgebäudes.

Bezogen auf Störfälle und auf sehr seltene Ereignisse bestehen für die speziellen Randbedingungen des externen Brennelementlagers Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung (Rückhaltung von Spaltprodukten im Kristallgitter des Brennstoffs sowie Rückhaltung von radioaktiven Stoffen im wassergefüllten massiven Brennelementlagerbecken).

Aufgrund des hohen Schutzzustandes des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers ist die Brennstabintegrität der abgebrannten Brennelemente selbst bei unterstellten Flugzeugabstürzen robust nachgewiesen.

Die radiologischen Folgen in der Anlagenumgebung infolge unterstellter Brennstababschäden im externen Brennelementlagerbecken wurden unter Ansatz aktueller Anlagenrandbedingungen und postulierter bodennaher Freisetzung über Gebäudeundichtigkeiten bei gegebenen Sicherheitsbarrieren zur Aktivitätsrückhaltung abgeschätzt. Selbst bei hohen Gebäudeundichtigkeiten und einem hohen Anteil an Brennstababschäden werden die Eingreifrichtwerte der ICRP und der SSK zu Strahlenschutzmaßnahmen für die Bevölkerung auch in der näheren Umgebung der Anlage weit unterschritten.

6.4.1 Aktivitätsfreisetzung nach Verlust der Sicherheitsbehälterintegrität

Die in diesem Kapitel abzuwickelnden Aspekte beziehen sich auf den Verlust der Integrität des Sicherheitsbehälters eines in Betrieb befindlichen Reaktors mit der Erfordernis einer Wärmeabfuhr aus dem Reaktordruckbehälter (siehe auch Kapitel 6.3). Für das Brennelementlager im Notstandsgebäude relevante Sachverhalte werden unter Kapitel 6.4.2 dargestellt.

6.4.1.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Siehe Kapitel 6.4.1

6.4.1.2 Vorkehrungen der Betriebsführung

Siehe Kapitel 6.4.1

6.4.2 Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken

Sämtliche zu ergreifende Maßnahmen, unabhängig davon, auf welchen Füllstand der Wasserspiegel im Brennelementlagerbecken abgesunken wäre, hätten das primäre Ziel eine hinreichende Wasserüberdeckung der Brennelemente wiederherzustellen. Sekundäres Ziel wäre eine Wärmeabfuhr über die vorhandenen Kühlsysteme wieder herzustellen.

Aufgrund der hochwertigen und robusten Auslegung und Ausführung des Notstandsgebäudes und des Brennelementlagers gerade auch im Hinblick auf Sonderlastfälle sowie der sehr geringen Anforderungen an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und der dadurch bedingten sehr langen Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen ist die Durchführung von geeigneten Notfallmaßnahmen unproblematisch.

Aufgrund der speziellen Konstruktion und Auslegung der Baustrukturen im besonders geschützten Bereich des Brennelementlagers und des tiefliegenden konstruktiv entkoppelten Brennelementlagerbeckens ist ein erheblicher Wasserverlust aus dem Brennelementlagerbecken praktisch ausgeschlossen (siehe auch Kapitel 1.1.2 und 6.4.3).

Bei unterstelltem Ausfall der Kühlsysteme des Brennelementlagers würde sich das Beckenwasser erwärmen. Ausgehend von einer betriebsüblichen Temperatur von ca. 28°C werden folgende Temperaturen nach folgenden Zeiten erreicht:

- 60°C-Lagerbeckentemperatur nach ca. 5 Tagen
- 80°C-Lagerbeckentemperatur nach ca. 9 Tagen
- 100°C-Lagerbeckentemperatur nach ca. 12 Tagen

Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre ohne Nachspeisung erst nach ca. 75 Tagen bis in den Bereich der Brennelementköpfe verdampft. Selbst bei vorab unterstelltem Füllstandsabfall von einem Meter im Brennelementlagerbecken ergibt sich nur eine Reduktion von ca. 75 Tage auf ca. 65 Tage. Daher sind im Vorfeld eines nennenswerten Füllstandsabfalls sehr lange Karenzzeiten für vorgelagerte effektive Gegenmaßnahmen gegeben.

Bei Unterschreitung eines definierten Kühlmittelinventares würde ereignisunabhängig gemäß Betriebsreglement eine Ergänzung des Wasserinventars im Brennelementlagerbecken mittels der betrieblichen Deionatversorgung erfolgen, die komplett im Notstandsgebäude angeordnet ist. Hierzu steht ein großer Deionatvorrat zur Verfügung. Alternativ dazu wäre eine Nachspeisung von Wasser aus dem Feuerlöschnetz (mittels Schlauchleitung) ins Lagerbecken vorgesehen.

Aufgrund der sehr langen Karenzzeit können umfassende Beurteilungen der Störungsergebnisse durchgeführt werden und ggf. weitere Maßnahmen mit dem Ziel einer hinreichenden Wasserbedeckung der Brennelemente vorbereitet und durchgeführt werden. Situativ können beispielsweise folgende weitere Nachspeisemöglichkeiten genutzt werden:

- Einspeisung von Deionat, Trinkwasser oder Feuerlöschwasser über vorhandene Anschlussmöglichkeiten an den Kühlsträngen sowie am Beckenreinigungssystem mittels zu verlegender Schlauchleitung
- Einspeisen von Deionat bzw. Trinkwasser mittels zu verlegender Schlauchleitung (offen ins Brennelementlagerbecken von oben)

Die Zugänglichkeit der für die jeweilige Maßnahmenumsetzung erforderlichen Raumbereiche des Brennelementlagers auch nach längerer Verdunstungskühlung könnte z. B. mittels mobiler Absaugung und Durchlüftung problemlos sichergestellt werden.

Die Maßnahmen zur Nachspeisung in das Brennelementlagerbecken können sehr einfach vor Ort umgesetzt werden.

6.4.2.1 Wasserstoffmanagement

Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre ohne Nachspeisung erst nach ca. 95 Tagen bis in den Bereich der Brennelementfüße verdampft. Eine nennenswerte Erwärmung der Brennelemente tritt bis zum Erreichen dieses Zustandes nicht ein.

Im Brennelementlagerbecken befinden sich 342 abgebrannte Brennelemente mit einer Gesamtwärmeleistung von nur noch weniger als 165 kW.

Im Mittel ergibt sich damit eine Wärmeleistung von nur ca. 0,5 kW pro Brennelement. Jedes Brennelement ist mit 180 Brennstäben bestückt. Die Wärmeleistung pro Brennstab beträgt im Mittel ca. 2,7 Watt, die Brennstablängenleistung im Mittel ca. 0,7 W/m.

Es ist daher praktisch auszuschließen, dass es aufgrund der sehr geringen Wärmeleistung selbst bei fast vollständigem Freiliegen der Brennelemente zu nennenswerten Freisetzungen von Wasserstoff oder zu schweren Brennstabschäden und den damit verbundenen erheblichen Freisetzen von Spaltprodukten kommt. Besondere Maßnahmen zum Wasserstoffmanagement sind nicht erforderlich.

6.4.2.2 Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung

Mittels einer Hochdosissonde wurden im Juni 2011 aktuelle Dosisleistungswerte in verschiedenen Höhen des Brennelementlagerbeckens ermittelt. Im Brennelementlagerbecken befinden sich keine defekten Brennelemente. Zwei Brennstäbe sind gekapselt. Durch Abschirmberechnungen wurde die zu erwartende Ortsdosisleistung an der Oberkante des Brennelementlagerbeckens (Begehungsbereich) ermittelt.

An der Oberkante des Brennelementlagerbeckens ist bei ca. 1 m Wasserüberdeckung der Brennelemente eine Dosisleistung von ca. 5 mSv/h zu erwarten. Unter dem Ansatz eine Personenjahresdosis von 20 mSv nicht zu überschreiten, kann bei nur ca. 1 m Wasserüberdeckung ca. vier Stunden am Beckenrand gearbeitet werden.

Einfache Tätigkeiten am Beckenrand (z.B. Schlauchverlegen zur provisorischen Wasserachspeisung, Kontrollgang, Messungen vornehmen) sind daher bei ca. 1 m Wasserüberdeckung aus Strahlenschutzsicht problemlos möglich.

Als Karenzzeit ohne Nachspeisung sind über Verdampfen bis zum Erreichen eines Füllstandes des Brennelementlagerbeckens von ca. 1 m Brennelementüberdeckung ca. 65 Tage anzusetzen. Es ist daher ein sehr langer Zeitraum verfügbar um ungehindert Maßnahmen im unmittelbaren Bereich des Brennelementlagerbeckens durchführen zu können.

Der Wasserinhalt des Brennelementlagerbeckens wäre ohne Nachspeisung erst nach ca. 75 Tagen bis in den Bereich der Brennelementköpfe verdampft.

Die Durchführung von Tätigkeiten im oberen Bereich des Brennelementlagerbeckens ist nach Unterschreiten eines Füllstandes von ca. 1 m ohne besondere zusätzliche Schutzmaßnahmen aufgrund der Ortsdosisleistung nicht mehr vertretbar. Um jedoch Nachspeisemöglichkeiten zum Brennelementlagerbecken aufzubauen, wäre es nicht zwingend notwendig Maßnahmen vom oberen Bereich des Brennelementlagerbeckens aus durchzuführen. Dies kann auch in besser abgeschirmten Bereichen (z.B. Räume der Kühlstränge über eingebaute Anschlussmöglichkeiten) erfolgen.

Die Räume in welchen aktive und passive Komponenten der Lagerbeckenkühlung (z.B. Pumpen, Wärmetauscher) aufgebaut sind, sind durch massive Stahlbetonstrukturen vom eigentlichen Brennelementlagerbecken getrennt, diese stellen daher eine wirksame Abschirmung zum Brennelementlagerbecken dar.

6.4.2.3 Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken

Aufgrund der besonders günstigen Randbedingungen (siehe auch Kapitel 6.4.2 und 6.4.2.1) sind schwere Brennstabschäden und dadurch möglicherweise bedingte erhebliche Aktivitätsfreisetzungen praktisch ausgeschlossen.

Die wesentliche Maßnahme zur Begrenzung zu unterstellender Aktivitätsfreisetzungen ist ein Wiederauffüllen des Brennelementlagerbeckens mit Wasser um eine Sicherheitsbarrierefunktion zur Rückhaltung und Abschirmung der radioaktiven Stoffe aufrecht zu erhalten.

Eine weitere Reduktion der Aktivitätsfreisetzung könnte über den Fortluftstrom aus dem Brennelementlager durch eine betriebliche zweistufige Filterung der Luft oder durch den Lüftungstechnischen Abschluss des Brennelementlagers erreicht werden.

Wäre der Lüftungstechnische Abschluss und/oder die Filterung der Fortluft schadensbedingt ganz oder teilweise nicht möglich, wäre ein Wiederauffüllen des Brennelementlagerbeckens mit Wasser ausreichend zur Begrenzung zu unterstellender Aktivitätsfreisetzungen ausreichend.

6.4.2.4 Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls

Die eingesetzte Instrumentierung zur Überwachung der Parameter Füllstand und Temperatur im Brennelementlagerbecken ist konstruktiv gegen Störfallbedingungen ausgeführt.

Die Ortsdosisleistung am Brennelementlagerbecken bzw. in dessen Nahbereich wird mittels fest installierter Messstellen detektiert. Der Fortluftstrom aus dem Brennelementlager wird mittels fest installierter Messstellen überwacht.

Unabhängig davon lassen sich diese Parameter (Füllstand / Temperatur/ Ortsdosisleistung/ Aktivitätskonzentration) auch einfach durch Vorort-Maßnahmen mittels vorhandener mobiler Geräte erfassen.

6.4.2.5 Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte

Alle für die Bedienung und Überwachung erforderlichen Einrichtungen des Brennelementlagers sind im Notstandsgebäude mit der darin befindlichen Notsteuerstelle aufgebaut. Die Hauptwarte ist für den normalen als auch den gestörten Betrieb des Brennelementlagers sowie zur Aufrechterhaltung des sicheren Zustandes nicht erforderlich.

Zur Aufrechterhaltung der Sicherheitsfunktionen (siehe auch Kapitel 1.1.2 und 6.4.2) ist die Funktionstüchtigkeit und Zugänglichkeit auch der Notsteuerstelle im Notstandsgebäude nicht erforderlich.

Unabhängig davon besteht ein hoher Schutzgrad auch der Notsteuerstelle durch die bestehende robuste Auslegung wie z.B. baulicher Schutz, Anordnung der Zugänge (siehe auch Kapitel 2.1 und 3.1) und damit verbundener Abschirmung gegen Direktstrahlung aus dem Lagerbeckenbereich.

Die Notsteuerstelle ist aufgrund des räumlichen Abstandes und der Baustruktur (Stahlbetonwände und -decken) zum Brennelementlagerbecken ausreichend abgeschirmt und uneingeschränkt zugänglich. Unabhängig davon wird die Ortsdosisleistung in der Notsteuerstelle mittels fest installierter Messstelle überwacht.

6.4.3 Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Vorkehrungen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung

Für die Konstruktion und Auslegung der Baustrukturen des Notstandsgebäudes und des bautechnisch entkoppelten Brennelementlagerbeckens ist der Sonderlastfall Flugzeugabsturz bestimmend. Aufgrund der bautechnischen Entkopplung des tiefliegenden Brennelementlagerbeckens werden Zugkräfte aus den Baustrukturen des Notstandsgebäudes nicht direkt von der Fundamentplatte des Notstandsgebäudes in das Brennelementlagerbecken übertragen. Die maßgeblichen globalen und lokalen Gebäudebeanspruchungen insbesondere im Bereich des Brennelementlagerbeckens für den bereits im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zur Errichtung des Notstandsgebäudes unterstellte Sonderlastfall Flugzeugabsturz decken die anzusetzenden Lasten aus dem Lastfall Bemessungsereignis mit großem Abstand ab.



Sowohl der besonders gegen dynamische Lasten geschützte Bereich des Notstandsgebäudes, in dem sich das Brennelementlager befindet, als auch das konstruktiv entkoppelte Brennelementlagerbecken besitzen erhebliche Auslegungsreserven für den Lastfall Erdbeben. Wanddurchdringende Risse in der Beckenstruktur, die zu erheblichen Wasserverlusten aus dem Brennelementlagerbecken in das Notstandsgebäude führen könnten, wird daher auch für Erdbeben, mit im Vergleich zum Bemessungserdbeben erheblich höheren Bodenantwortspektrum, praktisch ausgeschlossen. Das Brennelementlagerbecken (Stahlbetonbecken mit innen liegender Beckenauskleidung) ist bei unterstelltem erheblichem Wasserverlust aus dem in den umgebenden vom übrigen Notstandsgebäude durch Wände getrennten Gebäudebereich separiert so dass weiterhin eine vollständige Überdeckung der Lagergestelle im Brennelementlagerbecken verbleibt. Eine sprunghafte Veränderung im Ereignisablauf wäre selbst in diesem Fall nicht gegeben. Erst weiter gehende wanddurchdringende erhebliche Gebäudeschäden im Kellerbereich des Notstandsgebäudes, die aufgrund der technischen konstruktiven Ausführung praktisch auszuschließen sind könnten theoretisch zu weiteren Wasserverlusten führen.

Aufgrund sehr langer Karenzzeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen, bestünde immer ausreichend Zeit um eine Lagebeurteilung und situationsgerechte Maßnahmen, unter Einbeziehung von Fach- und Leitungspersonal sowie ggf. externe Experten, einzuleiten.

Die vorgesehenen Maßnahmen können problemlos ohne besondere externe Hilfsmittel und Unterstützung durchgeführt werden.