

Mitteilung – zur Kenntnisnahme –

Zeitnahe, vollständige und ergebnisoffene Sonderüberprüfung des Berliner Forschungsreaktors vor der Wiederaufnahme des Betriebs (neu)

Vollständige Sicherheitsüberprüfung des Berliner Forschungsreaktors vor Entscheidung über Weiterbetrieb (alt)

Drucksachen 16/4049, 16/4290, 16/4290-1 und 16/4290-2, 16/4418 16/4427
– Schlussbericht –

Der Senat von Berlin
StadtUm - Integrativer Umweltschutz
Tel.: 9025 2178

An das

Abgeordnetenhaus von Berlin

über Senatskanzlei - G Sen -

Mitteilung

- zur Kenntnisnahme -

über

Zeitnahe, vollständige und ergebnisoffene Sonderüberprüfung des Berliner Forschungsreaktors vor der Wiederaufnahme des Betriebs (neu)

Vollständige Sicherheitsüberprüfung des Berliner Forschungsreaktors vor Entscheidung über Weiterbetrieb (alt)

- Drucksachen Nrn.16/4049, 16/4290, 16/4290-1 und 16/4290-2, 16/4418 16/4427
Schlussbericht

Der Senat legt nachstehende Mitteilung dem Abgeordnetenhaus zur Besprechung vor:

Das Abgeordnetenhaus hat in seiner Sitzung am 23.06.2011 Folgendes beschlossen:

„Der Senat wird aufgefordert:

1. darauf hinzuwirken, dass die Überprüfung zeitnah vor der Wiederaufnahme des Betriebs des zur Zeit aufgrund planmäßiger Umbauarbeiten abgeschalteten Reaktors erfolgt, sofern nicht einzelne technische Überprüfungen bei laufendem Betrieb vorgenommen werden müssen,
2. die Öffentlichkeit und das Berliner Abgeordnetenhaus zeitnah über die Ergebnisse der Überprüfung zu unterrichten,
3. sich beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung für eine Ausweitung des Flugbeschränkungsgebiets im Bereich des Forschungsreaktors einzusetzen,
4. den Bund zu einer Weiterverfolgung seiner Initiative zu einer zentralen Sammlung und Zwischenlagerung von schwach und mittelradioaktiven Abfällen zu drängen, um die längerfristige Zwischenlagerung von Abfällen bei der Zentralstelle für radioaktive Abfälle (ZRA) beim Helmholtz-Zentrum mittelfristig überflüssig zu machen,
5. zu den jüngst erhobenen Vorwürfen gegen die Sicherheit des Forschungsreaktors bezüglich eines nicht dem neuesten Stand der Technik

entsprechenden Bauteils und einer angeblich vorhandenen Undichtigkeit im Kühlsystem Stellung zu nehmen.

Zu den Punkten 1 sowie 3 bis 5 wurde in Zwischenberichten mit Datum 16.09.2011 und 05.10.2011 abschließend berichtet. Der hier vorgelegte Bericht beschäftigt sich ausschließlich mit der Sonderüberprüfung des Forschungsreaktors BER II am Helmholtz-Zentrum Berlin.

Bericht über die Sonderüberprüfung des Berliner Forschungsreaktors BER II vor dem Hintergrund der Ereignisse in Fukushima (Japan) im Frühjahr 2011

1 Vorbemerkung

Bereits in der Woche nach Eintritt der Ereignisse in Japan erging durch die atomrechtliche Aufsichts- und Genehmigungsbehörde die Bitte an das Helmholtz-Zentrum und an eine einschlägig kompetente Sachverständigenorganisation, sich mit möglichen Konsequenzen für den Forschungsreaktor BER II aus dieser Lage auseinanderzusetzen. Eine erste Abstimmung, bereits auf Basis des RSK-Anforderungskataloges, fand in diesem Kreise schon in der ersten Aprilhälfte statt. Zu dieser Zeit hatte sich die SenGesUmV in eigener Verantwortung dazu entschlossen, den Forschungsreaktor BER II einer Sonderüberprüfung zu unterziehen, wie sie auch für die Kernkraftwerke durchgeführt wurde. Die Aufforderung des BMU hierzu datiert vom 2. August 2011.

Der von der Reaktorsicherheitskommission (RSK) im Frühjahr 2011 für Kernkraftwerke und nicht für Forschungsreaktoren entwickelte Fragenkatalog wurde der Betreiberin unmittelbar, nachdem er der Aufsichtsbehörde Anfang Mai durch das BMU zur Verfügung gestellt wurde, mit der Maßgabe übermittelt, zu allen Fragen Stellung zu nehmen. Dieser Auftrag wurde vom Helmholtz-Zentrum akzeptiert; die ursprünglich für die Bearbeitung vorgesehene Frist musste allerdings deutlich verlängert werden, da für viele der Fragen schrittweise Einvernehmen darüber hergestellt werden musste, wie sie, auf den BER II und seine Umgebung bezogen, verstanden und bearbeitet werden sollten. Es war zu jeder Zeit der Anspruch der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde, für jede auf die Anlage anwendbare Frage des RSK-Fragenkataloges auch wirklich zu einer Bewertung zu kommen und alle aus dem Fukushima-Szenario ableitbaren Aspekte zu prüfen. Ziel war es, aus diesen dramatischen Ereignissen möglichst umfassend zu lernen.

Unabhängig von den Ereignissen in Fukushima und wesentlich über dieses Szenario hinausgehend ist der Fragenkatalog der RSK auf den auslegungsüberschreitenden Bereich ausgerichtet. Die Sonderüberprüfung erforderte daher die Festlegung so genannter „vitaler Funktionen“ für den BER II, an deren Erhalt für alle zu prüfenden Einwirkungen die Anlage zu messen war. Die Sonderüberprüfung sollte also eine Aussage über die „Robustheit“ des BER II gegenüber den betrachteten Einwirkungen ermöglichen.

Die RSK definiert als vitale Funktionen diejenigen Sicherheitsfunktionen, die zum Erhalt der Schutzziele „Kontrolle der Reaktivität“, „Kühlung der Brennelemente“, „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und „Begrenzung der Strahlenexposition“ erforderlich sind. Die Betreiberin hat für den BER II die folgenden vitalen Funktionen ausgewiesen:

- Die Integrität des unteren Teils des Reaktorbeckens, so dass der Reaktorkern und abgebrannte Brennelemente in den Absetzgestellen im Absetzbecken unter Wasser verbleiben.

- Die Integrität des Umsetzbeckens unterhalb der Experimentierhalle, so dass abgebrannte Brennelemente unter Wasser verbleiben.
- Die verlässliche Belegbarkeit des Zustands des Reaktors, d.h. Wassertemperatur und Füllstand, Unterkritikalität und Aktivitätsfreisetzung, durch konkrete Messergebnisse.

Der Sachverständige und die atomrechtliche Aufsichtsbehörde haben diese Definition akzeptiert.

Die Sonderüberprüfung des BER II hat bestätigt, dass der Forschungsreaktor auf Grund von konstruktiven Charakteristika und verwendeten Materialien auch und gerade im Vergleich zu Kernkraftwerken einen hohen Grad inhärenter Robustheit besitzt:

- Der Betrieb der Anlage erfolgt drucklos und bei Normaltemperatur. Die Auslöseschwelle für eine Reaktorschnellabschaltung (RESA) ist daher extrem niedrig, und automatisch wie manuell ausgelöste RESA sind auch bei geringfügigen Abweichungen von Vorgabewerten betrieblich vorgesehen. Der Kernspaltungsprozess kommt weniger als 0,5 Sekunden nach Auslösung der RESA zum Erliegen.
- Nach Abschalten des Reaktors ist nur für maximal eine Minute aktive Kühlung nötig; diese Zeit gilt auch für den normalen Betrieb: Die Pumpen werden immer spätestens nach 10 min abgeschaltet.
- Mit Blick auf die Sicherheit der Anlage haben weder ein Station-Blackout noch ein langandauernder Notstromfall nachteilige Auswirkungen.
- Die im Rahmen dieser Sonderüberprüfung für den BER II definierten vitalen Funktionen sind rein passive Funktionen, zu deren Erhalt keine Funktionsfähigkeit aktiver Systeme oder Einrichtungen erforderlich ist.
- Da für die Brennelemente des BERII – im Gegensatz zu denen von Leistungsreaktoren kein Zirkon (ein Metall mit besonderen Eigenschaften) verwendet wird, träte auch im Falle von Brennelementeschäden keine Wasserstoffentwicklung ein.
- Ein Nachfüllen von Wasser in das Reaktorbecken wäre auch unter extremen Bedingungen technisch einfach zu realisieren, da der Schwimmbadreaktor nicht über einen Druckbehälter verfügt und daher einfach zugänglich ist.

Insgesamt ergab sich im Zuge der durchgeführten Sonderüberprüfung eine Reihe von Erkenntnissen, die als Chancen zu einer weiteren Erhöhung der Robustheit der Anlage genutzt werden können. Hinweise, die einen Weiterbetrieb des BER II in Frage stellen könnten, ergaben sich nicht.

Im Folgenden werden, nach einer knappen Beschreibung des Forschungsreaktors BER II, die Ergebnisse der Sonderüberprüfung und die Schlüsse aus derselben vorgestellt. Dieser Bericht der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde basiert auf der Stellungnahme des Helmholtz-Zentrums Berlin als Betreiberin des BER II und der Stellungnahme des TÜV Rheinland als Sachverständigenorganisation (Anlage 1).

2 Der Forschungsreaktor BER II

Das Hahn-Meitner-Institut (seit 2009 Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie) Berlin betrieb von 1973 bis 1985 den Forschungsreaktor BER II mit einer Leistung von 5 MW. Um dem Bedarf der Forschung nach einem erhöhten Neutronenfluss an den Strahlrohren zu entsprechen, erfolgte von 1985 bis 1989 der Ausbau auf 10 MW. Dabei

wurde die Kerngröße reduziert, der Kern mit einem Berylliumreflektor umgeben und eine Kalte Neutronenquelle eingebaut. 1991 erhielt der umgebaute Reaktor eine neue Betriebsgenehmigung.

Der BER II wird ausschließlich als Neutronenquelle eingesetzt, er hat zu keinem Zeitpunkt der Entwicklung oder Erprobung der Kernenergie-Technik gedient. Seine Nutzung reicht von der reinen Grundlagenforschung bis zu anwendungsnahen Untersuchungen. Zum Einsatz kommen Methoden der Neutronenstreuung und der Aktivierungsanalyse. Die Kombination von Forschung mit kalten Neutronen und hohen Magnetfeldern am BER II und mit Photonen am Elektronenspeicherring BESSY II ist für den Forschungsstandort Berlin ein Alleinstellungsmerkmal in Europa.

Der BER II ist ein Schwimmbad-Reaktor (Leichtwasser moderiert) mit Brennelementen vom sogenannten MTR-Typ, in denen seit dem Jahr 2000 niedrig angereichertes, also nicht waffenfähiges Uran („low enriched uranium“, LEU, 19,75% Uran-235) Verwendung findet. Die Leistung und damit auch das radioaktive Inventar des BER II sind etwa um das 400-fache geringer als die von in Deutschland eingesetzten Leistungsreaktoren. Der Betrieb des BER II erfolgt, im Gegensatz zu Kernkraftwerken, bei niedriger Temperatur und unter Normaldruck. Verglichen mit seiner Leistung verfügt der Reaktor über ein sehr großes Wasservolumen von 200 m³, das nach einer Abschaltung die gesamte Nachzerfallswärme aufnehmen kann, ohne dass Pumpen zur Kühlung benötigt werden. Da sich im Innern des Reaktorgebäudes kein Dampfdruck aufbauen kann, ist ein druckstabiles Containment nicht erforderlich.

Das 11 m tiefe Reaktorbecken besteht aus zwei kreisförmigen Teilen von je 3,50 m Durchmesser, die über einen ca. 2 m breiten Kanal miteinander verbunden sind. Die beiden Beckenhälften lassen sich durch das Setzen eines Tores so voneinander trennen, dass für Wartungsarbeiten unterschiedliche Wasserstände realisierbar sind. Der derzeit eingesetzte Reaktorkern besteht aus 24 Brennelementen und 6 Kontrollelementen, in die 6 Gabelabsorber als Regel- und Abschaltstäbe einfahren. Diese Kontroll- bzw. Brennelemente bestehen jeweils aus 17 bzw. 23 Platten, die den von Aluminium umschlossenen U₃Si₂-Al-Dispersionbrennstoff enthalten. Das Wasser im Reaktorbecken dient gleichermaßen als Moderator, Kühlmittel und Strahlenabschirmung. Es erwärmt sich während des Betriebes auf Grund der Wärmeleistung des Reaktorkerns auf nicht mehr 40 °C. Die Wärmeabfuhr erfolgt beim BER II durch drei hintereinander geschaltete Wasserkreisläufe (Primärkühl-, Zwischen- und Kühlturmkreislauf), die über Wärmetauscher miteinander verbunden sind. Der Primär-Kreislauf befindet sich vollständig im Reaktorbecken. Die bei Betrieb des Reaktors entstehende Wärme wird über einen Kühlturm in die Atmosphäre abgegeben. Durch ein Reinigungssystem wird gereinigtes, erwärmtes Wasser so im Betriebsbecken aufgegeben, dass sich an der Oberfläche eine ca. zwei Meter dicke Warmschicht ausbildet. Diese verzögert das Aufsteigen von aktivierten Bestandteilen des Beckenwassers und bewirkt damit eine Reduzierung des Strahlenpegels an der Wasseroberfläche.

Der BER II ist mit 9 zylindrischen Strahlrohren ausgestattet, mit deren Hilfe die Neutronen aus dem Kern zu den Experimenten transportiert werden und die das Reaktorbecken durchdringen. In einem weiteren, konisch geformten Strahlrohr ist die „Kalte Neutronenquelle“ untergebracht, die kalten Wasserstoff als Moderator benutzt, um die Neutronen so weit abzubremsen, wie es viele wissenschaftliche Experimente voraussetzen.

Das Gebäude des Forschungsreaktors besteht im Wesentlichen aus drei Hallen. Die gasdicht mit verschweißten Stahlblechen ausgekleidete Reaktorhalle umgibt das offene Wasserbecken. Von ihr aus werden sämtliche Arbeiten am Reaktorkern durchgeführt. Zur Reaktorhalle hat nur das Reaktorpersonal Zugang. Die Reaktorwarte ragt in die

Reaktorhalle hinein und ist durch ein Sichtfenster von ihr getrennt. Unter der Reaktorhalle liegen die Experimentierhalle und die angrenzende Versuchshalle. Dort enden die Strahlrohre bzw. die Neutronenleiter, mit denen die thermischen bzw. die kalten Neutronen vom Reaktorkern zu den Experimentierplätzen geleitet werden. Nur zu diesen Hallen haben die Experimentatoren Zugang. Mittels Lüftungsanlagen wird in der Reaktor- und Experimentierhalle stets ein leichter Unterdruck gegenüber der Umgebung aufrechterhalten, um einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen entgegenzuwirken. Die abzuleitende Luft wird auf Radioaktivität kontrolliert, gegebenenfalls gefiltert und gelangt erst dann über den Kamin in die Atmosphäre.

Der BER II wurde nach seiner Leistungserhöhung mit einem Fernüberwachungssystem ausgerüstet, das im Jahr 2004 erheblich erweitert wurde. Über dieses werden kontinuierlich alle wichtigen Anlagenparameter, die Emissionsdaten, die Wetterparameter sowie Radioaktivitätsmesswerte vom Anlagengelände und aus einem Umkreis von 4 km an die Aufsichts- und die Innenbehörde sowie in die Lagezentren der Berliner Feuerwehr übermittelt.

3 Ergebnisse der Sonderüberprüfung

Zu dem Zeitpunkt, als mit der Durchführung dieser Sonderüberprüfung begonnen wurde, lag nur die Fragenliste zur Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) vor, die im April 2011 von der Reaktorsicherheitskommission mit den Leitern der Untersuchungsteams der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) abgestimmt worden war. Die Fragen dieser Liste wurden für die in der Bundesrepublik betriebenen Kernkraftwerke formuliert und mussten für die Anwendung auf den Forschungsreaktor BER II im Dialog zwischen Betreiberin (HZB), Aufsichtsbehörde (SenGesUmV) und Sachverständigen (TÜV) angepasst werden.

Die Stellungnahmen der Betreiberin und des Sachverständigen wurden zum 11.11.2011 der Reaktorsicherheitskommission übermittelt, die diese im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit bis Anfang 2012 bewerten wird. Der hier vorgelegte Bericht wird von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde des Landes Berlin verantwortet.

Von einer Bewertung entsprechend den von der RSK für die Kernkraftwerke definierten Graden („Level“) von Robustheit wird an dieser Stelle abgesehen. Zum einen bleibt abzuwarten, wie die RSK die Bewertungskriterien für die Forschungsreaktoren festlegt, und zum anderen soll ihrer abschließenden Bewertung hier nicht vorgegriffen werden.

3.1 Themenkomplex „Naturbedingte Einwirkungen von außen“

3.1.1 Erdbeben

In der zweiten Hälfte der 1980er Jahre wurde im Vorfeld der Leistungserhöhung des BER II auch die seismische Standortgefährdung untersucht. Hierfür wurde durch Extrapolation der Werte des nächstgelegenen historisch belegten Schadbebens der Stufe VII, aufgetreten im Jahr 1409 mit Herd ca. 90 km entfernt im Bereich Wittstock-Havelberg, eine maximale Intensität von 4,04 auf der 12teiligen MSK-Skala am Standort des BER II abgeschätzt. Auf Basis einer Plausibilitätsbetrachtung wurde abgeleitet, dass eine rechnerische Auslegung der Anlage gegenüber Erdbeben nicht notwendig sei. Dies wurde von der GRS gutachterlich bestätigt, und diese Ergebnisse flossen in die 1. Teilgenehmigung zur Änderung des BER II ein.

Seit dem Zeitpunkt der Genehmigung haben sich sowohl das technische und das kerntechnische Regelwerk zur Auslegung von Anlagen gegen Erdbeben als auch der Kenntnisstand über Erdbebenereignisse im relevanten Gebiet um den Standort des BER II geändert. Im Rahmen der Sonderüberprüfung 2011 wurde daher eine Neubewertung basierend auf der für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren gültige KTA¹ 2201.1 (11/2010) vorgenommen. Diese repräsentiert den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und fordert, bei Festlegung des Bemessungserdbebens mindestens mit der Intensitätsstufe VI, sowohl eine deterministische als auch eine probabilistische Beurteilung des maximal zu erwartenden Erdbebens. Bei vergleichender Anwendung der im konventionellen Bereich anzuwendenden Norm DIN-EN-1998-1 ergab sich für den Standort des BER II eine Zuordnung höchstens zur Stufe VI. Im Ergebnis wird die Intensität für das Bemessungserdbeben mit Stufe VI festgelegt, was deutlich über die bisher zu Grunde gelegte Intensität (Stufe IV für das Auslegungserdbeben) hinausgeht.

Gemäß DIN-EN-1998-1 ist für die Auslegung gegen ein Erdbeben der Stufe VI die Einhaltung der gewöhnlichen Bauvorschriften ausreichend und eine rechnerische Auslegung nicht erforderlich. Es kann daher ohne weitere Nachweise davon ausgegangen werden, dass die Anlagenteile und baulichen Anlagen des BER II einem Bemessungserdbeben der Stufe VI widerstehen würden.

Bezüglich eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens mit einer Intensität von VII oder höher liegen für den BER II aus den oben angeführten Gründen keine Untersuchungen zu Auslegungsreserven vor. Als vitale Funktion ist der Erhalt des Beckenwassers mit ausreichender Wasserüberdeckung des Kerns zu betrachten, die eine rein passive Funktion darstellt. Die Annahme einer Reserve in der Auslegung erscheint zumindest für ein Erdbeben der Intensitätsstufe VII plausibel, da zur Verletzung der Vitalfunktion infolge eines Versagens der Barrieren gegen Beckenwasserverlust gleichzeitig zwei Barrieren (Beckenauskleidung in Verbindung mit den Strahlrohrwänden und die innerhalb der Reaktorbeckenwand gelegenen, sogenannten Fingerhutrohre) so stark beschädigt werden müssten, dass das resultierende Leck nicht überspeisbar ist. Eine entsprechende Untersuchung erübrigt sich aber angesichts der geologischen Situation Berlins.

3.1.2 Hochwasser

Im Gegensatz zu Kernkraftwerken, die ihr Kühlwasser aus einem Fluss oder dem Meer beziehen, liegt der BER II nicht an einem Gewässer. Die Wärme wird über einen Kühlturm abgeführt.

Hochwasser, Überflutungen, Flutwellen und dergleichen können die Anlage nicht treffen, da der Höhenabstand zu den die Insel Wannsee umgebenden Gewässern etwa 20 Meter beträgt.

Es erschien aber angemessen, den von der RSK vorgegebenen Untersuchungsrahmen auf mögliche Überflutungen durch Wasser aus anderer Quelle (wie Starkregen) anzuwenden. Die Ergebnisse hierzu finden sich im nachfolgenden Abschnitt zu sonstigen naturbedingten Einwirkungen.

3.1.3 Sonstige naturbedingte Einwirkungen

Zu den möglichen Folgen durch naturbedingte Einwirkungen, zu denen nach Vorgaben der RSK u.a. Stürme, Schneelasten, sehr hohe oder niedrige Lufttemperaturen,

¹ Regel des Kerntechnischen Ausschusses

extreme Trockenheit, anlagenexterne Brände, Starkregen, Blitz, gefrierender Regen und biologische Phänomene zu zählen sind, wurden anlagen- und standortspezifische Betrachtungen durchgeführt.

Die Betreiberin hat nachgewiesen, dass die Anlage in Bezug auf die zu unterstellenden Windlasten dem aktuellen Regelwerk genügt. Bei Anwendung der aktuell gültigen DIN EN 1991-1-4 zur erforderlichen Auslegung der Anlage gegen Windlasten wurde gezeigt, dass der für den Standort des BER II anzunehmende Geschwindigkeitsdruck innerhalb des mit dem Sicherheitsfaktor multiplizierten Wertes der nominalen Auslegung des Reaktorgebäudes liegt. Zur Bewertung der Robustheit wurden die beiden nächsthöheren Windzonen zu Grunde gelegt, und auch für diese lagen die ermittelten Geschwindigkeitsdrücke unterhalb des oben genannten Produktes aus Nominalwert und Sicherheitsfaktor. Damit kann von einer ausreichenden Robustheit des Reaktorgebäudes gegen Sturm ausgegangen werden.

Bezüglich der Auslegung gegen Schneelasten wurde von der Betreiberin nachgewiesen, dass die Auslegung der Dächer den Anforderungen der einschlägigen DIN EN 1991-1-3 für den Standort entspricht bzw. sie deutlich übertrifft. Für die Belastung durch Starkregen und extreme Schneefälle wurde nachgewiesen, dass die Dächer des Reaktorgebäudes und der Experimentierhalle auch der dabei zu unterstellenden Belastung standhalten. Gerade in der Umsetzung befindliche Maßnahmen stellen sicher, dass bei dem extremen Szenarium eines Jahrhundertregens selbst bei Versagen der normalen Entwässerungswege ein Ansteigen des Wasserstandes auf dem Flachdach über den zulässigen Maximalstand hinaus zuverlässig verhindert wird.

Einer Überlastung bei außergewöhnlichen Lagen kann zudem wegen der begrenzten Fläche durch frühzeitige Beräumung des Daches begegnet werden. Die Untersetzung auch für extreme Wetterbedingungen (z.B. Entstehung von Eisregen), die eine Beräumung verhindern oder zumindest erschweren, im betrieblichen Regelwerk wird im aufsichtlichen Verfahren nachvollzogen werden.

Die Robustheit der Anlage gegen hohe und extrem niedrige Außentemperaturen ist sichergestellt.

Gegen Einwirkungen durch Blitzschlag ist der Forschungsreaktor mit einer engmaschigen äußeren und einer inneren Blitzschutzanlage mit Innenerdung und Potentialausgleich ausreichend ausgestattet.

Für den Fall eines anlagenexternen Brandes ist davon auszugehen, dass dieser durch die zur Verfügung stehenden Feuerwehren gelöscht wird und keine Gefahr für die Sicherheit der Anlage darstellt. Aufgrund eines vorhandenen Meldesystems ist gewährleistet, dass die Reaktorwarte frühzeitig über alle externen Gefahren vom Objektschutzpersonal informiert wird, insbesondere auch über Gefahren durch Brände.

Zusammenfassend hat die Untersuchung sonstiger naturbedingter Einwirkungen von außen ergeben, dass die Anlage gegen diese in hohem Maße robust ist. Dies wird durch die dem Bauprinzip inhärente Robustheit zusätzlich unterstützt, da in (vorstellbaren oder nur hypothetischen) Fällen naturbedingter Einwirkungen die angemessene Reaktion schlichtweg darin bestünde, den Reaktor abzufahren und das Ende der Einwirkung abzuwarten.

3.1.4 Einwirkungskombinationen

Es sind Ereignisse denkbar, bei denen mehrere der vorgenannten naturbedingten Einwirkungen gemeinsam auftreten. Die Einwirkungskombination Erdbeben mit Tsunami/Hochwasser wird für den Standort trivialer Weise ausgeschlossen.

Einwirkungskombinationen mit der gemeinsamen Ursache einer Extremwetterlage lassen keine sich gegenseitig verstärkenden Auswirkungen auf die Anlage erkennen. Ein Verlust der vitalen Funktionen bei kombiniert auftretenden naturbedingten Einwirkungen ist nicht zu besorgen.

3.2 Themenkomplex „Zivilisatorische Einwirkungen von außen“

3.2.1 Flugzeugabsturz

Der Forschungsreaktor BER II ist zwar nicht gegen Flugzeugabsturz ausgelegt, als Teil der vertiefenden Untersuchung der Einwirkungen von außen aus dem Jahr 1984 wurden aber die Auswirkungen auf den BER II für 22 Flugzeugabsturz-Szenarien analysiert. Hierbei wurde in allen Fällen konservativ unterstellt, dass ein sich dem Reaktor näherndes Projektil durch umliegende Bebauung oder vorhandene bauliche Strukturen weder abgebremst noch abgelenkt werde. Ebenfalls konservativ wurde bezüglich der unterstellten Trefferfläche vorgegangen. Die Ergebnisse der gutachterlichen Stellungnahme der GRS aus dem Jahr 1985 zu dieser Untersuchung flossen in die Begründung der ersten Teilgenehmigung zur Änderung des BER II ein, in der die Auswirkungen von Flugzeug- und Hubschrauberabstürzen dem Restrisiko zugeordnet wurden.

Für die im Jahr 2011 durchgeführte Sonderuntersuchung wurden seitens der Betreiberin als vitale Funktionen des BER II die Integrität des Betriebsbeckens sowie des Absetz- und des Umsetzbeckens so, dass der Reaktorkern und abgebrannte Brennelemente unter Wasser verbleiben, definiert. Hierbei handelt es sich um rein passive Funktionen, es müssen also keine aktiven Systeme oder Einrichtungen den Flugzeugabsturz funktionsfähig überstehen. Entscheidend für den Erhalt der vitalen Funktionen ist die Integrität des unteren Teils des Reaktorbeckens (bestehend aus Betriebsbecken und Absetzbecken).

Zu den im Jahr 1984 betrachteten 22 Szenarien gehören zwei, bei denen unter den damals gewählten Bedingungen durch den Absturz eine Militärmaschine oder eines großen Verkehrsflugzeugs diese Integrität verletzt werden kann, während z.B. für den Absturz eines Hubschraubers oder kleineren Flugzeugs zwar von einer Schädigung von Gebäudestrukturen, nicht aber von einer Gefährdung der vitalen Funktionen auszugehen ist. Aus Versuchen zur Simulation eines Flugzeugabsturzes auf das Containment eines Leistungsreaktors lässt sich ableiten, dass die ungestörte untere Beckenwand durch einen direkten Treffer nicht durchschlagen oder wesentlich beschädigt werden kann. Allerdings weist die untere Beckenwand des Reaktorbeckens, speziell des Betriebsbeckens, eine Anzahl von Störungen auf (Durchführung von bzw. Nischen für Strahlrohre, Neutronenleiter, Versorgungsleitungen Kalte Neutronenquelle). Bei einer Beschädigung dieser Strukturen könnte es zu Wasserverlusten in der Art kommen, dass eine Überdeckung des Reaktorkerns nicht mehr gewährleistet ist, und der flüchtige Teil der radioaktiven Stoffe in den Brennelementen aus dem nicht mehr ausreichend gekühlten und freiliegenden teilweise schmelzenden Kern entweichen kann.

In den Betrachtungen zu Treffern auf das Reaktorbecken wurde in der Regel davon ausgegangen, dass schwere Teile eines Flugzeugs praktisch ungebremst auf das

Becken auftreffen. Tatsächlich befinden sich aber Abschirmburgen bzw. Kasematten, die den Auftreffimpuls mindern würden, um diejenigen Bereiche, in denen Strahlrohre die Beckenwand durchdringen. Ebenso befinden sich Gebäude um das Reaktorbecken herum. Quantitative Aussagen zum Grad der Abminderung liegen nicht vor, da die für den BER II vorliegenden Untersuchungen zum Flugzeugabsturz keinen expliziten Nachweis der Schutzwirkung der Abschirmburgen und Kasematten geführt haben. Es liegen auch keine Nachweise der Integrität der Fingerhutrohre in den Strahlrohren unter den Bedingungen eines Flugzeugabsturzes (direkter Aufprall und Treibstoffbrand an der Außenseite, induzierte Schwingungen, dynamische Kräfte durch Zerstörung des Strahlrohrs im Becken durch herabfallende Trümmer) vor.

Insgesamt beruhen die Aussagen zur Integrität des unteren Beckenteils damit auf qualitativen Überlegungen, so dass sich mit dem gegenwärtigen Kenntnisstand ein Erhalt der vitalen Funktionen des BER II nicht für alle Absturzszenarien sicher nachweisen lässt.

3.2.2 Explosionsdruckwelle und Eindringen gefährlicher Gase

Thema dieses Untersuchungsabschnitts waren Einwirkungen auf die Anlage durch Gasentwicklungen oder Gasfreisetzungen in der Umgebung sowie durch Explosionen von transportierten oder gelagerten explosionsfähigen Flüssigkeiten, Stäuben oder Gasen.

Im Wesentlichen waren für den Standort das Wasserstoffinventar der Kalten Neutronenquelle, Rauchgase von externen Bränden und das Inventar möglicher Transporte gefährlicher Gase auf den Verkehrswegen Teltowkanal, Eisenbahnstrecke Berlin-Potsdam und Bundesstraße B1 zu betrachten und zu bewerten. Zur Untersuchung der zum Schutz der Anlage gegen Explosionsdruckwellen zu berücksichtigenden Lastannahmen wurden die schon im Rahmen des Genehmigungsverfahrens betrachteten Szenarien aufgegriffen und auf den gegenwärtigen Stand aktualisiert. Darüber hinaus hat die Betreiberin geprüft, welche sonstigen brennbaren oder explosiven Gase und Flüssigkeiten auf dem Gelände des HZB gelagert oder transportiert werden und welche Vorkehrungen getroffen sind, um Auswirkungen auf die Anlage zu verhindern. Dabei hat sie auch die in den Laboren des HZB verwendeten brennbaren, explosiven und/oder toxischen Gase, die zur Kühlung an Experimenten verwendeten tiefkalten Gase, die Lagerung von Kraftstoffen für die Notstromanlagen sowie jeweils die Transporte zu deren Anlieferung überprüft.

Für die betrachteten Szenarien durch externe Explosionen ergaben sich zu erwartende Druckwellen im Bereich der Auslegung gegen Außendruck durch Windlast, was keine Schädigung der Gebäudestrukturen erwarten lässt und daher weit unterhalb einer Gefährdung der vitalen Funktionen liegt. Auch auf Grund der hierbei hervorgerufenen Erschütterung wäre keine Beeinträchtigung der vitalen Funktionen zu erwarten.

Die Betreiberin kontrolliert Fahrzeuge vor dem Einfahren und weist diese erforderlichenfalls zurück, um Transporte von explosiven Stoffen auf das Betriebsgelände zu verhindern. Diese Maßnahmen sind ausreichend, um zu gewährleisten, dass die erforderlichen Sicherheitsabstände eingehalten werden.

Zur Erkennung und Überwachung eindringender Rauchgase wurden in die Lüftungskanäle Rauchmelder installiert, die vor dem Eindringen von Rauch und Brandgasen warnen und ein frühzeitiges Eingreifen gegen die damit verbundenen Gefahren ermöglichen. Darüber hinaus sind an allen Orten, an denen mit einem Austritt von Wasserstoff gerechnet werden muss, Gasmelder installiert. Dies betrifft Umgangsorte außerhalb der Gebäude, an denen der Wasserstoff nur durch eine

einzigste Barriere umschlossen ist, sowie alle Orte innerhalb der Anlage, an denen im Rahmen von Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten Barrieren geöffnet werden müssen. Ausgenommen davon ist der Ort des Umgangs mit Flaschenbündeln, für den gesonderte Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden können.

Unter Berücksichtigung des Aufbaus des Forschungsreaktors, der nach dem Abschalten höchstens für 60 Sekunden eine aktive Kühlung benötigt, sind Systeme der Infrastruktur verzichtbar. Im Bereich der Versorgungssysteme der Primärpumpen ist nicht von Gasfreisetzungen auszugehen, so dass die Auswirkungen von anlagenexternen oder -internen Explosionen auf die Kühlung nicht unterstellt werden müssen. Ebenso ist die Abschaltsicherheit aufgrund des passiven Abschaltsystems nicht von der Infrastruktur abhängig. Insofern verfügt die Anlage über ausreichende Reserven. Lediglich eine Beschädigung des Reaktorgebäudes, bei dem der Absturz von Teilen in das Reaktorbecken nicht ausgeschlossen werden kann, hätte möglicherweise Auswirkungen auf die Kühlung der Brennelemente. Aufgrund der Wassertiefe wäre allerdings eine zeitliche Reserve vorhanden, die es möglich erscheinen lässt, den Reaktor abzuschalten, bevor Teile den Kern erreichen können.

Es wird ausgeschlossen, dass als Folge einer Explosionsdruckwelle ein Kühlmittelverlust eintritt, da sich der Primärkühlkreislauf vollständig im Reaktorbecken befindet, die Strahlrohre fest mit dem Reaktorbecken verbunden sind und zwei Barrieren besitzen und die ursprünglich vorhandene Entleerungsleitung des Beckens verschlossen wurde. Es ist auch nicht zu unterstellen, dass dies durch einen in der Folge einer Explosion entstehenden Brand eintreten kann, zumal ausreichende Brandbekämpfungseinrichtungen zur Verfügung stehen.

Die Anlage ist damit gegen die vernünftigerweise am Standort zu unterstellenden Einwirkungen durch anlagenexterne Explosionen und gefährliche Gase ausreichend ausgelegt bzw. verfügt über angemessene Vorsorgemaßnahmen.

3.2.3 Sonstige zivilisatorische Einwirkungen von außen

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wurden zusätzliche zivilisatorische Einwirkungen von außen behandelt (fliegende Gasflaschen, Mülldeponiegasleitung, Auswirkungen der Mülldeponie, Blindgänger im Reaktorbereich, Geschosse von militärischen Übungsplätzen, fliegende Teile von Tankerunfällen). Für die während der Genehmigungsphase des BER II auf einem Nachbargrundstück errichtete Erdfunkstelle wurde die Rückwirkungsfreiheit auf die Anlage und ihre Komponenten nachgewiesen.

Zwischen dem Datennetzwerk der betrieblichen Leittechnik und Systemen außerhalb des Reaktors ist keine Verbindung möglich.

Grundsätzlich denkbare Einflüsse von Mobilfunktechnik auf die Anlage BER II werden durch administrative Maßnahmen (durch den Objektschutz überwacht Zutrittsverbot mit Mobilfunkgeräten) ausreichend beschränkt und geregelt, um eine Beeinflussung auszuschließen.

Experimentaufbauten werden vor ihrer Inbetriebnahme einer Bewertung ihrer Rückwirkungsfreiheit durch das interne Reaktorsicherheitskomitee (IRSK) und durch die Aufsichtsbehörde unterzogen.

3.3 Thema „Robustheit von Vorsorgemaßnahmen“

Die Untersuchung der Robustheit der Vorsorgemaßnahmen wurde auf die für den BER II relevanten Sachverhalte beschränkt. Ein Hauptaugenmerk lag dabei auf den

möglichen Auswirkungen einer Überflutung von Gebäudeteilen mit sichertechnisch wichtigen Systemen. Weiterhin wurden Maßnahmen gegen anlageninterne Brände und Explosionen sowie Maßnahmen gegen den Absturz schwerer Lasten untersucht.

Als mögliche Ursachen anlageninterner Überflutungen wurden sowohl sich innerhalb der Anlage befindliche Wässer betrachtet als auch solche, die durch Rohrleitungen oder witterungsbedingt in diese eintreten könnten. Als Konsequenz der durchgeführten Betrachtungen beabsichtigt die Betreiberin, eine Reihe von technischen Maßnahmen umzusetzen, um die Sicherheit der frühzeitigen Erkennung möglicher Überflutungen zu erhöhen.

Am BER II wurde der Schutz vor Brand und Explosionen im Zuge der Leistungserhöhung konzipiert. Die entsprechenden Einrichtungen und Konzepte wurden 1985 von der GRS gutachterlich bewertet. Seitdem wurden keine grundlegenden Änderungen am Brandschutzkonzept des BER II vorgenommen bzw. für nötig befunden.

Die Robustheit der Anlage gegen den Absturz schwerer Lasten ist bei strikter Einhaltung der bestehenden administrativen Regelungen gegeben.

Die Vorsorgemaßnahmen gegenüber anlageninternen Überflutungen und dem Absturz schwerer Lasten stellen sich als außerordentlich robust dar, da praktisch auszuschließen ist, dass sie ausfallen oder unwirksam sein könnten bzw. ihr Ausfall zu einer Gefährdung vitaler Funktionen führen könnte.

3.4 Themenkomplex „Postulate zur Systemtechnik“

3.4.1 Station Blackout

Aufgrund der vorhandenen Einspeisungen, Verteilungen und Notstromaggregate sowie aufgrund der räumlichen Trennung der Redundanzen kann davon ausgegangen werden, dass in ausreichendem Maße Vorkehrungen gegen einen Station-Blackout getroffen sind. Unabhängig davon weist der BER II eine hohe Robustheit für einen solchen Fall auf:

Der Betrieb der drei Primärkühlmittelpumpen ist nach dem Abschalten des Reaktors für einen Zeitraum von nicht mehr als einer Minute erforderlich. Auch bei einer üblichen Abschaltung aus dem Normalbetrieb werden diese Pumpen gemäß Betriebshandbuch nach 10 Minuten abgeschaltet. Für diese Zeit sind die Batterien ausgelegt, über die bei einem Ausfall der Drehstromversorgung die Primärkühlmittelpumpen versorgt werden. Somit kann es bei einem Station-Blackout nicht zu einer Unterschreitung der zulässigen Verbraucherspannung an den Batterien der Stromversorgung für die Kühlung des Reaktors kommen.

Die Wärmespeicherkapazität des Wassers im Reaktorbecken ist bei ausreichendem Wasserstand ausreichend groß, um die Nachzerfallswärme des Reaktors ohne zusätzliche, externe Kühlung aufzunehmen.

Der Forschungsreaktor verfügt über zwei jeweils redundante, auch räumlich voneinander getrennte Batteriesysteme.

Die 220 V – Batterien dienen ausschließlich der Versorgung der Primärkühlmittelpumpen und sind für das Zehnfache der erforderlichen Betriebszeit der Pumpen zur Abführung der Nachzerfallswärme nach einer Reaktorabschaltung ausgelegt. Damit ist eine vorzeitige Unterschreitung der zulässigen Verbraucherspannung an diesen Batterien im Falle eines Station-Blackouts ausgeschlossen.

Die 24 V – Batterien versorgen die Leittechnikrichtungen, die nach der Abschaltung des Reaktors im Sinne der Schutzziele zwar noch Funktionen in Bezug auf die Überwachung des Reaktors haben, nicht aber für die Kühlung des Reaktors erforderlich sind. Für diese Batterien erwartet die Betreiberin einen Funktionserhalt für ca. 70 Stunden für die erforderlichen Verbraucher, wenn innerhalb der ersten fünf Stunden nach dem Station-Blackout nicht mehr erforderliche Verbraucher abgeschaltet werden.

3.4.2 Langandauernder Notstromfall

Nach dem Betriebshandbuch ist sicherzustellen, dass der Betrieb der Notstromdiesel für mindestens 72 Stunden gewährleistet ist. Daraus ergibt sich, dass zu Beginn eines Notstromfalls die Tanks mindestens bis zur Hälfte gefüllt sind. In der Regel werden sie aber voll oder nahezu voll sein, so dass von einer fast doppelt so langen Betriebszeit auszugehen ist. Handmaßnahmen sind allerdings schon in kürzeren Zeitabständen erforderlich, da gemäß BHB nach jeweils 10 Stunden der Ölstand zu überprüfen ist.

Als erforderliche Handmaßnahmen für den längeren Betrieb der Diesel-Notstromaggregate ist zunächst nur von dem Erfordernis der Versorgung mit Öl und Kraftstoff auszugehen. Die räumliche Trennung der beiden redundanten Diesel-Notstromaggregate begünstigt die Möglichkeit der Wartung und Instandhaltung im Fall einer zerstörten Infrastruktur. Es bestehen keine Bedenken in Bezug auf eine ausreichende Personalverfügbarkeit.

Bezüglich der Verfügbarkeit von Kraftstoff und Öl bestehen am Standort auch unter ungünstigen äußeren Bedingungen keine Bedenken. Zeiträume für die Beschaffung von Ersatzteilen sind dagegen nicht sicher anzugeben.

Ein langandauernder Notstromfall für den BER II wäre sicherheitstechnisch ohne Bedeutung, da die Anlage nach einer Schnellabschaltung im sicheren Zustand ist und keine aktiven Hilfssysteme zur Aufrechterhaltung der Kernkühlung benötigt werden.

3.4.3 Ausfall Nebenkühlwasser

Unter „Nebenkühlwasser“ wird Kühlwasser verstanden, das nicht der Ableitung der primär erzeugten Wärme des Reaktors dient, sondern der Kühlung von Lagerbecken oder von Diesel-Notstromaggregaten.

Die Kühlung des Reaktors und der Brennelement-Lagerbecken (Absetzbecken und Umsetzbecken) erfolgt über geschlossene Kühlkreisläufe. Selbst bei Ausfall der Stadtwasserversorgung, die zur Nachspeisung des Kühlturmkreislaufs verwendet wird, oder bei Ausfall der Energieversorgung für die Pumpen der Kreisläufe reicht die Wassermenge der Becken aus, um - bei abgeschaltetem Reaktor - über einen längeren Zeitraum sicherzustellen, dass Brennelementschäden aufgrund der noch anfallenden Wärmemengen nicht auftreten.

Es gibt am BER II kein System, bei dem der Ausfall der Wasserversorgung vitale Funktionen beeinträchtigen könnte.

Einen nennenswerten Wasserverbrauch, der über den mittelfristigen Ersatz von Verdunstungsmengen hinausgeht, gibt es nicht. Für den Ersatz von Verdunstungsverlusten stehen ausreichende Ressourcen zur Verfügung.

3.5 Thema „Anlageninterne Notfallmaßnahmen“

Die Durchführung anlageninterner Notfallmaßnahmen soll nach Eintritt eines Störfalles dem Verlust der vitalen Funktionen entgegenwirken, so zum Beispiel einem sinkenden Wasserstand im Reaktorbecken begegnen oder die Auswirkungen einer Kernschmelze in Form einer Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung verhindern oder begrenzen. Zu den Notfallmaßnahmen gehören auch alle Maßnahmen, die erforderlich sind, um die Kontrolle über die Anlage zu gewährleisten, insbesondere also der Erhalt von Mess- und Überwachungseinrichtungen.

Der BER II verfügt über eine von der Reaktorwarte getrennte Notwarte, von der aus alle sicherheitsrelevanten Steuerfunktionen ausgeübt werden können und die Informationen zur Überwachung der Anlage in vollem Umfang zur Verfügung stehen. Insbesondere kann von der Notwarte aus auch die Schnellabschaltung des Reaktors ausgelöst werden und es können das Leckagenachspeisesystem und die Lüftungsanlagen bedient werden.

Informationen über alle wichtigen Anlagenparameter, die Emissionsdaten, die Wetterparameter und Radioaktivitätsmesswerte vom Anlagengelände und aus einem Umkreis von 4 km stehen kontinuierlich auch in der 250 m vom Reaktor entfernten Notfall-Einsatzzentrale (gegen Strahlung geschützt, mit Notstrom und gefilterter Zuluft versorgt) zur Verfügung sowie im Rahmen des Fernüberwachungssystems in den Lagezentren der Berliner Feuerwehr, bei der Aufsichts- und der Innenbehörde.

Inwieweit gerade die Instrumentierung der wichtigen Anlagenparameter (Füllstand Reaktorbecken, Kühlmitteltemperatur, Neutronenflussdichte) unter Störfallbedingungen, insbesondere unter mechanischen Einwirkungen, noch funktionsfähig ist, lässt sich nicht für alle Randbedingungen beurteilen. Diese wenigen Messgrößen sind allerdings mit relativ einfachen Mitteln visuell oder mit an der Anlage vorgehaltenen Handmessgeräten bestimmbar. Eine detaillierte Überprüfung der Auslegung der Instrumentierung unter Beachtung der aktuell anzunehmenden Störfallszenarien wird als empfehlenswert angesehen.

Abschaltmaßnahmen

Neben der Reaktorschnellabschaltung, die durch Unterbrechung der Stromversorgung der Haltemagnete der Steuerstäbe erfolgt und damit dem fail-save-Prinzip (das Auftreten eines Fehlers führt in einen sicheren Zustand) unterliegt, stehen weitere Abschaltmaßnahmen zur Verfügung, die ebenfalls bei einer Unterbrechung der Stromversorgung in der Anlage wirksam wären. Es sind dies eine Entladung einzelner Brennelemente aus dem Kern, das Anheben des Kerns aus dem Berylliumreflektor sowie eine Borzugabe in das Beckenwasser. Bis auf die Borzugabe handelt es sich um Maßnahmen, die auch im Routinebetrieb praktiziert werden und deren Durchführbarkeit außer Frage steht.

Beckenwassernachspeisung

Verglichen mit seiner Leistung verfügt der Reaktor über einen sehr großes Wasservolumen von 200 m³, das nach einer Abschaltung die gesamte Nachzerfallswärme aufnehmen kann, ohne dass Pumpen zur Kühlung benötigt werden. Lediglich für einen Zeitraum von maximal 60 Sekunden nach der Abschaltung ist der Einsatz von Pumpen zur Umwälzung des Kühlwassers erforderlich.

Im Fall einer großen Leckage am Reaktorbecken kann eine Nachspeisung unter Verwendung des fest installierten Nachspeisesystems, der festverlegten trockenen Steigleitungen oder unter Einsatz von Schläuchen erfolgen. Dazu stehen neben dem Stadtwasser mehrere, unterirdisch gelegene Wasserreservoirs mit ausreichender Kapazität in Reaktornähe zur Verfügung. Auch die Verlegung einer Entnahmeleitung aus dem nahegelegenen Stölpchensee ist durch die Berliner Feuerwehr realisierbar. Da

das Reaktorbecken offen ist, bedarf es für die Einspeisung keiner besonderen Anschlüsse.

Das bei einer Leckage aus dem Reaktorbecken abfließende Wasser würde in dem ausreichend dimensionierten Speicherbehälterraum gesammelt. Aus diesem ist eine Rückspeisung in das Reaktorbecken möglich, um die benötigten Wassermengen zu begrenzen und eine Freisetzung von kontaminiertem Wasser in die Umgebung auszuschließen.

Das Verlegen von Schlauchleitungen auf alternativen Wegen bis zur Reaktorhalle wurde durch die Betriebsfeuerwehr im Rahmen von Notfallschutzübungen geübt. Letztlich wäre – ein entsprechendes Szenario vorausgesetzt – bei zerstörtem Reaktorhallendach wegen der begrenzten Anlagengröße auch der Einsatz eines Wasserwerfers möglich, um einen Beckenwasserverlust auszugleichen.

Personalstärke

Am BER II ist das die Wartungs- und die Instandsetzungsarbeiten durchführende Personal – anders als an einem Kernkraftwerk - weitgehend identisch mit dem Schichtpersonal, es kann also eine gute Anlagenkenntnis bzw. Kenntnis der unterschiedlichen technischen Systeme (Lüftung, E-Technik, Hydraulik) vorausgesetzt werden. Außerhalb der normalen Dienstzeiten befindet sich bei Reaktorbetrieb jeweils eine weitere Schichtbesetzung und ein Reaktorleiter in Bereitschaft. Vor einem Einsatz von Schichtpersonal für Notfallmaßnahmen, wie z.B. eine interne Brandbekämpfung, würde der Reaktor gemäß Betriebshandbuch abgeschaltet.

Insofern ist die Schichtbesetzung der Anlagengröße und -komplexität angemessen und auch für Störfälle ausreichend.

Spannungsversorgung

Die Drehstromversorgung der Reaktoranlage erfolgt über zwei auf dem Gelände vorhandene Transformatoren, eine Normalstromverteilung, zwei Notstromverteilungen und die redundanten Diesel-Notstromaggregate, die räumlich voneinander getrennt angeordnet sind.

Eine bestehende Wechselstromversorgung ist zur Verhinderung von Kern- und Brennelementschäden am BER II nicht erforderlich, da die Versorgung der Primärkühlmittelpumpen über die 220 V-Batterien erfolgt und nur während der ersten 60 Sekunden nach dem Abschalten benötigt wird.

Abhängig vom zu unterstellenden Störfallszenarium kann es bei einem Wasserverlust aus dem Reaktorbecken aber erforderlich sein, zum Erhalt der Kühlung der Brennelemente und zu deren Wasserüberdeckung Wasser in das Becken nachzuspeisen. Sofern für die elektrische Versorgung der dafür vorgesehenen Pumpen die Notstromaggregate nicht zur Verfügung stehen sollten, ließe sich eines der auf dem Gelände vorgehaltenen externen Notstromaggregate verwenden oder es könnte auf motorbetriebene Pumpen der Feuerwehr zurückgegriffen werden.

Insgesamt stehen auf dem Gelände 5 Notstromaggregate mit einer Gesamtleistung von 1,7 Megawatt, sowie weitere mobile Aggregate zur Verfügung.

Brandbekämpfung

Für die Bekämpfung interner oder externer Brände sowie eventueller Treibstoffbrände im Gebäude stehen die Betriebsfeuerwehr und die Berliner Feuerwehr zur Verfügung. Die Betriebsfeuerwehr ist etwa 250 m vom Reaktorgebäude entfernt stationiert. Die Berliner Feuerwehr ist in regelmäßige Übungen einbezogen, verfügt über gute Ortskenntnis und erreicht das HZB innerhalb weniger Minuten.

Die Einrichtungen zur Brandbekämpfung (Steigleitungen, Hydranten und unterirdische Wasserzisternen) sind räumlich voneinander getrennt, sodass von der

Funktionsfähigkeit der Einrichtungen ausgegangen werden kann und ein gleichzeitiger Ausfall dieser Einrichtungen nicht wahrscheinlich ist. Die erforderliche Wasserversorgung lässt sich erforderlichenfalls auch extern sicherstellen, z.B. aus dem nahegelegenen Stölpchensee.

Kommunikation

Als Redundanzen zur internen Kommunikation und zur Kommunikation mit der Berliner Feuerwehr und den Sicherheitsbehörden steht neben dem Festnetz und Mobiltelefonen auch ein BOS-Funk (BOS = Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben) zur Verfügung. Zur Alarmierung existieren überwachte Standleitungen zur Berliner Feuerwehr und zur Polizei sowie ein Satellitentelefon.

Die Einsatzzentrale der Betriebsfeuerwehr, die Pforte und der Überwachungsraum der Objektsicherungszentrale sind auf dem Institutsgelände verteilt und besitzen jeweils redundante Kommunikationseinrichtungen zu Polizei und Feuerwehr.

Auch wenn in der Praxis im Krisenfall Kommunikation immer ein Problem ist, bestehen am HZB aufgrund der vorhandenen redundanten Zentralenräume und Kommunikationsmittel sowie wegen der Personalausstattung keine Bedenken hinsichtlich der Durchführbarkeit der in Krisenfällen erforderlichen Kommunikation.

Kerntechnischer Hilfsdienst

Bei einem schweren Unfall am BER II würde vom HZB der Kerntechnische Hilfsdienst alarmiert. Diese Organisation wird von den kerntechnischen Anlagen in Deutschland gemeinsam unterhalten. Sie ist technisch und personell in der Lage, bei einem Unfall Unterstützung bei der Stabilisierung der Anlage zu leisten und an der Beseitigung bzw. Minderung der Folgen mitzuwirken. Die Zeitspanne bis zur Einsatzfähigkeit größerer Einheiten vor Ort wird mit etwa 24 Stunden veranschlagt. Die Mitarbeiter des Kerntechnischen Hilfsdienstes haben aufgrund zahlreicher Übungen vor Ort gute Anlagenkenntnisse am BER II.

4 Gesamtbewertung und Ableitung von Maßnahmen

Die aus Veranlassung der Ereignisse in Fukushima (Japan) im Frühjahr 2011 durchgeführte Sonderüberprüfung ergab keinerlei Hinweise, die einen Weiterbetrieb des BER II in Frage stellen könnten.

Desungeachtet wurde eine Reihe wertvoller Erkenntnisse gewonnen, die Möglichkeiten zur Verbesserung oder einer weiteren Erhöhung der Robustheit der Anlage bieten und deren Umsetzung daher angestrebt wird. Diese Optimierungspotentiale beziehen sich auf Maßnahmen außerhalb des Normalbetriebes, sind also dem Bereich der Notfallmaßnahmen zuzuschlagen. Sie werden im Folgenden benannt.

- 1) Die Installation von Einspeisepunkten für den Anschluss externer Notstromaggregate an die Stromversorgung und/oder die Notstromversorgung des BER II kann im Bedarfsfall die Zeit für deren Anschluss an die Elektroversorgung verkürzen.

Die Wiederherstellung der Stromversorgung ist zwar für die Sicherheit des BER II nach einer Abschaltung nicht primär erforderlich, da sie für die Kühlung der Brennelemente nicht notwendig ist, sie ist aber für den Erhalt der Funktionsfähigkeit der Mess- und Überwachungsgeräte und für die Unterdruckhaltung zweckmäßig. Abhängig von den jeweiligen Randbedingungen des Störfalls und vom Ausmaß der Schäden an der Infrastruktur und den anlageninternen Systemen zur Nachspeisung von Beckenwasser, die sich bei einem Störfall einstellen könnten, könnte der Stromversorgung für den Einsatz externer Pumpen eine Bedeutung zukommen.

- 2) Das Notfallhandbuch für den BER II ist in Anlehnung an die „*Rahmenempfehlung für die Planung von Notfallschutzmaßnahmen durch die Betreiber von Kernkraftwerken*“ (RE NFS, RSK, SSK 14.10.2010) zu überarbeiten.
- 3) Für Maßnahmen der Informationsgewinnung, die bei einem Unfall erforderlich wären, um Unfallverläufe erkennen, beurteilen und beeinflussen zu können und die unter Zuhilfenahme mobiler Geräte oder an Orten erfolgen, an denen mit dem Vorliegen eines erhöhten Strahlenpegels gerechnet werden muss, sind die Voraussetzungen und Umstände zu analysieren und in das Notfallhandbuch aufzunehmen.
- 4) Im Fall einer unfallbedingten Leckage des Reaktorbeckens würde abfließendes Wasser im Speicherbehälterraum gesammelt. Aus diesem ist eine Rückspeisung in das Absetzbecken möglich, damit die Wassermengen begrenzt werden können und eine Freisetzung in die Umgebung ausgeschlossen werden kann. Die Bedingungen hierfür sind zu untersuchen und ggf. Vorkehrungen zu treffen, die es erlauben, dies bei einem Störfall unter den anzunehmenden Randbedingungen zu nutzen.
- 5) Die Angaben zur Nutzbarkeit der Notfallzentrale (Einsatzbunker) unter Unfallbedingungen, wie die Abschirmfaktoren des Gebäudes und die Rückhaltefaktoren der Lüftungsanlage, sind zu überprüfen.
- 6) Durch das Anbringen weiterer Notüberläufe an den Flachdächern der Reaktor- und der Experimentierhalle soll sichergestellt werden, dass bei verstopften Entwässerungsleitungen und Eintritt des Lastfalls Jahrhundertregen ein mittlerer Wasserstand von 5 cm nicht überschritten werden kann (bereits in der Umsetzung).
- 7) Es ist zu prüfen, in welchem Umfang im Bereich der Kellerräume die Installation von Feuchtigkeitsmeldern dazu dienen kann, massive Wassereintrüche (z.B. durch Bruch einer Stadtwasserleitung) frühzeitig zu erkennen und das Wartpersonal zu informieren. Dasselbe gilt für die Prüfung einer Verringerung von Rohrleitungsquerschnitten, um die möglichen Auswirkungen von Wassereintrüchen zu reduzieren.
- 8) Maßnahmen, die es im Störfall ermöglichen, nach einer Rückkehr der Spannungsversorgung die Funktionsbereitschaft von Komponenten des betrieblichen Leitsystems zügig wieder herzustellen, sind zu beschreiben. Bei einigen Systemen ist zu prüfen, ob die manuelle Quittierung nicht zu automatisieren ist.
- 9) Die Auslegung der Störfallinstrumentierung ist im Lichte der im Rahmen der Sonderüberprüfung betrachteten Störfälle zu überprüfen.

Wir bitten, den Beschluss damit als erledigt anzusehen.

Berlin, den 20. Dezember 2011

Der Senat von Berlin

Klaus Wowereit

.....
Regierender Bürgermeister

Michael Müller

.....
Senator für Stadtentwicklung
und Umwelt

TÜV Rheinland Industrie Service

Sonderüberprüfung

"STRESSTEST"

für den Forschungsreaktor BER II

**des Helmholtz-Zentrums Berlin
für Materialien und Energie GmbH**

**Stellungnahme
zu Fragen der Robustheit der Anlage
in Anlehnung an die
Sicherheitsüberprüfung für Leistungsreaktoren**

**erstellt im Auftrag
der Senatsverwaltung
für Gesundheit, Umwelt und
Verbraucherschutz
des Landes Berlin**

Berlin, Oktober 2011

Inhaltsverzeichnis

0	Übersicht und Einleitung	4
1	Prüfgrundlagen und durchgeführte Prüfungen	4
2	Vitale Funktionen	5
3	Naturbedingte Einwirkungen von außen	8
3.1	Erdbeben	8
3.1.1	Standortgefährdung	8
3.1.2	Auslegung	11
3.1.3	Auslegungsreserven	13
3.1.4	Notfallmaßnahmen	16
3.1.5	Einhaltung der Bewertungskriterien der RSK	17
3.2	Hochwasser	19
3.2.1	Einhaltung der Bewertungskriterien	20
3.3	Sonstige naturbedingte Einwirkungen	21
3.4	Einwirkungskombinationen	24
4	Zivilisatorisch bedingte Einwirkungen von außen	26
4.1	Flugzeugabsturz	26
4.1.1	Schutzgrad der Anlage gegen Flugzeugabsturz	26
4.1.2	Anlagenreserven	33
4.1.3	Notfallmaßnahmen	37
4.1.4	Einhaltung der Bewertungskriterien der RSK	38
4.2	Explosionsdruckwelle und Eindringen gefährlicher Gase	41
4.2.1	Schutzgrad der Anlage gegen Explosionsdruckwelle und Eindringen gefährlicher Gase	41
4.2.2	Anlagenreserven	49
4.2.3	Notfallmaßnahmen	50
4.2.4	Einhaltung der Bewertungskriterien der RSK	52
4.3	Sonstige zivilisatorische Einwirkungen von außen	53
5	Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter	54
6	Robustheit von Vorsorgemaßnahmen	55
6.1	Auslegung von Vorsorgemaßnahmen	55
6.2	Auslegungsreserven	60
6.3	Notfallmaßnahmen	61
6.4	Einhaltung der Bewertungskriterien der RSK	61
7	Postulate zur Systemtechnik	63
7.1	Station - Blackout	63
7.1.1	Einhaltung der Bewertungskriterien	68
7.2	Langandauernder Notstromfall	69
7.2.1	Sachstand und Bewertung	69
7.2.2	Einhaltung der Bewertungskriterien	71
7.3	Ausfall Nebenkühlwasser	72
8	Anlageninterne Notfallmaßnahmen	73
8.1	Randbedingungen	73
8.2	Übergeordnete Fragestellungen zu anlageninternen Notfallmaßnahmen ...	73
8.3	Notfallmaßnahmen zur Wiederherstellung der Spannungsversorgung und der Nebenkühlwasserversorgung bzw. von Ersatzfunktion nach Beginn eines Kernschadens	80
8.4	Notfallmaßnahmen zur RDB - Bespeisung bzw. Wiederherstellung der Wärmeabfuhr nach Beginn eines Kernschadens	81

8.5	Notfallmaßnahmen zur Wärmeabfuhr aus dem Containment eines SWR nach Beginn eines Kernschadens	85
8.6	Notfallmaßnahmen bezüglich des Sicherheitsbehälters nach Beginn eines Kernschadens.....	85
8.7	Notfallmaßnahmen im Bereich der Gebäude nach Beginn eines Kernschadens.....	85
8.8	Notfallmaßnahmen nach Beginn von Brennstabschäden im BE- Becken...	86
8.9	Notfallmaßnahmen nach Versagen des RDB	87
9	Zusammenfassung.....	89
10	Literatur	91
10.1	Unterlagen	91
10.2	Zusätzliche Literatur.....	93

0 Übersicht und Einleitung

Von der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin, als atomrechtliche Aufsichtsbehörde des Forschungsreaktors BER II in Berlin Wannsee, wurde die TÜV Rheinland Industrie Service GmbH mit einer Sonderüberprüfung des Forschungsreaktors beauftragt, die sich an dem Anforderungskatalog /U- 1/, der Fragenliste /U- 53/ sowie den Bewertungskriterien /U- 2/ des "Stresstests" orientieren sollte, wie sie für Leistungsreaktoren durch die Reaktorsicherheitskommission durchgeführt wurde.

Diese in der Folge des Reaktorunfalls in Fukushima von der Reaktorsicherheitskommission (RSK) vorgenommene Sicherheitsüberprüfung der Leistungsreaktoren hatte das Ziel, die Robustheit der Anlagen gegen insbesondere äußere Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen zu überprüfen. Auch wenn von Forschungsreaktoren, bedingt durch ein wesentlich geringeres Brennstoff- und Aktivitätsinventar, ein vergleichsweise geringeres potentiell Risiko ausgeht, sind diese aufgrund der Anforderung des BMU ebenfalls einer Sicherheitsüberprüfung zu unterziehen.

Dabei ist aufgrund der aktuellen Erkenntnisse aus dem Reaktorunfall in Fukushima zu prüfen, ob das gestaffelte Sicherheitskonzept des Forschungsreaktors im auslegungsüberschreitenden Bereich den Kriterien der Robustheit genügt.

Ausgehend davon, dass sich die Anlage im genehmigungskonformen Zustand befindet, soll überprüft werden, inwieweit die übergeordneten Schutzziele „Kontrolle der Reaktivität“ und „Kühlung der Brennelemente“ sowie „Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe (Erhalt der Barrieren)“ auch bei über die bisher angesetzten Auslegungsanforderungen hinausgehenden Einwirkungen eingehalten werden. Hierbei ist auch zu prüfen, inwieweit (eventuell notwendige) Funktionen zur Einhaltung der Schutzziele bei über die bisherigen postulierten Szenarien hinausgehenden Annahmen erhalten bleiben.

Unabhängig von kausalen Schadensfolgen, die zu Ausfällen an Systemen führen können, werden bestimmte Ausfälle postuliert, wie z.B. der Station - Blackout, und deren Auswirkungen und mögliche Gegenmaßnahmen geprüft.

1 Prüfgrundlagen und durchgeführte Prüfungen

Als Prüfgrundlage wurden für diese Überprüfung der Anforderungskatalog der RSK, die Fragenliste, die Genehmigungsunterlagen des BER II sowie das aktuelle gesetzliche und technische Regelwerk herangezogen.

Es wurde bei sinngemäßer Anwendung des Anforderungskatalogs und der Fragenliste sowie in Anlehnung an die Bewertungskriterien der RSK geprüft, ob die Anlage BER-II den Anforderungen an die Robustheit bei höheren Einwirkungen als bisher berücksichtigt genügt. Hierbei wurde unterstellt, dass sich die Anlage im genehmigungskonformen Zustand befindet und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik mit Blick auf die Sicherheit der Anlage genügt. Aussagen bereits im Geneh-

migungsverfahren positiv bewerteter Unterlagen wurden mit Ausnahme der Anforderungen, die sich aus Regelswerksänderungen ergeben haben, nicht erneut geprüft.

2 Vitale Funktionen

Die von der RSK veröffentlichten und der Sonderüberprüfung des BER-II zugrunde zu legenden Fragen /U- 53/ und Bewertungskriterien /U- 2/ beziehen sich auf den Erhalt der vitalen Funktionen (Vitalfunktionen) der Anlage. Vitalfunktionen sind definiert /U- 1 Abschnitt 2/ als

- Sicherheitsfunktionen, die zur Einhaltung der Schutzziele erforderlich sind.

Unter den Schutzzielen sind die grundlegenden Schutzziele zu verstehen, die in den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke Rev. D /U- 23/ in Übereinstimmung mit internationalen Regelwerken der IAEA festgelegt sind:

- Kontrolle der Reaktivität
- Kühlung der Brennelemente
- Einschluss der radioaktiven Stoffe

Diese Schutzziele sind auch in der KTA 1201 /Z- 12/ aufgeführt, wobei dort zusätzlich:

- Begrenzung der Strahlenexposition

als Schutzziel aufgeführt wird.

Sachstand

Die Betreiberin definiert die vitalen Funktionen des BER II in /U- 51/ unter Bezug auf die Schutzziele. Sie führt hierzu aus: „Spricht man von den vitalen Funktionen des BER II, so bedeutet das, dass die definierten Schutzziele erhalten bleiben. Es wird hier davon ausgegangen, dass dies erreicht ist, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:“

- Die Störfallgrenzwerte nach §49 StrlSchV werden nicht überschritten, wobei der Freisetzungspfad Ingestion nicht berücksichtigt wird. In der unmittelbaren Umgebung des HZB kann Kredit von der Maßnahme „Verbleiben im Haus“ genommen werden.
- Die Umgebung bleibt nach einem unterstellten Unfall bewohnbar, das heißt, eine eventuelle Evakuierung würde nur aufgrund der freigesetzten kurzlebigen Nuklide (Edelgase, Jod) erfolgen und bliebe zeitlich begrenzt.

Zur Nichtberücksichtigung der Ingestion führt die Betreiberin aus, dass in der Umgebung der Anlage keine landwirtschaftlichen Flächen vorhanden seien und der Verzehr kleiner Ernten aus Gärten leicht unterbunden werden könne.

Die Betreiberin definiert als vitale Funktionen des BER II:

- die Integrität des unteren Teils des Reaktorbeckens, so dass der Reaktorkern und abgebrannte Brennelemente in den Absetzgestellen im Absetzbecken unter Wasser verbleiben,
- die Integrität des Umsetzbeckens unterhalb der Experimentierhalle, so dass abgebrannte Brennelemente unter Wasser verbleiben,
- die verlässliche Belegbarkeit des Zustands des Reaktors, d.h. Wassertemperatur und Füllstand, Unterkritikalität und Aktivitätsfreisetzung, durch konkrete Messergebnisse.

Die Betreiberin führt aus, dass im Sicherheitsbericht /U- 6/ nachgewiesen sei, dass sowohl im Normalbetrieb als auch bei allen Arten von Störfällen die Schutzziele erreicht werden und nennenswerter Schaden für die Umgebung ausgeschlossen werden könne.

Sie führt weiterhin aus, dass Untersuchungen zu auslegungsüberschreitenden Ereignissen im Restrisikobereich /U- 3/, /U- 4/ zeigen, dass auch unter den dort betrachteten Bedingungen (hypothetische Flugzeugabstürze auf die Reaktorhalle, in deren Folge Zerstörungen der Halle und ggf. des Reaktorbeckens unterstellt wurden, die letztlich zu den Ereignisvarianten „Kernschmelze unter Wasser“ und „trockene Kernschmelze“ führten) die beiden oben genannten radiologischen Bedingungen erfüllt werden, solange der ggf. geschmolzene Reaktorkern bzw. gelagerte abgebrannte Brennelemente mit Wasser bedeckt bleiben, mithin also nur bei der Ereignisvariante „Kernschmelze unter Wasser“. In diesen Fall geht die Betreiberin davon aus, dass zwar (bei geschmolzenem Reaktorkern) die Spaltedelgase komplett freigesetzt werden, dass aber Halogene (insbesondere Jod) und Cäsium zum Großteil im Wasser bzw. in der Schmelze verbleiben würde. Eine erhebliche Freisetzung träte erst beim Schmelzen eines unbedeckten Kerns auf.

Bewertung

Der BER II erreicht mit 10 MW thermischer Leistung nur einen Bruchteil der Leistung eines LWR zur Stromerzeugung (3000-4000 MWth). Aus diesem Grund sind auch die abzuführende Nachwärme und das potenziell freisetzbare Spaltproduktinventar um Größenordnungen kleiner. Die Einhaltung der Schutzziele unter den Auslegungsbedingungen wurde bereits früher positiv bewertet /U- 35/. Die potentiellen Freisetzungen und Auswirkungen auf die Bevölkerung im Falle einer *Kernschmelze des BER II unter Wasser* sind im Rahmen der Bewertung des Restrisikos bei der Änderung des BER II im Jahre 1984 ermittelt /U- 3/ und gutachtlich bewertet worden /U- 10/, die Ergebnisse dieser Begutachtung sind in die Begründung der Ersten Teilgenehmigung zur Änderung des BER II /U- 52/ eingeflossen. Aktualisierte Berechnungen wurden vorgelegt /U- 4/. Demnach sind die Freisetzungen und ihre Auswirkungen auf die Bevölkerung in dem Sinne begrenzt, dass die Eingreifrichtwerte für vorübergehende Katastrophenschutzmaßnahmen (Aufenthalt in Häusern, Einnahme von Jodtabletten für Kinder) nur im unmittelbaren Nahbereich der Anlage überschritten werden /U- 4 Tabelle 14/. Dies entspricht dem Fall des Erhaltes der von der Betreiberin vorgeschlagenen vitalen Funktionen.

Bei Freisetzungen aus einer *Kernschmelze im trocken gefallenem Reaktorbecken* sind die Bereiche, in denen die Eingreifrichtwerte für diese Katastrophenschutzmaß-

nahmen überschritten werden deutlich größer als bei der Kernschmelze unter Wasser, auch werden Eingreifrichtwerte für weitere Katastrophenschutzmaßnahmen (Evakuierung, Einnahme von Jodtabletten auch für Erwachsene) überschritten /U- 4 Tabelle 13/. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Notfallschutzmaßnahmen im Anforderungsfall umgesetzt werden, so dass die zu erwartenden tatsächlichen Dosen wesentlich niedriger sein werden, als rechnerisch ohne wirksame Notfallschutzmaßnahmen ermittelt.

Es erscheint daher möglich, die vitalen Funktionen des BER II auf die von der Betreiberin definierten passiven Funktionen zu beschränken. Diese Definition und ihre Begründung zielen nur auf die Einhaltung der Schutzziele „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und „Begrenzung der Strahlenexposition“ ab. Dies ist aus Sicht des Sachverständigen jedoch zulässig, da die Schutzziele „Kontrolle der Reaktivität“ und „Kühlung der Brennelemente“ keinen Zweck in sich darstellen, sondern dem Einschluss der radioaktiven Stoffe und der Begrenzung der Strahlenexposition dienen, insofern also vorgelagert sind.

3 Naturbedingte Einwirkungen von außen

3.1 Erdbeben

3.1.1 Standortgefährdung

1. *Welche Werte wurden für die seismische Standortgefährdung ermittelt? Insbesondere sind die folgenden Größen anzugeben: Intensität, max. Bodenbeschleunigung, Bodenantwortspektrum (Welcher Fraktil-Wert? Resultierende oder Komponente?), Starkbebendauer, Überschreitenswahrscheinlichkeit, seismische Gefährdungskurven Bezugshorizont (Geländeoberkante, Fundament). Wie ist die Aussagesicherheit hinsichtlich dieser Größen zu bewerten? Welcher Erdbebenzone ist der Standort nach konventionellem Regelwerk (DIN 4149 bzw. DIN-EN-1998-1/NA) zuzuordnen?*

Sachstand

Die seismische Standortgefährdung wurde im Sicherheitsbericht /U- 6/ zu einer maximalen Intensität von 4,04 (MSK-Skala) angegeben. Dies basierte auf einer Extrapolation des nächstgelegenen historisch belegten Schadbemens der Stufe VII mit Herd im Bereich Wittstock-Havelberg, 90 km vom Standort BER II entfernt. Eine Zuordnung einer Intensitätsstufe zum Auslegungserdbeben und zum Sicherheitserdbeben nach KTA 2201.1 (6/75) erfolgte im Sicherheitsbericht nicht.

Im Sicherheitsbericht /U- 6/ wurden standortspezifisch maximale Beschleunigungen von 0,2 – 0,3 m/s² angegeben. Daraus wurde auf Basis einer Plausibilitätsbetrachtung abgeleitet, dass eine rechnerische Auslegung der Anlage gegenüber Erdbeben nicht notwendig sei.

Der Standort BER II wurde im Sicherheitsbericht /U- 6/ der geologisch-tektonischen Gebietseinheit „Norddeutsches Tiefland“ und damit Zone A laut DIN 4149 (4/81) /Z- 8/ zugeordnet.

Bewertung

Dieser Sachstand wurde im Gutachten der GRS /U- 10/ bestätigt, deren Ergebnisse in die 1. Teilgenehmigung zur Änderung des BER II /U- 52/ eingeflossen sind.

Die für den BER-II vorliegenden Angaben zu Einwirkung von Erdbeben beziehen sich auf den Stand von Wissenschaft und Technik zum Zeitpunkt der Genehmigung. Sowohl das technische wie auch des kerntechnische Regelwerk zur Auslegung von Anlagen gegen Erdbeben, aber auch der Kenntnisstand über Erdbebenereignisse im relevanten Gebiet um den Standort des BER-II haben sich gegenüber dem Stand zum Zeitpunkt der Genehmigung geändert.

Der Sachverständige hat unter Zugrundelegung des Standes von Wissenschaft und Technik, wie er in der aktuellen, im Gründruck befindlichen Fassung der KTA 2201.1 (11/2010) /Z- 10/ beschrieben ist, anhand ihm vorliegender Angaben die maximal am Standort zu erwartende Erdbebenintensität abgeschätzt. Zwar besteht keine formale

Notwendigkeit, die KTA 2201.1 (11/2010) den Betrachtungen zugrunde zu legen, da als Anwendungsbereich der KTA 2201.1 nur Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren genannt sind, jedoch schließt das konventionelle Regelwerk kerntechnische Anlagen teilweise explizit aus. Der Sachverständige sieht es daher als zielführend an, zur Berücksichtigung des Standes der Technik eine Bewertung in Anlehnung an die KTA 2201.1 (11/2010) vorzunehmen. Im vorliegenden Fall bedeutet dies insbesondere, die Intensitätsstufe des Erdbebens, welches heute bei einer Auslegung der Anlage BER-II entsprechend dem kerntechnischen Regelwerk, hier KTA 2201.1 (11/2010), als Bemessungserdbeben berücksichtigt würde, nach den Vorgaben dieser Regel zu bestimmen. Die KTA 2201.1 (11/2010) fordert sowohl eine deterministische als auch eine probabilistische Beurteilung des maximal zu erwartenden Erdbebens.

Zur deterministischen Bestimmung der maximal zu erwartenden Erdbebenintensität sind sowohl die seismotektonische Gebietseinheit des Standortes als auch die benachbarten tektonischen Einheiten zu betrachten.

Für letztere hat der Sachverständige auf Basis eigener Betrachtungen unter Berücksichtigung neuerer Literatur /Z- 15/, /Z- 17/ den Einfluss des Wittstocker Erdbebens auf den Standort abgeschätzt. Aufgrund der Neubewertung der Lage des Erdbebenherdes - nun dem Raum Magdeburg zugeordnet -, der Beschreibung einer tektonischen Grenze zwischen Erdbebenherd und dem Standort BER II in einer Entfernung von etwa 50 km und der Herabstufung der Intensität auf Stufe VI wird nach KTA 2201.1 Punkt 3.2-2b die Intensität für das Bemessungserdbeben neu ermittelt. Hierbei wird analog zum Sicherheitsbericht unter Berücksichtigung einer Entfernung von 50 km und einer Erdbebtiefe von 10 km nach /Z- 16/ deterministisch eine maximale Intensität am Standort von 3,85 berechnet, was einer maximal anzunehmenden Intensität der Stufe IV entspricht.

In der seismotektonischen Einheit des Standortes ist nach einer aktuellen Auflistung der Erdbeben in der tektonischen Einheit „Nordost Deutschland“ /Z- 18/ als stärkstes Erdbeben das Ereignis bei Plaue an der Havel (1789) mit einer Intensität der Stufe V heranzuziehen.

Eine probabilistische Beurteilung liegt zur Zeit nicht vor, allerdings geht der Sachverständige angesichts der vorliegenden historischen Daten /Z- 19/ davon aus, dass die probabilistisch bestimmte Intensität des Bemessungserdbebens nicht über der Stufe VI liegen wird.

Unabhängig von den Ergebnissen der deterministischen und der probabilistischen Untersuchung fordert die KTA 2201.1 (11/2010) /Z- 10/, das Bemessungserdbeben mindestens mit der Intensitätsstufe VI festzulegen. Entsprechend der Dokumentation zur Regeländerung der KTA 2201.1 /Z- 10/ ist die Festlegung dieser Mindestintensität in der KTA enthalten, um für Kernkraftwerke einen besseren Schutz zu gewährleisten als er bei normalen Gebäuden und in konventionellen Industrieanlagen besteht, bei denen ebenfalls erst ab der Intensität VI erste Schäden zu erwarten sind. Diese Argumentation sieht der Sachverständige als übertragbar auf die Anlage BER-II an und betrachtet daher die Festlegung der Intensität VI für das Bemessungserdbeben als sinnvoll, um mit Blick auf die Bewertungsmaßstäbe der RSK eine Einschätzung im vorgegebenen Rahmen gewinnen zu können.

Die so ermittelte Intensität VI des Bemessungserdbebens geht über die bisher bewertete Intensität (Stufe IV für das Auslegungserdbeben nach KTA 2201.1 (6/75), genannt im Gutachten der GRS /U- 10/) hinaus. In ihrem Gutachten kam die GRS zudem zu dem Schluss, dass die Erdbebenintensität 4 auch in Zukunft praktisch nicht überschritten werden wird /U- 10 Abschnitt 3.2/.

Zum Vergleich kann eine Bewertung der Standortgefährdung auf der Grundlage der (im konventionellen Bereich anzuwendenden) Norm DIN-EN-1998-1/NA /Z- 7/ erfolgen. In diesem Fall ist der Standort keiner Erdbebenzone zugeordnet. Er liegt also unterhalb der Zone 0 und es wäre von einer maximal zu erwartenden Intensität kleiner 6 auszugehen. Damit wäre der Standort höchstens der Stufe VI zuzuordnen.

2. *Welche Untersuchungen zur Ermittlung der für die Standortgefährdung relevanten Eigenschaften des Untergrundes wurden durchgeführt?*

Sachstand

Der Sicherheitsbericht /U- 6/ beschreibt, dass auf dem Gelände des HZB insgesamt 10 Bohrungen bis zu einer Tiefe von 30 m niedergebracht wurden. Hierbei dienten 3 Bohrlöcher zur Aufnahme von Messerdien und gleichzeitig zur Entnahme von Grundwasserproben. Alle diese Bohrungen lagen im Umkreis von 100 m um den Reaktor und gaben Aufschluss über die geologische Schichtung des Untergrundes. Nach Angaben der Betreiberin /U- 51/ besteht diese aus Sandschichten verschiedener Körnung, die dicht unter der Oberfläche schwach lehmhaltig sind.

Bewertung

Die durchgeführten Untersuchungen waren ausreichend, um im Rahmen des Genehmigungsverfahrens bewerten zu können, ob über die konventionellen Bauvorschriften hinaus die Anlage gegen Erdbeben ausgelegt werden muss.

3. *Gibt es neuere Erkenntnisse zur seismischen Standortgefährdung? Welche Nachbewertungen wurden durchgeführt?*

Sachstand

Die Betreiberin führt hierzu aus, dass es keine neuen Erkenntnisse zur Standortgefährdung durch Erdbeben gäbe /U- 51/.

Bewertung

Wie unter 3.1.1 Frage 1 beschrieben, zeigen neuere Erkenntnisse /Z- 15/, /Z- 17/, /Z- 18/ Unterschiede zum Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Genehmigung auf. Hieraus haben sich aber bislang keine für die Anlage relevanten Unterschiede in der Einschätzung der resultierenden Standortgefährdung und damit auch keine Nachbewertung mit Blick auf eine Auslegung der Anlage gegen Erdbeben ergeben.

3.1.2 Auslegung

1. *Welche Werte (max. Bodenbeschleunigung, Bodenantwortspektrern, Starkbe-
bendauer) wurden für die seismische Auslegung der Anlagenteile und bauli-
chen Anlagen der Erdbebenklassen I und IIA und für die Ermittlung von Eta-
genantwortspektrern zugrunde gelegt? Wie wurde die Einleitung der Lasten in
die baulichen Anlagen berücksichtigt?*

Sachstand

Gemäß der 1. TG zur Änderung des BER II /U- 52/ wurde keine rechnerische Aus-
legung der Anlage gegen Erdbeben gefordert und nachgewiesen.

Im Gutachten der GRS /U- 10 Abschnitt 3.2/ wird die Zuordnung der Stufe IV zum
Auslegungserdbeben und eine Stufe V bis VI zum Sicherheitserdbeben zitiert. Im
Sicherheitsbericht wurde auf der Basis der Intensitätsstufen IV und V eine maximale
Beschleunigung von 0,3 m/s² angegeben /U- 6 Abschnitt 1.9/.

Bewertung

Die in der Frage geforderten Angaben liegen mit Ausnahme der maximal zu erwar-
tenden Bodenbeschleunigung nicht vor, da bei der unterstellten geringen Intensität
eines Erdbebens eine Auslegung der Anlage nicht zu fordern war.

Als Nachweis der Erdbebensicherheit nach KTA 2201.1 (11/2010) /Z- 10/ ist auch ein
Plausibilitätsnachweis zulässig. Einem Erdbeben der Stufe VI entsprechend dem
Bemessungserdbeben ist gemäß DIN-EN-1998-1/NA (2011-01) /Z- 7/ keine be-
stimmte Horizontalbeschleunigung zugeordnet. Gemäß dieser im konventionellen
Bereich anzuwendenden Norm ist für die Auslegung gegen ein Erdbeben dieser Stu-
fe die Einhaltung der gewöhnlichen Bauvorschriften ausreichend und eine rechneri-
sche Auslegung nicht erforderlich.

Es kann daher nach Einschätzung des Sachverständigen ohne weitere Nachweise
davon ausgegangen werden, dass die Anlagenteile und baulichen Anlagen des BER-
II einem Bemessungserdbeben der Stufe VI widerstehen werden.

Sofern ein qualitativ höherer Schutz der Anlage im Sinne der Dokumentation zur Re-
geländerung der KTA 2201.1 /Z- 10/ gefordert wird, wäre eine Auslegung der Anlage
entsprechend dem kerntechnischen Regelwerk mit entsprechender Klassifizierung
der Anlagenteile und baulichen Anlagen, die zur Erreichung der Schutzziele und zur
Begrenzung der Strahlenexposition erforderlich sind, erforderlich.

2. *Welche Schäden an der Infrastruktur (z. B. Personalverfügbarkeit, Werkfeu-
erwehr, Zugänglichkeit der Anlage und der Gebäude, Werkstattgebäude, Ver-
fügbarkeit der Warte, der Notsteuerstelle und der Teilsteuerstellen, Verfügbar-
keit der Betriebsstoffe, Wasser- und Stromversorgung) wurden für den Fall
des Bemessungserdbebens unterstellt?*

Sachstand

Die Betreiberin erwartet bei einem Beben der Stärke IV mit einer Beschleunigung von $0,3 \text{ m/s}^2$ keine Schäden an der Infrastruktur.

Bewertung

Bei der Erdbebenintensitätsstufe VI (s.o.) ist nach DIN-EN-1998-1/NA /Z- 7/ die Auslegung gemäß den konventionellen Bauvorschriften ausreichend. Da zu unterstellen ist, dass die Anlage sowie die zugehörigen Infrastruktureinrichtungen den (aktuellen) Bauvorschriften genügen, ist auch davon auszugehen, dass durch ein Erdbeben der Stufe VI keine signifikanten Schäden an der Infrastruktur verursacht werden.

3. *Welche Folgeereignisse eines Bemessungserdbebens (z. B. Nachbeben, Bodenverflüssigung, Hangrutschungen, Absinken oder plötzliches Ansteigen des Wasserstandes im Vorfluter, Verblockung des Nebenkühlwasserzulaufs, Trümmerlasten, Folgebrände/-explosionen, Freisetzung von Gefahrstoffen, Lecks, Abschaltversagen, Versagen von Brandschutzmaßnahmen) sind am Standort und in dessen Umgebung möglich? Wie wurden diese Folgeereignisse in der Auslegung bzw. im Rahmen von Nachbewertungen berücksichtigt?*

Sachstand

Folgeereignisse des Bemessungserdbebens sind für den BER-II nicht beschrieben. Die Betreiberin führt hierzu aus, dass aufgrund der geografischen Lage des Reaktors Folgeereignisse eines Erdbebens nicht zu erwarten seien /U- 51/.

Bewertung

Bei der für das Bemessungserdbeben festzulegenden Intensitätsstufe VI sind wie oben bereits ausgeführt keine wesentlichen Schäden an Gebäuden und Anlagenteilen zu erwarten, mithin auch keine resultierende Folgeereignisse. Die Berücksichtigung von Bodenverflüssigung ist nach KTA2201.2 (6/90) /Z- 11 Punkt 5(2)/ nicht erforderlich, da von einer Horizontalbeschleunigung kleiner 1 m/s^2 auszugehen ist.

4. *Inwieweit wurden die Erkenntnisse aus den Nachbewertungen zur Standortgefährdung atomrechtlich umgesetzt?*

Sachstand

Es wurden keine Nachbewertungen durchgeführt.

Bewertung

Zum Nachweis des genehmigungskonformen Zustandes der Anlage war keine Nachbewertung erforderlich.

3.1.3 Auslegungsreserven

1. *Welche Auslegungsreserven sind für den Erhalt von Vitalfunktionen und die Verfügbarkeit hierzu erforderlicher Anlagenteile und baulicher Anlagen im Falle eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens noch vorhanden? Ab welcher Erdbebeneinwirkung bzw. Überschreitenswahrscheinlichkeit ist eine Beeinträchtigung von Vitalfunktionen zu erwarten?*

Sachstand

Eine Beschreibung des Anlagenverhaltens bei auslegungsüberschreitenden Erdbeben liegt nicht vor.

Die Betreiberin führt aus /U- 51/, dass bis zu einer Erbebenintensität der Stufe VII nicht mit einer Beeinträchtigung der vitalen Funktionen des BER-II zu rechnen sei. Ein Auslaufen von Beckenwasser durch die Strahlrohre sieht sie unter Verweis auf die zweite Barriere, die sich im Bereich der 2,1 m dicken Beckenwand befindet, als nicht möglich an. Die Betreiberin gibt ferner an, dass der BER II über Auslegungsreserven verfüge, die auch bei einer Erdbebenintensität größer als das Sicherheitserdbeben den Erhalt der vitalen Funktionen sicherstellen.

Bewertung

Bei Anwendung der KTA 2201.1 (11/2010) /Z- 10/ ist für ein auslegungsüberschreitendes Erdbeben eine minimale Intensität von VII anzunehmen, wofür nach /Z- 20/ Gebäudeschäden charakteristisch sind.

Als vitale Funktion ist der Erhalt des Beckenwassers mit ausreichender Wasserüberdeckung des Kerns zu betrachten. Hierfür sind keine aktiven Komponenten erforderlich, sondern nur die Integrität des Beckens als solches und der Barrieren gegen Beckenwasserverlust im Bereich der Strahlrohre sowie der Blind gesetzten ehemaligen Entleerungsleitung.

Dem Sachverständigen liegen keine Untersuchungen zu Auslegungsreserven des BER-II im Falle eines Erdbebens vor. Die Angaben der Betreiberin zum Erhalt des Beckenwassers wertet der Sachverständige als qualitativ, ein Nachweis liegt nicht vor. Die Annahme einer Auslegungsreserve erscheint jedoch plausibel, da zur Verletzung der Vitalfunktion infolge eines Versagens der Barrieren gegen Beckenwasserverlust gleichzeitig zwei Barrieren so stark beschädigt werden müssten, dass das resultierende Leck nicht überspeisbar ist. Der Sachverständige schätzt daher ein, dass zumindest für ein Erdbeben der Intensitätsstufe VII eine Auslegungsreserve vorhanden sein sollte. Ein entsprechender Nachweis würde aber detaillierte Untersuchungen voraussetzen.

2. *Ab welcher Größenordnung der Erdbebeneinwirkung (und welcher zugehörigen Überschreitenswahrscheinlichkeit) sind Schäden an der Infrastruktur (z. B. Personalverfügbarkeit, Werkfeuerwehr, Zugänglichkeit der Anlage und der Gebäude, Werkstattgebäude, Verfügbarkeit der Warte, der Notsteuerstelle und der Teilsteuerstellen, Verfügbarkeit der Betriebsstoffe, Wasser- und*

Stromversorgung) zu erwarten? Welche sicherheitstechnisch relevanten Maßnahmen und Personalhandlungen können dadurch beeinträchtigt werden?

Sachstand

Die Betreiberin gibt in /U- 51/ an, dass bei einer Erdbebenintensität von IX mit deutlichen Schäden an der Infrastruktur zu rechnen ist. Sie betrachtet die Folgen eines Ausfalls der Stromversorgung und kommt zu dem Schluss, dass dieser die vitalen Funktionen nicht gefährde.

Für eine Brandbekämpfung und technische Hilfe (wie z.B. Notstromversorgung, Beckenwassernoteinspeisung) steht nach Angaben der Betreiberin /U- 51/ die Betriebsfeuerwehr zur Verfügung. Es wird weiterhin vom Funktionserhalt der batterie- oder notstromversorgten Warn- und Meldeanlagen (ELA, BMA, RM, Funk) ausgegangen.

Bewertung

Da nach /Z- 20/ leichte bis mittlere Gebäudeschäden bereits ab einer Intensität größer als 6,5 zu unterstellen sind und ein rechnerischer Nachweis für die Anlage und die Infrastruktureinrichtungen nicht vorliegt, sind Schäden an der Infrastruktur aus Sicht des Sachverständigen ab dieser Intensität zu erwarten. Damit ist es aus seiner Sicht nicht ausreichend, Schäden erst ab einer Intensität der Stufe IX zu postulieren wie in /U- 51/ erfolgt.

Aussagen zum Grad der Schädigung oder dem Erhalt der Verfügbarkeit von Brand-, Warn- und Meldeanlagen können ohne entsprechende Nachweise nicht getroffen werden.

Die Beeinträchtigung von sicherheitstechnischen Maßnahmen und Personalhandlungen kann ohne entsprechende Untersuchungen nicht beurteilt werden. Hierfür wäre zu klären, ob sie die vitalen Funktionen, das Verhalten bei Stör- und Unfällen oder den anormalen Betriebszustand des BER II betreffen. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass zum Erhalt der vitalen Funktionen Infrastruktureinrichtungen, insbesondere die Stromversorgung, nicht erforderlich sind. Eine ggf. notwendige Notstromversorgung zur Umsetzung von Notfallmaßnahmen kann durch mobile Geräte zum Beispiel der Feuerwehr sichergestellt werden, vergleiche hierzu Kapitel 8 der vorliegenden Stellungnahme.

- 3. Welche Folgeereignisse eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens (z. B. Nachbeben, Bodenverflüssigung, Hangrutschungen, Absinken oder plötzliches Ansteigen des Wasserstandes im Vorfluter, Verblockung des Nebenkühlwasserzulaufs, Trümmerlasten, Folgebrände/ -explosionen, Freisetzung von Gefahrstoffen, Lecks, Abschaltversagen, Versagen von Brandschutzmaßnahmen) sind für den Standort in Betracht zu ziehen?*

Sachstand

Es liegen keine Angaben zu anzunehmenden Folgeschäden vor.

Die Betreiberin gibt an /U- 51/, dass Folgeerscheinungen aufgrund der geografischen Lage und der technischen Ausrüstung des Reaktors nicht möglich sind. Ein Abschaltversagen ist ihrer Auffassung nach auch bei größeren Erdbeben nicht möglich. Bei einem angenommenen Abschaltversagen erwartet sie keine wesentlichen Schäden, die Gefahr eines Freilegens des Reaktorkerns soll unter diesen Bedingungen nicht bestehen.

Bewertung

Ein auslegungsüberschreitendes Erdbeben entspricht mindestens der Intensitätsstufe VII. Ohne entsprechende Nachweise muss von Trümmerlasten, Folgebränden, Freisetzung von Gefahrstoffen, Lecks und Versagen von Brandschutzmaßnahmen ausgegangen werden.

Aufgrund der kurzen Fallzeiten der Steuerstäbe erscheint ein Abschaltversagen zwar wenig wahrscheinlich, umgekehrt ist aber nicht nachgewiesen, dass ein Abschaltversagens sicher auszuschließen ist. Insofern ist mit Blick auf die Robustheit der Anlage die von der Betreiberin zitierte Untersuchung /U- 19/ bei der Bewertung zu berücksichtigen.

Für den Referenzkern wird mit Bezug auf /U- 19/ ausgesagt, dass keine wesentlichen Schäden verursacht werden, wenn die Steuerstäbe nicht einfallen und zusätzlich ein Ausfall der Primärpumpen auftritt. In /U- 19/ wird jedoch eine stets verfügbare Plattenkühlung bei einer entsprechenden Wasserüberdeckung angenommen. Der Fall einer Kühlkanalbehinderung oder -verstopfung wird nicht diskutiert, aber auch nicht als nicht zu betrachten ausgeschlossen. In diesem Fall sind Brennelementschäden aufgrund lokaler Überhitzung vorstellbar /U- 9/, was nach Ansicht des Sachverständigen je nach Umfang einen wesentlichen Schaden darstellen kann. Der Sachverständige schätzt jedoch ein, dass hierdurch eine Verletzung oder Beeinträchtigung der vitalen Funktionen des BER II nicht erfolgt.

4. *Welche Untersuchungen wurden hinsichtlich der möglichen Folgen eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens für Kernschäden oder Schäden an Brennelementen im Brennelementlagerbecken durchgeführt?*

Sachstand

Explizite Untersuchungen zu Kernschäden oder Schäden an Brennelementen aufgrund eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens liegen nicht vor.

Die Folgen eines Abschaltversagens nach Ausfall aller Kühlmittelpumpen werden in /U- 19/ behandelt. Verschiedene Fälle von schweren Kernschäden werden zusammen mit verschiedenen Freisetzungsszenarien in /U- 3/ bei der Untersuchung von Flugzeugabstürzen behandelt.

Bewertung

Die Definition der vitalen Funktionen des BER II gemäß Kap. 2 lässt Kernschäden bis hin zur Kernschmelze unter Wasser zu. Zum Erhalt der vitalen Funktionen ist lediglich die Integrität von Reaktorbecken, Absetzbecken und Umsetzbecken in dem Ma-

ße erforderlich, dass eine eventuelle Kernschmelze von einer hinreichenden Wassersäule bedeckt ist. Für ein auslegungsüberschreitendes Erdbeben ist bislang aber nicht nachgewiesen, dass die Wasserüberdeckung des Kern sichergestellt ist.

3.1.4. Notfallmaßnahmen

Die Fragen zu diesem Kapitel werden von der Betreiberin in /U- 51/ zusammenfassend beantwortet.

1. *Welche Maßnahmen sind zur Beherrschung des Ausfalls von Vorsorgemaßnahmen (VM) aufgrund eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens vorgesehen?*
2. *Welche Notfalleinrichtungen sind gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt?*
3. *Bis zu welcher Erdbebenstärke sind die Notfallmaßnahmen durchführbar? Welche Voraussetzungen (z.B. Personal und Infrastruktur) sind für deren Durchführung notwendig?*
4. *Wie lange sind diese Maßnahmen ohne technische Unterstützung von außen durchführbar?*
5. *Welche Maßnahmen sind bereits beantragt, aber noch nicht umgesetzt? Inwieweit sind dabei Schäden an der Infrastruktur berücksichtigt? Inwieweit sind dabei Folgeschäden (z.B. Brände) berücksichtigt.*

Sachstand

Die Betreiberin gibt an, dass für den Fall des Bemessungserdbebens keine Notfallpläne erforderlich sind. Für auslegungsüberschreitende Ereignisse existiert ein Katastrophenschutzplan, in dem Notfallmaßnahmen festgelegt sind, welche regelmäßig geübt werden. Neben dem bei Reaktorbetrieb in ständiger Rufbereitschaft stehenden Personal kann zusätzliches Personal über eine Alarmierungsliste benachrichtigt werden. Für die HZB-eigene Betriebsfeuerwehr wird auf die kurzfristige Verfügbarkeit (innerhalb weniger Minuten) an jedem Ort auf dem Gelände und deren technisches Gerät hingewiesen. Außerdem werden die Vorsorgemaßnahmen zur Einbindung der Berliner Feuerwehr in die Notfallmaßnahmen dargestellt. Für eine detaillierte Darstellung verweist die Betreiberin auf Kapitel 8 ihres Berichtes /U- 51/.

Bewertung

Zu Frage 1:

Die zu ergreifenden Maßnahmen sind den allgemeinen Notfallmaßnahmen zuzuordnen, speziell vorgesehene Maßnahmen im Fall eines Erdbebens sind nicht beschrieben. Die von der Betreiberin in /U- 51/ dargestellten Alarmierungsmöglichkeiten und Kommunikationswege sowie die beschriebene Einweisung der externen Feuerwehr sind als sinnvolle Vorbereitungsmaßnahmen anzusehen.

Als auslegungsüberschreitendes Erdbeben ist bereits ein Erdbeben der Stärke VII anzusehen. Bei dieser Stärke ist noch nicht von einer Nichtverfügbarkeit der Kommunikationsmittel sowie der Zugänglichkeit zu den entsprechenden Einsatzorten auszugehen.

Zu Frage 2:

Der BER II weist keine rechnerische Auslegung gegenüber Erdbeben auf. Bei Anwendung der KTA 2201.1 (11/2010) /Z- 10/ wird für das Bemessungserdbeben die Stufe VI zugrunde gelegt. Nach DIN-EN-1998-1/NA:2011-01 /Z- 7/ ist für diese Intensität die Auslegung gemäß der konventionellen Bauvorschriften ausreichend.

Zu Frage 3:

Ohne rechnerischen Nachweis kann von einer Durchführbarkeit von Notfallmaßnahmen, die noch zu definieren wären, oberhalb einer Intensitätsstufe von 6,5, ab der gemäß dem konventionellen Regelwerk über die gewöhnlichen Bauvorschriften hinausgehende Nachweise geführt werden müssten, nicht pauschal ausgegangen werden. Eine Nachspeisung von Wasser in das Reaktorbecken sollte auch nach einem Erdbeben der Stärke VII grundsätzlich (ggf. unter Nutzung von mobilen Gerätschaften) möglich sein.

Zu Frage 4:

Sofern Notfallmaßnahmen überhaupt verfügbar sind, ist deren Einsatzfähigkeit von der Verfügbarkeit von Betriebs- und Hilfsstoffen sowie ggf. von Wasser abhängig. Eine pauschale Beantwortung dieser Frage ist erst möglich, wenn Notfallmaßnahmen definiert wurden. Bezüglich der Parameter mobiler Verbraucher wird auf Kapitel 8 verwiesen.

Zu Frage 5:

Es sind keine Maßnahmen beantragt.

3.1.5. Einhaltung der Bewertungskriterien der RSK

Unter Zugrundelegung der Bewertungskriterien der RSK /U- 2/ ergibt sich auf der Basis der oben dargestellten Sachverhalte folgende Einschätzung:

Basislevel:

Anforderung:

Die Sicherheit der Anlage ist für ein Erdbeben mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit $10^{-5}/a$ nachgewiesen.

Die Einhaltung des Basislevels ist zwar formal im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nicht nachgewiesen worden, da festgestellt wurde, dass eine Auslegung der Anlage über die Forderungen der konventionellen Bauvorschriften hinaus nicht erforderlich ist. Nach Einschätzung des Sachverständigen kann aber aufgrund der geringen Intensität des anzunehmenden Bemessungserdbebens (Intensitätsstufe VI) und der damit verbundenen geringen Auswirkungen auf Gebäude, die den konventionellen Bauvorschriften genügen, davon ausgegangen werden, dass die Schutzziele und damit auch die Vitalfunktionen nicht verletzt werden.

Die geforderte maximale Überschreitenswahrscheinlichkeit beträgt 10^{-5} pro Jahr. Eine spezielle Untersuchung zur Ermittlung der Überschreitenswahrscheinlichkeit liegt nicht vor. Da sich die Höhe des Bemessungserdbebens aber aus der Minimalforderung der KTA 2201.1 (11/2010) ergibt und eine Stufe höher ist als die sich aus Beobachtungen ergebende, deterministisch bestimmte Intensitätsstufe, kann angenommen werden, dass die zulässige Überschreitenswahrscheinlichkeit unterschritten wird.

Dem beim Nachweis des Basislevels zu betrachtenden Erdbeben wurde vom Sachverständigen bei sinngemäßer Anwendung der KTA 2201.1 (11/2010) /Z- 10/ eine Intensitätsstufe VI zugeordnet. Der Sachverständige sieht daher für den BER II den Basislevel als erfüllt an.

Level 1:

Anforderung:

Es werden Auslegungsreserven gegenüber dem anlagenspezifisch nach Stand von Wissenschaft und Technik ermittelten Erdbeben, Basis: Überschreitungswahrscheinlichkeit $10^{-5}/a$ derart ausgewiesen, dass auch bei einer um eine Intensitätsstufe erhöhten Intensität die vitalen Funktionen zur Erhaltung der Schutzziele sichergestellt sind. Dabei können auch wirksame Notfallmaßnahmen berücksichtigt werden.

Aus der Zuordnung der Intensität VI zu dem Erdbeben, dem eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von maximal 10^{-5} pro Jahr zuzuordnen ist, ergibt sich, dass zur Einhaltung von Level 1 Auslegungsreserven für ein Erdbeben der Intensität VII ausgewiesen werden müssen

Ein *Nachweis* der Sicherstellung der vitalen Funktionen des BER II liegt weder für eine Intensität der Stufe VII noch für die nach konventionellem Regelwerk bei einem Erdbeben der Stufe VII zu erwartenden Beschleunigungen vor. Mithin kann die Erfüllung des Levels 1 nicht auf der Basis von rechnerischen oder sonstigen Nachweisen in vorgelegten Unterlagen bestätigt werden.

Der Sachverständige weist jedoch darauf hin, dass aufgrund der Tatsache, dass die Intensität des Bemessungserdbebens auf der Basis der Minimalforderung nach KTA 2201.1 (11/2010) /Z- 10/ festgelegt wurde, die deterministische Analyse eine Intensität von V ergab und eine probabilistische Untersuchung nicht vorliegt, nicht auszuschließen ist, dass das zur Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10^{-5} 1/a gehörende Beben eine Intensitätsstufe von V aufweist und mithin die Ausführungen zum Basislevel für den Level 1 zutreffen sind. Eine abschließende Klärung dieser Frage würde weiterführende Betrachtungen voraussetzen.

Level 2:

Anforderung:

Es werden Auslegungsreserven gegenüber dem anlagenspezifisch nach Stand von Wissenschaft und Technik ermittelten Erdbeben, Basis: Überschreitungswahrscheinlichkeit $10^{-5}/a$ derart ausgewiesen, dass auch bei einer um zwei Intensitätsstufen erhöhten Inten-

sität die vitalen Funktionen zur Erhaltung der Schutzziele sichergestellt sind. Dabei können auch wirksame Notfallmaßnahmen berücksichtigt werden.

Aus der Zuordnung der Standortintensität VI zum Basislevel ergibt sich, dass es zur Einhaltung von Level 2 erforderlich ist, Auslegungsreserven für ein Erdbeben der Standortintensität VIII derart auszuweisen, dass die vitalen Funktionen zur Erhaltung der Schutzziele, ggf. bei Berücksichtigung wirksamer Notfallmaßnahmen, sichergestellt sind.

Ein rechnerischer oder sonstiger plausibler Nachweis des Erhalts der vitalen Funktionen sowie der Durchführbarkeit vorgesehener Notfallmaßnahmen für eine Erdbebenintensität der Stufe VIII liegt nicht vor. Die Erfüllung des Levels 2 kann daher nicht bestätigt werden.

Level 3:

Anforderung:

Erdbeben mit einer Intensität größer Level 2 sind am Standort praktisch auszuschließen.

Alternativ werden Auslegungsreserven gegenüber dem anlagen-spezifisch nach Stand von Wissenschaft und Technik ermittelten Erdbeben, Basis: Überschreitungswahrscheinlichkeit 10^{-5} 1d/a derart ausgewiesen, dass auch bei einer um zwei Intensitätsstufen erhöhten Intensität die vitalen Funktionen zur Erhaltung der Schutzziele sichergestellt sind. Dies wird durch vorhandene Sicherheitssysteme gewährleistet.

Der Nachweis, dass ein Erdbeben mit einer Standortintensität größer VIII praktisch ausgeschlossen werden kann, wurde nicht geführt.

Sicherheitssysteme, die im Falle eines Erdbebens den Erhalt der vitalen Funktionen gewährleisten, sind am BER-II nicht vorhanden. Dies resultiert schon allein daraus, dass keine aktiven Funktionen zum Erhalt der vitalen Funktion aufrecht erhalten werden müssen.

Die Erfüllung des Levels 3 kann nicht bestätigt werden, weil hierzu keine entsprechenden Aussagen vorliegen.

3.2 Hochwasser

Im Zusammenhang mit den Ereignissen in Fukushima-I wurde als wesentliches Auslegungsmerkmal einer Anlage der Schutz gegen Hochwasser eingestuft.

Für Kernkraftwerke, die ihr Kühlwasser entweder über Flüsse oder das Meer beziehen, ist aufgrund der sich daraus ergebenden Lage der Anlagen ein Hochwasserszenario in Betracht zu ziehen. Der Forschungsreaktor BER II hat jedoch keinen Kühlkreislauf, der eine Anbindung an ein Gewässer erfordern würde, sondern er führt die Wärme über einen Kühlturm ab.

Da beim BER II keine Anbindung an ein Gewässer vorhanden ist, konnte eine Lage für den Reaktor gewählt werden, die mit einem Höhenunterschied von ungefähr 20 Metern über den benachbarten Gewässern keinerlei Hochwassergefährdung bietet.

Die auf der Grundlage der Vorgaben der RSK im Stresstest zu behandelnden Fragen zum Hochwasser wurden dennoch auf Anwendbarkeit geprüft, um alle mit erhöhten Wasserständen verbundene Risiken zu betrachten. Soweit solche in Betracht zu ziehen sind, werden sie in angemessener Weise an den entsprechenden Stellen dieses Berichtes behandelt. Die Fragen des Kapitels 3.2 des Anforderungskatalogs /U- 1/ behandelt der Sachverständige zusammenfassend.

Sachstand

Bezüglich des Hochwassers geht die Betreiberin in /U- 51/ auf die geographische Lage des Standortes ein und stellt dar, dass am Standort ein Hochwasser ausgeschlossen werden kann. Die Sicherheit der Einrichtungen gegen Überflutungen aufgrund anderer Ursachen (Starkregen, Rohrleitungsbrüche) behandelt sie im Zusammenhang mit sonstigen naturbedingten Einwirkungen. Dabei vergleicht sie die Auswirkungen möglicherweise durch Türspalte eindringenden Regenwassers mit den Auswirkungen durch den Bruch einer Wasserleitung, die in /U- 16/ behandelt werden und schließt auf der Grundlage dieser Betrachtungen eine Beeinträchtigung der vitalen Funktionen aus.

Bewertung

Auch aus der Sicht des Sachverständigen erübrigt es sich, ein Risiko durch Hochwasser in Erwägung zu ziehen. Der Forschungsreaktor liegt mit 50 m über N.N. ca. 15 m über der mittleren Höhenlage von Berlin und ca. 20 m über den benachbarten Seen und dem Teltowkanal.

Damit ist es auch nicht erforderlich, auf die Fragen der Auslegung, der Auslegungsreserven und der Notfallmaßnahmen für den Hochwasserfall einzugehen.

Auf die Auswirkung eines möglichen Rückstaus von Regenwasser wird im Abschnitt 3.3 der vorliegenden Stellungnahme eingegangen.

3.2.1 Einhaltung der Bewertungskriterien

In Bezug auf die Robustheit der Anlage genügt diese aufgrund der Topographie dem Level 3.

Auf die Feststellung der Betreiberin, die Auswirkungen eines Rohrleitungsbruchs seien mit der Überflutung einzelner Bereiche durch eindringendes Regenwasser äquivalent, wird in Kapitel 3.3 der vorliegenden Stellungnahme eingegangen.

3.3 Sonstige naturbedingte Einwirkungen

Zu den möglichen Folgen durch naturbedingte Einwirkungen, zu denen nach Vorgaben der RSK u.a. Stürme, Schneelasten, sehr hohe oder niedrige Lufttemperaturen, extreme Trockenheit, anlagenexterne Brände, Starkregen, Blitz, gefrierender Regen und biologische Phänomene zu zählen sind, sind anlagen- und standortspezifische Betrachtungen erforderlich.

Sachstand

Die Betreiberin stellt in /U- 51/ fest, dass das Reaktorgebäude nach der Bauordnung von Berlin aus dem Jahre 1971 und den einschlägigen Normen für den Stahlbau, die Windlast und die Schneelast errichtet worden und für einen Staudruck von 8 mbar, entsprechend einer Windgeschwindigkeit von 128,9 km/h, bei einem Sicherheitsfaktor von 1,7 ausgelegt sei. Durch einen Vergleich der Normen, die zum Zeitpunkt der Errichtung gültig waren, mit den aktuell im Baurecht verwendeten Normen hat sie überprüfen und bestätigen lassen /U- 36/, dass die Auslegung noch dem heutigen Stand der Technik unter Berücksichtigung der lokal zu unterstellenden Lastannahmen entspricht.

Sie vergleicht darüber hinaus die Auslegung mit den Windgeschwindigkeiten von zwei Orkanen, die in den Jahren 1990 und 2007 in Berlin aufgetreten sind und bei denen Windgeschwindigkeiten bis 146 km/h (allerdings nicht am Standort der Anlage) gemessen und durch die keinerlei Schäden an der Anlage hervorgerufen worden seien.

Zur Auslegung der Statik des Kamins legt die Betreiberin einen Prüfbericht aus dem Jahr 1989 /U- 37/ vor, in der eine Windlast von 1,05 kN/m² in Geländehöhe unterstellt wurde.

Hohe Temperatur und hohe Luftfeuchtigkeit sollen nach /U- 51/ keinen Einfluss auf die Sicherheit der Instrumentierungen haben, da Systeme außerhalb der Gebäude nur der QS – Stufe AS3 zugeordnet seien und somit weder sicherheitstechnische Bedeutung hätten, noch dem Schutz der Anlage gegen Schäden dienen.

Auch bei niedrigen Temperaturen, niedrigen Wasserständen und extremer Trockenheit werden Auswirkungen auf die Anlage ausgeschlossen. Lediglich im Falle der Beeinträchtigung von Arbeitsbedingungen in der Anlage wird das Abfahren des Reaktors als Maßnahme in Erwägung gezogen.

Anlagenexterne Brände sind nach der Einschätzung der Betreiberin in /U- 51/ durch die Betriebsfeuerwehr und die Berliner und die Potsdamer Feuerwehr, ggf. unter Einsatz von Löschhubschraubern sicher beherrschbar und würden ebenfalls die vitalen Funktionen der Anlage nicht gefährden. Den Abstand zu größeren Waldflächen sieht die Betreiberin weiterhin im Bereich von mindestens 400m, was der Auslegung zum Zeitpunkt der Begutachtung entspricht. Bereits in /U- 10/ wurden Auswirkungen durch anlagenexterne Brände aufgrund der Lage der Anlage zu den nächstgelegenen Grasflächen und Bäumen als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt.

Zur Berücksichtigung der bei einem zu unterstellenden Starkregen resultierenden Last auf das Reaktorgebäude und die Experimentierhalle wurde die 1984/1985 vorgenommene Entlastung der Dächer durch Entfernung der Kiesschüttungen berechnet und die dadurch entstandene Lastreserve ermittelt. Für den Starkregen wurde dazu unterstellt, dass die vorgesehenen Entwässerungsleitungen verstopft seien und durch Notüberläufe gesichert werden muss, dass ein mittlerer Wasserstand auf den Dächern von 5 cm nicht überschritten wird. Durch den Einbau zusätzlicher Notüberläufe soll damit auch für den Lastfall "Jahrhundertregen" ausgeschlossen werden, dass sich ein höherer Wasserstand auf den Dächern einstellen kann die daraus zu berechnenden Lasten überschritten werden.

Die nach der aktuellen Norm zu berücksichtigende Schneelast wird in /U- 36/ mit der zum Zeitpunkt der Errichtung der Gebäude berücksichtigten Schneelast verglichen und festgestellt, dass sich die Anforderungen verringert haben und darüber hinaus die zu erwartende Schneelast mit $0,68 \text{ kN/m}^2$ geringer ist, als die Entlastung durch die Entfernung der Kiesschüttung.

Bewertung

Zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Standfestigkeit der Anlage bei Windlasten hat die Betreiberin in /U- 36/ die Lastannahmen, die in den zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlage geltenden Normen festgelegt waren, mit den Lastannahmen verglichen, die nach den aktuell gültigen Normen gelten. Anhand dieses Vergleichs belegt sie aus Sicht des Sachverständigen zutreffend, dass die Anlage in Bezug auf die zu unterstellenden Windlasten dem aktuellen Regelwerk genügt.

Bei Anwendung der aktuell gültigen DIN EN 1991-1-4/NA zur erforderlichen Auslegung der Anlage gegen Windlasten die Windgeschwindigkeiten und Winddrücke ist der Standort der Windzone 2 (WZ 2) zuzuordnen, für die eine Basiswindgeschwindigkeit von 25 m/s und ein Geschwindigkeitsdruck von $0,39 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen ist. Für Gebäude bis zu einer Höhe von 25 m , auf die Anlage also anwendbar, sind nach dieser Norm vereinfachte Annahmen für die Berechnung der Böenwindgeschwindigkeit zulässig. Demnach ergibt sich für das Binnenland in der Windzone 2 ein anzunehmender Geschwindigkeitsdruck von $0,9 \text{ kN/m}^2$ (entsprechend 9 mbar), der zwar die nominale Auslegung überschreitet, jedoch innerhalb des mit dem Sicherheitsfaktor multiplizierten Wertes der nominalen Auslegung des Reaktorgebäudes liegt.

Legt man zur Bewertung der Robustheit der Anlage die nächst höhere Windzone (WZ 3) oder sogar den Level 2 die Windzone 4 (WZ 4) zugrunde, so wären Winddrücke von $1,1 \text{ kN/m}^2$ bzw. $1,3 \text{ kN/m}^2$ zu erwarten. Auch diese Werte liegen unterhalb des oben genannten Produktes aus Nominalwert und Sicherheitsfaktor.

Damit kann von einer ausreichenden Robustheit des Reaktorgebäudes gegen Sturm ausgegangen werden.

Die Anwendung der DIN 4133 /Z- 3/ auf die Auslegung des Kamins in /U- 37/ erfolgte unter Verwendung der Windgeschwindigkeiten für die nach dieser Norm richtig anzunehmende Windzone 2, für die ein Staudruck $q_0=1,05 \text{ kN/m}^2$ angenommen wurde. Aus dem von der Betreiberin vorgelegten Prüfbericht geht nicht hervor, ob für den Kamin die Ermüdungsbeanspruchung betrachtet worden ist; es ist aber ausreichend, diese Frage im Rahmen der Aufsicht zu klären.

Zur Auslegung gegen Schneelasten wird in /U- 36/ entsprechend der Norm /Z- 4/ der Nachweis erbracht, dass die Auslegung des Daches den Anforderungen für den Standort entspricht. Dies gilt auch dann noch, wenn man aufgrund der vorhandenen Attika auf die Minderung der Schneehöhe durch den Formbeiwert für Flachdächer verzichtet.

Bei Anwendung der DIN EN 1991-1-3 /Z- 2/ werden nach dem nationalen Anhang DIN EN 1991-1-3/NA die für den Standort zu berücksichtigende Schneelasten mit $0,85 \text{ kN/m}^2$ angegeben. Das Reaktorhallendach ist nach /U- 36/ aufgrund der Eigenlastreduktion mindestens für eine zusätzliche statische Flächenlast von $1,1 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt, die einer typischen Schneehöhe von $0,55 \text{ m}$ entspricht. Grundsätzlich ist eine Überlastung durch frühzeitige Beräumung des Daches von Schnee zu vermeiden. Es sind aber auch extreme Wetterbedingungen in Betracht zu ziehen, wie die Entstehung von Eisregen, die eine Beräumung verhindern oder zumindest erschweren. Die Untersetzung dieser Anforderung im betrieblichen Regelwerk ist im aufsichtlichen Verfahren noch nachzuvollziehen.

Mit den vorliegenden Angaben ist für die Belastung durch Starkregen und extreme Schneefälle der Nachweis erbracht, dass die Dächer des Reaktorgebäudes und der Experimentierhalle der dabei zu unterstellenden Belastung standhalten. Berücksichtigt ist dabei, dass aufgrund der vorhandenen und der nachzurüstenden Notabläufe sichergestellt werden kann, dass selbst bei dem extremen Szenarium des Jahrhundertregens ein Ansteigen des Wasserstandes auf dem Dach über den zulässigen Maximalstand hinaus zuverlässig verhindert wird.

Hohe Außentemperaturen können während des Reaktorbetriebs dazu führen, dass die Wärme über die Kühltürme nicht in ausreichendem Maße abgeführt werden kann. Als Folge kann sich daraus die Notwendigkeit einer Leistungsreduzierung des Reaktors ergeben. Dem wird entsprochen, wenn der Temperaturanstieg in der dafür vorhandenen Instrumentierung festgestellt wird. Im Extremfall müsste der Reaktor abgeschaltet werden, wobei auf die Verfügbarkeit des Kühlturmkreislaufs danach gänzlich verzichtet werden könnte.

Weitere zu betrachtende Auswirkungen hoher Temperaturen sind mögliche Temperaturanstiege in den Schalträumen und in den Warten, die beispielsweise aus Leistungsgrenzen oder dem Ausfall der Kaltwasserversorgung resultieren könnten. Alle relevanten Temperaturen werden jedoch überwacht und führen bei Überschreitung festgelegter Grenzwerte zu Störmeldungen. Sofern die Ursachen nicht zu beseitigen sind, ist der Reaktor abzuschalten. Weitergehende Folgen hoher Außentemperaturen sind aus der Sicht des Gutachters nicht zu betrachten.

Somit ist die Robustheit der Anlage gegen hohe Außentemperaturen zu unterstellen.

Bei extrem tiefen Temperaturen ist es bei Nichtbetrieb des Reaktors erforderlich, die Kühlturmbecken zu beheizen, um ein Einfrieren zu verhindern. Unterstellt man einen Ausfall der Heizung, bedingt durch einen Defekt oder einen Ausfall der Stromversorgung, dann hätte dies möglicherweise eine Beschädigung des Kühlturmkreislaufs zur Folge, Auswirkungen auf den Reaktor sind dabei jedoch auch hierbei nicht zu unterstellen, da lediglich ein wieder Anfahren dadurch ausgeschlossen würde. Bei Leistungsbetrieb des Reaktors ist auch bei Ausfall der Heizung ein Einfrieren nicht zu

unterstellen. Dies könnte lediglich bei einem Nullleistungsbetrieb möglich sein, wobei dann die Steigerung der Reaktorleistung auszuschließen wäre.

Für den Fall des Ausfalls der Warmwasserversorgung ist bei tiefen Temperaturen mit der Unterschreitung der Mindesttemperaturen für die Luftzufuhr zu den Lüftungsanlagen zu rechnen. Als sicherheitstechnisch wichtig ist diese Temperatur jedoch nicht eingestuft. Auswirkungen auf Systeme, die zur Aufrechterhaltung der Vitalen Funktionen erforderlich sind, sind nicht zu unterstellen.

Die Robustheit der Anlage gegen extrem niedrige Außentemperaturen ist aus der Sicht des Gutachters gewährleistet.

Gegen Einwirkungen durch Blitzschlag ist der Forschungsreaktor mit einer Blitzschutzanlage ausgestattet, die laut /U- 10/ für den äußeren Blitzschutz im Bereich des Reaktorgebäudes, der Maschinenhäuser und des Mess- und Regelhauses einen Abschirmkäfig mit einer Maschenweite von 3 m x 3 m besitzt. Für die anderen Gebäude soll die Maschenweite 9 m x 9 m betragen. Für den inneren Blitzschutz liegen eine Innenerdung und ein Potentialausgleich vor.

Für den Fall eines anlagenexternen Brandes geht die Antragstellerin in /U- 51/ davon aus, dass diese Brände durch die Betriebsfeuerwehr und die Berliner Feuerwehr zu löschen seien. Im Sicherheitsbericht wird für einen unterstellten Brand des umliegenden Waldes von einem Abstand von etwa 400 m ausgegangen und daraus geschlossen, dass eine Gefährdung des Forschungsreaktors undenkbar sei. In /U- 10/ wird dazu ausgeführt, dass der Gutachter zwar ebenfalls der Auffassung sei, dass die Übertragung eines Brandes unwahrscheinlich sei und er die Vorsorge als ausreichend ansehe, jedoch empfiehlt er, Regelungen in das BHB aufzunehmen, dass bei Funktionsbeeinträchtigungen an angrenzenden Gebäuden der Reaktorbetrieb einzustellen sei.

Beim Vergleich des aktuellen Bewuchses der Umgebung mit den oben genannten Annahmen, ist festzustellen, dass sich auch innerhalb des betrachteten Abstandes von 400 m noch nennenswerter Baumbestand befindet, der aber nicht die Dichte eines Waldes aufweist. Damit ist der Auffassung der Betreiberin zu folgen, dass in diesem Bereich auftretende Brände durch die zur Verfügung stehenden Feuerwehren gelöscht werden können und keine Gefahr für die Anlage darstellen. Aufgrund eines vorhandenen Meldesystems, kann sicher davon ausgegangen werden, dass die Reaktorwarte frühzeitig über alle externen Gefahren vom Objektschutzpersonal informiert wird, insbesondere auch über Gefahren durch Brände.

3.4 Einwirkungskombinationen

Nach /U- 1/ sind Kombinationen naturbedingter Einwirkungen von außen zu betrachten, die in einem kausalen Zusammenhang stehen. Dabei ist neben den Fragen des unmittelbaren Zusammenwirkens der Ereignisse insbesondere auch die Verfügbarkeit von Notfallmaßnahmen zu prüfen, sofern solche bei der Kombination der Ereignisse erforderlich werden können.

Sachstand

In /U- 51/ wird die Einwirkungskombination von Erdbeben und Hochwasser für den Standort ausgeschlossen.

Für andere Einwirkung sieht die Betreiberin zwar grundsätzlich ein gleichzeitiges Auftreten als möglich oder teilweise sogar als wahrscheinlich an, sieht aber die daraus entstehenden Belastungen als voneinander unabhängig und nicht als sich gegenseitig verstärkend an.

Nach der Auffassung der Betreiberin sei eine Berechnung von Einwirkungskombinationen nach DIN - Normen nicht vorgesehen, jedoch werde durch regelmäßige Wartung und Instandhaltung einem Versagen der Konstruktionen bei Extremwetterereignissen vorgebeugt.

Auch die bei extremer Wetterlage mögliche Erschwerung der Zufahrt zum Gelände durch Sturmschäden wurde von ihr als nicht kritisch betrachtet, da zwei unabhängige Zufahrtswege existierten und auf dem Gelände Fahrzeuge der Betriebsfeuerwehr stationiert seien.

Bewertung

Einwirkungskombinationen sind grundsätzlich nach den aktuellen Normen zu berücksichtigen, wobei aus der Sicht des Gutachters im Wesentlichen die Kombinationen von extremen Lasten durch Schnee oder Starkregen mit einem Sturm in die Auslegung eingehen sollten. Eine Bewertung dieser Kombinationen auf der Grundlage von /Z- 6/ liegt zwar nicht vor, jedoch sollte aufgrund der vorhandenen Auslegungsréserven auch für die zu betrachtenden Kombinationen der Einwirkungen ein Versagen der Anlagen auszuschließen sein. Auch die Kombination von Ereignissen, die einerseits die Anlage betreffen, andererseits die Ressourcen der Notfall- oder Versorgungseinrichtungen, wie der Ausfall der Stromversorgung oder das Einfrieren der Wasserversorgung, führt nicht zu einer Beeinträchtigung der Sicherheit der Anlage, da die hier zu betrachtenden Einwirkungen nicht zu einer Situation führen, in der nicht auf die Notfall- oder Versorgungseinrichtungen verzichtet werden könnte. Dies ist insbesondere durch Abschalten der Anlage zu gewährleisten.

4 Zivilisatorisch bedingte Einwirkungen von außen

4.1 Flugzeugabsturz

4.1.1 Schutzgrad der Anlage gegen Flugzeugabsturz

1. *Welche Absturzszenarien wurden zugrunde gelegt (betroffene Gebäude, Anlagenteile)?*

Sachstand

Die Betreiberin führt hierzu in /U- 51/ aus, dass in der Vergangenheit 22 Unfallszenarien analysiert wurden.

In /U- 3Abschnitt 4.2/ wird ausgeführt, dass bei einem Absturz eines Hubschraubers das Reaktorhallendach durchschlagen werden kann und der Hubschrauber direkt in das Betriebsbecken hineinfallen kann. Stürzt ein Hubschrauber neben das Reaktorbecken und trifft ein Wrackteil auf die Beckenwandung, soll ein gewisser Kühlmittelverlust nur im Bereich des dünnwandigen Teils des Beckens denkbar sein. Ist das Betriebsbecken betroffen, so soll es zu einer Unterbrechung oder Beeinträchtigung der Kühlung in einigen Bereichen des Kerns kommen können.

In /U- 3Abschnitt 5/ werden auf der Basis von Last-Zeit Funktionen der Absturz eines Flugzeugs vom Typ Phantom II und Boeing 707-320 als den weiteren Betrachtungen zugrunde zu legen identifiziert. Die relevanten Absturzrichtungen werden in /U- 3 Abschnitt 5.3.1/ diskutiert. Grundsätzlich soll ein Flugkörper aus jeder beliebigen Richtung und unter jedem beliebigen Winkel auf die Reaktorhalle auftreffen können. Für 13 betrachtete Abstürze von Flugzeugen des Typs Phantom soll der Absturzwinkel im Mittel $42^{\circ} \pm 14^{\circ}$ betragen haben. Für entsprechende Annahmen zu Absturzwinkeln und zu betrachtende Flächen verweist die Unterlage auf die Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Für den schrägen Absturz werden mögliche Abschattungen durch Gebäude beschrieben, im weiteren aber konservativ nicht mehr verfolgt. Im Falle eines Treffers an der Beckenanlage wird ein Verschieben des Reaktorblocks als prinzipiell möglich beschrieben. Wird der obere Teil der Beckenanlage belastet, sind hier Schäden in Verbindung mit Leckagen nicht auszuschließen. Für den Absturz aus westlicher Richtung wird in /U- 3 Abschnitt 5.4/ das Verhalten des Betons untersucht und zusammenfassend festgestellt, dass auf der Basis von Experimenten gesagt werden könne, dass der dickwandige Beckenbereich vom Flugzeug oder von Wrackteilen nicht durchschlagen werden würde, ein rechnerischer Nachweis jedoch nicht zu führen ist. Bezüglich der Strahlrohre wird zwischen Strahlrohren in weit in den Beton hineinreichenden Nischen und den restlichen Strahlrohren unterschieden. Für die in den tiefen Nischen befindlichen Strahlrohren wird festgestellt, dass die Betonwand dort nicht in der Lage ist, die Kräfte aus einem Aufprall eines schweren Wrackteils aufzunehmen. Bei den übrigen Strahlrohren wird ein Durchschlagen der Beckenwand ausgeschlossen. Für mit Wasser gefüllte, nicht genutzte Strahlrohre wird von einem Versagen der Strahlrohre ausgegangen.

Auf der Basis dieser Untersuchungen wird eine Auswahl repräsentativer Ereignisabläufe getroffen /U- 3 Abschnitt 6.3/.

- Kernschmelzen unter Wasser
- Kernschmelze in Atmosphäre mit Restwasser
- Kernschmelze in Atmosphäre und aus Schmelzfragmenten

Bewertung

Die zitierte Untersuchung ist Teil der vertiefenden Untersuchungen der Einwirkungen von außen, die im Jahre 1984 durchgeführt wurden. Die GRS hat zu der Untersuchung 1985 gutachtlich Stellung genommen /U- 10/, die Ergebnisse dieser Stellungnahme sind in die Begründung der ersten Teilgenehmigung zur Änderung des BER II /U- 52/ eingeflossen. Die Relevanz der oben genannten Szenarien wurde gutachtlich bestätigt. In der Begründung zur ersten Teilgenehmigung werden die Auswirkungen von Flugzeug- und Hubschrauberabstürzen dem Restrisiko zugeordnet. Bezüglich der radiologischen Auswirkungen auf die allgemeine Bevölkerung wurde in der Stellungnahme und in der Begründung der Teilgenehmigung der Absturz eines Militär- bzw. Verkehrsflugzeugs mit Beschädigung des Reaktorbeckens im unteren Teil als abdeckend identifiziert.

2. *Welche Häufigkeiten wurden für einen unfallbedingten Flugzeugabsturz angenommen (militärisch/zivil)?*

Sachstand

Die Betreiberin führt dazu in /U- 51/ aus, dass die Absturzhäufigkeit von Hubschraubern und Flugzeugen auf den BER II letztmals im Jahr 2002 neu bewertet wurde /U- 11, S. 17/:

- Hubschrauber $2,8 \cdot 10^{-9}$ /Jahr
- schnell fliegende Militärmaschine $1,7 \cdot 10^{-8}$ /Jahr
- Flugzeuge ≤ 20 t $5,8 \cdot 10^{-9}$ /Jahr
- Flugzeuge > 20 t $8,3 \cdot 10^{-10}$ /Jahr

Summe $2,7 \cdot 10^{-8}$ /Jahr

Unterstellt wurde dabei für alle Fluggerätetypen eine relevante Trefferfläche von 1000 m² für das Reaktorhallendach.

Weiterhin stellt die Betreiberin fest:

„Nach dieser Bewertung bilden die schnell fliegenden Militärmaschinen den größten Anteil am Risiko. Dieser Anteil wird aber weit überschätzt, da angenommen wurde, dass in Berlin die Absturzhäufigkeit von Militärmaschinen genau so groß ist wie im übrigen Bundesgebiet. Praktisch gibt es aber keine Überflüge von schnell fliegenden Militärmaschinen über dem dicht besiedelten

Berliner Raum, insbesondere auch keine riskanten Flugmanöver wie z.B. Tief Flüge.

Die Stilllegung des Flughafens Tempelhof und die geplante Inbetriebnahme des Flughafens BBI in Schönefeld sind in der Bewertung der Absturzhäufigkeiten im Jahr 2002 nicht berücksichtigt.

Die neu vorgeschlagenen Flugrouten für den BBI in Schönefeld wurden kürzlich veröffentlicht und betreffen den BER II nicht, denn das HZB liegt außerhalb der Flugkorridore.“

Bewertung

Die Neubewertung der Absturzhäufigkeiten von 2002 war bisher nicht Gegenstand einer detaillierten gutachtlichen Bewertung. Im Vergleich mit den von der GRS /U-10/ bestätigten Werten und unter Berücksichtigung der seither veränderten Randbedingungen (Wegfall von Hubschrauberflügen zur Grenzüberwachung, Stilllegung des Flughafens Tempelhof) erscheinen die neuen Absturzhäufigkeiten jedoch zum jetzigen Zeitpunkt abdeckend. Es ist zu unterstellen, dass nach Verlagerung des gesamten Flugbetriebs zum Flughafen Berlin Brandenburg eine Veränderung der anzunehmenden Absturzhäufigkeiten eintreten kann. Eine Aktualisierung der Daten zu anzunehmenden Absturzhäufigkeiten ist aus Sicht des Sachverständigen vor dem Hintergrund der vorliegenden Randbedingungen erst dann sinnvoll, wenn die endgültigen Flugrouten festliegen und entsprechende Angaben zum Flugbetrieb vorliegen.

3. *Welche Lastannahmen liegen dem Schutz der Anlage zugrunde (u. a. Flugzeugtyp, Geschwindigkeit, Masse, Treibstoffmenge, Aufprallort)?*

Sachstand

Die Anlage ist nicht gegen Flugzeugabsturz ausgelegt, daher liegen auch über die oben beschriebenen, zur Ermittlung des Restrisikos dienenden Szenarien keine detaillierten Lastannahmen vor.

Die Betreiberin diskutiert zu dieser Frage auch die Widerstandsfähigkeit des Reaktorbeckens /U- 51/. Hierauf wird in diesem Bericht unter der Frage 5 eingegangen.

In der Unterlage /U- 10/ sind technische Daten der den Betrachtungen zugrunde gelegten Fluggeräte aufgeführt.

Bewertung

Da bereits von einer Zerstörung der Anlage im Fall eines Absturzes der beschriebenen Fluggeräte ausgegangen wird, sind weitere Lastannahmen mit Blick auf heutige Fluggeräte ohne Bedeutung für die Bewertung.

4. *Welche Gebäude haben eine bauliche Auslegung gegen Flugzeugabsturz?*

Sachstand

Gemäß /U- 51/ haben die Gebäude des HZB keine bauliche Auslegung gegen Flugzeugabsturz. Die Betreiberin verweist in diesem Zusammenhang darauf, dass der untere Bereich des Reaktorbeckens von einer zwei Meter dicken Schwerbetonwand umgeben sei.

Bewertung

Hierauf sowie auf die vorhandenen Bereiche verringerter Wandstärke wird in diesem Bericht unter der Frage 5 eingegangen.

5. *Welche Vitalfunktionen sind baulich bzw. durch räumliche Trennung geschützt?*

Sachstand

Wie in Kap. 2 diskutiert, hat die Betreiberin als Vitalfunktionen die Integrität des Reaktorbeckens bzw. des Umsetzbeckens im Boden der Experimentierhalle definiert.

Die Integrität des Reaktorbeckens zum Erhalt der Wasserüberdeckung des Reaktorkerns soll dann erfüllt sein, wenn die Integrität des unteren Beckenteils gegeben ist. Der untere Beckenteil besteht aus Schwerbeton mit einer Wanddicke von ca. zwei Metern und reicht bis in eine Höhe von ca. 3,5 m oberhalb der Kernoberkante. Im unteren Beckenteil befinden sich zwei Strahlrohrnischen, hinter denen die Beckenwand nur ca. einen Meter dick ist. Eine gravierende Schädigung des Schwerbetons in diesem Bereich wird durch Teile mit großer Masse und Festigkeit, insbesondere Triebwerksteile, für möglich gehalten. Die Betreiberin verweist jedoch darauf, dass diese Nischen durch gewölbte Abschirmburgen aus ineinander verzahnten massiven Schwerbeton- und Bleisteinen geschützt sind /U- 51 Seite 18-19/.

Eine Beschädigung des Reaktorbeckens an dieser Stelle könnte ein Leerlaufen des Beckens bis in den Bereich der Kernunterkante zur Folge haben, sodass der Reaktorkern freiliegend schmelzen würde.

Eine Beschädigung des Umsetzbeckens wird von der Betreiberin aufgrund der Einbaulage, unterirdisch, unterhalb des E-Hallenbodens, als noch unwahrscheinlicher als eine Beschädigung des Reaktorbeckens eingeschätzt /U- 51 Seite 10/. Darüber hinaus enthält es nur Brennelemente mit einer Abklingzeit von mindestens 30 Tagen /U- 51 Seite 5/.

Bewertung

Angesichts der Gestaltung und Anordnung des Umsetzbeckens und seines möglichen Aktivitätsinventars im Vergleich zum Kern im Betriebsbecken erscheint es angemessen, die Betrachtungen zum Erhalt der vitalen Funktionen beim Flugzeugabsturz auf das Reaktorbecken zu konzentrieren.

Zum Erhalt der in Kap. 2 definierten Vitalfunktion, nämlich: Integrität des Reaktorbeckens soweit, dass der Reaktorkern (der gegebenenfalls durch Einwirkung von in das Becken gefallenen Trümmern auch geschmolzen sein kann) ausreichend mit Wasser überdeckt bleibt, ist tatsächlich nur die Integrität des unteren Beckenteils von Bedeutung.

Neben den von der Betreiberin erwähnten Strahlrohrnischen ist die untere Beckenwand auch durch die Öffnung für die ehemalige thermische Säule geschwächt, die jetzt die Neutronenleiter und Versorgungsleitungen der Kalten Neutronenquelle aufnimmt. In diesem Bereich wird die Beckenwand ausschließlich vom metallischen Abschluss der Öffnung gebildet. Ein Projektil, das diese Stelle schädigen könnte, müsste allerdings zuvor die Wand bzw. Decke der Versuchshalle sowie die massive Wand zwischen Versuchshalle und Reaktorhalle durchschlagen haben. Ähnlich wie die Abschirmburgen um die Nischenstrahlrohre bieten die Kasematten aus Abschirmriegeln, in denen die Neutronenleiter in der Versuchshalle und in der Reaktorhalle verlaufen, einen weiteren Schutz.

Zum Erhalt der Vitalfunktion „Integrität des Reaktorbeckens“ ist es außerdem erforderlich, dass diejenigen Strahlrohre, die nicht in die oben erwähnten Nischen münden, insoweit intakt bleiben, dass das Beckenwasser nicht mit signifikanter (nicht überspeisbarer) Rate ausläuft. In diesem Fall könnte das Beckenwasser zwar nur bis zur halben Kernhöhe auslaufen, eine Rückhaltewirkung für radioaktive Stoffe durch das Beckenwasser im Fall einer Kernschmelze wäre aber nicht mehr in dem Maße gegeben wie bei Erhalt der vitalen Funktionen. Die Strahlrohre sind innerhalb der Beckenwand mit Fingerhutrohren ausgerüstet, die im Falle einer Undichtigkeit des Strahlrohrs eine Leckage von Beckenwasser verhindern sollen. Untersuchungen zur Integrität der Fingerhutrohre bei in der Folge eines Flugzeugabsturzes zu erwartenden Belastungen (wie zum Beispiel induzierte Erschütterungen, Drucktransienten infolge der Zerstörung des Strahlrohrs im Becken durch herab fallende Trümmer, Auswirkungen von Projektilen auf die Verbindung zwischen Strahlrohr und Fingerhutrohr, Treibstoffbrand in der Experimentierhalle, etc.) sind nicht vorgelegt worden.

Insgesamt beruhen die Aussagen zur Integrität des unteren Beckenteils damit auf qualitativen Überlegungen.

6. *Welche Annahmen liegen einem Schutz durch räumliche Trennung zugrunde?*

Sachstand

Zur Frage 5 wird in /U- 51/ die räumliche Trennung der beiden Notstromdiesel sowie der Redundanzen für das Reaktorschutzsystem und die Elektroverteilung erwähnt. In der Antwort zur Frage 6 erklärt die Betreiberin, dass diese räumlichen Trennungen hauptsächlich aus Brandschutzgründen vorgenommen wurden.

Bewertung

Die beschriebenen räumlichen Trennungen sind zwar wichtig für das Sicherheitskonzept im Bereich der Auslegungsstörfälle, aber unerheblich für die definierten Vitalfunktionen, da deren Erhalt nicht von den genannten Systemen abhängt.

7. *Wie wurden Treibstoffbrände und/oder –deflagrationen außerhalb der Gebäude berücksichtigt und welche Maßnahmen zur Brandbekämpfung stehen zur Verfügung?*

Sachstand

Die Betreiberin unterstellt in /U- 51/, dass nur ein direkter Aufprall eines Flugzeugs zu massiven Schäden am Reaktorgebäude und –becken führt. Sie geht davon aus, dass (bei Treibstoffbränden und/oder –deflagrationen außerhalb der Gebäude) das Reaktorgebäude zwar beschädigt aber nicht zerstört wird. Ein Teil der Brandbekämpfungseinrichtungen des Gebäudes soll erhalten bleiben. Des Weiteren führt sie aus, dass die Betriebsfeuerwehr und die Berliner Feuerwehr kurzfristig zur Brandbekämpfung zur Verfügung stehen. Die Betriebsfeuerwehr ist etwa 250 m vom Reaktorgebäude entfernt stationiert, sollte also nicht von einem das Reaktorgebäude betreffenden Flugzeugabsturz vernichtet werden können. Die Berliner Feuerwehr ist in regelmäßige Übungen einbezogen, verfügt über gute Ortskenntnis und kann nachgewiesenermaßen innerhalb von sieben Minuten am HZB sein.

Zu den Einrichtungen zur Brandbekämpfung führt die Betreiberin in /U- 51/ aus, dass Steigleitungen in räumlich getrennten Treppenhäusern, Hydranten an unterschiedlichen Stellen und Wasserzisternen unterirdisch untergebracht sind und somit von der Funktionsfähigkeit der Einrichtungen ausgegangen werden kann.

Treibstoffbrände während der Freisetzungsphase von Radioaktivität sind in den oben erwähnten Analysen /U- 3/ teilweise berücksichtigt worden und führen wegen des Auftriebs zu größeren Freisetzungshöhen und damit zu niedrigeren Dosen für Einzelpersonen.

Bewertung

Die in den Bewertungskriterien der RSK /U- 1/ benannten Flugzeugtypen können erhebliche Treibstoffmengen mit sich führen (Airbus A340-600 bis zu ca. 150 Mg). Eine effektive Brandbekämpfung erfordert zwar die Unterstützung durch externe Feuerwehren, es ist aber in diesem Zusammenhang vorteilhaft, dass durch regelmäßige Übungen von einer Ortskenntnis und kurzfristigen Verfügbarkeit der Berliner Feuerwehr sowie mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer qualifizierten Einweisung durch die Betriebsfeuerwehr ausgegangen werden kann.

Grundsätzlich ist auf der Basis der beschriebenen räumlichen Trennung von Steigleitungen, Hydranten und Wasserzisternen ein gleichzeitiger Ausfall dieser Einrichtungen bei einem Brand außerhalb des Reaktorgebäudes nicht wahrscheinlich.

Bei einem Treffer des Reaktorgebäudes oder der Experimentierhalle ist auch damit zu rechnen, dass größere Treibstoffmengen *in* das Gebäude eindringen und sich dort entzünden. Eine Unterlage zur möglichen Gefährdung der Vitalfunktion „Integrität des Reaktorbeckens“ durch Treibstoffbrände *im* Gebäude ist bisher nicht vorgelegt worden, abdeckend sind aber mögliche Auswirkungen in /U- 10/ behandelt.

8. *Wie wurden induzierte Erschütterungen für die Auslegung der Komponenten ermittelt (ggf. Ersatzverfahren) und welche Komponenten wurden dagegen ausgelegt?*

Sachstand

Gemäß /U- 51/ sind die Komponenten des BER II entsprechend dem üblichen Stand der Technik gegen Erschütterungen ausgelegt.

Bewertung

Eine spezielle Auslegung der Komponenten des Reaktorbeckens gegen die induzierten Erschütterungen eines Flugzeugaufpralls wurde nicht nachgewiesen. Dies ist konsistent damit, dass die Anlage nicht gegen Flugzeugabsturz ausgelegt ist.

9. *Welche Schäden an der Infrastruktur (u. a. Personalverfügbarkeit, Zuwegungen /Zugänglichkeit, Verfügbarkeit der Betriebsstoffe, Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr) wurden für den Fall des Absturzes eines Flugzeuges unterstellt und welche Autarkiezeit wurde angesetzt?*

Sachstand

Die Betreiberin führt hierzu in /U- 51/ aus, dass zwar mit einem Verlust von Infrastruktur und Personal im direkt vom Absturz betroffenen Geländebereich zu rechnen ist, jedoch nach Maßgabe eines Katastrophenschutzplans sofort Notfallmaßnahmen eingeleitet würden. Das Gelände des HZB hat zwei getrennte Zufahrten, über die die Berliner Feuerwehr und andere Hilfskräfte anfahren können.

Bewertung

Wegen des räumlichen Abstands zwischen Reaktorhalle und Betriebsfeuerwehr kann eine gleichzeitige Zerstörung von Reaktorhalle und Betriebsfeuerwehr zwar nicht völlig ausgeschlossen werden, ist aber so unwahrscheinlich, dass geschultes Personal zur Einleitung der Notfallmaßnahmen zur Verfügung stehen sollte, wenn der Reaktor direkt von einem Flugzeugabsturz betroffen ist. Im Übrigen hebt die Frage in Teilen auf den Erhalt aktiver Sicherheitsfunktionen ab (Notstromversorgung, finale Wärmesenke), die zum Erhalt der für den BER II definierten Vitalfunktionen nicht benötigt werden.

10. *Haben seit der Genehmigung der Anlage durchgeführte, neuere Untersuchungen zum Flugzeugabsturz zu einer Neubewertung der Auslegung geführt, und wenn ja, welche?*

Sachstand

Gemäß /U- 51/ wurden seit der Genehmigung zur Änderung des BER II im Jahre 1985 Untersuchungen zur Absturzwahrscheinlichkeit /U- 11/ und zur Aktivitätsfreisetzung /U- 4/, /U- 12/, /U- 20/ durchgeführt, die bestätigten sollen, dass die erste Studie /U- 3/ erhebliche Konservativitäten aufweist.

Bewertung

Nach Einschätzung des Sachverständigen bezieht sich die von der Betreiberin unterstellte Konservativität in erster Linie auf gesunkene Absturzwahrscheinlichkeiten. Diese sind jedoch für die hier geforderte Bewertung der Robustheit der Anlage nicht erheblich.

4.1.2 Anlagenreserven

1. *Welche über die in Kap. 4.1.1 nachgefragten hinausgehenden Analysen, wie z. B. zum Absturz von Verkehrsflugzeugen, gibt es (u. a. Absturzszenarien, Flugzeugtyp, Geschwindigkeit, Beladung (Masse), Treibstoffmenge, Aufprallort)?*

Sachstand

Es gibt keine über die in Kap. 4.1.1 angesprochenen hinausgehenden Analysen /U-51/.

Bewertung

./.

2. *Welche Anlagenreserven sind für den Erhalt von Vitalfunktionen und die Verfügbarkeit hierzu erforderlicher Anlagenteile und baulicher Anlagen (einschließlich Sicherheitsbehälter) im Falle eines Flugzeugabsturzes noch vorhanden?*

Sachstand

In den Betrachtungen in Kap. 4.1.1 zu Treffern auf das Reaktorbecken wurde in der Regel davon ausgegangen, dass schwere Teile eines Flugzeugs praktisch ungebremst auf das Becken auftreffen. Tatsächlich befinden sich Abschirmburgen bzw. Kasematten um die Bereiche, in denen Strahlrohre die Beckenwand durchdringen und die Beckenwand durch Nischen geschwächt ist. Diese Abschirmburgen bzw. Kasematten würden den Auftreffimpuls mindern /U- 51 Seite 20/. Ebenso befinden sich Gebäude um das Reaktorbecken herum /U- 51 Seite 21/. Quantitative Aussagen zum Grad der Abminderung liegen nicht vor.

Bewertung

Das Reaktorgebäude einschließlich der Experimentierhalle ist auf drei Seiten von anderen Gebäuden umgeben, denen eine Abminderungswirkung zugeschrieben werden kann. Betrachtet man speziell die Schwachstellen des unteren Reaktorbeckens, so ist dies besonders für die Nische der früheren thermischen Säule der Fall, siehe Bewertung zur Frage 5, Kap. 4.1.1. Die in Kap. 4.1.1 ebenfalls angesprochenen Strahlrohrnischen weisen allerdings nach Westen in die Experimentierhalle. In dieser Richtung befindet sich zwar kein weiteres Gebäude, jedoch liegt das Niveau

des in dieser Richtung an das Gebäude angrenzenden Geländes einige Meter über dem Niveau des Bodens in der Experimentierhalle und reduziert die Wahrscheinlichkeit für einen ungünstigen Treffer. Die Bereiche sind darüber hinaus noch von Abschirmburgen umgeben.

3. *Welche Untersuchungen gibt es bzgl. Lasten, die durch die baulichen Anlagen (baulicher Schutz) noch abgetragen werden können?*

Sachstand

Es wurden keine derartigen quantitativen Untersuchungen vorgelegt.

Bewertung

Da der Flugzeugabsturz dem Restrisikobereich zugeordnet wurde, ist es plausibel, dass keine entsprechende Unterlage vorliegt.

4. *Wurde ein KMV als Folge eines Flugzeugabsturzes (induzierte Erschütterungen, direkter Schaden) ermittelt/unterstellt (welcher Größe) und kann dieser beherrscht werden?*

Sachstand

Wie in Kap.4.1.1 ausgeführt, könnte es bei einem direkten Treffer auf Schwachstellen der unteren Reaktorbeckenwand zu einem Kühlmittelverlust und in der Folge zu einer „trockenen“ Kernschmelze kommen. Dieses Szenarium wurde in den erweiterten Untersuchungen der Einwirkungen von außen für die Änderung des BER II /U- 3/, /U- 10/, /U- 52/ als abdeckender Fall im Bereich des Restrisikos ermittelt. Nach Auffassung der Betreiberin /U- 51/ würde je nach tatsächlichem Unfallverlauf eine Nachspeisung über betriebliche Systeme aus Wasserreservoirern auf dem Anlagengelände durch die Betriebsfeuerwehr erfolgen können.

Bewertung

Die Wirksamkeit einer Nachspeisung zum Erhalt der Vitalfunktion hängt einerseits von der Leckgröße, andererseits von der Schädigung der Systeme und Einrichtungen ab, mit denen eine Nachspeisung vorgenommen werden könnte. Anlagenextern steht unter anderem der Stölpchensee als grundsätzlich nutzbares Wasserreservoir zur Verfügung, seine Nutzung wäre im Rahmen von Notfallmaßnahmen möglich.

5. *Welche Untersuchungen zu Auswirkungen von Treibstoffbränden und/oder – deflagrationen beim Flugzeugabsturz (z. B. Eindringen von Rauch oder Treibstoff in die Zuluft, Ansaugöffnungen der Diesel, Brandwirkung auf FSA beim DWR) gibt es?*

Sachstand

Gemäß /U- 51/ wurden keine speziellen Untersuchungen zu Auswirkungen von Treibstoffbränden bei Flugzeugabsturz durchgeführt.

Das Eindringen von Rauch in die Lüftungsanlagen bei einem Brand nahe dem Reaktor wird lt. /U- 51/ durch die dort installierten Rauchmelder detektiert und führt zu einer Abschaltung des Reaktors und Umschaltung der Lüftung in den Betriebsmodus „Schutz vor Raucheintrag“ durch die Schichtmannschaft.

Bewertung

Zum Erhalt der Vitalfunktionen sind kurzfristig keine aktiven Systeme erforderlich. Daher ist die mögliche Schädigung der Diesel durch Ansaugen von Rauchgas oder Treibstoff nicht relevant.

Bei einem Flugzeugabsturz auf das Reaktorgebäude ist von einer Zerstörung von Teilen des Gebäudes auszugehen mit der Folge, dass größere Treibstoffmengen in das Gebäude eindringen und dort abbrennen könnten. Dieser Umstand ist bei der möglichen Schädigung von Teilen der Beckenwand, die zum Erhalt der Vitalfunktion erforderlich sind, zu berücksichtigen. Ein Brand im Reaktorgebäude wird auch die Möglichkeiten zur Nachspeisung von Wasser in das Reaktorbecken beeinträchtigen.

Anders als die mechanische Wirkung direkter Treffer kann ein Treibstoffbrand in der Experimentierhalle auch Auswirkungen sowohl auf die Integrität des unteren Teils des Reaktorbeckens mit den dort befindlichen Strahlrohren als auch auf das Umsetzbecken haben. Als Folge großer Treibstoffbrände wären Freisetzungen von radioaktiven Stoffen aus beiden Becken nicht auszuschließen.

6. *In welcher Weise wurden die Auswirkungen von Wrackteilen auf die räumliche Trennung von Vitalfunktionen berücksichtigt?*

Sachstand

Als Vitalfunktionen wurde die Integrität von Reaktorbecken und Umsetzbecken definiert.

Bewertung

Auswirkungen von Wrackteilen auf andere Anlagenteile beeinträchtigen die Vitalfunktionen nicht.

7. *Welche Schäden an der Infrastruktur (u. a. Beeinträchtigung der Werkfeuerwehr und deren Ausstattung, Personalverfügbarkeit, Zuwegungen/Zugänglichkeit, Verfügbarkeit der Betriebsstoffe, Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr) wurden für den Fall des Absturzes eines Flugzeuges unterstellt und welche Autarkiezeit wurde angesetzt?*

Sachstand

Die Betreiberin verweist in /U- 51/ wie unter 4.1.1 bei der Beantwortung der Frage 9 auf den möglichen Ausfall der Infrastruktur auf dem betroffenen Geländeteil und des dort tätigen Personals. Sie gibt an, dass entsprechend dem vorhandenen Katastrophenschutzplan Notfallmaßnahmen eingeleitet würden. Die Berliner Feuerwehr soll binnen 7 Minuten am HZB eintreffen können. Erforderlichenfalls kann die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH zur Hilfeleistung herangezogen werden. Das HZB verfügt über zwei Zufahrten.

Bewertung

Es liegt keine Unterlage vor, in der Anlagenreserven im Falle eines Flugzeugabsturzes aufgeführt sind. Die von der Betreiberin in ihrer Antwort genannten möglichen Auswirkungen und Maßnahmen sind plausibel. Zur Verfügbarkeit der Betriebsfeuerwehr verweist der Sachverständige auf seine diesbezüglichen Ausführungen im Abschnitt 4.1.1 zu Frage 9.

8. *Welche Untersuchungen sind hinsichtlich Folgeschäden an Brennelementen im Brennelementlagerbecken durchgeführt worden?*

Sachstand

Die Betreiberin verweist in /U- 51/ auf die Unterlage /U- 14/, in der die Auswirkungen bewertet sind.

Die Betreiberin führt zu diesem Punkt an /U- 51/, dass Schäden am Absetzbecken oder am Umsetzbecken zu geringeren Freisetzungen als Schäden am Betriebsbecken (das Reaktorbecken ist unterteilt in das Betriebs- und das Absetzbecken) führen, da die Brennelemente in diesen beiden Becken schon abgeklungen sind.

Bewertung

Es ist plausibel, dass das Inventar an kurzlebigen Spaltprodukten im Absetz- und Umsetzbecken kleiner ist als im Betriebsbecken. Dasselbe gilt allerdings nicht notwendig für die langlebigen Spaltprodukte wie Cs-137, da im Absetz- und Umsetzbecken mehr als eine Kernladung an Brennelementen gelagert sein kann. Weiterführende Untersuchungen zu den Folgen und radiologischen Auswirkungen von Brennelementschäden im Lagerbecken sind dem Sachverständigen nicht bekannt.

4.1.3 Notfallmaßnahmen

1. *Welche Maßnahmen sind für den Fall eines Flugzeugabsturzes, auch unter Berücksichtigung von Folgeereignissen, zur Verhinderung eines Kernschadens oder von Schäden an Brennelementen im Brennelementlagerbecken vorgesehen?*

Sachstand

Die Betreiberin führt hierzu in /U- 51/ aus, dass bei einem Flugzeugabsturz ohne gravierende Zerstörung des Reaktorgebäudes die betrieblichen Systeme und vorgesehenen Notfallmaßnahmen zur Verfügung stehen. Bei weitergehenden Zerstörungen sei der Einsatz der Betriebsfeuerwehr und der Berliner Feuerwehr notwendig. Notfallmaßnahmen seien diesbezüglich im Katastrophenschutzplan festgelegt und würden regelmäßig geübt.

Bewertung

Zum Erhalt der Vitalfunktionen im Fall eines Flugzeugabsturzes sind die Bekämpfung eventueller Treibstoffbrände im Gebäude und gegebenenfalls die Nachspeisung von Wasser in das Reaktorbecken bzw. in das Umsetzbecken notwendig. Es ist plausibel, dass ohne gravierende Zerstörungen Notfallmaßnahmen zur Verfügung stehen. Bei schweren Zerstörungen sind die Notfallmaßnahmen ggf. von außen durchzuführen. Die hierfür erforderliche Wasserversorgung lässt sich erforderlichenfalls extern sicherstellen, z.B. über den Stölpchensee.

2. *Welche Autarkiezeit und welche Zeiten für die Durchführung stehen für diese Notfallmaßnahmen zur Verfügung?*

Sachstand

Auf den Erhalt der Vitalfunktionen des BER II angewendet, sind hier vor allem die Zeitpunkte nach Unfalleintritt gefragt, bis zu denen eine Nachspeisung von Wasser in das betroffene Becken erfolgen muss. Diese Zeitpunkte hängen von den aufgetretenen Leckgrößen ab.

Bewertung

Detaillierte Untersuchungen zu möglichen Leckraten aus dem Reaktorbecken liegen nicht vor. Überspeisbare Leckraten führen zu langen Autarkiezeiten, innerhalb derer die Nutzung von Notfallmaßnahmen realisiert werden kann. Nicht-überspeisbare Leckraten sind durch das Szenarium einer trockenen Kernschmelze abgedeckt.

3. *Inwieweit sind die Notfalleinrichtungen selbst gegen Einwirkungen aus einem Flugzeugabsturz ausgelegt bzw. sind die Notfallmaßnahmen nach Auftreten des Ereignisses durchführbar?*

Sachstand

Die Betreiberin führt hierzu in /U- 51/ aus:

Bei einer Notfallsituation am BER II des HZB wird die Einsatzleitung aufgebaut. Die HZB-Einsatzzentrale befindet sich in einem unterirdischen Bunker im F-Gebäude ca. 250 m vom Reaktor entfernt und ist aufgrund der Deckenstärke (40 cm bewehrter Beton) weitgehend gegen Flugzeugabstürze geschützt. Die Einsatzzentrale der Betriebsfeuerwehr, die Pforte und der Überwachungsraum der Objektsicherungszentrale sind auf dem Institutsgelände verteilt und besitzen jeweils redundante Kommunikationseinrichtungen (u.a. überwachte Standleitungen) zu Polizei und Feuerwehr. Insbesondere ist die Betriebsfeuerwehr selbst bei Ausfall des öffentlichen Telefonnetzes, bei Ausfall der Standleitungen sowie Ausfall der Stromversorgung über BOS-Funk (BOS = Behörden- und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben) jederzeit zur Alarmierung und zur Kommunikation mit der Berliner Feuerwehr in der Lage.

Bewertung

Nach den Ausführungen der Betreiberin erscheint plausibel, dass die beschriebenen Notfalleinrichtungen nach einem Flugzeugabsturz auf das Reaktorgebäude in ausreichendem Maße erhalten bleiben.

4. *Welche Maßnahmen sind bereits beantragt aber noch nicht umgesetzt? Inwieweit sind dabei Schäden an der Infrastruktur berücksichtigt?*

Sachstand

Gemäß /U- 51/ sind zurzeit keine Maßnahmen beantragt.

Bewertung

./.

4.1.4 Einhaltung der Bewertungskriterien der RSK

In den Bewertungskriterien der RSK /U- 2/ sind Robustheitsschutzgrade für die zu betrachtenden zivilisatorisch bedingten Einwirkungen definiert. Im Fall des Flugzeugabsturzes sind dies:

Mechanischer Schutzgrad 1

Erhalt der vitalen Funktionen beim Absturz eines Militärflugzeugs vom Typ Starfighter.

Schutzgrad 1 gegen mechanische Folgewirkung

Erhalt der vitalen Funktionen zur Einhaltung der Schutzziele bei Abriss einer kleinen Leitung (DN 25) mithilfe von Notfallmaßnahmen.

Thermischer Schutzgrad 1

Erhalt der vitalen Funktionen bei unterstellten Freisetzungen und Brand von Treibstoffen beim Absturz eines Militärflugzeugs mindestens vom Typ Starfighter.

Mechanischer Schutzgrad 2

Erhalt der vitalen Funktionen bei der Last-Zeit-Funktionen gemäß RSK-Leitlinien sowie einer Last-Zeit-Funktion eines mittleren Verkehrsflugzeuges (Klasse Airbus A 320).

Schutzgrad 2 gegen mechanische Folgewirkung

Erhalt der vitalen Funktionen zur Einhaltung der Schutzziele bei Abriss einer kleinen Leitung (DN 50) mithilfe von Notfallmaßnahmen.

Thermischer Schutzgrad 2

Erhalt der vitalen Funktionen bei unterstellten Freisetzungen und Brand von Treibstoffen beim Absturz eines mittleren Verkehrsflugzeuges (Klasse Airbus A 320).

Mechanischer Schutzgrad 3

Auslegung mit der Last-Zeit-Funktionen gemäß RSK-Leitlinien sowie Erhalt der vitalen Funktionen bei einer Last-Zeit-Funktion eines großen Verkehrsflugzeuges (Klasse Airbus A 340).

Thermischer Schutzgrad 3

Erhalt der vitalen Funktionen bei unterstellten Freisetzungen und Brand von Treibstoffen beim Absturz eines großen Verkehrsflugzeuges (Klasse Airbus A 340).

Zusammenfassende Bewertung der Robustheit des BER II bezüglich Flugzeugabsturz:

Mit Ausnahme des mechanischen Schutzgrades 3 (Auslegung mit der Last-Zeit-Funktion gemäß RSK-Leitlinien) fordern die Bewertungskriterien für die verschiedenen Schutzgrade den Erhalt der vitalen Funktionen bei unterschiedlichen Belastungen.

Der BER II ist nicht gegen Flugzeugabsturz ausgelegt, vielmehr wird bei einem Absturz von Hubschraubern, schnell fliegenden Militärmaschinen und Zivilflugzeugen von einer Zerstörung des Reaktorgebäudes ausgegangen /U- 3/, /U- 10/, wobei die Auswirkungen eines Hubschrauberabsturzes geringer erwartet werden als bei den beiden anderen Fluggeräten /U- 3/. Der mechanische Schutzgrad 3 ist nicht erreichbar.

Die Erreichbarkeit der übrigen Schutzgrade ist nach Auffassung des Sachverständigen wie folgt zu bewerten:

Gemäß /U- 51/ hat die Betreiberin als vitale Funktionen des BER II die Integrität des Betriebsbeckens sowie des Absetz- und des Umsetzbeckens so, dass der Reaktorkern und abgebrannte Brennelemente unter Wasser verbleiben, definiert. Die so definierten vitalen Funktionen sind rein passive Funktionen, es müssen also keine aktiven Systeme oder Einrichtungen den Flugzeugabsturz funktionsfähig überstehen.

Entscheidend für den Erhalt der vitalen Funktionen ist die Integrität des unteren Teils des Reaktorbeckens (bestehend aus Betriebsbecken und Absetzbecken). Die Beckenwand besteht in diesem Teil aus Schwerkton in einer Dicke von etwa zwei Metern. Aus Versuchen mit schnell fliegenden Projektilen zur Simulation eines Flugzeugabsturzes auf ein LWR-Containment /Z- 21/ lässt sich ableiten, dass die ungestörte untere Beckenwand durch einen direkten Treffer nicht durchschlagen oder wesentlich beschädigt werden kann.

Die untere Beckenwand des Reaktorbeckens, speziell des Betriebsbeckens, weist jedoch eine Anzahl von Störungen auf. Zu nennen sind hier zunächst die normalen Strahlrohre, die ungefähr die volle Wanddicke durchdringen. In ihrem Innern sind Fingerhutrohre angebracht, die bei einer Undichtigkeit der Strahlrohre im Becken einen Verlust von Beckenwasser verhindern. Bei einem Leck dieser Anordnung aus Strahlrohr und Fingerhutrohr könnte das Betriebsbecken bis zur Mitte des Reaktorkerns leer laufen.

Zwei Strahlrohre enden in Nischen in der Beckenwand, die so ausgebildet sind, dass nur eine Restwanddicke von etwa 1 m zum Becken hin verbleibt. Ein Treffer in eine dieser Nischen könnte zum Auslaufen des Beckens bis in den Bereich der Kernunterkante führen. Um diese Nischen herum sind Abschirmburgen aus miteinander verzahnten Schwerkton- und Bleiriegeln aufgebaut, denen die Betreiberin eine Schutzwirkung gegen Projektilen aus Flugzeugabstürzen zuschreibt.

Eine weitere Nische in der unteren Beckenwand diente ursprünglich zur Aufnahme der thermischen Säule und enthält jetzt die Neutronenleiter und Versorgungsleitungen der Kalten Neutronenquelle. Diese Nische erstreckt sich über die ganze Wanddicke. Der Abschluss zum Betriebsbecken wird durch eine dickwandige Metallkonstruktion gebildet. Auch bei einer Schädigung dieser Nische könnte das Betriebsbecken bis in den Bereich der Unterkante des Reaktorkerns leer laufen. Ein Schutz dieser Nische ergibt sich durch ihre Orientierung auf die Versuchshalle hin und durch die Kasematten aus Abschirmriegeln, die um die Neutronenleiter herum aufgebaut sind.

Da die für den BER II vorliegenden Untersuchungen zum Flugzeugabsturz keinen expliziten Nachweis der Schutzwirkungen der Abschirmburgen und Kasematten geführt haben, ist deren Einfluss derzeit nicht quantitativ anzugeben. Es liegen auch keine Nachweise der Integrität der Fingerhutrohre in den Strahlrohren unter den Bedingungen eines Flugzeugabsturzes (direkter Aufprall und Treibstoffbrand an der Außenseite, induzierte Schwingungen, dynamische Kräfte durch Zerstörung des Strahlrohrs im Becken durch herab fallende Trümmer) vor.

Mit dem gegenwärtigen Kenntnisstand lässt sich damit ein Erhalt der vitalen Funktionen des BER II und damit die Erreichbarkeit der von der RSK definierten Schutzgrade beim Flugzeugabsturz nicht sicher nachweisen.

4.2 Explosionsdruckwelle und Eindringen gefährlicher Gase

Die Auslegung der Anlage gegen zivilisatorisch bedingte Einwirkungen von außen, die aufgrund von Gasentwicklungen oder Gasfreisetzungen in der Umgebung, oder durch Explosionen von transportierten oder gelagerten explosionsfähigen Flüssigkeiten, Stäuben oder Gasen hervorgerufen werden könnten, sind nach /U- 1/ zu untersuchen. Dabei sollen primär die zum Erhalt der Vitalen Funktionen erforderlichen Einrichtungen betrachtet werden. Auswirkungen auf periphere Anlagenbestandteile, soweit infolge deren Versagen Auswirkungen auf sicherheitstechnische Systeme auszuschließen sind, sind nicht Gegenstand der Überprüfung. Nicht behandelt werden in diesem Abschnitt die Explosionen und Freisetzungen, die in der Folge eines Flugzeugabsturzes aufgrund des mitgeführten Treibstoffs zu erwarten sind.

4.2.1 Schutzgrad der Anlage gegen Explosionsdruckwelle und Eindringen gefährlicher Gase

1. *Welche gefährlichen Gase werden standortspezifisch ortsfest oder auf Transportwegen unterstellt (Art, Menge, Konzentration etc.)?*

Sachstand

Bezüglich der Frage nach den am Standort zu unterstellenden gefährlichen Gasen werden in /U- 51/ im Wesentlichen das Wasserstoffinventar der Kalten Neutronenquelle, Rauchgase von externen Bränden und das Inventar möglicher Gastransporte auf den Verkehrswegen Teltowkanal, Eisenbahnstrecke Berlin-Potsdam und Bundesstraße B1 genannt und das damit verbundene Risiko unter Berücksichtigung der zu unterstellenden Mengen und der jeweiligen Entfernungen untersucht.

Darüber hinaus hat die Betreiberin geprüft, welche sonstigen brennbaren oder explosiven Gase und Flüssigkeiten auf dem Gelände des HZB gelagert oder transportiert werden und welche Vorkehrungen getroffen sind, um Auswirkungen auf die Anlage zu verhindern. Dabei hat sie auch die in den Laboren des HZB verwendeten brennbaren, explosiven und/oder toxischen Gase, die zur Kühlung an Experimenten verwendeten tiefkalten Gase, die Lagerung von Kraftstoffen für die Netzersatzanlagen sowie jeweils die Transporte zu deren Anlieferung betrachtet.

Bewertung

Das Wasserstoffinventar in Reaktornähe besteht aus dem Inventar in den Anlagenanteilen der KNQ, hier insbesondere in dem basisicher ausgelegten, außerhalb des Reaktorgebäudes aufgestellten Pufferbehälter, der ca. 90 % des Gesamtinventars enthält, sowie dem vorhandenen Wasserstoff in Gasflaschen im Flaschenlager.

Die Anlage befindet sich in einem Gebiet, in dem sich weiträumig keine Industrieanlagen befinden. Unmittelbar wird sie auf drei Seiten von einem Golfplatz umgeben, in weiterer Entfernung und auf der vierten Seite von einem reinen Wohngebiet. Dementsprechend sind auch aus der Sicht des Gutachters die Lagerung und der Trans-

port von gefährlichen Gasen auf den von der Betreiberin beschriebenen Umfang beschränkt. Aufgrund der Aufhebung der deutschen Teilung stellt sich das zum Zeitpunkt der Errichtung noch in Betracht gezogene Szenarium des Gastransportes auf dem Teltowkanal, bei dem aus 200 unterstellten Transporten pro Jahr eine Unfallhäufigkeit prognostiziert wurde, als nur noch als hypothetisch dar, da nach /U- 40/ in den vergangenen zwanzig Jahren kein solcher Transport stattfand und aufgrund der fehlenden Entlademöglichkeiten auch in Zukunft nicht mit einem solchen Transport zu rechnen sei.

Das Eindringen von großen Mengen an Rauchgasen in die Anlage, insbesondere auf die Warte, ist nicht zu unterstellen, da die Lüftungsanlage Einrichtungen zum Erkennen von Rauch / Brandgase enthält und Maßnahmen zur Verhinderung eines Eindringens von Rauch in die Anlage nach entsprechender Signalisation im BHB festgelegt sind.

- 2 *Welche Szenarien und Lastannahmen liegen dem Schutz der Anlage in Bezug auf Explosionsdruckswelle (Ursache der Gasfreisetzung außerhalb der Anlage) und gefährliche Gase und deren Wirkungen (lokal, großräumig) zugrunde (u. a. Vorkommen, Art und Menge ortsfester oder auf Transportwegen befindlicher Gase und explosionsfähiger Stoffe, Transportmittel und -häufigkeit; Entfernung von Transportwegen und Produktionsstätten mit oder Lagern von gefährlichen Stoffen zu sicherheitstechnisch relevanten Anlagenbereichen und Gebäuden)?*

Sachstand

Zur Untersuchung der zum Schutz der Anlage gegen Explosionsdruckwellen zu berücksichtigenden Lastannahmen werden in /U- 51/ die schon im Rahmen des Genehmigungsverfahrens betrachteten Szenarien aufgegriffen und auf den gegenwärtigen Stand aktualisiert. Dabei wird Bezug genommen auf Rechnungen /U- 21/, in denen eine Explosion des von der Kalten Neutronenquelle im Bereich des Pufferbehälters freigesetzten Wasserstoffinventars unterstellt und die Schadlosigkeit für das Reaktorgebäude nachgewiesen wurde.

Mit einem früher nicht betrachteten, größeren Wasserstoffinventar im Gaslager wird in /U- 51/ für den Fall gerechnet, dass zur Befüllung des Pufferbehälters Flaschenbündel verwendet werden. Die Verwendung der Flaschenbündel bei Reaktorbetrieb sowie die Bildung einer zündfähigen Konzentration für den Fall einer Leckage am Flaschenbündel werden jedoch ausgeschlossen. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme wird die Einrichtung eines Explosions-Schutz-Bereiches angegeben. Ein Eindringen relevanter Mengen von Wasserstoffgas über die Lüftungsanlage in die Gebäude wird aufgrund der Entfernungen zu den Ansaugöffnungen ausgeschlossen.

Für die Szenarien von Explosionen auf den Transportwegen werden zwar keine Nachweise angegeben, jedoch leitet die Betreiberin aus den Radien für Schutzzonen der Feuerwehr ab und sieht es als plausibel an, dass eine Gefährdung für die Anlage aufgrund der Abstände nicht entstehen kann.

Bewertung

Auch aus der Sicht des Gutachters haben sich die Bedingungen am Standort in Bezug auf die zu berücksichtigenden Szenarien, Transportwege und Umgangsorte innerhalb und außerhalb der Anlage nicht so verändert, dass eine neue Bewertung erforderlich wäre. Die Argumentation in /U- 51/ in Bezug auf die Verwendung der Gasflaschenbündel, der Wasserstoff würde schnell aufsteigen und unter die Zündgrenze verdünnt werden, ist bezüglich der Einschätzung nicht nachzuvollziehen, da die Freisetzungsmechanismen sich von denen nicht unterscheiden sollten, die in /U- 21/ zur Berechnung der Auswirkungen auf das Reaktorgebäude verwendet wurden. Der Ort der Freisetzung dafür hatte einen größeren Abstand zum Reaktorgebäude als der Standort des Gasbündels. Gleichwohl bestehen aus der Sicht des Gutachters keine Bedenken, Auswirkungen durch geeignete Vorkehrungen auszuschließen zu können, da es sich nur um einen temporären Einsatz unter kontrollierbaren Bedingungen handelt.

Die von der Betreiberin zur Verhinderung des Transportes von explosiven Stoffen auf das Betriebsgelände beschriebenen Maßnahmen, die einfahrenden Fahrzeuge zu kontrollieren und erforderlichenfalls zurückzuweisen, sieht der Gutachter als ausreichend an, um zu gewährleisten, dass die erforderlichen Sicherheitsabstände eingehalten werden.

3. *Welche Kombinationen mit anderen anlageinternen Ereignissen oder Einwirkungen von außen (insbesondere Folgeereignisse wie Brände, anlageinterne Explosionen etc.) wurden für die Einwirkungen aus Explosionsdruckwellen oder gefährlichen Gasen berücksichtigt und welche Analysen gibt es hierzu?*

Sachstand

Kombinationen von Einwirkungen aus Explosionsdruckwellen mit anlageninternen Ereignissen oder Einwirkungen von außen wurden laut /U- 51/ bisher nicht explizit betrachtet, jedoch seien Folgen wie Brände oder Ausfälle der Stromversorgung nicht auszuschließen, die aber auf das Schadensmaß in Bezug auf die Aktivitätsfreisetzung keinen Einfluss hätten.

Bewertung

Ausgehend von den weiter oben genannten Szenarien können anlagenexterne Explosionen in Bezug auf mögliche Auswirkungen auf die Anlage vernachlässigt werden. Dementsprechend sind auch Kombinationen mit anderen Einwirkungen nicht zu betrachten.

Sofern sich auch für den Umgang mit Wasserstoff auf dem Betriebsgelände nachweisen lässt, ggf. nach Durchführung geeigneter Sicherheitsmaßnahmen, dass eine Auswirkung auf die Anlage auszuschließen ist, sollten auch keine Kombinationen mit anderen Ereignissen zu betrachten und eine Beeinträchtigung der Sicherheit der Anlage auszuschließen sein.

4. *Inwieweit wurden die ursprünglich der Auslegung zugrunde liegenden Szenarien und Lastannahmen an die sich verändernden Umgebungsbedingungen angepasst?*

Sachstand

Zur Frage der Veränderung der Umgebungsbedingungen, im Vergleich mit der Auslegung der Anlage, und der sich daraus möglicherweise ergebenden Erfordernisse, Lastannahmen und Szenarien anzupassen, wird in /U- 51/ festgestellt, dass die Änderungen vor Ausstellung der Betriebsgenehmigung im Jahr 1991 keinen Anlass zu einer Anpassung gegeben hätten. Lediglich die Öffnung der Bundesstraße B1 im Rahmen der Wiedervereinigung wäre zu berücksichtigen gewesen, aufgrund der aber nicht zu unterstellenden Auswirkungen einer Explosion in diesem Bereich aber ohne Belang.

Bewertung

Aufgrund des geringen räumlichen Abstandes der Anlage zur ehemaligen innerdeutschen Grenze, deren Aufhebung zum Zeitpunkt der Auslegung, Begutachtung und Errichtung der Anlage nicht absehbar war, wären Änderungen nicht auszuschließen gewesen, jedoch ist auch aus der Sicht des Gutachters keine Veränderung eingetreten, die für die hier untersuchten äußeren Einflüsse von Bedeutung sein könnten. In Bezug auf den Teltowkanal hat sich durch die Aufhebung der Teilung die Situation dahingehend verbessert, dass über die Nutzung jetzt bessere Informationen vorliegen, die die Konservativität der bei der Auslegung berücksichtigten Szenarien belegt.

5. *Welche Eindringmöglichkeiten und Einwirkungsmechanismen einschließlich des zeitlichen Verlaufs (z. B. der Konzentration) gefährlicher Gase sowie welche Auswirkungen des Eindringens (insbesondere Folgen auf die Warte und die Notsteuerstelle/Teilsteuerstelle oder auch auf Notstromaggregate) wurden anlagenspezifisch unterstellt?*

Sachstand

Als möglicherweise eindringende gefährliche Gase betrachtet die Betreiberin in /U- 51/ ausschließlich Rauchgase. Diese könnten durch die Ansaugöffnungen der Lüftungsanlagen eindringen, würden aber durch Rauchmelder detektiert werden. Die Ansaugöffnungen für die Reaktorwarte und die für die Notwarte lägen nicht auf derselben Gebäudeseite.

Bewertung

Grundsätzlich erscheint es nicht gerechtfertigt, die Betrachtung des Eintritts gefährlicher Gase auf Rauchgase zu beschränken. Aufgrund des nur beschränkten Umgangs mit gefährlichen Gasen auf dem Betriebsgelände und keinem erkennbaren Umgang in der Umgebung der Anlage, ist nach Einschätzung des Sachverständigen nur Vorsorge gegen ein Eindringen von Wasserstoff in die Lüftungsanlagen zu treffen (siehe 6.).

6. *Welche Möglichkeiten zur Erkennung und Überwachung gefährlicher Gase gibt es standortspezifisch?*

Sachstand

Zur Erkennung und Überwachung eindringender Rauchgase sind gemäß /U- 51/ in die Lüftungsanlagen Rauchmelder installiert worden, die Meldung an die Brandmeldeanlage und das Leitsystem liefern. Ebenfalls laufen im Leitsystem Meldungen auf, wenn Freisetzung von Wasserstoff in den Räumen der KNQ durch die dort vorhandenen Melder detektiert werden. Im möglichen Eindringen toxischer Gase sieht die Betreiberin zwar eine Gefährdung für das Betriebspersonal, nicht aber für die Sicherheit der Anlage.

Bewertung

Für die geforderte Erkennung und Überwachung von Rauchgasen sind nach der Auswertung der WLN 2008/07 /Z- 14/ Rauch- / Brandgasmelder in die Lüftungskanäle der Zuluftanlagen eingebaut worden, die vor dem Eindringen von Rauch und Brandgasen warnen und ein frühzeitiges Eingreifen gegen die damit verbundenen Gefahren ermöglichen. Darüber hinaus sind an allen Orten, an denen mit einem Austritt von Wasserstoff gerechnet werden muss, Gasmelder installiert. Dies betrifft Umgangsorte außerhalb der Gebäude, an denen der Wasserstoff nur durch eine Barriere umschlossen ist, sowie alle Orte innerhalb der Anlage, an denen im Rahmen von Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten Barrieren geöffnet werden müssen. Ausgenommen davon ist der Ort des Umgangs mit Flaschenbündeln, für den gesonderte Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden können.

7. *Welche Gebäude haben eine bauliche Auslegung gegen Explosionsdruckwellen und wie hoch sind die Lasten, die hierfür unterstellt wurden?*

Sachstand

Für den baulichen Schutz gegen Explosionsdruckwellen gibt die Betreiberin in /U- 51/ an, dass dafür keine spezielle Auslegung vorhanden sei. Sie stellt allerdings unter Bezug auf die Auslegung des Bauwerkes gegen Windlasten fest, dass das Reaktorgebäude zumindest den Belastungen einer entsprechenden Druckwelle standhält. Darüber hinaus stellt sie fest, dass selbst bei Zerstörung des Reaktorgebäudes die Vitalen Funktionen erhalten blieben.

Bewertung

Bei den betrachteten Risiken durch externe Explosionen lässt sich aus der Literatur (z.B. /Z- 22/ und /Z- 23/) ableiten, dass bei den anzunehmenden Szenarien und Abständen Druckwellen zu erwarten sind, die mit etwa 10 mbar im Bereich der weiter oben genannten Auslegung des Reaktorgebäudes von 8 kN/m² bei einem Sicherheitsfaktor von 1,7 gegen einen Außendruck durch Windlast liegen und damit nicht zu einer Schädigung führen sollten.

Unter Berücksichtigung der weiter oben genannten potentiellen Explosionsquellen ist von einem Erhalt der Integrität der Reaktorhalle bei den betrachteten Szenarien auszugehen.

Die von der Betreiberin zur Verhinderung des Transportes von explosiven Stoffen auf das Betriebsgelände beschriebenen Maßnahmen, die Fahrzeuge vor dem Einfahren zu kontrollieren und erforderlichenfalls zurückzuweisen, sieht der Gutachter als ausreichend an, um zu gewährleisten, dass die erforderlichen Sicherheitsabstände eingehalten werden.

8. *Welche baulichen Maßnahmen gibt es zur räumlichen Trennung der Versorgungsöffnungen für redundante Anlagenteile beim Eindringen gefährlicher Gase?*

Sachstand

Gegen das Eindringen gefährlicher Gase sind nach /U- 51/ keine räumlichen Trennungen für redundante Anlagenteile vorhanden, jedoch befänden sich die Zuluftkanäle an verschiedenen Seiten des Gebäudes. Im Falle eines Brandes würden die Redundanzen durch Brandschutzklappen getrennt.

Bewertung

Unter Berücksichtigung der Einschränkung auf Rauchgase und Wasserstoff, die unter Beachtung des innerhalb des Gebäudes realisierten Drei-Barrieren-Prinzips für die Umschließung des Wasserstoffs nur durch die Lüftungskanäle eintreten könnten, ist nicht von einem mit einer Gefährdung verbundenen Eindringen in verschiedene Redundanzen auszugehen.

9. *Wurden induzierte Erschütterungen in Folge Explosionsdruckwelle für die Auslegung der Komponenten ermittelt (ggf. Ersatzverfahren) und welche Komponenten wurden dagegen ausgelegt?*

Sachstand

Nach /U- 51/ sollen die Komponenten des Forschungsreaktors nach den üblichen Normen ausgelegt und kraftschlüssig mit dem Gebäude verbunden und damit gegen kleinere Erschütterungen ausgelegt sein.

Bewertung

Zur Frage der Auslegung gegen die hier zu betrachtenden Erschütterungen durch anlagenexterne Explosionen sind die weiter oben genannten Szenarien und Abstände zu berücksichtigen. Aufgrund des Aufbaus des Forschungsreaktors und der als gering eingeschätzten Druckwellen aus mit einer Schädigung durch Erschütterungen nicht zu rechnen. In Anlehnung an die BMI - Richtlinie /Z- 13/ kann erwartet werden, dass bei Einhaltung von Sicherheitsabständen für Druckwellen aus anlagenexternen Explosionen auch infolge von Erschütterungen durch diese Unfallszenarien keine

sicherheitsrelevanten Beeinträchtigungen hervorgerufen werden können, zumindest nicht in Bezug auf die Vitalen Funktionen.

10. *Welche Vitalfunktionen sind baulich gegen eine Einwirkung aus einer Explosionsdruckwelle geschützt?*

Sachstand

Für den nach /U- 1/ anzugebenden baulichen Schutz der Vitalfunktionen gegen die Einwirkung aus einer Explosionsdruckwelle wird in /U- 51/ ausschließlich darauf verwiesen, dass nur bei einem direkten Einschlag eines größeren Flugzeuges oder einer diesem Ereignis gleich zu setzenden Explosionsdruckwelle mit einer Beschädigung des Reaktorbeckens zu rechnen sei.

Bewertung

Für die weiter oben genannten Szenarien anlagenexterner Explosionen, ist aufgrund des Aufbaus des Forschungsreaktors nicht zu unterstellen, dass die hier definierten Vitalen Funktionen beeinträchtigt werden.

11. *Welche Annahmen zum Schutz durch Sicherheitsabstände zu Orten mit Umgang mit oder zu Transportwegen von explosionsfähigen Stoffen wurden berücksichtigt?*

Sachstand

Zum Schutz durch Sicherheitsabstände zu Orten mit Umgang oder zu Transportwegen von explosionsfähigen Stoffen wird in /U- 51/ festgestellt, dass es untersagt ist explosionsfähige Stoffe in relevanten Mengen in den Reaktorbereich hineinzubringen und, dass auf dem HZB - Gelände auch nur mit geringen Mengen explosiver Stoffe zu rechnen sei, von denen keine Gefahr für den Reaktor ausgingen.

Bewertung

Die Sicherheitsabstände zu den Transportwegen resultieren aus der Lage des Reaktors und der Verkehrsverbindungen sowie der Nutzung des umgebenden Gebietes. Die Annahmen zum Schutz der Anlage ergeben sich aus dem Abstand und der maximal zu erwartenden Menge explosiver Stoffe auf den Transportwegen. Diese bereits bei der Auslegung berücksichtigten Größen sind weiterhin als abdeckend zu betrachten. Im Nahbereich besteht aufgrund des Verzichts auf den Umgang mit relevanten Mengen explosiver Stoffe keine Veranlassung, besonders festzulegende Sicherheitsabstände einzuhalten. Der Ausschluss explosiver Stoffe im Reaktorbereich, mit Ausnahme des erforderlichen Wasserstoffs, wird als selbstverständlich angesehen.

12. *Welche anlagenbezogenen Schutzmaßnahmen gibt es in Bezug auf Einwirkungen aus Explosionsdruckwellen, kurzfristig wirkenden gefährlichen Gasen oder langfristig wirkenden Gasen, insbesondere für die sicherheitstechnisch relevanten Lüftungsanlagen?*

Sachstand

Anlagenbezogene Maßnahmen in Bezug auf den Schutz gegen Explosionen oder Gase werden für sicherheitstechnisch relevante Lüftungsanlagen nach /U- 51/ für die Fälle einer Freisetzung von Gasen auf dem Anlagengelände betrachtet. Dabei wird ausgeschlossen, dass toxische Gase sich bis in den Reaktorbereich ausbreiten und in die Lüftungsanlagen eindringen können da Warneinrichtungen frühzeitig den Austritt gefährlicher Gase melden und Schutzmaßnahmen auslösen würden. In diesem Fall würden die Lüftungsanlagen in eine sichere Betriebsweise geschaltet.

Bewertung

Eine Sicherheitsrelevanz der Lüftungsanlagen in Bezug auf Einwirkungen aus Explosionen und die Einwirkung von Gasen wird im Wesentlichen hinsichtlich des Personenschutzes gesehen. Den Einwirkungen von Explosionen oder dem Eindringen von Gasen über die Lüftungsanlagen auf die Anlage wird keine Relevanz beigemessen, da diesbezüglich weder die Lüftungsanlagen eine besondere Sicherheitsfunktion besitzen, noch Freisetzungsszenarien in Erwägung gezogen werden müssten.

13. *Welche organisatorischen und sonstigen Maßnahmen (U. a. Kommunikationsverbindungen zu Orten des Umgangs mit solchen Gasen, Verhinderung des Kontakts mit diesen Substanzen etc.) sind vorgesehen?*

Sachstand

Zu organisatorischen und sonstigen Maßnahmen im Umgang mit Gasen wird in /U- 51/ auf die vorhandenen Gefährdungsbeurteilungen und die darin festgelegten Maßnahmen hingewiesen. Beim Auftreten eines Gasalarms würden die Betriebsfeuerwehr, die Pforte und ggf. der HZB - Einsatzleiter informiert.

Bewertung

Aufgrund der geringen Mengen, die am Standort gelagert und gehandhabt werden, sind auch aus der Sicht des Gutachters keine Maßnahmen erforderlich, die über die ohnehin am Standort vorhandenen Sicherheitseinrichtungen und -maßnahmen hinausgehen. Insbesondere stehen in ausreichendem Umfang Kommunikationsmittel zur Verfügung. Regelungen für die Meldung an die Reaktorwarte liegen insbesondere für das Objektschutzpersonal vor.

14. *Welche Schäden an der Infrastruktur (U. a. Personalverfügbarkeit, Zuwegungen / Zugänglichkeit von Gebäuden bzw. sicherheitstechnisch relevanten Anlagenbereichen, insbesondere der Warte und der Notsteuerstelle / Teilsteuerstelle, Verfügbarkeit der Betriebsstoffe, Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr) wurden für den Fall einer Explosionsdruckwelle bzw. für das Einwirken gefährlicher Gase unterstellt und welche Autarkiezeit wurde angesetzt?*

Sachstand

Schäden an der Infrastruktur wurden in /U- 51/ nur für den Fall der Explosion einer Gaswolke unmittelbar über dem Reaktorgebäude unterstellt und für diesen Fall angenommen, dass die Warte und die Notwarte nicht mehr genutzt werden könnten und die HZB - Einsatzleitung die Notfallmaßnahmen vom Einsatzbunker aus koordinieren müssten.

Bewertung

Abgesehen vom hypothetischen Fall der Explosion einer Gaswolke sind die weiter oben betrachteten Explosionsdruckwellen ebenso in Betracht zu ziehen, wie Explosionen auf dem Betriebsgelände. Während eine Schädigung der Infrastruktur durch externe Explosionen nicht unterstellt werden muss, konnte im Rahmen der Sonderüberprüfung nicht festgestellt werden, ob eine Explosion auf dem Betriebsgelände eine Schädigung der Infrastruktur zur Folge haben könnte. Als mögliche Auswirkungen einer Wasserstoffexplosion wären im Bereich des Ventilcontainers oder der Pufferbehälter das Maschinenhaus mit den Stromversorgungen in Betracht zu ziehen. Wie an verschiedenen Stellen des Berichts festgestellt wird, ist der Erhalt der Infrastruktur aber nicht für den Erhalt der Vitalen Funktionen erforderlich.

4.2.2 Anlagenreserven

1. *Welche Anlagenreserven (z. B. bauliche Auslegung, Sicherheitsabstände) sind für den Erhalt von Vitalfunktionen und die Verfügbarkeit hierzu erforderlicher Anlagenteile und baulicher Anlagen im Falle einer Explosionsdruckwelle noch vorhanden?*

Sachstand

Als Anlagenreserve für den Erhalt der Vitalfunktionen sieht die Betreiberin in /U- 1/ den bereits vor Erteilung der Betriebsgenehmigung vorgenommenen Verschluss der Entleerungsleitung des Reaktorbeckens an, durch die ein Auslaufen des Beckenwassers sicherer verhindert werde.

Bewertung

Unter Berücksichtigung des Aufbaus der Forschungsreaktors, der nach dem Abschalten höchstens für 60 Sekunden eine aktive Kühlung benötigt, sind Systeme der Infrastruktur verzichtbar. Im Bereich der Versorgungssysteme der Primärpumpen ist nicht von Gasfreisetzungen auszugehen, so dass die Auswirkungen von anlagenexternen oder -internen Explosionen auf die Kühlung nicht unterstellt werden müssen. Ebenso

ist die Abschaltsicherheit aufgrund des passiven Abschaltsystems nicht von der Infrastruktur abhängig. Insofern verfügt die Anlage über ausreichende Reserven. Lediglich eine Beschädigung des Reaktorgebäudes, bei dem der Absturz von Teilen in das Reaktorbecken nicht ausgeschlossen werden kann, hätte möglicherweise Auswirkungen auf die Kühlung der Brennelemente. Aufgrund der Wassertiefe wäre allerdings eine zeitliche Reserve vorhanden, die es möglich erscheinen lassen, den Reaktor abzuschalten, bevor Teile den Kern erreichen können.

2. *Welche direkten Folgen (einer Explosionsdruckwelle (z. B. KMV aufgrund induzierter Boden- und Gebäudeschwingungen, Folgebrand, direkter Schaden) wurden ermittelt / unterstellt und wie lassen sich diese beherrschen?*

Sachstand

Für die Beherrschung der Folgen einer Explosionsdruckwelle sieht die Betreiberin in /U- 1/ die vorhandenen Einrichtungen, insbesondere die Brandbekämpfungsanlagen als ausreichend an.

Bewertung

Es wird ausgeschlossen, dass als Folge einer Explosionsdruckdruckwelle ein Kühlmittelverlust eintritt, da sich der Primärkühlkreislauf vollständig im Reaktorbecken befindet, die Strahlrohre fest mit dem Reaktorbecken verbunden sind und zwei Barrieren besitzen und die ursprünglich vorhandene Entleierungsleitung des Beckens verschlossen wurde. Es ist auch nicht zu unterstellen, dass dies durch einen in der Folge einer Explosion entstehenden Brandes eintreten kann, zumal ausreichende Brandbekämpfungseinrichtungen zur Verfügung stehen.

4.2.3 Notfallmaßnahmen

1. *Welche Maßnahmen sind bei Verlust von Vitalfunktionen oder bei Schäden an sicherheitsrelevanten Komponenten und Anlagenteilen als Folge einer auslegungsüberschreitenden Explosionsdruckwelle oder eines Eindringens gefährlicher Gase, auch unter Berücksichtigung von Folgeereignissen, zur Verhinderung eines Kernschadens oder von Schäden an Brennelementen im Brennelementlagerbecken vorgesehen?*

Sachstand

Beim Verlust von Vitalfunktionen geht die Betreiberin in /U- 1/ von der Anwendung des Katastrophenschutzplanes aus, beim Eindringen von toxischen Gasen sieht sie dagegen die Vitalfunktionen nicht als gefährdet an.

Bewertung

Aus den zu betrachtenden Szenarien für Explosionsdruckwellen, wobei die Auswirkungen von Explosionen infolge eines Flugzeugabsturzes nicht in diesem Abschnitt behandelt werden, ist eine Auswirkung auf die Vitalen Funktionen der Anlage nicht

zu unterstellen. Sofern eine Explosion mit Auswirkungen auf die Integrität des Reaktorbeckens postuliert werden muss, sind primär die an anderer Stelle bereits genannten Maßnahmen zur Wassernachspeisung in das Reaktorbecken als erforderlich zu betrachten und vorgesehen.

Ob sich durch das Eindringen toxischer Gase Situationen ergeben könnten, bei denen ein Risiko für den Erhalt der Vitalen Funktionen besteht ist zwar nicht explizit untersucht worden, jedoch auch kaum zu unterstellen.

2. *Welche Autarkiezeit und welche Zeiten für die Durchführung stehen für diese Notfallmaßnahmen zur Verfügung?*

Sachstand

Die Betreiberin verweist auf die Verfügbarkeit der Betriebsfeuerwehr und auf die Möglichkeiten zur Herbeiziehung externer Hilfen.

Bewertung

Von den Auswirkungen der hier zu betrachtenden Ereignisse auf die Integrität des Reaktorbeckens, insbesondere der damit zu unterstellenden Leckagerate, sind die Zeiten zur Einleitung und die Möglichkeiten der Nachspeisung des Beckenwassers abhängig. Unter Berücksichtigung der vorhandenen Ressourcen und der Möglichkeit der Verwendung des Wassers aus dem Stölpchensee, ist die Autarkiezeit kaum beschränkt.

3. *Inwieweit sind die Notfalleinrichtungen gegen Einwirkungen aus einer anlagenexternen Explosionsdruckwelle oder aus dem Eindringen gefährlicher Gase ausgelegt bzw. sind die Notfallmaßnahmen nach Auftreten des Ereignisses durchführbar?*

Sachstand

Bezüglich des Schutzes der Notfalleinrichtungen geht die Betreiberin in /U- 51/ insbesondere auf den Einsatzbunker ein, der aus ihrer Sicht weitgehend gegen Explosionen geschützt, sowie mit Brandmeldern und einer autarken Lüftungsanlage ausgestattet ist.

Bewertung

Bei dem Szenarium einer Explosionsdruckwelle von einer Stärke, bei der Auswirkungen auf die Integrität des Reaktorbeckens unterstellt werden müssten, ist von einem Erhalt der betrieblichen Nachspeisemöglichkeit für das Reaktorbecken nicht sicher auszugehen. Ein mechanischer Schutz besteht dagegen für den unterirdischen Tank, aus dem Wasser für die Nachspeisung entnommen werden kann, und ein Schutz durch Abstand für die Betriebsfeuerwehr, die für die Nachspeisung eingesetzt werden kann.

Notfalleinrichtungen für den Schutz der Anlage gegen gefährliche Gase sind mit Ausnahme der Schutzvorrichtungen gegen das Eindringen von Rauchgasen nicht vorhanden, jedoch auch nicht erforderlich.

4. *Welche Maßnahmen sind bereits beantragt aber noch nicht umgesetzt? Inwieweit sind dabei Schäden an der Infrastruktur berücksichtigt?*

Sachstand

Aus der Sicht der Betreiberin /U- 51/ sind derzeit keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Bewertung

Es liegen derzeit keine Anträge der Betreiberin vor, die dem Schutz vor Explosionsdruckwellen oder dem Eindringen von Gasen dienen.

4.2.4 Einhaltung der Bewertungskriterien der RSK

4.2.4.1 Explosionsdruckwelle

Untersuchungen, die für den quantitativen Nachweis der Standfestigkeit der Gebäude bei einer unterstellten Explosion geeignet wären, liegen nicht vor. Damit ist auch der Schutzgrad 1, bei dem von gegenüber den real zu betrachtenden Szenarien erhöhte Explosionsdruckwellen unterstellt werden, nicht quantitativ nachgewiesen. Dagegen wird davon ausgegangen, dass weder stationäre noch temporäre Quellen für explosible Gase am Standort und in der Umgebung unterstellt werden müssen, die eine Gefährdung der Vitalfunktionen darstellen. Mithin wäre der Schutzgrad 3 bedingt erfüllt.

4.2.4.2 Brennbare Gase

Brennbare Gase werden an verschiedenen Stellen der Anlage detektiert, an denen mit einer Freisetzung gerechnet wird. Es sind Abschlüsse zum Schutz gegen das Eindringen von Gasen installiert. Damit wird der Schutzgrad 1 bedingt erfüllt. Da die Abschlüsse nicht automatisch erfolgen, sondern von Hand ausgelöst werden müssen, sind die Schutzgrade 2 und 3 nicht erfüllt.

4.2.4.3 Toxische Gase

Es wurden die in der Umgebung und am Standort möglicherweise vorhandenen toxischen Gase ermittelt und es sind anlagenbezogene Schutzmaßnahmen vorgesehen. Abschlüsse der Wartenzuluft sind installiert. Mithin wäre Schutzgrad 1 erfüllt. Der Schutzgrad 2 ist nicht erfüllt, da die Abschlüsse der Wartenzuluft nicht automatisch wirken.

4.3 Sonstige zivilisatorische Einwirkungen von außen

1. *Welche sonstigen zivilisatorischen Einwirkungen von außen wurden berücksichtigt und welche wurden auf welcher Grundlage vom Betrachtungsumfang ausgeschlossen?*

Sachstand

Die Betreiberin legt in /U- 51/ dar, welche zivilisatorischen Einwirkungen von außen im Rahmen des Genehmigungsverfahrens behandelt worden sind. Darüber hinaus weist Sie auf die erfolgten Betrachtungen zum Betrieb der Erdfunkstelle hin.

Sie führt aus, dass keine Verbindung zwischen den Netzwerken der betrieblichen Leittechnik und Systemen außerhalb des Reaktors möglich sind. Hierdurch sowie durch administrative Maßnahmen sieht sie eine Einwirkung von Software auf die Leittechnik des Reaktors als ausgeschlossen an.

Bewertung

Neben den von der Betreiberin dargelegten und bereits betrachteten Einwirkungen sind aus Sicht des Sachverständigen grundsätzlich Einflüsse von Experimenten als auch von Mobilfunktechnik auf die Anlage möglich. Beide sind aber am BER-II durch administrative Maßnahmen (Bewertung von Experimenten durch die IRSK, Zutrittsverbot mit Mobilfunktechnik in definierte Bereiche) ausreichend beschränkt und geregelt, so dass eine Beeinflussung der Anlage durch diese Einwirkungen ausgeschlossen sein sollte.

5 Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter

Die Fragen zu dieser Thematik sind nicht Gegenstand der vorliegenden Stellungnahme, sondern werden gesondert behandelt.

6 Robustheit von Vorsorgemaßnahmen

6.1 Auslegung von Vorsorgemaßnahmen

Der Forschungsreaktor BER II nutzt die von ihm erzeugte Wärme nicht, sondern führt sie über ein Kühlsystem ab. Im Gegensatz zu Leistungsreaktoren wird deshalb auch kein Dampf erzeugt, so dass die im Stresstest der Leistungsreaktoren zu untersuchenden möglichen Leckagen an Frischdampfleitungen am Forschungsreaktor nicht zu betrachten sind.

Zu untersuchen bleiben dagegen die Auswirkungen möglicher Überflutungen von Gebäudeteilen, in denen sich sicherheitstechnisch wichtige Systeme befinden. Hierzu zählen insbesondere die Räume, in denen die der Nachwärmeabfuhr dienenden Einrichtungen angeordnet sind, die Räume des Reaktorschutzsystems und, wenn man auch die Systeme der Überwachung der Anlage und der Gewährleistung der Unterdruckhaltung einbezieht, die Räume der Leittechnik, der Elektroversorgung und der Notstromdieselanlagen.

Maßnahmen gegen anlageninterne Brände und/oder Explosionen sind ebenso zu betrachten wie Maßnahmen gegen den Absturz oder das Kippen schwerer Lasten.

1. *Welche Vorsorgemaßnahmen sind anlagenspezifisch realisiert und wie erfolgt die Umsetzung?*

Anlageninterne Überflutung:

Als mögliche Ursachen von Überflutungen sind einerseits Wässer in Betracht zu ziehen, die sich innerhalb der Anlage befinden und andererseits Wässer, die durch Rohrleitungen oder witterungsbedingt in die Anlage eintreten könnten.

Zur Beurteilung der Robustheit der Anlage gegen Überflutungen lassen sich zwei Ansätze verfolgen. Zum einen kann angenommen werden, es bestünde prinzipiell die Gefahr der Überflutung der Bereiche in denen sicherheitsrelevante Systeme vorhanden sind. Bei diesem Ansatz werden die Maßnahmen zur Erkennung und Beherrschung der Überflutungsgefahr überprüft. Zum anderen können die Maßnahmen zur Vermeidung einer Überflutung in Bereichen mit sicherheitsrelevanten Systemen bewertet werden.

Wie im Folgenden gezeigt wird, werden in /U- 51/ beide Ansätze dahingehend verfolgt, dass Maßnahmen zur Begrenzung und Beherrschung des Überflutungsrisikos zwar im Vordergrund stehen, Einrichtungen zur Erkennung möglicher Überflutungen aber für den Fall nachgerüstet werden, dass ein Versagen der Vorsorgemaßnahmen nicht ausgeschlossen ist. Damit ist auch für die Gefährdung durch anlagenexterne Überflutung ausreichend Vorsorge getroffen.

Stadtwasserleitung

Sachstand

In einer technischen Notiz /U- 16/ geht die Betreiberin auf den Abriss von Trinkwasserleitungen in verschiedenen Bereichen mit Durchmessern von 20 bis 80 mm ein und betrachtet dafür die möglicherweise auslaufenden Wassermengen, die jeweils minimalen Höhenstände des Wassers, ab denen mit einem Ausfall von Systemen gerechnet werden muss. Zur Erhöhung der Sicherheit beabsichtigt sie, zusätzliche technische Maßnahmen zu ergreifen.

In /U- 16/ wird für den unterstellten Fall eines 2F -Bruchs einer Trinkwasserleitung im Keller des Zwischentrakts angenommen, dass sich in den drei Räumen, in denen sich die Redundanzen der Primärpumpenversorgung befinden, aufgrund der fehlenden Abdichtung der Türen gegen eintretendes Wasser innerhalb von 50 Minuten ein Wasserstand einstellen könnte, der aufgrund von Kurzschlüssen und einem daraus folgenden Ausfall der Versorgungen dazu führen könnte, dass die geforderte Nachlaufzeit der Primärkühlmittelpumpen von 60 Sekunden nicht mehr gewährleistet werden kann. Zwar wird in /U- 51/ darauf hingewiesen, dass nach /U- 19/ auch diese Nachlaufzeit nicht erforderlich sei, jedoch wird die Installation eines Wassermelders in Erwägung gezogen.

Auch beim Bruch einer Rohrleitung im Keller des Mess- und Regelhauses geht die Betreiberin von einer Undichtigkeit von Türen aus, durch die Wasser in andere Bereiche übertreten kann, und berechnet mit den zu unterstellenden, austretenden Wassermengen die zu erwartenden Zeiten, nach denen mit einem Ausfall von Stromversorgungseinrichtungen für die Systeme der Leittechnik gerechnet werden kann. Dabei nimmt sie an, dass zunächst die Gleichrichter ausfallen und dieser Ausfall als Meldung im Leitsystem des Reaktors auf der Warte gemeldet wird, während die Stromversorgung des Leitsystems weiterhin über die Batterien gewährleistet bliebe. Erst bei einem weiteren Wasseranstieg könnte auch ein Ausfall der Batterien und damit der Ausfall des Leitsystems unterstellt werden, den sie aber aufgrund der oben genannten Ausfallreihenfolge nur bei nicht besetzter Reaktorwarte in Betracht zieht. Um für diesen Fall mögliche Reaktionszeiten zu verlängern, bis zu denen eine Reaktion des Personals mindestens erforderlich ist, beabsichtigt sie, die Leitungsquerschnitte der Rohrleitungen und damit die maximal möglichen Auslafraten zu verringern.

Bei der Überflutung des Reaktorkellers durch einen Bruch der Stadtwasserleitung zieht die Betreiberin einen Ausfall der Leckagenachspeisung KTJ durch Ausfall der Leckagenachspeisepumpe in Betracht, geht aber davon aus, dass im Bedarfsfall die Leckagenachspeisung durch alternative Systeme innerhalb der vorgeschriebenen Zeit sichergestellt werden könnte.

Für die Abführung des anfallenden Wassers sieht sie die Entwässerungssysteme der Sprinklerentwässerung und der Anlagenentwässerung als ausreichend an, wenn durch Reduzierung des Querschnitts der Stadtwasserleitung der maximal zu unterstellende Volumenstrom im Falle eines Rohrleitungsbruchs auf 40 m³/h beschränkt würde.

Bewertung

Bei einem Bruch der Rohrleitung im Bereich des Kellers, in dem sich die Wechselrichter und Batterien der Primärpumpen befinden, könnte ein Wasseranstieg, der aufgrund einer fehlenden Abdichtung der Türen gegen eintretendes Wasser in allen drei Redundanzen parallel erfolgen könnte, zu einem Kurzschluss in den Wechselrichtern führen, wobei zwar bei Reaktorbetrieb bereits beim Ausfall der Versorgung für eine der Primärpumpen der Reaktor automatisch abgeschaltet würde, die geforderte Nachlaufzeit der Pumpen von 60 s aber für den Fall nicht mehr gewährleistet wäre, dass der Ausfall innerhalb dieser Zeit alle drei Redundanzen beträfe. In ihrer Notiz betrachtet die Betreiberin konservativ, dass die Türen zu den einzelnen Redundanzen in gleicher Weise undicht sind und sich somit ein den gleichzeitigen Ausfall aller Wechselrichter begünstigender gleicher Wasserstand einstellt. Zur Gewährleistung, dass eine Leckage frühzeitig erkannt und das Wartpersonal darüber informiert wird, ist der von der Betreiberin in Betracht gezogene Einbau von Feuchtigkeitmeldern an geeigneter Stelle aus der Sicht des Gutachters erforderlich und ausreichend. Durch eine frühzeitige Erkennung eines Wasseranfalls im Keller kann sichergestellt werden, dass ausreichend Zeit zur Überprüfung der Ursachen und ggf. zur vorsorglichen Abschaltung des Reaktors besteht.

Die von der Betreiberin vorgenommene Betrachtung des Rohrleitungsbruchs im Mess- und Regelhaus ist hinsichtlich der zu erwartenden Wassermengen und Auswirkungen grundsätzlich plausibel, jedoch hängt die rechtzeitige Erkennung der Leckage in der Reaktorwarte von einem Ausfall der Gleichrichter ab, der aus der Sicht des Sachverständigen nicht sicher zu unterstellen ist. Zwar würde sich mit der geplanten Maßnahme der Verringerung der Rohrquerschnitte die Zeit verlängern, ab der nach einem Leitungsbruch mit einem Ausfall der Schaltanlagen und Batterien zu rechnen wäre und innerhalb derer im Rahmen von Anlagenrundgängen die Leckage mit hoher Wahrscheinlichkeit entdeckt würde, jedoch ließe sich die Sicherheit auch hier durch Einbau von Feuchtigkeitmeldern erhöhen. Die Verwendung von Feuchtigkeitmeldern zum Erkennen einer Leckage entspräche auch dem Stand der Technik.

Durch die Nutzung des Speicherbehälterraums für die abzupumpenden Wässer ist gewährleistet, dass die bei einer unterstellten Leckage anfallenden Wassermengen sicher abgeleitet und gelagert werden können, sofern man die Funktionsfähigkeit der Entwässerungssysteme unterstellt. Auch aus der Sicht der Gutachters ist damit nicht von einer Beeinträchtigung von sicherheitstechnisch wichtigen Systemen auszugehen, wobei auch rechtzeitig Reaktionen zur Beseitigung der Ursachen ergriffen werden können, wenn das Ansprechen der Entwässerungssysteme als Störmeldung in der Reaktorwarte gemeldet wird.

Dachentwässerungsleitung

Sachverhalt

Die Entwässerung der Gebäudedächer erfolgt durch innenliegende Rohrleitungen. Die möglichen Folgen eines Bruchs dieser Rohrleitungen wurden von der Betreiberin in der technischen Notiz /U- 17/ betrachtet. Als Szenario berücksichtigt sie den Was-

seranfall auf den Dachflächen des Reaktorgebäudes und der Experimentierhalle, indem sie das Produkt der Größe der Dachflächen mit im Extremfall zu erwartenden Regenmengen einerseits bezüglich des Durchsatzes von Entwässerungssystemen und andererseits hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Auffangvolumina vergleicht. Sie beschreibt darin auch die von einem möglichen Wasseranfall betroffenen Bereiche, ohne jedoch auf Auswirkungen des Wasseranfalls einzugehen.

Bewertung

Die von der Betreiberin vorgelegte Betrachtung ist bezüglich der anzunehmenden Wassermengen ausreichend konservativ. Sie hat nachgewiesen, dass im Fall eines Bruchs der Entwässerungsleitungen, die in die Anlage eintretenden Wässer sicher aufgefangen werden können. Dies gilt auch für die bei Extremwetterlagen ermittelten Regenmengen. Gleichwohl sind Bereiche betroffen, insbesondere die E-Schalträume, in denen, aufgrund des Wasseranfalls, Ausfälle von Systemen nicht ausgeschlossen werden können. Darüber hinaus erfolgt die Entwässerung in den vorgesehenen Speicherbehälterraum nicht in allen betroffenen Bereichen passiv, sondern erfordert die Betriebsbereitschaft der hierfür vorgesehenen Entwässerungspumpen. Nicht betroffen sind allerdings Bereiche, die sicherheitstechnisch wichtige Systeme der Leittechnik enthalten. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass selbst beim Ausfall von Systemen in den betroffenen Bereichen keine Bedingungen eintreten können, für die Notfallmaßnahmen erforderlich werden.

Sprinkleranlage

Ein Austreten von Wasser aus der Sprinkleranlage, das von der Betreiberin ebenfalls untersucht worden ist, sieht der Gutachter als auslegungsgemäß an und die Auswirkungen davon als nicht weiter zu betrachten.

Zwischenkreislauf und Reinigungssystem

Sachverhalt

Von der Betreiberin werden in /U- 51/ für den Zwischenkreislauf, der ebenfalls durch den Reaktorkeller verläuft und der im Falle einer Leckage nicht absperrenbar ist, ein Gesamtvolumen von ca. 20 m³ und für die Reinigungssysteme ein Volumen von ca. 10 m³ angegeben. Für diese Mengen erwartet sie, dass sie von den Entwässerungssystemen schadlos abgeführt werden können.

Bewertung

Es kann auch aus der Sicht des Gutachters davon ausgegangen werden, dass in der Folge von Leckagen in den genannten Systemen keine sicherheitstechnisch relevanten Auswirkungen zu erwarten sind und die vorhandenen Systeme zur Abführung der Wässer in Bezug auf die Kapazität und den Durchsatz ausreichend sind.

Anlageninterne Brände

Sachverhalt

Die Betreiberin hat hierzu ausgeführt /U- 51/, dass Vorsorgemaßnahmen gegen das Entstehen und die Ausbreitung von Bränden bestehen, unter anderem bauliche Brandschutzeinrichtungen, bautechnische Trennung in Brandabschnitte, brandschutztechnische Abschottung von Räumen redundanter Komponenten des Sicherheitssystems, Minimierung von Brandlasten, Brandmeldeanlage, Sprinkleranlage, Feuerlöschgeräte sowie das Vorhandensein einer Betriebsfeuerwehr.

Bewertung

Die Einrichtungen des BER-II zum Schutz vor Brand und Explosionen sowie zu anlageninternen Bränden und Explosionen wurden mit Blick auf die Anforderungen aus dem Atomgesetz positiv bewertet /U- 15/. Hierbei wurden die Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke (Stand 10/1977) sowie die RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren (Stand 10/1981) soweit sinnvoll übertragbar zugrunde gelegt und eine ingenieurmäßige Bewertung entsprechend der bestehenden Praxis bei Forschungsreaktoren vorgenommen. Grundlegende Änderungen am Brandschutzkonzept des BER-II sind seitdem nicht erfolgt. Eine Neubewertung der Brandschutzmaßnahmen ist zwischenzeitlich nicht erfolgt.

Absturz schwerer Lasten

Sachverhalt

Die Maßnahmen gegen einen Absturz oder das Kippen schwerer Lasten auf das Brennelementlagerbecken oder den Reaktorkern betreffen die Auslegung und die Verriegelungen des Reaktorhallenkrans und des Experimentierhallenkrans. Als schwere Lasten sind der interne und der externe Brennelement-Transportbehälter, mit denen abgebrannte Brennelemente transportiert werden, zu berücksichtigen. Über dem Reaktorbecken, hier jedoch nur über dem Absetzbecken, wird nur der interne Transportbehälter gehandhabt, über dem Umsetzbecken sowohl der interne als auch der externe Transportbehälter.

Die Betreiberin schließt in /U- 51/ den Transport von Lasten unter Verwendung des Reaktorhallenkrans während des Reaktorbetriebs generell aus und begründet dies neben administrativen Festlegungen mit der Verriegelung der Endlage des Krans mit der Hand-RESA-Linie des Reaktors.

Für den Fall eines Absturzes von schweren Lasten auf den Transportwegen oder an den Verwendungsorten werden die Vorkehrungen und Maßnahmen beschrieben, durch die gewährleistet sein soll, dass sich die Schäden auf das im Genehmigungsverfahren betrachtete Schadensmaß begrenzen lassen. Die wesentlichen Kriterien, die für den Schutz der Anlage berücksichtigt wurden, sind die Integrität des Absetzbeckens und des Umsetzbeckens gegen Wasserverlust, die Integrität der Wasserstoffleitungen, die Wärmeabfuhr der Brennelemente und die Kritikalitätssicherheit.

Als Randbedingung für den sicheren Transport wird die Verwendung von Hebezeugen und Lastanschlagmitteln mindestens nach der KTA - Regel 3902 Abs. 4.2 und der Einsatz von Stoßdämpfern im Absetzbecken und am Boden der Experimentierhalle aufgeführt.

Bewertung

Grundsätzlich sind aufgrund der Begrenztheit der Möglichkeiten zur Handhabung schwerer Lasten, die sich aus der Auslegung der Hebezeuge ergibt, keine höheren Lastannahmen zu treffen, als dies bereits im Genehmigungsverfahren erfolgt ist. Für den Transport schwerer Lasten außerhalb des Reaktorgebäudes, wie sie bei der Verwendung von Baukränen auf dem Anlagengelände zu unterstellen sind, hat die Betreiberin bei bisherigen Bautätigkeiten Vorkehrungen getroffen, um durch Sicherheitsabstände einen Absturz von Lasten auf die Anlage, insbesondere bei Reaktorbetrieb, sicher auszuschließen.

Auch aus der Sicht des Gutachters ist aufgrund der vorhandenen, sicherheitstechnisch wichtigen Verriegelungen sichergestellt, dass der Reaktor während des Betriebs nicht mit dem Kran überfahren werden kann, insbesondere also nicht mit einer schweren Last. Insofern sind keine Auswirkungen zu betrachten, die sich aus einem Absturz einer schweren Last in das Reaktorbecken während des Betriebs ergeben könnten.

Ein unterstellter Absturz in das Absetzbecken oder in das Umsetzbeckens würde aufgrund der jeweiligen Auslegung und der vorgesehenen Maßnahmen zum Schutz der Becken nicht deren Integrität gefährden. Beim Lastabsturz auf die Lagergestelle der Brennelemente würde zwar deren Kühlung nicht mehr ausreichen, und ein Schmelzen nicht auszuschließen sein, jedoch wäre nach /U- 45/ eine Kritikalität der Brennelemente durch den Absturz nicht zu besorgen.

Änderungen, die seit der Auslegung der Anlage eingetreten sind, wie die Änderungen am Boden der Experimentierhalle oder die Umstellung von hoch angereichertem Brennstoff auf niedrig angereicherten, wurden beachtet und bei Erfordernis möglichen Auswirkungen durch geeignete Maßnahmen (z.B. durch Einsatz zusätzlicher Stoßdämpfer) begegnet.

Die Robustheit der Anlage gegen den Absturz schwerer Lasten ist grundsätzlich gegeben, wobei davon ausgegangen werden muss, dass die zu deren Gewährleistung erforderlichen administrativen Regelung eingehalten und Erkenntnisse aus aktuellen Vorkommnissen (siehe auch /Z- 24/) auf Relevanz für die Anlage geprüft werden.

6.2 Auslegungsreserven

1. *Welche Reserven sind für den Erhalt der Vorsorgemaßnahmen vorhanden?*

In Bezug auf die Maßnahmen zur Vermeidung von Überflutungen kann die Kapazität des Behälterraums als ausreichende Reserve angesehen werden, sofern die Maßnahmen zur Ableitung der Wässer in diesen Raum wirksam werden.

Es ist konservativ anzunehmen, dass im Falle einer Überflutung des Bereichs, in dem sich die Wechselrichter für die Versorgung der Primärpumpen befinden, gleichzeitig alle drei Primärpumpen ausfallen. Selbst bei einem Ausfall der Feuchtigkeitmelder wäre zunächst nur mit dem Ausfall eines Wechselrichters zu rechnen. Es kann unterstellt werden, dass im Anschluss an die durch den Ausfall eines Wechselrichters automatisch initiierte Schnellabschaltung, mit den dann noch funktionsfähigen zwei Primärpumpen, die entsprechend der Auslegung zur Zwangskühlung ausreichen, die Nachkühldauer von einer Minute eingehalten wird, nach der die Kühlung durch Naturkonvektion ausreicht.

Für die Handhabung schwerer Lasten stehen nur die üblichen Auslegungsreserven zur Verfügung, da die Hebezeuge bei der Handhabung der Transportbehälter im Bereich ihrer nominalen Tragfähigkeit arbeiten, wobei die Auslegung nach KTA 3902 Abs. 4.2 zu berücksichtigen ist. Aufgrund der zuvor betrachteten Sicherheitsmaßnahmen bezüglich der Handhabung und der Transportwege, sowie aufgrund der beschriebenen Beherrschbarkeit eines Versagens, sind aus der Sicht des Gutachters weitere Reserven nicht erforderlich.

6.3 Notfallmaßnahmen

Notfallmaßnahmen, wie sie in /U- 51/ angegeben sind und den Einsatz der internen oder externen Feuerwehr betreffen, sind für die Beseitigung der Überflutung einsetzbar.

Maßnahmen, die in der Folge eines Behälterabsturzes erforderlich sind, um mögliche Folgeschäden zu vermeiden, sind in /U- 51/ nicht beschrieben. Aufgrund der auch nach dem Absturz einer schweren Last noch zu unterstellenden Integrität der Becken, in denen die Brennelemente gelagert werden, ist die Wasserüberdeckung der Brennelemente weiterhin gewährleistet. Maßnahmen zum Schutz der Brennelemente gegen weitergehende Schäden, die aufgrund der infolge des Behälterabsturzes verminderten Kühlung der Brennelemente entstehen könnten, sollten im betrieblichen Regelwerk (z.B. in einem Notfallhandbuch) beschrieben werden.

6.4 Einhaltung der Bewertungskriterien der RSK

Basislevel

Die Vorsorgemaßnahmen basieren nicht oder nur in geringem Maße auf administrativen Maßnahmen sondern auf passiven Elementen wie baulichen Einrichtungen, passiven Komponenten oder zuverlässigen aktiven Einrichtungen. Es liegen keine Betriebserfahrungen vor, die dem VM Ansatz widersprechen.

Die Anlage erfüllt nach Einschätzung des Sachverständigen bezüglich der VM gegen anlageninterne Überflutungen, anlageninterne Brände und gegen den Absturz schwerer Lasten auf den Kern bzw. die Brennelementlagerbecken die Anforderungen des Basislevels.

Level 1

Der Ausfall bzw. die Nichtwirksamkeit der VM, zu deren Wirksamkeit administrative Vorgaben oder aktive Einrichtungen erforderlich sind, wird unterstellt. Das Versagen dieser VM gefährdet die Vitalfunktionen. Die Vitalfunktionen können mit Hilfe von Notfallmaßnahmen, die in der jeweiligen Situation wirksam sind, aufrecht erhalten werden.

Level 2

Der Ausfall bzw. die Nichtwirksamkeit der VM, zu deren Wirksamkeit administrative Vorgaben oder aktive Einrichtungen erforderlich sind, wird unterstellt. Das Versagen diese VM gefährdet die Vitalfunktionen. Die Vitalfunktionen können jedoch durch nicht betroffene Sicherheitssysteme, Notstandssysteme oder andere diversitäre Maßnahmen (keine Notfallmaßnahmen) aufrecht erhalten werden.

Level 3

Der Ausfall bzw. die Nichtwirksamkeit der VM kann praktisch ausgeschlossen werden oder die Folgen des Ausfalls führen zu keinem Verlust der Vitalfunktionen.

Die Anlage erfüllt nach Einschätzung des Sachverständigen bezüglich der VM gegen den Absturz schwerer Lasten auf den Kern bzw. die Brennelementlagerbecken die Anforderungen des Levels 3, da eine Zerstörung der Becken mit Wasserverlust ausgeschlossen werden kann. Bezüglich der anlageninternen Überflutungen wird der Level 3 erreicht, da die Vitalfunktionen Erhalt der Integrität des Reaktorbeckens und des Umsetzbeckens auch durch den unwahrscheinlichen, aber grundsätzlich möglichen gleichzeitigen Ausfall der drei Wechselrichter nicht beeinträchtigt wird.

7 Postulate zur Systemtechnik

Nach /U- 53/ wären die im Folgenden behandelten Fragestellungen nur für Druck- und Siedewasserreaktoren explizit anzuwenden gewesen, jedoch sind auch für den Forschungsreaktor BER II einige der Fragen von Interesse, während an anderen Fragen die Unterschiede zwischen einem Leistungskraftwerk und einem Forschungsreaktor bezüglich der Risiken und Abhängigkeiten erkennbar werden.

Es wird deshalb auch auf diese Fragen, soweit anwendbar, eingegangen.

7.1 Station - Blackout

1. *Welche Maßnahmen/Einrichtungen mit welchen relevanten Merkmalen zur Verhinderung eines Station Blackout sind vorhanden?*

Sachstand

Die Drehstromversorgung des Forschungsreaktors erfolgt gemäß /U- 51/ über zwei auf dem Gelände vorhandene Transformatoren, eine Normalstromverteilung, zwei Notstromverteilungen und die redundanten Diesel-Notstromaggregate, die räumlich voneinander getrennt angeordnet sind.

Bewertung

Aufgrund der vorhandenen Einspeisungen, Verteilungen und Notstromaggregate sowie aufgrund der räumlichen Trennung der Redundanzen kann davon ausgegangen werden, dass in ausreichendem Maße Vorkehrungen gegen einen Station-Blackout getroffen sind.

2. *Durch welche verfahrenstechnischen Maßnahmen/Einrichtungen (z. B. Nutzung von Wärmespeicherkapazitäten, Kühlmittelkapazitäten, dampfgetriebenen Pumpen) wird ein Station Blackout in Abhängigkeit von Anlagenzustand bis zum dauerhaften Unterschreiten der zulässigen Verbraucherspannung auf den von den Batterien versorgten Schienen beherrscht? Welche Annahmen liegen der Ausführung dieser Maßnahmen/Einrichtungen zugrunde? Unter welchen Randbedingungen (eingeschränkte Personalverfügbarkeit, Zerstörungen der Infrastruktur am Standort und in der Umgebung, benötigte Ressourcen, Unfall im Nachbarblock, etc.) sind diese Maßnahmen durchführbar? Wie ist beim DWR die Unterkritikalität sichergestellt?*

Sachstand

In /U- 51/ weist die Betreiberin darauf hin, dass der Reaktor bei Stromausfall automatisch abgeschaltet wird und die Nachwärmeabfuhr durch Zwangskonvektion, die nur für die Dauer einer Minute erfolgen muss, durch batteriegepufferte Primärpumpen

erfolgt. Das Wasserinventar des Reaktorbeckens sei ausreichend groß, um die Nachzerfallsenergie der Brennelemente aufzunehmen.

Bewertung

Nur innerhalb der ersten Minute nach dem Abschalten des Reaktors, wobei die Abschaltung bei Ausfall der Drehstromversorgung automatisch erfolgt, ist der Betrieb der drei Primärkühlmittelpumpen vorgesehen. Auch bei einer üblichen Abschaltung aus dem Normalbetrieb werden diese Pumpen gemäß Betriebshandbuch spätestens nach 10 Minuten abgeschaltet. Für diese Zeit sind die Batterien ausgelegt, über die bei einem Ausfall der Drehstromversorgung die Primärkühlmittelpumpen versorgt werden.

Somit kann es bei einem Station-Blackout nicht zu einer Unterschreitung der zulässigen Verbraucherspannung an den Batterien der Stromversorgung für die Kühlung des Reaktors kommen.

Die Wärmespeicherkapazität des Wassers im Reaktorbecken ist bei ausreichendem Wasserstand, wie auch die Betreiberin ausführt, ausreichend groß, um die Nachzerfallswärme des Reaktors ohne zusätzliche, externe Kühlung aufzunehmen.

- 3. Welche Zeiten sind bei Station Blackout bis zum dauerhaften Unterschreiten der zulässigen Verbraucherspannung auf den von den Batterien versorgten Schienen nachgewiesen (getrennt für alle Batterien)? Welche Annahmen bezüglich der Verbraucher sind dabei zugrunde gelegt?*

Sachstand

Die Betreiberin stellt in /U- 51/ dar, dass die Zeiten bis zu einem dauerhaften Unterschreiten der zulässigen Verbraucherspannung nicht messtechnisch ermittelt wurden, gibt aber die zu erwartenden Betriebszeiten für die mithilfe der Batterien sicherzustellende Versorgung sowie die dafür verwendeten Lastannahmen der Verbraucher an.

Bewertung

Der Forschungsreaktor verfügt über zwei, auch räumlich voneinander getrennte Batteriesysteme.

Die 220 V – Batterien dienen ausschließlich der Versorgung der Primärkühlmittelpumpen und sind für die zehnfache der erforderlichen Betriebszeit der Pumpen zur Abführung der Nachzerfallswärme nach einer Reaktorabschaltung ausgelegt. Damit ist eine Unterschreitung der zulässigen Verbraucherspannung an diesen Batterien im Falle eines Station-Blackouts ausgeschlossen.

Die 24 V – Batterien versorgen die Leittechnikeinrichtungen, die nach der Abschaltung des Reaktors im Sinne der Schutzziele zwar noch Funktionen in Bezug auf die Überwachung der Reaktors haben, nicht aber für die Kühlung des Reaktors erforderlich sind. Für diese Batterien erwartet die Betreiberin einen Funktionserhalt für ca. 70

Stunden für die erforderlichen Verbraucher, wenn innerhalb der ersten fünf Stunden nach Beginn des Station-Blackouts nicht mehr erforderliche Verbraucher abgeschaltet werden.

Der Nachweis der den Annahmen zugrunde gelegten Batteriekapazitäten erfolgt im Rahmen der Wiederkehrenden Prüfungen.

4. *Welche technischen Maßnahmen sind ohne Wiederherstellung der Batterieversorgung zur Vermeidung von Kern- bzw. Brennelementschäden noch möglich? Welche technischen Einrichtungen (z. B. mobile Aggregate) stehen dann noch zur Verfügung? Welche Annahmen liegen der Ausführung dieser Einrichtungen zugrunde? Unter welchen Randbedingungen (Wasserstoffbildung und Explosionsgefahr, eingeschränkte Personalverfügbarkeit, Nichtzugänglichkeit aufgrund hoher Strahlenpegel, Zerstörungen der Infrastruktur am Standort und in der Umgebung, benötigte Ressourcen, Unfall im Nachbarblock, etc.) sind diese Maßnahmen durchführbar? Wie ist beim DWR die Unterkritikalität sichergestellt?*

Sachstand

Die Betreiberin hält eine gesicherte Stromversorgung nicht für erforderlich, um Kern- und Brennelementschäden zu vermeiden.

Bewertung

Wie bereits oben dargestellt, wird die Versorgung der Primärkühlmittelpumpen über die 220 V – Batterien nur für die ersten 60 Sekunden nach der Abschaltung benötigt. Damit besteht somit kein Bedarf für eine Wiederherstellung der Batterieversorgung für die Kühlung des Reaktorkerns.

Abhängig vom zu unterstellenden Störfallszenarium wird es bei einem Wasserverlust aus dem Reaktorbecken bei gleichzeitigem Station-Blackout aber erforderlich sein, zum Erhalt der Kühlung der Brennelemente und zu deren Wasserüberdeckung Wasser in das Becken nachzuspeisen. Sofern für die elektrische Versorgung der dafür vorgesehenen Pumpen die Notstromaggregate nicht zur Verfügung stehen, erscheint es realisierbar zu sein, entweder ein externes Notstromaggregat oder motorbetriebene Pumpen der Feuerwehr zu verwenden.

5. *Welche Zeiten stehen abhängig vom Anlagenzustand für die unter Punkt 3 erfragten Maßnahmen bis zum Eintreten von Kern- bzw. Brennelementschäden zur Verfügung?*

Sachverhalt

Die Betreiberin hält auch langfristig eine gesicherte Stromversorgung nicht für erforderlich, um Kern- und Brennelementschäden zu vermeiden.

Bewertung

Wie unter Punkt 4 festgestellt wurde, sind in Bezug auf die Batterieversorgung keine Maßnahmen erforderlich, um Kern- bzw. Brennelementschäden zu verhindern. Damit erübrigt sich hierfür die Frage den dafür zur Verfügung stehenden Zeiten.

Für die Szenarien des Wasserverlustes aus dem Reaktorbecken hängen die erforderlichen Zeiten von der Leckgröße und somit von der Dauer ab, die zwischen dem Eintritt des Schadens vergehen, bis eine Wasserüberdeckung der Brennelemente aufgrund des fallenden Wasserstandes nicht mehr gewährleistet ist. Beim Ausleungsleck von 1cm² ist laut Sicherheitsbericht /U- 6/ vorgesehen, binnen vier Stunden die Nachspeisung des Wassers einzuleiten. In dieser Zeit hat sich das Wasservolumen im Reaktorbecken bei der vorgegebenen Leckgröße um ca. 10 % verringert. Beim Ausfall der Kühlung des Umsetzbeckens stehen nach der konservativen Abschätzung in /U- 49/ mehr als 20 Stunden zur Wiederherstellung der Kühlung oder bis zum Erfordernis des Nachspeisens von Wasser zur Verfügung.

6. *Welche Maßnahmen sind bei einem Station Blackout zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung der mindestens erforderlichen Redundanten vorgesehen? Unter welchen Randbedingungen (Wasserstoffbildung und Explosionsgefahr, eingeschränkte Personalverfügbarkeit, Nichtzugänglichkeit aufgrund hoher Strahlenpegel, Zerstörungen der Infrastruktur am Standort und in der Umgebung, benötigte Ressourcen, Unfall im Nachbarblock, etc.) sind diese Maßnahmen durchführbar?*

Sachstand

Die Betreiberin hält gemäß /U- 51/ die Wiederherstellung der Stromversorgung zwar nicht für dringlich, da sie für die Kühlung der Brennelemente nicht erforderlich sei, hält sie aber für den Erhalt der Funktionsfähigkeit der Mess- und Überwachungsgeräte für zweckmäßig. Abhängig von den jeweiligen Randbedingungen des Störfalls kann aus ihrer Sicht gewartet werden, bis die Bedingungen die Wiederherstellung erlauben.

Bewertung

Abhängig vom Ausmaß der Schäden an der Infrastruktur und den anlageninternen Systemen zur Nachspeisung von Beckenwasser, die sich bei einem Störfall einstellen könnten, wäre zu entscheiden, welche Maßnahmen ergriffen werden müssen. Dazu zählt der Einsatz externer Pumpen ebenso wie die Wiederherstellung der Wechselstromversorgung. Es wird empfohlen, Einspeisepunkte herzustellen, um die Anschlussfähigkeit externer mobiler Notstromaggregate unter den anzunehmenden Randbedingungen zu gewährleisten.

7. *Welche von der Wiederherstellung der Drehstromversorgung unabhängigen Maßnahmen/technischen Einrichtungen gibt es zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Gleichstromversorgung? Unter welchen Randbedingungen (Wasserstoffbildung und Explosionsgefahr, eingeschränkte Personalverfügbarkeit, Nichtzugänglichkeit aufgrund hoher Strahlenpegel, Zerstörungen der Infrastruktur am Standort und in der Umgebung, benötigte Ressourcen, Unfall im Nachbarblock etc.) sind diese Maßnahmen durchführbar?*

Sachstand

Die Wiederherstellung der Gleichstromversorgung ist gemäß /U- 51/ nicht beabsichtigt und nicht erforderlich.

Bewertung

Die in Punkt 3 genannte Gleichstromversorgung für den Betrieb der Primärkühlmittelpumpen ist nach dem Abschalten zu keinem Zeitpunkt und für kein bislang betrachtetes Szenarium erforderlich. Insofern besteht auch kein Bedarf, dieses nach einem Ausfall der Drehstromversorgung wieder in Betrieb zu nehmen.

Für die Systeme, insbesondere also die Mess- und Überwachungsgeräte, die über die 24 V – Verteilungen versorgt werden, ist eine Wiederherstellung der Gleichstromversorgung dagegen erforderlich, auch wenn diese nicht zum Erhalt der Kühlung der Brennelemente oder zur Gewährleistung der Unterkritikalität erforderlich sind. Welche Möglichkeiten zur Wiederherstellung dieser Gleichstromversorgung bestehen wird im Einzelnen von Ausmaß der Schäden an der Infrastruktur abhängen.

8. *Wie verhalten sich die leittechnischen Einrichtungen beim Wiedereinschalten nach Spannungsrückkehr?*

Sachstand

Die Betreiberin unterscheidet in /U- 51/ die Systeme Reaktorschutz, Strahlenschutzinstrumentierung und betriebliche Leittechnik, für die nach der Spannungsrückkehr beim Wiedereinschalten keine, geringfügige bzw. umfangreichere manuelle Maßnahmen erforderlich sind.

Bewertung

Ausgehend davon, dass spätestens zum Zeitpunkt oder durch den Ausfall der Spannungsversorgung der Reaktor abgeschaltet wurde, übernimmt das Reaktorschutzsystem nur Aufgaben bei der Überwachung des Reaktors. Dieses System steht ohne manuellen Eingriff wieder zur Verfügung.

Die Funktionsfähigkeit der Dosisleistungsmessstellen der Strahlenschutzinstrumentierung wird nach Rückkehr der Spannungsversorgung uneingeschränkt gewährleistet sein. Soweit die Pumpen oder Steuerungen für die Überwachung von Aerosolen

oder Wasserkreisläufen einer manuellen Quittierung bedürfen, sollte geprüft werden, ob diese Quittierung nicht zu automatisieren ist.

Die für die Wiederinbetriebnahme des betrieblichen Leitsystems, das auch einige Messwerte für die Fernüberwachung zur Verfügung stellt, erforderlichen Prozeduren sind nicht beschrieben. Es wird empfohlen, im Aufsichtsverfahren nachzuvollziehen, dass die Festlegung von Maßnahmen, die es im Störfall ermöglichen, die Funktionsbereitschaft des Systems zügig wieder herzustellen, im betrieblichen Regelwerk des BER-II erfolgt.

9. *Welche weiteren Maßnahmen sind bereits beantragt, aber noch nicht umgesetzt? Inwieweit sind dabei Schäden an der Infrastruktur berücksichtigt? Inwieweit sind dabei Folgeereignisse (z. B. Brände) berücksichtigt?*

Sachstand

Nach /U- 51/ sind keine Maßnahmen zur Verhinderung eines Station-Blackouts erforderlich.

Bewertung

Bislang sind keine Maßnahmen beantragt, die der Vorsorge zum Erhalt oder der Wiederherstellung der Stromversorgungen für den Fall eines auslegungsüberschreitenden Ereignisses dienen. Während für die zur Kühlung des Kerns vorhandene Stromversorgung kein Erfordernis für weitere Maßnahmen besteht, sollte geprüft werden, ob Vorkehrungen getroffen werden können, um Möglichkeiten zur Einspeisung zu schaffen, um durch externe Aggregate die Stromversorgung nach einem Ereignis wieder herzustellen.

7.1.1 Einhaltung der Bewertungskriterien

Die Bewertungskriterien für den Station-Blackout sind nach Einschätzung des Sachverständigen auf den Forschungsreaktor BER II nur eingeschränkt anwendbar, da das Erfordernis einer Wechselstromversorgung nicht und einer Gleichstromversorgung nur kurzzeitig, für die Dauer einer Minute, zur Aufrechterhaltung der Nachkühlung besteht. Auch für die zur Überwachung der Anlage erforderlichen Systeme ist aufgrund der Kapazität der zur Verfügung stehenden Batterieversorgung von einer ausreichenden Vorsorge für Störfälle auszugehen.

Selbst ein Ausfall beider Notstromdiesel ist aufgrund der vorhandenen Batteriekapazitäten und des Anlagenkonzepts sicher beherrschbar.

7.2 Langandauernder Notstromfall

Nachdem in Punkt 7.1 festgestellt wurde, dass die Sicherheit des Forschungsreaktors BER II nicht von der Verfügbarkeit der Drehstromversorgung abhängt, muss dies grundsätzlich auch für den langandauernden Notstromfall gelten. Wenn neben den primären Sicherheitszielen der Kühlung des Reaktorkerns aber auch der Funktionserhalt weiterer Systeme wie der Unterdruckhaltung oder der Überwachung zu gewährleisten ist, erscheint es sinnvoll, auch für den langandauernden Notstromfall die Auslegung der Anlage darzustellen.

7.2.1 Sachstand und Bewertung

1. *Wie lange ist ein Betrieb der Notstromdieselaggregate ohne Handmaßnahmen gewährleistet (Kraftstoff, Öl, Kühlwasser); getrennt für alle Notstromdieselaggregate?*

Sachstand

Die Betreiberin stellt in /U- 51/ fest, dass der Betrieb der Notstromaggregate für mindestens 72 Stunden sichergestellt ist, bis ein Nachfüllen der Dieseltanks erforderlich wird.

Bewertung

Entsprechend der Spezifikation /Z- 27/ sind die Vorratsbehälter der Kraftstofftanks so bemessen, dass sichergestellt werden kann, dass der Betrieb der Notstromdiesel für mindestens 72 Stunden gewährleistet ist. Handmaßnahmen sind allerdings schon in kürzeren Zeitabständen erforderlich, da gemäß BHB nach jeweils 10 Stunden Öl nachzufüllen ist.

2. *Welche Handmaßnahmen sind für einen längeren Betrieb der Notstromdieselaggregate erforderlich? Welche Randbedingungen bestehen für die Durchführbarkeit dieser Handmaßnahmen (Personenverfügbarkeit nach Anzahl und Kompetenz, benötigtes Material, unterstellte Annahmen für Versorgung mit Kraftstoff, Öl, Kühlwasser, Ersatzteile)? Inwieweit stehen die benötigten Ressourcen bei möglichen Zerstörungen der Infrastruktur am Standort, Unfall im Nachbarblock, etc. zur Verfügung?*

Sachstand

Die Betreiberin stellt in /U- 51/ fest, dass nach frühestens 72 Stunden Treibstoff nachgefüllt werden muss und dies auch bei zerstörter Infrastruktur möglich sein soll.

Bewertung

Als erforderliche Handmaßnahmen für den längeren Betrieb der Notstromdieselaggregate ist zunächst nur mit dem Erfordernis der Versorgung mit Öl und Kraftstoff auszugehen. Die räumliche Trennung der beiden redundanten Notstrom - Dieselaggregate begünstigt die Möglichkeit der Wartung und Instandhaltung im Fall einer zerstörten Infrastruktur. Es bestehen keine Bedenken in Bezug auf eine ausreichende Personalverfügbarkeit.

3. *Wie lange ist ein Betrieb der Notstromdieselaggregate mit Handmaßnahmen, die mit auf dem Anlagengelände verfügbaren Ressourcen möglich sind, gewährleistet?*

Sachstand

Aus der Sicht der Betreiberin /U- 51/ stehen auf dem Anlagengelände Ressourcen für einen Betrieb über 72 Stunden hinaus nicht zur Verfügung.

Bewertung

In der Regel wird davon auszugehen sein, dass aufgrund der örtlichen Infrastruktur auch ein Betrieb über den von der Betreiberin genannten Zeitraum hinaus erwartet werden kann.

4. *Welche geplanten Maßnahmen und Regelungen bestehen für die externe Beschaffung von benötigtem Material (Kraftstoff, Öl, Ersatzteile, Kühlwasser)? Unter welchen Randbedingungen (eingeschränkte Personalverfügbarkeit, Zerstörungen der Infrastruktur am Standort und in der Umgebung, Unfall im Nachbarblock, etc.) sind diese Maßnahmen durchführbar?*

Sachstand

Nach /U- 51/ wird von einer Beschaffbarkeit innerhalb kurzer Zeit ausgegangen.

Bewertung

Bezüglich der Verfügbarkeit von Kraftstoff und Öl bestehen am Standort auch unter ungünstigen äußeren Bedingungen keine Bedenken. Zeiträume für die Beschaffung von Ersatzteilen sind dagegen nicht sicher anzugeben.

5. *Welche geplanten Maßnahmen bestehen für den Ersatz von Dieselaggregaten gegen andere Dieselaggregate oder die Ablösung von Dieselaggregaten durch externe Spannungsversorgung? Unter welchen Randbedingungen (eingeschränkte Personalverfügbarkeit, Zerstörungen der Infrastruktur am Standort und in der Umgebung, benötigte Ressourcen, Unfall im Nachbarblock, etc.) sind diese Maßnahmen durchführbar? Welche Systeme können durch die Ersatzdieselaggregate bzw. die alternativen Spannungsversorgungen*

versorgt werden? Welche Zeiten können für den Ersatz oder die Ablösung nachgewiesen werden?

Sachstand

Spezielle Maßnahmen sind nach /U- 51/ nicht vorgesehen. Im Notfall soll der Ersatz durch mobile Aggregate erfolgen.

Bewertung

Aufgrund des eingeschränkten Leistungsbedarfs bestehen keine Bedenken, im Notfall auf dem Betriebsgelände vorhandene oder extern zu beschaffende Notstromaggregate einsetzen zu können, wenn die Voraussetzungen für deren Anschluss geschaffen sind. Damit sollten sich wesentliche Einschränkungen in Bezug auf die zu versorgenden Systeme vermeiden lassen. Aufgrund der Redundanz der vorhandenen Notstromdieselaggregate ist zu erwarten, dass, sofern diese nicht gleichzeitig ausfallen, ein Ersatz ohne zeitliche Verzögerung möglich ist.

- 6. Welche weiteren Maßnahmen sind bereits beantragt, aber noch nicht umgesetzt? Inwieweit sind dabei Schäden an der Infrastruktur berücksichtigt? Inwieweit sind dabei Folgeereignisse (z. B. Brände) berücksichtigt?*

Sachstand

Nach /U- 51/ sind keine Maßnahmen erforderlich.

Bewertung

Zur Kühlung des Reaktorkerns ist die Notstromversorgung nicht erforderlich, so dass über die vorhandenen Maßnahmen hinaus keine weiteren für erforderlich gehalten und beantragt wurden. Aufgrund der vorhandenen Ressourcen ist die Anlage ausreichend gegen den Verlust der Spannungsversorgung ausgelegt.

7.2.2 Einhaltung der Bewertungskriterien

Aus Sicht des Sachverständigen ist ein langandauernder Notstromfall für den BER-II sicherheitstechnisch ohne Bedeutung, da die Anlage nach einer Schnellabschaltung im sicheren Zustand ist und keine aktiven Hilfssysteme zur Aufrechterhaltung der Kernkühlung benötigt. Die Bewertungskriterien der RSK wurden nicht explizit betrachtet, weil die Anforderungen an die Beherrschung des langandauernden Notstromfalls, wie sie bei Leistungsreaktoren zu setzen sind, nicht sinnvoll auf den BER-II anwendbar erscheinen.

7.3 Ausfall Nebenkühlwasser

Sachstand

Aus der Sicht der Betreiberin wird kein Nebenkühlwasser benötigt.

Bewertung

Die Kühlung des Reaktors und der Brennelement-Lagerbecken (Absetzbecken und Umsetzbecken) erfolgt über geschlossene Kühlkreisläufe. Selbst bei Ausfall der Stadtwasserversorgung, die zur Nachspeisung des Kühlturmkreislaufs verwendet wird, oder bei Ausfall der Energieversorgung für die Pumpen der Kreisläufe reicht das Inventar der Becken aus, um über einen längeren Zeitraum sicherzustellen, dass Brennelementschäden aufgrund der zu erwartenden Temperaturerhöhung nicht auftreten. Zum Ausgleich der Verdunstungsverluste stehen ausreichende Ressourcen zur Verfügung.

8 Anlageninterne Notfallmaßnahmen

8.1 Randbedingungen

Der Bedarf an präventiven, anlageninternen Notfallmaßnahmen zur Verhinderung von Kernschäden oder an Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Kernschäden ist am Forschungsreaktor auf wenige Störfallszenarien zu beschränken. Gleichwohl wird auch für diese Anlage unterstellt, dass die Ressourcen bei einigen Szenarien nur eingeschränkt zur Verfügung stehen oder gänzlich unverfügbar sind, so dass die Konsequenzen der dadurch entstehenden Einschränkungen zu betrachten sind.

Bei der Behandlung der Fragestellungen wird deshalb ungeachtet der Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Störfälle lediglich untersucht, welche Notfallmaßnahmen zur Verfügung stehen und durch welche Randbedingungen deren Verfügbarkeit beeinträchtigt sein könnte.

Als Notfallmaßnahmen im Sinne dieses Abschnittes sind alle Maßnahmen zu verstehen, die nach Eintritt eines Störfalles zu ergreifen sind, um dem Verlust der vitalen Funktionen, zum Beispiel einem sinkenden Wasserstand im Reaktorbecken oder im Umsetzbecken zu begegnen, eine begonnene Kernschmelze aufzuhalten, oder die Auswirkungen einer Kernschmelze oder eine Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung zu verhindern oder zu begrenzen. Zu diesen Notfallmaßnahmen gehören auch alle die Maßnahmen, die erforderlich sind, um die Kontrolle über die Anlage zu gewährleisten, insbesondere also der Erhalt der Mess- und Überwachungseinrichtungen.

Die Betreiberin hat in /U- 51/ ausführlich die personellen und technischen Randbedingungen zur Umsetzung von Notfallmaßnahmen beschrieben.

8.2 Übergeordnete Fragestellungen zu anlageninternen Notfallmaßnahmen

1. *Welche anlageninternen Notfallmaßnahmen sind (auch) von der Notsteuerstelle durchführbar?*

Sachstand

Die Betreiberin stellt in /U- 51/ dar, dass von der Notsteuerstelle aus insbesondere die Überwachung des Reaktors mithilfe des Reaktorschutzsystems, die visuelle Kontrolle mithilfe der im Reaktorsaal installierten Kamerasysteme sowie die Steuerung der Leckagenachspeisung und der Lüftungsanlagen möglich ist.

Bewertung

Sowohl die Funktionen des betrieblichen Leitsystems als auch die des Reaktorschutzsystems, mit Ausnahme der Bedienung der Steuerstäbe, sind auch in der Notsteuerstelle verfügbar. Insbesondere ist in der Notsteuerstelle auch die Schnellabschaltung des Reaktors auszulösen. Die Notsteuerstelle ersetzt insofern im Notfall die Reaktorwarte vollständig und verfügt auch über die erforderlichen Kommunikationseinrichtungen.

2. *Welche anlageninternen Notfallmaßnahmen sind auch ohne Spannungsversorgung durchführbar?*

Sachstand

In /U- 51/ werden als Notfallmaßnahmen, die ohne Spannungsversorgung durchführbar sind, die Reaktorschnellabschaltung, die Entladung des Kerns, das Verfahren des Kerns und der Einsatz von Bor genannt.

Bewertung

Die Steuerstäbe werden durch Elektromagneten gehalten und sind nach ca. einer halben Sekunde durch die Schwerkraft vollständig eingefallen, nachdem die Stromzufuhr zu den Magneten durch den Ausfall der Stromversorgung oder die Auslösung der Schnellabschaltung unterbrochen wurde.

Des Weiteren ist die Nachspeisung von Kühlwasser in das Reaktorbecken mittels Motorpumpen ohne Spannungsversorgung möglich, sowie die Borierung des Beckenwassers. Hierfür werden in /U- 51/ verschiedene Lösungsmöglichkeiten diskutiert, die durchführbar erscheinen.

Der Zugang zur Reaktorhalle, insbesondere also die Öffnung der Schleusen, ist auch ohne Spannungsversorgung möglich, ebenso wie das Verfahren des Reaktorkerns, so dass dieser im Fall einer Leckage in das Absetzbecken oder in das Betriebsbecken gefahren werden und damit eine Wasserüberdeckung sichergestellt werden kann.

Auch für die Handhabung der Brennelemente mittels dafür vorgesehener und betrieblich verwendeter Greifer ist keine Spannungsversorgung erforderlich, so dass grundsätzlich die Möglichkeit bestünde, die Brennelemente manuell aus dem Kern auszuladen und in das Absetzbecken zu transportieren. Hierbei wird als erfüllbar angesehen, dass Beleuchtung, ggf. mit mobilen Lichtquellen, zur Verfügung steht.

Für die radiologische Überwachung stehen mobile Geräte zur Verfügung, mit denen sich an verschiedenen Orten der Anlage die Lage beurteilen lässt.

3. *Ist die von der RSK/SSK im November 2010 veröffentlichte "Rahmenempfehlung für die Planung von Notfallmaßnahmen durch die Betreiber von Kernkraftwerken" (RE NFS) umgesetzt? Wurde die Umsetzung detailliert nachgewiesen?*

Sachstand

Die Notfallschutzplanung des HZB berücksichtigt gemäß /U- 51/ neben der Rahmenempfehlung für den Katastrophenschutz, die REI sowie die anwendbaren KTA – Regeln. Die Umsetzung der genannten Rahmenempfehlung RE NFS werde derzeit noch geprüft.

Bewertung

Wesentliche Teile der im November 2010 veröffentlichten "Rahmenempfehlung für die Planung von Notfallschutzmaßnahmen durch Betreiber von Kernkraftwerken" gehen auf interne Notfallmaßnahmen ein, die auch an einem Forschungsreaktor durchzuführen sind. Insbesondere wird ein Notfallhandbuch erwartet, das am HZB nicht, oder nicht in dem zu erwartenden Umfang vorliegt. Es wird deshalb empfohlen, auf der Basis der Rahmenempfehlung die Planung der Notfallmaßnahmen anzupassen.

4. *Wie ist der Stand der Planungen zu weiterführenden Maßnahmen im Sinne von SAMGs (Severe Accident Management Guidelines)?*

Sachstand

Die Betreiberin sieht in /U- 51/ als wesentliche Ziele der SAMGs den stabilen Zustand des Kerns und des Containments sowie die Begrenzung der Emissionen an. Aus ihrer Sicht sind einige der Maßnahmen bereits als Notfallmaßnahmen festgelegt und sie beabsichtigt derzeit keine weiteren Maßnahmen.

Bewertung

Die Systematik der SAMGs und der Inhalte der erforderlichen Prozeduren sollte auch für einen Forschungsreaktor vom Grundsatz her anwendbar sein. Es wird empfohlen, zu prüfen, ob die in den Guidelines beschriebenen Anforderungen sinngemäß umgesetzt sind (siehe Punkt 3.33. in /Z- 25/).

5. *Welche Planungen existieren zur Personalstärke auf der Anlage unter den anzusetzenden Bedingungen? Entspricht das der RSK-Empfehlung zur Schichtmindestbesetzung aus 2009?*

Sachstand

In /U- 51/ stellt die Betreiberin die Zusammensetzung des am Forschungsreaktor Personals dar, das außer für die Besetzung der Schichten auch für die Wartung und Instandhaltung der Anlage eingesetzt wird. Aus ihrer Sicht ist die Personalbesetzung,

die bei Bedarf durch Rufbereitschaften ergänzt werden kann, auch ausreichend, um Störfälle und Notfälle zu beherrschen.

Bewertung

Aus der Sicht des Gutachters ist sowohl für den Normalbetrieb als auch für eventuelle Störfälle die Besetzung der Schicht ausreichend. Vor einem Einsatz von Schichtpersonal für Notfallmaßnahmen, wie der internen Brandbekämpfung, der in der RSK – Richtlinie /Z- 26/ angesprochen wird, würde der Reaktor gemäß BHB zunächst abgeschaltet. Insofern ist die Schichtbesetzung der Anlagengröße und -fahrweise angemessen.

6. *Steht für den länger dauernden Krisenfall genügend fachkundiges Einsatzpersonal zur Verfügung, insbesondere unter Berücksichtigung einer Strahlenexposition mit limitierender Einsatzdauer?*

Sachstand

Die Betreiberin hält gemäß /U- 51/ einen länger andauernden Krisenfall nicht für möglich, gibt aber für Krisenfälle an, grundsätzlich außer auf das eigene Personal noch auf die Feuerwehr und den Kerntechnischen Hilfsdienst zurückgreifen zu können.

Bewertung

Ein länger andauernder Krisenfall, für den gemäß /U- 53/ ausreichend Personal benötigt würde, ist am BER II nicht zu erwarten. Die in /U- 51/ dargestellten Szenarien belegen, dass selbst im Falle einer Kernschmelze diese relativ schnell erstarrt und für Maßnahmen zur Nachspeisung von Wasser ausreichend Personal zu Verfügung steht, das sich durch externe Kräfte aufgabenbezogen noch verstärken lässt.

7. *Welche konkreten Vereinbarungen mit anderen Institutionen, Firmen zur fachlichen und personellen Unterstützung und Unterstützung mit technischem Gerät gibt es?*

Sachstand

Es werden in /U- 51/ konkrete Vereinbarungen mit dem Kerntechnischen Hilfsdienst, der Betriebsfeuerwehr, Herstellern der Brandmeldeanlage und der Leittechnik angegeben sowie auf eine langjährige Kooperation mit der Berliner Feuerwehr hingewiesen.

Bewertung

Mit den getroffenen Vereinbarungen ist in ausreichendem Maß Vorsorge zur Unterstützung in Krisenfällen gegeben. Firmen, die über weiteres technisches Gerät verfügen, das für die verschiedenen Aufgaben benötigt werden könnte, stehen in der Region in ausreichendem Maße zur Verfügung, so dass es diesbezüglich keiner weiteren Vereinbarungen bedarf.

Es ist von Vorteil, dass der Kerntechnische Hilfsdienst, mit dem es eine vertragliche Vereinbarung gibt, durch regelmäßige Übungen innerhalb der Anlage über ausreichende Anlagenkenntnisse verfügt.

8. *Welche Kommunikationseinrichtungen zur externen Kommunikation stehen bei Ausfall der Telefonnetze und Stromversorgung zur Verfügung (zwecks Alarmierung von eigenem Einsatzpersonal, Kommunikation mit externen Stellen)?*

Sachstand

Gemäß /U- 51/ stehen auch bei Ausfall der Stromversorgung und der Telefonnetze mehrere verschiedene Kommunikationsmöglichkeiten zur Verfügung.

Bewertung

Es bestehen keine Bedenken, dass mit den vorhandenen und angegebenen Kommunikationseinrichtungen in Krisenfällen die erforderliche Kommunikation herstellbar ist.

9. *Sind Geräte verfügbar, mit denen ggfs. nach Einwirkungen von außen (Flugzeugabsturz, Schneemassen, Trümmer) wieder Zugang zu Gebäuden geschaffen werden kann?*

Sachstand

Es wird in /U- 51/ auf die Ausstattung der Betriebsfeuerwehr, eigenes Gerät, Geräte des Kerntechnischen Hilfszuges sowie auf die im Großraum zur Verfügung stehenden Geräte ansässiger Firmen verwiesen.

Bewertung

Unter Berücksichtigung der Anlagengröße und der zur Verfügung stehenden oder kurzfristig zu beschaffenden Geräte in der Region bestehen keine Bedenken, auch bei den genannten Einwirkungen von außen, den Zugang in angemessenen Zeiträumen wieder herstellen zu können.

10. *Bis zu welchem Anstieg des Strahlenpegels außerhalb des Kontrollbereiches sind die Einsatzräume der Notfallorganisation weiterhin benutzbar?*

Sachstand

Die Betreiberin erwartet nach /U- 51/ selbst im ungünstigsten Störfall eine Nutzbarkeit der Einsatzräume der Notfallorganisation für mehrere Stunden, die sich durch Austausch von Personal verlängern ließe. Sie nimmt dafür eine Dosisleistung von 100 Gy/h in der Reaktorhalle an und schätzt unter Verwendung der Abstände und

Abschirmfaktoren eine Dosisleistung im Bereich von 1 mSv/h in den Räumen der Notfallzentrale ab. Für die zu betrachtenden Szenarien geht sie von einem geringen Einfluss durch Submersion und γ -Bodenstrahlung aus.

Bewertung

Aufgrund der bereits diskutierten Störfallszenarien ist der Einschätzung zu folgen, dass unter den genannten Voraussetzungen die Nutzbarkeit des Einsatzbunkers praktisch nicht beschränkt ist. Unterlagen, in denen die Abschirmfaktoren des Gebäudes und die Rückhaltefaktoren der Lüftungsanlage belegt wären, liegen dem Gutachter allerdings nicht vor. Es wird empfohlen, die Angaben im Rahmen des atomrechtlichen Aufsichtsverfahrens zu überprüfen.

11. *Steht ein Ersatz einsatzraum für die Notfallorganisation im Falle der Notwendigkeit der Räumung der Anlage zur Verfügung und ist dieser mit den erforderlichen Anlagenmessdaten/-anzeigen, Kommunikationseinrichtungen ausgerüstet und autark von der öffentlichen Versorgung?*

Sachstand

Nach den Aussagen der Betreiberin in /U- 51/ steht ein Einsatzbunker auf dem Gelände zur Verfügung, der über die über eine autarke Lüftungsanlage und Notstromversorgung verfügt, mit Kommunikationsverbindungen ausgestattet ist und in der wesentliche Messdaten der Anlage und der Umgebungsüberwachung angezeigt werden können. Notwendigenfalls soll ein Ersatzstandort der Berliner Feuerwehr genutzt werden, zu dem die Daten der Fernüberwachung (verschiedene radiologische, meteorologische und verfahrenstechnische Messgrößen) übermittelt werden können.

Bewertung

Der Einsatzbunker und die darin installierten Systeme sind nicht durch die atomrechtliche Betriebsgenehmigung des Forschungsreaktors BER II erfasst, so dass die Dokumentation über die Auslegung und Prüfung des Einsatzbunkers und der darin enthaltenen Installationen dem Gutachter nicht vorliegen und durch diesen bislang nicht bewertet wurden. Bei einer Ausstattung entsprechend den vorgelegten Angaben kann aber davon ausgegangen werden, dass diese den Anforderungen für die zu unterstellenden Störfallszenarien genügt. Mit der Möglichkeit zur Nutzung von externen Räumlichkeiten der Feuerwehr mit entsprechender Infrastruktur sowie Empfangsmöglichkeiten für die Daten der Fernüberwachung stehen auch nach Räumung des HZB-Geländes ausreichende Überwachungsmöglichkeiten zur Verfügung, sofern die Instrumentierung noch funktionsfähig ist.

12. *Sind Instrumentierungen einschließlich radiologischer Messdaten vorhanden (Warte oder Notsteuerstelle), die auch unter Kernschmelzbedingungen (und auch nach zwischenzeitlichem Verlust von Spannung oder Hilfsmedien einschließlich Strahlenschutz) den Anlagenstatus klar identifizieren lassen und noch die für Notfall-*

maßnahmen erforderlichen Informationen liefern? Sind diese unter den anzunehmenden Randbedingungen noch verfügbar?

Sachstand

Nach /U- 51/ verfügt der Forschungsreaktor BER II über eine Störfallinstrumentierung, die auch unter Kernschmelzbedingungen noch funktionsfähig sein soll, solange die Reaktorhalle intakt bliebe. Bei massiver Einwirkung von außen sei aber mit einer teilweisen oder vollständigen Beschädigung zu rechnen.

Darüber hinaus würden radiologische Messdaten durch einen Messwagen, die Messstationen der Umgebungsüberwachung, ein Dosisleistungsmesssystem bestehend aus 18 Sonden in der Umgebung im Umkreis von 5 km um den Reaktor und über mobile Messgeräte auch unter den anzunehmenden Randbedingungen noch verfügbar sein.

Bewertung

Die Störfallinstrumentierung wurde im Rahmen des Genehmigungsverfahrens installiert und geprüft. Nach /U- 28/ sind die eingesetzten Messfühler und –umformer nach Herstellerangaben für die zu erwartenden Störfallbelastungen, wie Dosisleistung, Raumtemperatur und –feuchte ausgelegt. Erfasst werden insbesondere die Füllstände der Becken, die Kühlmitteltemperaturen und die Neutronenflussdichte im Reaktorbetriebsbecken. Inwieweit diese Instrumentierung unter Störfallbedingungen, insbesondere unter mechanischen Einwirkungen, noch funktionsfähig ist, lässt sich nicht für alle Randbedingungen einschätzen. Darüber hinaus werden die Temperatur nicht mehr erfasst, wenn der Wasserstand im Betriebsbecken um mehr als einen Meter unter Normalstand abgesunken ist und der Wasserstand nicht unterhalb von 70 cm oberhalb der Kalotte. Es wird empfohlen, die Auslegung der Instrumentierung unter Beachtung der im Rahmen der Sonderüberprüfung betrachteten Störfälle zu überprüfen.

Instrumentierungen zur Erfassung der radiologischen Daten stehen in ausreichendem Maß und mit geeigneten Messbereichen auch unter Störfallbedingungen zur Verfügung.

13. *Welche Möglichkeiten bestehen, beim Ausfall von Instrumentierungen auf alternativen Wegen Informationen über den Anlagenzustand bzw. den Zustand der Brennelemente zu bekommen?*

Sachstand

In /U- 51/ ist eine Vielzahl von Möglichkeiten beschrieben, mit welchen Mitteln auch bei Ausfall der Instrumentierungen die erforderlichen Informationen über den Zustand der Anlage und der Brennelemente gewonnen werden kann.

Bewertung

Aufgrund des Aufbaus der Anlage sind die Brennelemente auch während des Betriebs visuell zu kontrollieren. Dies sollte je nach dem zu unterstellenden Szenarium

auch nach einem Störfall noch möglich sein. Bei betretbarer Reaktorhalle sind damit auch die Wasserstände und mit einfachen Mitteln auch die Wassertemperaturen zu erfassen und radiologische Messwerte zu ermitteln. Insgesamt erscheint die Darstellung der Betreiberin bezüglich der vorhandenen Alternativen nachvollziehbar.

14. *Sofern bei der Informationsgewinnung menschliche Handlungen (z.B. Probenahme, Zutritt zu kritischen Bereichen) erforderlich sind, ist aufzuzeigen, ob und wie diese unter den vorliegenden Randbedingungen möglich sind.*

Sachstand

Manuelle Handlungen zur Informationsgewinnung sollen gemäß /U- 51/ je nach Unfallverlauf unter Zuhilfenahme mobiler Geräte oder an Orten erfolgen, an denen mit einer geringeren Dosisleistung gerechnet werden kann.

Bewertung

Die Beantwortung dieser Frage setzt voraus, dass Klarheit darüber besteht, unter welchen Bedingungen welche Informationen erforderlich sind, um Unfallverläufe erkennen und beeinflussen zu können. Es wird empfohlen, mögliche Maßnahmen im Rahmen der Erstellung eines Notfallhandbuchs zu prüfen.

8.3 Notfallmaßnahmen zur Wiederherstellung der Spannungsversorgung und der Nebenkühlwasserversorgung bzw. von Ersatzfunktion nach Beginn eines Kernschadens

1. *Welche Notfallmaßnahmen sind vorgesehen, um eine Spannungsversorgung der Anlage und die Steuerungsmöglichkeiten von Systemeinrichtungen wieder herzustellen? Welche Schienen / Verbraucher und leittechnischen Einrichtungen betrifft dies vorzugsweise?*

Sachstand

Die Betreiberin hat in /U- 51/ tabellarisch die auf dem HZB Gelände verfügbaren Notstromaggregate aufgelistet und ihnen zugeordnete Verbraucher benannt.

Bewertung

Bei einem Ausfall der Spannungsversorgung stehen ausreichende Kapazitätsreserven zur Verfügung, um eine Spannungsversorgung an sicherheitstechnisch wichtigen Systemen, wie der Unterdruckhaltung oder der Strahlenschutzinstrumentierung zu gewährleisten. Dabei steht das Erfordernis zum Erhalt der Spannungsversorgung, anders als bei Kernkraftwerken, nicht im Zusammenhang mit einem Kernschaden, da bis auf die Erfassung von Messwerten, die Beobachtung des Verlaufs und ggf. die Nachspeisung von Beckenwasser bei einem solchen Szenarium keine weiteren Anlagenfunktionen wiederhergestellt werden müssen. Für verschiedene Systeme, wie

z.B. die Unterdruckhaltung, die Strahlenschutzinstrumentierung, die Sprinklersteuerung, die Reaktorfernüberwachung und die Einrichtungen der Einsatzzentrale werden in /U- 51/ die in der Anlage zur Verfügung stehenden Notstromaggregate genannt, mit denen die Betriebsbereitschaft sichergestellt werden kann. Es wird empfohlen, Einseisestellen für den Ersatz der Stromversorgungen vorzusehen.

2. *Welche Notfallmaßnahmen sind vorgesehen, um die Nebenkühlwasserversorgung der Anlage wieder herzustellen? Gibt es adäquate Ersatzeinrichtungen?*

Sachstand

Gemäß /U- 51/ besitzt der Forschungsreaktor keine Nebenkühlwasserversorgung.

Bewertung

Zur Kühlung des Reaktorbeckens ist kein externes Kühlwasser erforderlich, der Kühlung der Brennelemente im Umsetzbecken dient ein geschlossener Kühlkreislauf. In beiden Becken genügt es, den Wasserüberdeckung der Brennelemente aufrecht zu erhalten. Auch auf die Funktionsfähigkeit des Kühlkreislaufs des Umsetzbeckens kann somit verzichtet werden.

8.4 Notfallmaßnahmen zur RDB - Bespeisung bzw. Wiederherstellung der Wärmeabfuhr nach Beginn eines Kernschadens

Die in /U- 53/ zu diesem Punkt gestellten Fragen orientiert sich nahezu ausschließlich an Anlagenmerkmalen von Kernkraftwerken, die in wesentlichen Punkten von denen eines Forschungs- Schwimmbadreaktors abweichen. Dementsprechend kann die Beantwortung mancher Fragen nicht, anderer dagegen nur sinngemäß erfolgen. Die Betreiberin hat in /U- 51/ Notfallmaßnahmen dargestellt.

1. *Ist die Wiederinbetriebnahme eines zuvor ausgefallenen Systems (insbesondere Not- und Nachkühlssysteme) als Notfallmaßnahme geplant? Unter welchen der genannten Randbedingungen ist dies möglich? Gibt es vorbereitete Regelungen für die Wiederinbetriebnahme eines zuvor ausgefallenen Systems? Wer entscheidet, was mit welcher Priorität zu tun ist?*

Sachstand

Die Nachkühlung des Reaktorkerns nach der Abschaltung erfolgt zunächst durch Zwangskonvektion, wofür für eine Dauer von 60 Sekunden das Primärkühlsystem erforderlich ist, und danach durch Naturkonvektion innerhalb des Reaktorbeckens.

Bewertung

Nach dem manuellen oder automatischen Abschalten des Reaktors wird das Primärkühlsystem noch für die Dauer von einer Minute benötigt, bevor die Kühlung im Naturumlauf des Reaktorbeckenwassers erfolgt. Es besteht insofern weder ein Bedarf noch die Absicht, das Kühlsystem als Notfallmaßnahme wieder in Betrieb zu nehmen. Regelungen oder Festlegungen von Prioritäten sind somit nicht erforderlich.

2. *Ist die Inbetriebnahme eines zusätzlichen Systems (z.B. mobile Pumpen, mobile Schlauchverbindungen) zur RDB- Bespeisung als Notfallmaßnahme vorgesehen?*

Im Folgenden wird auf die Maßnahmen eingegangen, die zur Nachspeisung des Reaktorbeckens möglich und erforderlich sind.

Sachstand

Eine Nachspeisung kann unter Verwendung des fest installierten Nachspeisesystems (KTJ), der festverlegten trockenen Steigeleitungen und dem Einsatz von Schläuchen erfolgen. Die Betreiberin fasst in /U- 51/ die Beantwortung der folgenden Fragen zusammen und geht auf die Möglichkeiten der Einspeisung und die vorhandenen Ressourcen zur Nachspeisung des Beckenwassers ein.

Bewertung

Die Nachspeisung des Betriebsbeckens ist als Notfallmaßnahme gegen Wasserverlust auslegungsgemäß vorgesehen. Die erforderlichen Einrichtungen dafür werden vorgehalten und wiederkehrend geprüft.

- a. *Unter welchen der genannten Randbedingungen ist die Notfallmaßnahme möglich?*

Bewertung

Die Einspeisung kann über das fest installierte System erfolgen und sollte unter allen Randbedingungen möglich sein, sofern keine mechanische Beschädigung aufgrund des Störfallablaufs unterstellt werden muss. Die Einspeisung über Schlauchverbindungen setzt unter Beachtung der radiologischen Bedingungen eine Begehrbarkeit der Reaktorhalle voraus.

- b. *Welche Anschlüsse (Stutzen) bestehen für die Nutzung zusätzlicher Systeme zur RDB-Bespeisung? Sind diese Stutzen zugänglich?*

Bewertung

Die Einspeisung erfolgt in das offene Reaktorbecken. Insofern sind Anschlüsse nicht erforderlich.

- c. *Welche Wasserquellen werden dafür vorgesehen?*

Bewertung

Als Wasserquellen stehen das Trinkwassernetz, der Sprinklertank, die Kühlturmbecken und der Stölpchensee zur Verfügung.

- d. *Ist eine Borierung des eingespeisten Wassers erforderlich/vorgesehen, um Rekritikalitäten zu vermeiden?*

Bewertung

Obwohl gemäß /U- 35/ das Anheben des Kerns bzw. die Teilentladung als zweites Abschaltssystem genügt, wurde in der Genehmigung /U- 52/ als Maßnahme zur Restrisikominimierung die Vorhaltung von Bor gefordert. Die Möglichkeit zur Borierung ist damit grundsätzlich gegeben.

- e. *Werden solche zusätzlichen Systeme vorgehalten, oder können sie schnell beigebracht werden? Gibt es dafür vorgedachte Prozeduren oder ist dies als Improvisation anzusehen? Wo sind diese Systeme gelagert?*

Bewertung

Für die Nachspeisung mit Wasser sind die Prozeduren beschrieben und geübt.

Der erforderliche Vorrat an Bor ist in der Anlage gelagert und kann über verschiedene Wege in das Reaktorbecken verbracht werden. Die dafür vorgesehenen Methoden wurden von der Betreiberin beschrieben.

- f. *Wie wird der Erfolg der Maßnahme geprüft (Instrumentierung)?*

Bewertung

Der Erfolg der Nachspeisemaßnahmen ist je nach Zugänglichkeit der Reaktorhalle unmittelbar visuell, unter Verwendung von Kamerasystemen und über die Höhenstandsinstrumentierung erfassbar.

- g. *Für welche Zeiten (Stunden, Tage, Wochen) ist die Nutzung derartiger Maßnahmen mit mobilen Einrichtungen gedacht?*

Bewertung

Eine Planung für die Einsatzdauer mobiler Einrichtungen liegt nicht vor und ist auch nicht erforderlich.

- h. *Wie viel Zeit wird zur Inbetriebnahme der Maßnahme (Bereitstellung und Anschluss der mobilen Einrichtung) benötigt?*

Bewertung

Aufgrund der vorhandenen Ressourcen und dem Einsatz der Betriebsfeuerwehr kann von einer kurzfristigen Bereitschaft (abhängig von Szenarium zwischen weniger als einer Stunde bis zu wenigen Stunden) der mobilen Maßnahmen zur Nachspeisung ausgegangen werden.

- i. *Besteht eine Strategie bei nur geringer verfügbarer RDB- Bespeisung (Abwägung der möglichen Rettung des Kerns bzw. Kühlung der Kernschmelze gegen evtl. erhöhte Wasserstofferzeugung)? Sind die für die Abwägung erforderlichen Informationen verfügbar?*

Bewertung

Eine Wasserstofferzeugung ist ausgeschlossen. Es sind diesbezüglich keine Strategien erforderlich.

3. *Ist die Inbetriebnahme eines zusätzlichen Systems (z.B. mobile Pumpen, mobile Schlauchverbindungen) zur DE-Bespeisung als Notfallmaßnahme vorgesehen?*

Bewertung

Die im Zusammenhang mit der Nachspeisung von Dampferzeugern in /U- 53/ gestellten Fragen sind für den Forschungsreaktor BER II nicht relevant, da er nicht über solche Systeme verfügt. Die Fragen sind auch nicht im übertragenen Sinne anwendbar, so dass hierauf nicht eingegangen werden muss.

Nicht relevant sind auch die Fragen zum Druck im RDB und zur Außenkühlung des RDB, da es sich um einen offenen Schwimmbadreaktor ohne Druckbehälter handelt.

8.5 Notfallmaßnahmen zur Wärmeabfuhr aus dem Containment eines SWR nach Beginn eines Kernschadens

Die in /U- 53/ zu diesem Punkt gestellten Fragen sind weder sinngemäß noch konkret zutreffend und können in der Stellungnahme unberücksichtigt bleiben.

8.6 Notfallmaßnahmen bezüglich des Sicherheitsbehälters nach Beginn eines Kernschadens

Der Forschungsreaktor besitzt keinen, dem Aufbau von Leistungsreaktoren entsprechenden Sicherheitsbehälter und aufgrund der nicht vorhandenen Szenarien zur Wasserstofferzeugung und zum Druckaufbau sind Maßnahmen zur Druckentlastung nicht erforderlich. Ein Ventingsystem existiert demzufolge am BER II ebenfalls nicht. Gleichwohl dient die luftdichte Auskleidung der Reaktorhalle der Rückhaltung radioaktiver Stoffe, so dass zumindest die Fragen aus /U- 53/ zur Rückhaltung von Jod und zur möglichen Wechselwirkung der Schmelze mit dem Beton in sinngemäßer Form für den BER II zu beantworten sind.

Zur Rückhaltung radioaktiven Jods dienen die Störfallfilter, die das Abluftvolumen filtern, das zur Gewährleistung der Unterdruckhaltung nach dem Lüftungsabschluss erforderlich ist.

Auf die Fragen der H_2 - Reaktionen ist in Bezug auf die Brennelemente nicht einzugehen, da kein Zirkon verwendet wird. Zur Beton - Schmelze - Wechselwirkung liegen in /U- 3/ Angaben vor, aus denen geschlossen werden kann, dass Wechselwirkungen, die zu einem Durchschmelzen des Betons führen könnten, ausgeschlossen sind. Die Fragen zur möglichen Erzeugung von CO und CO_2 aus einer möglichen Beton - Schmelze - Wechselwirkung sind in diesem Fall ohne Belang, da eine Inertisierung der Reaktorhallenluft aufgrund der nicht vorhandenen Wasserstoffproblematik nicht erforderlich ist.

8.7 Notfallmaßnahmen im Bereich der Gebäude nach Beginn eines Kernschadens

1. *Welche Maßnahmen zum Umgang mit Wasserstoffleckagen aus dem SHB in den Ringraum (DWR) bzw. das Reaktorgebäude (SWR) sind vorhanden?*

Bewertung

Wasserstoffleckagen, die aufgrund der Wasserstoffproduktion beim Schmelzen von Brennelementen gemäß /U- 1/ für Leistungsreaktoren zu erwarten sind, sind aufgrund des für die Brennelemente verwendeten Materials am BER II nicht zu unterstellen. Insofern sind Maßnahmen nicht erforderlich.

2. *Wird berücksichtigt, dass wichtige ggfs. noch brauchbare Systeme in den Gebäuden durch Notfallmaßnahmen (Besprühen, Überfluten) beschädigt werden können?*

Bewertung

Die Betreiberin hat dargelegt, dass die Messstellen der betrieblichen Instrumentierung in der Reaktorhalle und der Reaktorschutzinstrumentierung spritzwassergeschützt ausgeführt sind. Daher sollte ein Besprühen dieser Messstellen keine negativen Auswirkungen auf ihre Funktionsfähigkeit haben. Ob derartige Notfallmaßnahmen auch für andere Systeme schadlos sind, ist bei der systematischen Erfassung der Notfallmaßnahmen im Rahmen der Erstellung eines Notfallhandbuches zu prüfen.

3. *Sind Notfallmaßnahmen zur Außenkühlung des SHB möglich? Kann im SHB oder/und im Ringraum/Reaktorgebäude gesprüht werden, um Radionuklide niederzuschlagen? Sind dazu z.B. Feuerlöschsysteme nutzbar/vorhanden? Ist dies unter den genannten Randbedingungen realisierbar?*

Bewertung

In der Reaktorhalle befindet sich eine Sprinkleranlage, die an der Reaktorhalle angebracht ist. Je nach Störfallszenarium wäre bei intakter Hallendecke der Einsatz prinzipiell möglich.

8.8 Notfallmaßnahmen nach Beginn von Brennstabschäden im BE-Becken

1. *Welche Notfallmaßnahmen sind zur Wiederherstellung der Kühlung des BE- Lagerbeckens nach Beginn von Brennstabschäden vorgesehen? Wird dabei die Möglichkeit des Auftretens bzw. der Vermeidung von Kritikalität berücksichtigt?*

Bewertung

Die Lagerung von Brennelementen erfolgt am BER II einerseits im Absetzbecken, das Teil des Reaktorbeckens ist, und andererseits im Umsetzbecken, das sich unterhalb der Experimentierhalle befindet. Während das Umsetzen des Reaktorkerns im Falle einer Leckage in einem der Beckenteile des Reaktorbeckens zur Gewährleistung der Kühlung möglich ist, gilt dies nicht für die Brennelemente in den Absetzgestellen des Absetzbeckens. Welche Folgen für einen in den Absetzgestellen befindlichen, frisch entladenen Kern zu erwarten wären, wurde in /U- 51/ nicht betrachtet. Zwar wird eine Kritikalität aufgrund der verwendeten Materialien ausgeschlossen, jedoch fehlen Angaben zur Temperaturentwicklung und zu ggf. zu ergreifenden Maßnahmen. Diese Fragen sind im Zuge der Erstellung des Notfallhandbuches aufzugreifen.

Für das Umsetzbecken wird ein Wasserverlust nicht unterstellt, jedoch würde ein Ausfall der Kühlung im ungünstigsten Fall durch das Verdunsten des Wassers zum Ausfall der Brennelementkühlung und zum Schmelzen der Brennelemente führen können /U- 49/. Aufgrund der konservativ berechneten Zeit von mehr als 20 Tagen steht ausreichend Zeit für Gegenmaßnahmen zur Verfügung.

2. *Welche Notfallmaßnahmen sind zur Begrenzung der Radionuklid-Freisetzungen aus dem BE-Lagerbecken in die Umgebung vorgesehen?*

Bewertung

Das Absetzbecken befindet sich in der Reaktorhalle, das Umsetzbecken in der Experimentierhalle. Beide Hallen verfügen jeweils über eine Lüftungsanlage, die in Umluftbetrieb zu schalten sind und deren Unterdruck unter Verwendung von Störfallfiltern gewährleistet wird.

Im Fall einer Leckage des Reaktorbeckens werden die abfließenden Wässer im Speicherbehälterraum gesammelt. Aus diesem ist eine Rückspeisung in das Absetzbecken möglich, damit die Wassermengen begrenzt werden können und eine Freisetzung in die Umgebung ausgeschlossen werden kann.

3. *Unter welchen der genannten Randbedingungen können diese erfolgreich umgesetzt werden? Hier ist auch zu unterscheiden, ob der Zugang z.B. in Folge von radioaktiver Strahlung noch gegeben ist, oder nicht?*

Bewertung

Es liegen keine Angaben darüber vor, unter welchen Bedingungen die Installation und der Betrieb eines Systems zum Umpumpen der Wässer aus dem Speicherbehälterraum in das Absetzbecken erfolgen können. Es wird empfohlen, dies im Rahmen der Erstellung eines Notfallhandbuchs zu untersuchen und ggf. Vorkehrungen zu treffen, die es erlauben, dies bei einem Störfall unter den anzunehmenden Randbedingungen zu nutzen.

8.9 Notfallmaßnahmen nach Versagen des RDB

1. *Welche Maßnahmen sind nach einem Durchschmelzen des RDB und der Umlagerung der Schmelze in die Reaktorgrube/den Steuerstabantriebsraum vorgesehen? Wird dies detektiert? Kann ein katastrophales/großflächiges Versagen des SHB verhindert werden?*
2. *Sind nach einem Durchschmelzen des RDB Notfallmaßnahmen zur Bedeckung der Kernschmelze mit Wasser möglich?*

3. *Liegen Analysen vor, ob und ggf. wann mit einem Versagen des SHB, z.B. durch Beton-Schmelze-Wechselwirkung zu rechnen ist?*
4. *Welche Maßnahmen sind vorgesehen, falls der SHB versagt hat und die Kernschmelze sich in den Liningraum bzw. darüber hinaus in angrenzende Raumbereiche umgelagert hat?*
5. *Welche Maßnahmen sind vorgesehen, um H₂- Verbrennungsvorgänge in den Gebäuden als Folge des Versagens des SHB bzw. von Beton-Schmelze-Wechselwirkung zu verhindern bzw. einzudämmen (z.B. durch ein H₂-Abbausystem)? Welche Wirksamkeit haben diese Maßnahmen und welche Räume sind davon betroffen?*

Bewertung

Der Forschungsreaktor verfügt nicht über einen Reaktordruckbehälter, ein Durchschmelzen des Betons ist gemäß /U- 3/ ausgeschlossen, die Steuerstabantriebe befinden sich oberhalb des Kerns und Wasserstoff wird beim Schmelzen der Brennelemente nicht erzeugt. Die Fragen sind für den Forschungsreaktor nicht relevant.

9 Zusammenfassung

Für den Berliner Forschungsreaktor BER-II wurde bei sinngemäßer Anwendung des Anforderungskatalogs und der Fragenliste sowie in Anlehnung an die Bewertungskriterien der RSK geprüft, ob die Anlage den Anforderungen an die Robustheit bei höheren Einwirkungen als bisher berücksichtigt genügt. Die Prüfungen wurden anhand der Genehmigungsunterlagen sowie der zusätzlich von der Betreiberin vorgelegten Unterlagen durchgeführt.

Vor dem Hintergrund der technischen Gegebenheiten des Reaktors und dem verglichen mit einem Leistungsreaktor geringen Aktivitätsinventar werden die von der Betreiberin definierten Vitalfunktionen

- Integrität des unteren Teils des Reaktorbeckens, so dass der Reaktorkern und abgebrannte Brennelemente in den Absetzgestellen im Absetzbecken unter Wasser verbleiben,
- Integrität des Umsetzbeckens unterhalb der Experimentierhalle, so dass abgebrannte Brennelemente unter Wasser verbleiben,
- verlässliche Belegbarkeit des Zustands des Reaktors, d.h. Wassertemperatur und Füllstand, Unterkritikalität und Aktivitätsfreisetzung, durch konkrete Messergebnisse.

vom Sachverständigen als sinnvoll angesehen.

Obwohl die Anlage aufgrund der Gegebenheiten am Standort nicht gegen Erdbeben auszulegen war, erfüllt sie nach Einschätzung des Sachverständigen trotzdem mindestens den Basislevel bei der Sicherheit gegen Erdbeben. Höhere Level werden nicht belegt.

Die Einwirkung eines Hochwassers auf die Anlage ist aus Gründen der Topographie am Standort auszuschließen, sie erfüllt diesbezüglich Level 3.

Die Untersuchung sonstiger naturbedingter Einwirkungen von außen auf die Anlage (wie z.B. Sturm, Starkregen, Schneelasten, Eis, hohe und niedrige Temperaturen) hat ergeben, dass von einer Robustheit der Anlage gegen solche Einwirkungen auszugehen ist. Einwirkungskombinationen werden als für die Anlage nicht kritisch bewertet.

Die Anlage besitzt keine Auslegung gegen einen Flugzeugabsturz, da diese Einwirkung dem Restrisikobereich zugeordnet wurde. Für eine Verletzung der Vitalfunktionen bei einem Flugzeugabsturz müssten bestimmte Szenarien und Ereignisabläufe eintreten. Insbesondere ist bei einem Absturz leichter Fluggeräte keine Verletzung der Vitalfunktionen zu erwarten, während sie beim Absturz größerer Maschinen zu unterstellen sind. Ungeachtet dessen ist von der Umsetzung wirksamer Notfallenschutzmaßnahmen auszugehen, um die Auswirkungen auf die Bevölkerung zu begrenzen. Eine Nachbewertung der Absturzwahrscheinlichkeiten ist nach Aufnahme des Betriebs der Flughafens Berlin Brandenburg International in Schönefeld sinnvoll.

Die Anlage ist gegen die vernünftigerweise am Standort zu unterstellenden Einwirkungen durch anlagenexterne Explosionen und gefährliche Gase ausreichend ausgelegt bzw. verfügt über angemessene Vorsorgemaßnahmen, die Erfüllung der Bewertungskriterien der RSK stellt sich differenziert dar.

Die Untersuchung der Robustheit der Vorsorgemaßnahmen wurde auf die für den BER-II sinnvoll anzuwendenden Maßnahmen reduziert. Bezüglich einer anlageninternen Überflutung, anlageninternen Bränden und dem Absturz schwerer Lasten auf den Kern bzw. die Brennelementlagerbecken ist der Basislevel als erfüllt anzusehen. Für den Absturz schwerer Lasten und anlageninterne Überflutungen ist auch die Einhaltung des Levels 3 zu unterstellen.

Ein möglicher Station-Blackout wurde detailliert untersucht, obwohl er als solcher nicht zu einer Verletzung der Vitalfunktionen führen kann, da der Ausfall der Wechselstromversorgung für die Kernkühlung ohne Bedeutung ist. Insofern wurden die Bewertungskriterien der RSK auf die vorliegende Situation am BER-II auch nicht angewendet. Es wurde nachgewiesen, dass mit Blick auf die Sicherheit der Anlage ein Station-Blackout sowie ein langandauernder Notstromfall keine nachteiligen Auswirkungen haben.

Anlageninterne Notfallmaßnahmen sind nach Einschätzung des Sachverständigen in angemessenem Umfang beschrieben worden und erscheinen durchführbar. Notwendige technische Voraussetzungen sind erfüllt. Allerdings fehlt eine übergeordnete systematische Darstellung z.B. in einem Notfallhandbuch, auf die im Ereignisfall zurückgegriffen werden könnte und in der festgelegte Prozeduren mit den zugehörigen Randbedingungen definiert sind.

Von der Betreiberin vorgesehene zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit der Anlage sowie untergeordnete Punkte, die im aufsichtlichen Verfahren noch nachvollzogen werden sollten, sind in der Stellungnahme genannt.

Berlin, den 31.10.2011

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
Der Sachverständige



10 Literatur

10.1 Unterlagen

- /U- 1/ RSK-Anforderungskatalog, RSK 434, Bundesamt für Strahlenschutz, 30.03.2011
- /U- 2/ Bewertungskriterien der RSK zur Robustheit der Anlagen gegenüber höherer Einwirkungen als bisher berücksichtigt, RSK 436, Bundesamt für Strahlenschutz 9.04.2011
- /U- 3/ Auswirkung von EVA auf den Forschungsreaktor BER II, GUW, Juni 1984
- /U- 4/ Zu erwartende Strahlenbelastung nach Unfällen im Restrisikobereich des Forschungsreaktors BER II, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Oktober 2001
- /U- 5/ Aktennotiz: Radiologische Auswirkungen; G. Buchert, K. Haas, 08.06.2011
- /U- 6/ Sicherheitsbericht für den 10 MW Betrieb des Forschungsreaktors BER II, August 1982
- /U- 7/ Erdbeben und Erdbebengefährdung in Deutschland sowie im europäischen Kontext, G. Grünthal, 2004
- /U- 8/ Die neue Erdbebennorm DIN 4149, A. Ötes, Universität Dortmund, 2005
- /U- 9/ Konsequenzen des Ausfalles aller Primärumwälzpumpen für den Kern IA-Notiz 54.06604.3 "A", 21.01.1985
- /U- 10/ Gutachterliche Stellungnahme zu den vom HMI durchgeführten vertiefenden Untersuchungen der Einwirkungen von außen GRS-A-1081; April 1985
- /U- 11/ Neubewertung der Absturzhäufigkeit von Hubschraubern und Flugzeugen, TÜV Süd, Dezember 2002
- /U- 12/ Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Kern des Forschungsreaktors BER II im Unfall, Peter Rödder, März 2001
- /U- 13/ Zur Reaktivität einer Kernschmelze als Folge von EVA IA Notiz 54.06333.0, 21.05.1984
- /U- 14/ Aktennotiz TÜV-Berlin: Absturz einer schweren Last im Reaktor BER II, 3.12.1984
- /U- 15/ Gutachterliche Stellungnahme zu Einrichtungen zum Schutz vor Brand und Explosionen sowie zu Anlageninternen Bränden und Explosionen, GRS-A-1117, Juni 1985
- /U- 16/ Bruch Trinkwasserleitung im Reaktorbereich, L. Studen, TM 11.015, 13.10.11
- /U- 17/ Bruch Dachentwässerungsleitung im Reaktorbereich, L. Studen, TM 11.016, 07.10.11
- /U- 18/ Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan), RSK SÜ, 05.04.2011
- /U- 19/ Scram-Versagen bei Ausfall der Primärpumpen, IA54.06550.7; 18.01.1985

- /U- 20/ HMI-B 516, Radiologische Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes auf den Forschungsreaktor BER II; März 1994
- /U- 21/ Notiz KNQ EVA, A. Axmann, C.O. Fischer; 18.08.1987
- /U- 22/ Sicherheitsbericht KNQ 5.Fassung; Februar 1987
- /U- 23/ Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke Revision D; April 2009
- /U- 24/ Auszug Grundplan HZB; Stand 18.07.2011
- /U- 25/ Auflagen Restrisikominimierung Gutachten, ESN; 30.08.1989
- /U- 26/ Borsäure Art der Vorhaltung, H. Buchholz; 17.05.1988
- /U- 27/ Auszug Konzept Notfallschutzplanung, HMI; 8.11.1988
- /U- 28/ Störfallinstrumentierung Gutachten, TÜV Nord; 28.03.1988
- /U- 29/ Störfallinstrumentierung, IA 39-06244-7-A; 10.03.1988
- /U- 30/ Jahresbericht zur Emissions- und Immissionsüberwachung des Campus Lise Meitner in Wannsee für Forschungsreaktor BER II Landessammelstelle für radioaktive Abfälle (ZRA), E.M. Friedland, R. Hellhammer, HZB ; März 2010
- /U- 31/ Katastrophenschutzplan für die Umgebung des Forschungsreaktors BER II des Helmholtz-Zentrums Berlin GmbH, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz; Juni 2010
- /U- 32/ Sicherheitsanalyse der Gesamtanlage BER II 1991-2001, Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH Zentralabteilung Reaktor; August 2004
- /U- 33/ Aktennotiz zu Notfalleinrichtungen, Kommunikationseinrichtungen, B. Schröder-Smeibidl; 28.7.2011
- /U- 34/ Brief zu Neufassung der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung; 25.04.2006
- /U- 35/ Sicherheitsgutachten zur Leistungserhöhung des BER II auf 10 MW, GRS-A-1080; April 1985
- /U- 36/ Stellungnahme zur Standsicherheit der Experimentier- und der Reaktorhalle aus dem Jahr 1970 auf Grundlage der damals verwendeten DIN Normen im Vergleich zu den aktuell gültigen DIN Normen und den zukünftigen europäischen Normen Ingenieurbüro Rüdiger Jockwer GmbH, 6. Oktober 2011
- /U- 37/ Prüfbericht BV. Nr. 632 – Ausbau des Reaktors BER II Hahn-Meitner-Institut hier: Fortluftkaminanlage vor Meß- und Regelhaus, 07. März 1989
- /U- 38/ Ausarbeitung zur Überprüfung der Dachentwässerung des Reaktorhallendachs und des Experimentierhallendachs, GEFA Ingenieure GmbH, 6. Oktober 2011
- /U- 39/ Auflagenerfüllungsblätter
- /U- 40/ E-mail Schiffahrtsamt vom 5. Oktober 2011
- /U- 41/ Erdbebenauslegung BER-II, IA-Notiz 68.08679.6.0, 04.06.1984
- /U- 42/ Absturz eines Brennelement-Transportbehälters in das BE-Umsetzbecken IA-Notiz 68.10334.3 "A", 16.11.1984

- /U- 43/ Stellungnahme der BAM zu vorgelegten Unterlagen im Zusammenhang mit einem unterstellten Behälterabsturz der Behälterbauart GNS14 im Reaktor- gebäude des HMI, BAM-Labor 1.52, 13.03.1989
- /U- 44/ Festigkeitsnachweis zum Absturz eines Brennelement-Transportbehälters in das Absetzbecken, IA-Notiz 68.10698.4 "A", 24.10.1988
- /U- 45/ Stellungnahme zum Änderungsantrag 18/88, TÜV-Berlin, 22.05.1989
- /U- 46/ Aufheizung des Wassers in einem beladenen Behälter vom Typ GNS 14, GNS B 72/88, Rev 0, Juli 1988
- /U- 47/ Prüfbericht Abnahmeprüfung Kran Reaktorhalle; TÜV-Nord, 10.04.1987
- /U- 48/ Prüfbericht Abnahmeprüfung Kran Experimentierhalle; TÜV-Nord, 27.06.1986
- /U- 49/ Aktennotiz, Ausfall der Kühler im Umsetzbecken; H. Krohn, 06.10.2011
- /U- 50/ Aktennotiz, Störfall - Dosisbetrachtungen, G. Buchert, 14.10.2011
- /U- 51/ Unterlagen zur Sonderprüfung des BER II unter Berücksichtigung der Ereig- nisse in Fukushima („Stresstest“), HZB, Oktober 2011
- /U- 52/ Erste Teilgenehmigung zur Änderung des Forschungsreaktors BER II in Ber- lin-Wannsee vom 15.08.1985, Az: V A 2 – 8933.2
- /U- 53/ Frageliste zur RSK SÜ
„Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan)
Köln, den 05.04.2011

10.2 Zusätzliche Literatur

- /Z- 1/ DIN EN 1993-3-2
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine
Schornsteine
Deutsche Fassung EN 1993-3-2:2006
- /Z- 2/ DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12
Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter –
Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke -
Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
- /Z- 3/ DIN 4133:1973-08
Schornsteine aus Stahl
Statische Berechnung und Ausführung
- /Z- 4/ DIN 1055-5:2005-07
Einwirkungen auf Tragwerke
Teil 5: Schnee- und Eislasten
- /Z- 5/ DIN 1055-100:2001-03
Einwirkungen auf Tragwerke
Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Be-

messungsregeln
(ersetzt durch DIN EN 1990 und DIN EN 1990/NA)

- /Z- 6/ DIN EN 1990:2010-12
Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
- /Z- 7/ DIN EN 1998-1/NA:2011-01
Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter -
Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben -
Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für den Hochbau
- /Z- 8/ DIN 4149 (4/81)
Bauten in deutschen Erdbebengebieten
Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
- /Z- 9/ DIN 4149 (04/2005)
Bauten in deutschen Erdbebengebieten
Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
- /Z- 10/ KTA 2201.1 (11/2010)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen
Teil 1: Grundsätze
- /Z- 11/ KTA 2201.2 (06/90)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen
Teil 2: Baugrund
- /Z- 12/ KTA 1201 (11/2009)
Anforderungen an das Betriebshandbuch
- /Z- 13/ Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierter Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände
Bekanntmachung vom 13. September 1976 (BAnz. 1976, Nr. 179)
- /Z- 14/ Weiterleitungsnachricht WLN 2008/07
"Eindringen von Brandgasen in die Warte des Kernkraftwerks Krümmel beim Brand eines Maschinentransformators am 28.06.2007"
- /Z- 15/ Grünthal, G. and Meier, R.
Das 'Prignitz' – Erdbeben von 1409
Brandenburger Geowissenschaftliche Beiträge 2(2), 5–27 (1995)
- /Z- 16/ Sponheuer, W.
Methoden zur Herdtiefenbestimmung in der Makroseismik
Freib. Forschungsh. C88, 117 pp. (1960)
- /Z- 17/ Leydecker & Aichele 1998
The Seismogeographical Regionalisation for Germany: The Prime Example of Third-Level Regionalisation. -- Geologisches Jahrbuch, E 55, 85-98. Hannover
- /Z- 18/ Leydecker 2005
Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 800 - 2004. -- Datenfile, BGRHannover
- /Z- 19/ Gommlich 2006
Dr. Götz-E. Gommlich, „Seismologische Verhältnisse und seismische Einwir-

kungen am Standort“ (ASSE), Abschlussbericht Projekt Langzeitsicherheit
Asse, GSF- FB
Asse, Jan. 2006

- /Z- 20/ EMS 98
G. Grünthal (Geoforschungszentrum Potsdam, Germany) for the Working Group “Macroseismic Scale”, „European Macroseismic Scale 1998“, European Seismological Commission, Subcommission on Engineering Seismology, Luxembourg 1998
- /Z- 21/ P. Dräger:
Zur Widerstandsfähigkeit von Sicherheitsbehältern für Kernkraftwerke gegen Terrorattacken mit großen Verkehrsflugzeugen. München, 21.01.2002.
- /Z- 22/ Schadenpotential über den Ausbreitungspfad Atmosphäre bei Unfällen mit Gefahrguttankfahrzeugen.
TÜ, Bd. 40 (1999), S. 52-57
- /Z- 23/ Abschätzung der Gefährdungsradien infolge Druckwellen bei Gaswolkenexplosionen
Abschnitt 5.3 in Forschungsbericht 285 (2009)
Bundesanstalt für Materialprüfung
- /Z- 24/ Weiterleitungsnachricht WLN 2010/06
"Funktionsstörung an der Krananlage SMA10 durch eine defekte Elektronikbaugruppe des Funksteuerempfängers"
- /Z- 25/ SEVERE ACCIDENT MANAGEMENT PROGRAMMES FOR NUCLEAR POWER PLANTS
IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. NS-G-2.15
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
VIENNA, 2009
- /Z- 26/ RSK – EMPFEHLUNG
Anforderungen an die Bestimmung der Mindestschichtbesetzung in Kernkraftwerken zur Gewährleistung einer sicheren Betriebsführung
18.06.2009 (417. Sitzung der RSK)
- /Z- 27/ INTERATOM
Spezifikation BER-II-08.3 „Diesel-Notstromaggregate“
Ident-Nummer 64026495 Index B vom 16.09.1985