

Kernkraftwerk Grohnde



Abschlussbericht für den Europäischen Stresstest

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung	12
0.1	Verständnis zu Begriffen	14
0.1.1	Verständnis zu "Cliff-Edge Effekt"	14
0.1.2	Verständnis zu „Robustheit“	15
0.2	Auslegungsphilosophie deutscher Kernkraftwerke	17
0.2.1	Gestaffeltes Sicherheitskonzept und Schutzziele	18
0.2.2	Sicherheitsebenen	19
0.2.3	Konsequenzen der Auslegungsphilosophie	21
0.2.4	Weiterentwicklungen in Deutschland	22
0.3	Kurzbeschreibung des Kernkraftwerks Grohnde.....	25
0.4	Erdbeben.....	27
0.5	Hochwasser	29
0.6	Extreme Wetterbedingungen	30
0.7	Verlust der Stromversorgung	31
0.8	Verlust der primären Wärmesenke.....	33
0.9	Verlust der primären Wärmesenke bei Station Blackout.....	34
0.10	Management schwerer Unfälle	35
0.11	Notfallmaßnahmen zur Kernkühlung, zum Erhalt der Integrität des Sicherheitsbehälters sowie zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.....	38
1	Standort und Hauptmerkmale der Anlagen	41
1.1	Standort und Genehmigungsinhaber	41
1.1.1	Hauptmerkmale der Anlage	42
1.1.2	Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme	43
1.2	Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede	59
1.3	Probabilistische Sicherheitsbewertungen.....	59
2	Erdbeben.....	65

2.1	Auslegungsgrundlage	65
2.1.1	Erdbeben, gegen welches die Anlage ausgelegt ist.....	65
2.1.1.1	Charakteristik des Bemessungserdbebens.....	65
2.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungserdbebens	67
2.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung	68
2.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage vor dem Bemessungserdbeben...	69
2.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	69
2.1.2.2	Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten.....	72
2.1.2.3	Folgewirkungen des Erdbebens.....	73
2.1.2.3.1	Nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegte Strukturen, Systeme und Komponenten.....	73
2.1.2.3.2	Ausfall der externen Stromversorgung.....	74
2.1.2.3.3	Situation außerhalb der Anlage.....	74
2.1.2.3.4	Andere Folgewirkungen	74
2.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage	75
2.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	75
2.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen.....	78
2.1.3.3	Festgestellte Abweichungen	79
2.2	Bewertung von Auslegungsreserven	79
2.2.1	Abschätzung der zu schweren Kernschäden führenden Erdbebenstärke	79
2.2.2	Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses	80
2.2.3	Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens.....	81
2.2.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben.....	81
3	Hochwasser	82
3.1	Auslegungsgrundlage	82
3.1.1	Hochwasser, gegen welches die Anlage ausgelegt ist	82

3.1.1.1	Höhe des Bemessungshochwassers	82
3.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungshochwassers	82
3.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung	84
3.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage gegen Bemessungshochwasser..	85
3.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	85
3.1.2.2	Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser	88
3.1.2.3	Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser	88
3.1.2.4	Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage	89
3.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage	89
3.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	89
3.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen.....	93
3.1.3.3	Festgestellte Abweichungen	93
3.2	Bewertung von Auslegungsreserven	94
3.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen Überflutung	94
3.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung.....	95
4	Extreme Wetterbedingungen	97
4.1	Auslegungsgrundlage	97
4.1.1	Bewertung der für die Auslegung verwendeten Wetterbedingungen.....	97
4.1.1.1	Verifizierung der Wetterbedingungen, welche bei der Auslegung von Systemen, Strukturen und Komponenten verwendet wurden.....	97
4.1.1.2	Annahmen für extreme Wetterbedingungen, falls diese nicht bereits in der Auslegung berücksichtigt waren	100
4.1.1.3	Bewertung der zu erwartenden Häufigkeit von unterstellten extremen Wetterbedingungen.....	101
4.1.1.4	Berücksichtigung der möglichen Überlagerungen von Wetterbedingungen.....	101

4.1.1.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen.....	101
4.2	Bewertung von Auslegungsreserven	102
4.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen.....	102
4.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen.....	102
5	Ausfall der Stromversorgung und Ausfall der primären Wärmesenke	103
5.1	Ausfall der Stromversorgung.....	103
5.1.1	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss	106
5.1.1.1	Auslegung der Anlage.....	106
5.1.1.2	Vorkehrungen für einen lang andauernden Ausfall des Haupt- und Reservenetzanschlusses ohne externe Unterstützung.....	109
5.1.2	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle	113
5.1.2.1	Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption	113
5.1.2.2	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung..	114
5.1.3	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle und Ausfall anderer diversitärer Einrichtungen zur Drehstromversorgung.....	115
5.1.3.1	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung..	115
5.1.3.2	Vorgesehene Maßnahmen zur Wiederherstellung einer Drehstromversorgung mit mobilen oder speziellen externen Einrichtungen	116
5.1.3.3	Erforderliches Schicht- oder Fachpersonal für elektrischen Anschluss ..	117
5.1.3.4	Zur Verfügung stehende Zeit zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung und damit der Kernkühlung	118
5.1.3.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust der Stromversorgung	118

5.1.3.6	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust der Stromversorgung	118
5.2	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser.....	119
5.2.1	Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung.....	119
5.2.2	Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	121
5.2.2.1	Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke	121
5.2.2.2	Mögliche zeitliche Einschränkungen für die Verfügbarkeit der alternativen Wärmesenke und Möglichkeiten für weitere zeitliche Reserven.....	124
5.2.3	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser und der alternativen Wärmesenke.....	125
5.2.3.1	(Externe) Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden.....	126
5.2.3.2	Zeit zur Wiederherstellung verlorener Wärmesenken oder für externe Maßnahmen	127
5.2.4	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	127
5.2.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	128
5.3	Ausfall der primären Wärmesenke mit Station Blackout	128
5.3.1	Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern	128
5.3.2	Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden	131
5.3.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers mit Station Blackout.....	131
6	Management schwerer Unfälle	132
6.1	Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen.....	132
6.1.1	Notfallschutzorganisation des Genehmigungsinhabers	133
6.1.1.1	Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb	134

6.1.1.2	Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement	134
6.1.1.3	Maßnahmen für optimalen Personaleinsatz.....	135
6.1.1.4	Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen .	135
6.1.1.5	Verfahren, Ausbildung und Übungen	135
6.1.2	Nutzung vorhandener Ausrüstung	136
6.1.2.1	Nutzung externer mobiler Geräte.....	136
6.1.2.2	Regelungen für und Management von Betriebs- und Hilfsmitteln.....	137
6.1.2.3	Management des Strahlenschutzes.....	138
6.1.2.4	Interne und externe Kommunikations- und Informationsmittel.....	139
6.1.3	Ermittlung von Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können	140
6.1.3.1	Weitgehende Zerstörung der Infrastruktur oder Überflutung in der Standortumgebung, welche den Zugang zum Kraftwerksgelände behindert	140
6.1.3.2	Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen	141
6.1.3.3	Erschwerende radiologische Randbedingungen.....	142
6.1.3.4	Auswirkungen auf den Zugang und die Nutzbarkeit der Hauptwarte und Notsteuerstelle sowie Gegenmaßnahmen	143
6.1.3.5	Auswirkungen auf die von der Notfallorganisation genutzten Räume und/oder Einrichtungen	143
6.1.3.6	Durchführbarkeit und Wirksamkeit für Notfallmaßnahmen unter den Randbedingungen Erdbeben oder Hochwasser	144
6.1.3.7	Unverfügbarkeit der Stromversorgung	145
6.1.3.8	Potenzial für den Ausfall von Instrumentierungen.....	146
6.1.3.9	Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock	148
6.1.4	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Organisation für das Notfallmanagement	148
6.1.5	Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements	150

6.2	Verfügbare präventive Notfall-Maßnahmen in den verschiedenen Phasen eines Szenarios „Verlust der Kernkühlfunktion“	150
6.2.1	Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter	150
6.2.2	Mitigative Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter	151
6.2.3	Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters.....	152
6.3	Verfügbare Notfall Maßnahmen zur Erhaltung „Integrität Sicherheitsbehälter“	152
6.3.1	Vermeidung von Brennelementschäden/-schmelzen bei hohem Druck..	152
6.3.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	152
6.3.1.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	153
6.3.2	Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters.....	153
6.3.2.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Bewertung der Angemessenheit unter Berücksichtigung von Wasserstoffproduktionsrate und –menge	153
6.3.2.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	154
6.3.3	Vermeidung von Sicherheitsbehälterüberdruck	154
6.3.3.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Hilfsmittel zur Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe bei erforderlicher Druckentlastung	154
6.3.3.2	Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen.....	155
6.3.4	Vermeidung von Rekritikalität	155
6.3.4.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	155
6.3.4.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	156
6.3.5	Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte	156
6.3.5.1	Potenzielle Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption zur Rückhaltung der Kernschmelze im Reaktordruckbehälter	156
6.3.5.2	Potenzielle Vorkehrungen zur Kühlung der Kernschmelze im Sicherheitsbehälter nach Versagen des Reaktordruckbehälters	156

6.3.5.3	Cliff-Edge Effekte innerhalb des Zeitraums zwischen Reaktorabschaltung und Kernschmelze.....	157
6.3.6	Notwendigkeit von Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters	157
6.3.6.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	157
6.3.6.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	157
6.3.7	Erforderliche Instrumentierung zum Schutz der Containmentintegrität...	158
6.3.8	Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort.....	158
6.3.9	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit der Systeme und Komponenten für den Schutz des Sicherheitsbehälters	158
6.3.10	Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen.....	158
6.4	Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.....	159
6.4.1	Aktivitätsfreisetzung nach Verlust der Sicherheitsbehälterintegrität.....	159
6.4.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	159
6.4.1.2	Vorkehrungen der Betriebsführung	159
6.4.2	Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken	159
6.4.2.1	Wasserstoffmanagement	160
6.4.2.2	Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung	160
6.4.2.3	Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken.....	160
6.4.2.4	Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls	160
6.4.2.5	Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte	161
6.4.3	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Vorkehrungen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung.....	161

Abkürzungsverzeichnis

ÄEV	Regeländerung in Vorbereitung
AtG	Atomgesetz
AtSMV	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung
ATWS	Anticipated Transients without Scram (Transienten ohne RESA)
BAnz	Bundesanzeiger
BAT	Brennelementaustrittstemperatur
BE	Brennelement
BHB	Betriebshandbuch
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (www.bmu.de/)
BMI	Bundesministerium des Inneren (s. a. http://www.bmi.bund.de) – früher für Reaktorsicherheit zuständig
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
DE	Dampferzeuger
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V. (s. a. http://www.din.de/)
DWR	Druckwasserreaktor
EB	Eigenbedarf
EDW	Explosionsdruckwelle
EK	Erdbebenklasse
EKK	E.ON Kernkraft GmbH (s. a. www.eon-kernkraft.de)
EMS	Europäische Makroseismische Skala
ENSREG	European Nuclear Safety Regulator Group (s. a. http://www.ensreg.eu/)
EU	Europäische Union (s. a. www.europe.eu)
EVA	Einwirkungen von außen
FD	Frischdampf
FLAB	Flugzeugabsturz
GRS	Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (s. a. www.grs.de)
HD	Hochdruck
HMN	Handbuch für mitigative Notfallmaßnahmen
IAEA	Internationale Atomenergiebehörde (s. a. http://www.iaea.org/)

KatSL	Katastrophenschutzleitung (des Landkreises)
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (s. a. www.khgmbh.de)
KFÜ	Kernreaktorfernüberwachung
KMV	Kühlmittelverlust
KTA	Kerntechnischer Ausschuss (alle KTA-Regeln siehe: http://www.kta-gs.de/)
KWG	Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde
KWU	Kraftwerk Union (jetzt AREVA NP)
LOOP	Loss of offsite power (Ausfall der externen Stromversorgung)
MSK	Medwedew-Sponheuer-Karnik-Skala
ND	Niederdruck
NHB	Notfallhandbuch
NN	Normal Null (Bezugsfläche für Höhen über dem Meeresspiegel)
NSDA1	Notstromdiesel
NSDA2	Notstandsnotstromdiesel
PDE	primärseitige Druckentlastung
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSGA	Probabilistischen Seismischen Gefährdungsanalyse
RDB	Reaktordruckbehälter
RESA	Reaktorschnellabschaltung
RG	Reaktorgebäude
RKL	Reaktorkühlkreislauf
RKS	Reaktorkühlsystem
RSB	Reaktorsicherheitsbehälter
RSK	Reaktorsicherheitskommission (s. a. http://www.rskonline.de/)
SAMG	Severe Accident Management Guidelines
SDE	sekundärseitige Druckentlastung
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SÜ	Sicherheitsüberprüfung
THW	Technisches Hilfswerk
TMI	Three Mile Island (Reaktor in den USA)
VGB	VGB Powertech e.V.: Europäischer Fachverband für Strom- und Wärmeerzeugung mit Sitz in Essen (früher Verband der Großkraftwerksbetreiber)
WAZÜ	Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer

0 Zusammenfassung

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

Die in diesem Prozess entwickelten EU-Spezifikationen für „Stresstests“ wurden den deutschen Kernkraftwerksbetreibern mit Schreiben des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom 31.05.2011 (Az RS I 5 – 18033/22.03) über die zuständigen Länderbehörden zur Kenntnis gegeben. Darin wurden wir aufgefordert, auf Basis der Spezifikation

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

vorzulegen.

Zum 15.08.2011 wurde fristgerecht beim Niedersächsischen Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (NMU) der Fortschrittsbericht eingereicht. Der vorliegende Abschlussbericht umfasst entsprechend der Untersuchungsvorgaben von ENSREG Angaben zur Auslegung der Anlage, Aussagen zu Auslegungsreserven, Robustheit der Anlage auch im auslegungsüberschreitenden Bereich, die Diskussion sogenannter „Cliff-Edge“ Effekte, Schlussfolgerungen zur Angemessenheit der Vorkehrungen bzw. daraus festgestelltem Verbesserungspotenzial. In den einzelnen Kapiteln sind – sofern sinnvoll – die jeweils relevanten Betriebsphasen aufgeführt und ggf. auch andere Randbedingungen benannt. Hinsichtlich der die Auslegung überschreitenden Untersuchungen wurden die Angaben – u. a. auch aufgrund von nicht vorhandenen Regelwerksvorgaben – zum Teil auf Basis ingenieurmäßiger Abschätzungen vorgenommen. Dies entspricht insbesondere der Untersuchungsmethodik von ENSREG („engineering judgement“, siehe ENSREG document Annex I, EU “Stress test” specifications).

Der Abschlussbericht ist entsprechend der von ENSREG auf der Sitzung am 05.09.2011 vorgegebenen Gliederung strukturiert und wurde am Anfang um eine Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse, die themenbezogen gegliedert ist, ergänzt. Das von ENSREG empfohlene Kapitel 7 (conclusions) wird inhaltlich vollständig durch die Zusammenfassung abdeckt. Zur Unterstützung des Erfahrungsaustausches in Europa sowie des Peer Review Prozesses im Rahmen der Europäischen Sicherheitsüberprüfung werden wir diese Zusammenfassung auch in englischer Sprache zur Verfügung stellen. Da einige der von ENSREG verwendeten Begrifflichkeiten nicht einheitlich definiert sind, haben wir in der Zusammenfassung auch das der Untersuchung zugrunde gelegte Verständnis dieser Begriffe dargelegt.

Übergreifend ist zur europäischen Sicherheitsüberprüfung festzustellen, dass sie sich vor dem Hintergrund der Ereignisse in Japan sehr stark auf den auslegungsüberschreitenden Bereich konzentriert. Dieser Fokus ist richtig und zielführend, um die Robustheit der Anlagen im auslegungsüberschreitenden Bereich zu untersuchen; dennoch muss im Sinne des gestaffelten Schutzkonzeptes die anlagentechnische Konzeption (bspw. Redundanz und Diversität von Sicherheitsfunktionen oder Vorkehrungen), welche bereits in der Auslegung berücksichtigt wurde, genauso betrachtet werden. Diesen für das Verständnis der Robustheit der Anlage insgesamt elementaren Gesichtspunkt haben wir deshalb auch in einem Kapitel zur Auslegungsphilosophie in der Zusammenfassung aufgegriffen.

E.ON ist an einem transparenten, europaweit einheitlichen und objektiven Verfahren innerhalb der Europäischen Stresstests interessiert. In enger Zusammenarbeit mit den anderen deutschen und europäischen Betreibern hat E.ON von Beginn an den Prozess der Europäischen Sicherheitsüberprüfung konstruktiv, offen und aktiv unterstützt. National unterschiedliche Ausprägungen z. B. hinsichtlich des Untersuchungsumfangs oder der Behandlung von spezifischen Aspekten, welche nicht im Konsens aller teilnehmenden Länder sind, sollten zur Sicherstellung einer Vergleichbarkeit der Berichte außerhalb der Europäischen Sicherheitsüberprüfung behandelt werden. Im Fokus sollen für alle Beteiligten die „Lessons learned“ hinsichtlich der Robustheit der Anlagen und dem möglichen Verbesserungspotenzial stehen. Deshalb hat für uns höchste Priorität, dass die Ergebnisse unserer Betreiberanalysen hinsichtlich der Robustheit unserer Anlagen eindeutig, objektiv und transparent im Nationalbericht, im nachfolgenden Peer Review-

Prozess und letztlich im Gesamtergebnis der europäischen Sicherheitsüberprüfung gewürdigt bzw. in diesen europäischen Rahmen eingebunden werden.

0.1 Verständnis zu Begriffen

0.1.1 Verständnis zu "Cliff-Edge Effekt"

Für die Bestimmung eines Verständnisses zum Begriff „Cliff-Edge Effekt“ wurde von uns auf internationale Dokumente der IAEA zurückgegriffen, um ein einheitliches und möglichst international akzeptiertes Verständnis sicherzustellen. Maßgeblich sind für uns die Ausführungen im IAEA Safety Standard SSG-2 „Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants“ (IAEA, Wien, 2009). Dort heißt es in einer erläuternden Fußnote im Abschnitt 3.11:

„A cliff edge effect in a nuclear power plant is an instance of severely abnormal plant behaviour caused by an abrupt transition from one plant status to another following a small deviation in a plant parameter, and thus a sudden large variation in plant conditions in response to a small variation in an input.“

Im IAEA Safety Guides NS-G-1.6 „Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants“ (IAEA, Wien, 2003) wird der Begriff im Abschnitt 2.39 ebenfalls in deterministischem Sinne im Zusammenhang mit auslegungsüberschreitenden Erdbebenereignissen in ähnlicher Weise wie im SSG-2 verwendet.

Hinsichtlich der Risikorelevanz eines abrupten Parameterübergangs gibt es Ausführungen in Abschnitt 9.10 des o. g. IAEA Safety Standard SSG-2. Diese heben auf den schnellen Anstieg der radioaktiven Freisetzung radioaktiver Stoffe von in der Auslegung aufgrund ihrer angenommen geringen Häufigkeit nicht berücksichtigter, bezüglich des Freisetzungsrisikos aber relevanter Unfallabläufe ab:

“... the design should ensure that there is not a rapid increase in the source term for those faults that are considered that have frequencies just beyond those for the design basis. This is sometimes referred to as a cliff edge effect [...]. It should be part of the regulatory requirements to demonstrate that such an effect does not occur. “

Somit wird als „Cliff-Edge Effekt“ eine geringfügige Überschreitung der Auslegung verstanden, welche einen plötzlichen oder sehr schnellen Verlust von vitalen Sicherheitsfunktionen resp. von Schutzziele und damit eine überproportionale Zunahme des Potentials von Aktivitätsfreisetzung verursacht.

Sofern für derartige Fälle weitere Maßnahmen vorgesehen sind (z. B. Notfallmaßnahmen), die den Verlust der vitalen Sicherheitsfunktionen resp. von Schutzziele verhindern, ist dies nach unserem Verständnis kein „Cliff-Edge Effekt“.

0.1.2 Verständnis zu „Robustheit“

Die gesamte „Robustheit“ einer Anlage ergibt sich aus zwei Bereichen, zum einen der Robustheit im Auslegungsbereich und zum anderen der Robustheit im auslegungsüberschreitenden Bereich:

1. Robustheit im Auslegungsbereich

Die Robustheit bei der Beherrschung von Auslegungsereignissen zeichnet sich durch konsequente Anwendung von Auslegungsprinzipien aus. Hier sind besonders Diversität, Redundanz, baulicher Schutz sowie räumliche Trennung zu nennen, die zur Erreichung der erforderlichen Wirksamkeit und Zuverlässigkeit von sicherheitstechnisch wichtigen Systemen, Strukturen und Komponenten bei der Beherrschung von Auslegungsereignissen angewendet werden. Dies schließt auch die Verwendung von deterministischen Postulaten ein, wie z. B. der Unterstellung von Einzelfehlern (Einzelfehlerkonzept), der Annahme von Instandhaltungsvorgängen oder den Ausschluss der Notwendigkeit von Handlungsmaßnahmen innerhalb der ersten 30 Minuten. Des Weiteren kommen Vorsorgemaßnahmen zum Ausschluss von Ereignissen oder zur Minderung der Auswirkungen bei Versagensereignissen zur Anwendung, welche die Robustheit weiter erhöhen.

Zur Bestimmung der Bemessungsgrößen für die Auslegung werden im Regelwerk konservative Ansätze definiert. Dies umfasst sowohl die Eintrittshäufigkeit der unterstellten Ereignisse (bspw. Überschreitenswahrscheinlichkeiten nach KTA von 10-5/a für Erdbeben) als auch die Methoden zur Bestimmung der re-

sultierenden Wirkungen auf Gebäude, Systeme und Komponenten (bspw. über Einhüllende oder Vergleichsgrößen). Durch diese Maßnahmen wird die Beherrschung von Auslegungsereignissen – auch unter Einbeziehung von Unwägbarkeiten – sichergestellt, so dass die Anlagenauslegung als robust bezeichnet werden kann.

Als Beispiel für eine konservative, bzw. robuste Auslegung ist in diesem Zusammenhang die Konzeption gegen den Verlust der externen Stromversorgung zu nennen (Reservenetzanschlüsse, Ausstattung mit 4 Notstromdieseln). Sowohl die Verfügbarkeit von Reservenetzanschlüssen als auch die Ausstattung mit Notstromdieseln führt – auch im internationalen Vergleich – zu einer robusten Versorgung der sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher mit elektrischer Energie.

2. Robustheit im auslegungsüberschreitenden Bereich

Die Robustheit bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen ergibt sich durch mehrere Aspekte:

- Auslegungsreserven aus der Bemessung gegen Auslegungsereignisse: grundsätzlich wurden und werden Komponenten nicht exakt für die im Regelwerk geforderten Größen (Bemessungsgrößen) sondern unter Verwendung von Sicherheitszuschlägen ausgelegt (Auslegungsreserven). Dieses Vorgehen ist bereits ein wesentlicher Baustein zur Vermeidung von Cliff-Edge Effekten, wie nach IAEA SSG-2 gefordert. Ein beschränktes Überschreiten der Bemessungsgrößen wird durch diese Auslegungsreserven abgedeckt und kann somit nicht zu einem Versagen der Komponente führen.
- Weitere Reserven: Über die bei der Auslegung gewählten Auslegungsreserven hinaus, haben Komponenten Reserven, da deren technische Spezifikation im Allgemeinen nicht ihre Versagensgrenze darstellt. Zusätzliche Reserven liegen in ihren Materialeigenschaften, die sich aufgrund der Fertigungsanforderungen an die verwendeten Materialien ergeben. Durch die konsequente Verwendung qualifizierter Werkstoffe und Fertigungsprozesse wird sichergestellt, dass ein Abstand zwischen den spezifizierten Werkstoffkennwerten und den tatsächlichen Versagensgrenzen besteht.

- Reserven durch angewendete Nachweisverfahren: Ebenso wie die Verfahren zur Ermittlung der Bemessungsgrößen und zur Auslegung erhalten auch die Methoden zum Nachweis der Wirksamkeit der bestehenden Einrichtungen wesentliche Konservativitäten. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass Größen und resultierende Belastungen meist abdeckend angegeben werden. Unsicherheiten, die sich aus Modellbildung oder Verwendung von Korrelationen ergeben können, sind dabei konservativ zu berücksichtigen. Damit ergeben sich auch aus der Nachweismethodik selbst Reserven gegenüber real zu erwartenden Ereignisabläufen (z. B. können 4x50 %-Systeme bei realistischer Betrachtungsweise z. T. als 4x100 %-Systeme gewertet werden).
- Technische Vorkehrungen: Im Rahmen von Notfallmaßnahmen werden weitere technische Vorkehrungen getroffen, um bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen eine Beherrschung oder Abmilderung der Auswirkungen zu erreichen. Ein Beispiel für eine solche „weitere Reserve“ ist beispielsweise der Anschluss mobiler Pumpen zur Sicherstellung der Wärmeabfuhr.
- Durch sehr weitgehende Analysen der deutschen Anlagen zu Einwirkungen aus Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle liegen weitere Reserven im auslegungsüberschreitenden Bereich vor.

Im Rahmen des EU-Stresstests sind sowohl die Robustheit im Auslegungsbereich, als auch die Robustheit im auslegungsüberschreitenden Bereich zu untersuchen.

0.2 Auslegungsphilosophie deutscher Kernkraftwerke

Im Rahmen der ENSREG-Spezifikation sind die Vorkehrungen in der Anlagenauslegung gegen die unterstellten Szenarien darzustellen sowie die Robustheit der Anlage über die Auslegung hinaus zu bewerten. Dazu muss zunächst die Auslegungsphilosophie der deutschen Kernkraftwerke betrachtet werden, da das Sicherheitskonzept der in Deutschland betriebenen Anlagen im internationalen Vergleich einige Besonderheiten aufweist, die für eine sachgerechte Beurteilung der Robustheit wichtig sind und deshalb im Folgenden zusammenfassend erläutert werden.

Nach der Konzeption des Atomgesetzes und der hierzu ergangenen Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts gilt in der Kerntechnik das Prinzip der bestmöglichen Schadensvorsorge. Dieses Prinzip gebietet es, Anlagen nur dann zu betreiben, wenn deren Sicherheit zweifelsfrei nachgewiesen ist und ein hinreichender Sicherheitsabstand zu allen denkbaren Gefahrenschwellen eingehalten wird. Auch extrem unwahrscheinliche Ereignisse müssen demnach grundsätzlich unterstellt und beherrscht werden und können nur dann außer Betracht bleiben, wenn die Ereignisse nach praktischer Vernunft ausgeschlossen sind.

Die Kernkraftwerke in Deutschland sind so ausgelegt und werden so betrieben, dass die Reaktoranlage jederzeit im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen sicher abgeschaltet, in abgeschaltetem Zustand gehalten und die Nachwärme abgeführt werden kann, sowie der Einschluss der radioaktiven Stoffe gewährleistet ist und die Strahlenexposition des Personals und der Bevölkerung so niedrig wie technisch möglich gehalten wird.

0.2.1 Gestaffeltes Sicherheitskonzept und Schutzziele

Zentrales Ziel zum Schutz von Personen und Umwelt ist der sichere Einschluss der beim Betrieb des Kernkraftwerkes entstehenden radioaktiven Stoffe. Wie international üblich (IAEA safety requirements) wurde dazu auch bei der Auslegung der deutschen Kernkraftwerke ein gestaffeltes Sicherheitskonzept (defence-in-depth concept) konsequent umgesetzt, welches folgende grundlegende Merkmale aufweist:

- Isolation der radioaktiven Stoffe gegenüber der Umwelt durch ein System von mehreren umschließenden Barrieren (Barrierenkonzept)
- Gewährleistung der ausreichenden Integrität und Funktion der Barrieren durch ein System gestaffelter Maßnahmen (Konzept der Sicherheitsebenen)
- Technische Lösungen für Sicherheitseinrichtungen, die auch bei unterstellten Fehlern (technischem oder menschlichem Versagen) den Schutz von Barrieren gewährleisten (Auslegungsprinzipien für Sicherheitseinrichtungen).

Um auch bei Störfällen die Wirksamkeit des Einschlusses der radioaktiven Stoffe zu gewährleisten, müssen die Barrieren ausreichend gegen Beschädigungen geschützt werden. Dies ergibt sich aus den grundlegenden Schutzzielen der Reaktorsicherheit:

- Schutzziel Einschluss radioaktiver Stoffe: Der Einschluss der in den Brennelementen vorhandenen radioaktiven Stoffe ist durch Barrieren abzusichern.
- Schutzziel Kontrolle der Reaktivität: Der Reaktor muss immer in seiner Leistung begrenzt sein und sicher abgeschaltet werden können, um eine zu hohe, von den jeweils verfügbaren Kühlsystemen nicht abführbare Wärmeenergie zu verhindern.
- Schutzziel Kühlung der Brennelemente: Die – auch noch nach Abschaltung des Reaktors durch radioaktiven Zerfall entstehende – Wärme muss sicher abgeführt werden können, damit die inneren Barrieren nicht durch Überhitzung gefährdet werden.

0.2.2 Sicherheitsebenen

Die Einhaltung der Schutzziele und damit die Wirksamkeit des Barrierensystems wird durch gestaffelte Maßnahmen gewährleistet, die so genannten Sicherheitsebenen zugeordnet sind. Der Grundgedanke der Sicherheitsebenen besteht in Folgendem:

- Es werden Maßnahmen auf einer Sicherheitsebene getroffen, um Fehler und Ausfälle so weit wie möglich zu vermeiden.
- Es werden dennoch Fehler und Ausfälle unterstellt ("postuliert") und dann jeweils auf der nächsten Sicherheitsebene Gegenmaßnahmen zur Kompensation oder Beherrschung der postulierten Fehler und Ausfälle vorgesehen.

Auf dieser Basis wurden in Deutschland vier Sicherheitsebenen definiert:

Sicherheitsebene 1: Vermeiden von Störungen und Störfällen durch ein weit reichendes Auslegungskonzept mit hoher und überwachter Qualität von Einrichtungen sowie durch geprüftes und regelmäßig geschultes Personal (Normalbetrieb).

Der störungsfreie Normalbetrieb wird maßgeblich durch eine konservative Konstruktion und umfassende Qualitätssicherung gewährleistet. Dazu gehören die Verwendung qualitativ hochwertiger Komponenten und Anlagenteile (optimale Konstruktions- und Fertigungs-Verfahren sowie spezielle Werkstoffe, umfangreiche Prüfungen und Wiederholungsprüfungen während der gesamten Lebensdauer der Komponenten und der Gesamtanlage), die Einplanung hoher Sicherheitsreserven,

eine reglementierte Betriebsweise und der Einsatz fachkundigen Betriebspersonals.

Sicherheitsebene 2: Beherrschen von dennoch unterstellten Betriebsstörungen und damit Vermeiden von Störfällen durch begrenzende Maßnahmen (anomalier Betrieb).

Um Betriebsstörungen, die über den für den Normalbetrieb üblichen Regelbereich hinausgehen, feststellen und beherrschen zu können, sind Störungsmeldungen und Begrenzungseinrichtungen vorhanden. Werden bestimmte Grenzwerte überschritten, wird automatisch eine Korrektur vorgenommen, damit es nicht zu einem Störfall kommt und sich die Kraftwerksanlage innerhalb der Grenzen der betrieblichen Auslegung bewegt. Leichtwasserreaktoren besitzen zusätzlich ein selbststabilisierendes Betriebsverhalten.

Sicherheitsebene 3: Beherrschen dennoch unterstellter Störfälle durch Sicherheitssysteme, die für eine zuverlässige Störfallbeherrschung speziell konstruiert und ausgelegt sind. Dies umfasst insbesondere auch eine Auslegung der für Einhaltung der Schutzziele benötigten Einrichtungen und Komponenten gegen naturbedingte und zivilisatorische Einwirkungen (Störfallbeherrschung).

Greifen die Vorkehrungen auf den vorgelagerten Sicherheitsebenen nicht, so kann es zu einem Störfall kommen, der von der Anlage mit extra für diesen Fall vorgesehenen Sicherheitssystemen beherrscht wird. Für die Dimensionierung und Auslegung dieser Systeme wird eine Vielzahl konservativ abdeckender Ereignisabläufe, die sogenannten Auslegungsstörfälle, zu Grunde gelegt. Bei den für deutsche KKW festgelegten Auslegungsstörfällen garantiert das Reaktorschutzsystem zusammen mit den sicherheitstechnisch wichtigen Systemen ein Abschalten des Reaktors, die Abfuhr der Nachwärme und den sicheren Einschluss des radioaktiven Inventars.

Die Auslegungsphilosophie mit den Grundsätzen Redundanz, Diversität, räumliche Trennung redundanter Teilsysteme und einem sicherheitsgerichteten Systemverhalten bei Fehlfunktion von Teilsystemen oder Anlageteilen gewährleistet die Verfügbarkeit der für die Einhaltung der Schutzziele notwendigen Sicherheitssysteme. Die besonders konsequente Ausprägung der genannten Grundsätze in deutschen Kernkraftwerken leistet – insbesondere auch im internationalen Vergleich – einen wesentlichen Beitrag zur Robustheit unserer Anlagen.

Sicherheitsebene 4: Begrenzen der Auswirkung von extrem seltenen Zuständen (Risikominimierung), gegen die die Anlage auszulegen ist (Sicherheitsebene 4a) bzw. von Zuständen, die über die der Auslegung zugrunde zu legenden Postulate hinausgehen (Sicherheitsebenen 4b und 4c).

Im Rahmen des EU-Stresstests werden – ungeachtet der umfangreichen Vorkehrungen in den vorgelagerten Sicherheitsebenen sowie der Eintrittshäufigkeit – Ereignisse postuliert, die in der Sicherheitsebene 4 anzusiedeln sind, um die Wirksamkeit von Notfallmaßnahmen über die existierende robuste Auslegung hinaus untersuchen zu können. Für Ereignisse mit angenommenem Versagen von Schutz- und Sicherheitseinrichtungen werden zusätzliche Notfallmaßnahmen vorgehalten. Ziel dieser Maßnahmen ist es, zum einen Kernschäden zu verhindern (im Wesentlichen durch Maßnahmen zur Sicherstellung einer ausreichenden Kernkühlung) und falls dies nicht erfolgreich ist, die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung soweit wie möglich zu begrenzen (z. B. Sicherstellung der Sicherheitsbehälterintegrität durch gefilterte Druckentlastung).

Diese Staffelung von Maßnahmen zum Erhalt der Barrieren führt dazu, dass Fehler und Ausfälle auf einer Ebene grundsätzlich durch Maßnahmen auf der nächsten Ebene aufgefangen werden können. In diesem Sinne handelt es sich bei dem gestaffelten Sicherheitskonzept um ein *“fehlerverzeihendes Sicherheitskonzept“*, welches in der in Deutschland erfolgten konsequenten Umsetzung wesentlich zur Robustheit unserer Anlagen beiträgt.

0.2.3 Konsequenzen der Auslegungsphilosophie

Bei der Bewertung der Robustheit und damit einhergehend auch der Fähigkeiten der deutschen Kernkraftwerke, mit auslegungsüberschreitenden Situationen umzugehen, muss berücksichtigt werden, dass die deutschen Anlagen aufgrund der ihrer Auslegung zu Grunde liegenden Philosophie im internationalen Vergleich mit einer deutlich geringeren Häufigkeit Ereignisse erfahren, die die Anlagenauslegung überschreiten.

Wie die RSK in ihrer Stellungnahme vom 16.05.2011 beispielsweise feststellt, sind am Standort Fukushima-Daiichi die Konsequenzen eines Tsunami bei der Festlegung des erforderlichen Schutzes der Blöcke 1 bis 4 offensichtlich unzureichend berücksichtigt

worden. Aufgrund der im Pazifikraum bereits eingetretenen Tsunamis und ihrer daraus abzuleitenden hohen Eintrittshäufigkeit hätte damit gerechnet werden müssen, dass eine die Auslegung des Kernkraftwerkes Fukushima übersteigende Flutwelle auftreten könnte. Derartige Erkenntnisse wären bei Zugrundelegung der in Deutschland gültigen Philosophie in Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren berücksichtigt worden und hätten zu entsprechenden Anforderungen an die Anlagen geführt. Damit wäre auch diese naturbedingte Einwirkung am Standort im Auslegungsbereich angesiedelt worden und hätte bei ihrem Eintreten nicht zu katastrophalen Folgen geführt.

Vor diesem Hintergrund muss bei der Bewertung der Robustheit der deutschen Kernkraftwerke auch die Auslegungsphilosophie angemessen berücksichtigt werden, bevor Reserven im auslegungsüberschreitenden Bereich bewertet werden.

0.2.4 Weiterentwicklungen in Deutschland

Die vertiefende Entwicklung des Sicherheitskonzepts in Deutschland seit Beginn der 70er Jahre ist durch einen Ansatz gekennzeichnet, der folgendermaßen formuliert werden kann:

Trotz der Möglichkeit, Ereignisse die zu Ausfällen führen, auf einer nächsten Sicherheitsebene auffangen zu können, sollte versucht werden, diese zu vermeiden oder möglichst früh auf den gestaffelten Sicherheitsebenen zu beherrschen, d.h. wo immer möglich gilt das Prinzip: **Schäden vermeiden, statt eingetretene Schäden beherrschen.**

Dies hat zu Ausprägungen im gestaffelten Sicherheitskonzept geführt, die die Wahrscheinlichkeit schwerer Störfälle minimieren und zur Robustheit der KKW in Deutschland erheblich beitragen.

Zwar sind Ereignisse auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 (Normalbetrieb und anomaler Betrieb) für die Untersuchungen im Rahmen des EU-Stresstests nicht relevant, aber dennoch ist festzuhalten, dass dort realisierte Maßnahmen zu einer verbesserten Störungsbeherrschung und damit zu einer wirksameren Störfallvermeidung (und zu höherer Verfügbarkeit) führen. Einen wesentlichen Beitrag zur Robustheit leisten z. B. das Konzept der Basissicherheit (Bruchausschluss), das Integritätskonzept für Dampfer-

zeuger-Heizrohre bei Druckwasserreaktoren, die Prüfung und Instandhaltung im Betrieb oder die kontinuierliche Überwachung von sicherheitstechnisch wichtigen Stell- und Regelantriebe.

Besonders hervorzuheben ist die in Deutschland realisierte weitere leittechnische Ebene zwischen der betrieblichen Leittechnik und dem Reaktorschutz: die Begrenzungssysteme. Sie sind vorgesehen, um bei Abweichungen vom Normalbetrieb noch vor Erreichen von Grenzwerten des Reaktorschutzsystems korrigierende Aktionen auszulösen. Maßnahmen der Begrenzungseinrichtungen haben eine höhere Priorität als Regelungs- und Handeingriffe. Begrenzungen wirken störfallverhindernd, so dass sich Betriebsstörungen nicht zu Störfällen ausweiten.

Im Folgenden werden zwei für die Bewertung der Robustheit der bestehenden Sicherheitssysteme zur Störfallbeherrschung (Sicherheitsebenen 3 und 4a) relevante Aspekte eingehender dargestellt, da sie für die im EU-Stresstest unterstellten Ereignisse von Bedeutung sind:

1. Schutz und Optimierung von Sicherheitssystemen

Entsprechend dem Konzept der gestaffelten Maßnahmen wurde die Trennung von betrieblichen Systemen und Sicherheitssystemen in ihrer Funktion konsequent umgesetzt. So wurde es erleichtert,

- die Sicherheitssysteme auf den Einsatzbereich in der Störfallbeherrschung spezifischer auszurichten und sie für die Störfallbeherrschung zu optimieren. Die Ansteuerung der Sicherheitssysteme erfolgt dabei über das mehrsträngige (i. d. R. viersträngige) Reaktorschutzsystem, das sicherstellt, dass der Bedienmannschaft mindestens 30 Minuten Zeit zur Verfügung stehen, bevor Handmaßnahmen zu ergreifen sind.
- die sicherheitsrelevanten Einrichtungen in Gebäuden zu konzentrieren, die besonders geschützt und außerdem entkoppelt sind gegenüber anderen Anlagenbereichen, die zur Störfallbeherrschung nicht erforderlich sind und in denen Folgeschäden bei Störfällen mit Störung der Funktion auftreten können.

Damit wird die Beeinträchtigung der Funktion der Sicherheitssysteme durch eventuelle Folgeschäden bei Störfällen unwahrscheinlicher.

2. Auslegung gegen interne, potenziell redundanzübergreifende Einwirkungen

Das Beherrschungskonzept gegen übergreifende Fehler bei aktiven Sicherheitseinrichtungen besteht im Wesentlichen aus räumlicher Trennung zueinander redundanter Teilsysteme und einem entsprechenden baulichen Schutz. Interne Einwirkungen wie Brand, interne Überflutung oder mechanische Einwirkungen (wie z. B. Strahlkräfte, Projektile) bleiben daher i. d. R. auf eine Redundante beschränkt. Typischerweise sind die Sicherheitseinrichtungen viersträngig ausgelegt. (4 x 50 %, für die überwiegende Anzahl unterstellter Szenarien entspricht die Auslegung sogar 4 x 100 %).

Neben diesen die Sicherheitseinrichtungen betreffenden Vorsorgemaßnahmen gibt es weitere Maßnahmen, die die Entstehung oder Ausbreitung von Störfällen mit übergreifendem Charakter verhindern oder eingrenzen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um passive Maßnahmen, die durch die Gebäudeauslegung realisiert wurden (z. B. Erdbebenauslegung aller sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude).

Schließlich gibt es spezielle aktive Einrichtungen, die zur Vermeidung und Beherrschung übergreifender Störfälle eingesetzt werden können (z. B. Branderkennungs- und Brandbekämpfungseinrichtungen).

Ereignisse mit potentiell redundanzübergreifenden Einwirkungen führen deshalb nicht zum Ausfall einer Sicherheitsfunktion, selbst bei unterstelltem gleichzeitig auftretendem Einzelfehler.

Seit Ende der 80er Jahre wurden weitere Maßnahmen und Einrichtungen entwickelt, mit denen selbst nach einem hypothetischen Ausfall eines kompletten Sicherheitssystems oder mehrerer Systeme, die zusammen eine Sicherheitsfunktion erfüllen, die Kühlung des Reaktorkerns wiederhergestellt werden und die Auswirkungen solcher Ereignisse minimiert werden können (Sicherheitsebenen 4b und 4c). Dies umfasst präventive Maßnahmen zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung und der Wärmeabfuhr auch mit mobilen auf der Anlage vorhandenen Einrichtungen, die das Ziel haben, einen gravierenden Kern- oder Brennelementschaden zu vermeiden.

Darüber hinaus wurden für ein – trotz allem noch unterstelltes – Kernschmelzen folgende zusätzliche, mitigative Maßnahmen getroffen:

- Einbau von passiven Wasserstoffrekombinatoren innerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters von Druckwasserreaktoren, die das bei einem Kernschaden entstehende Wasserstoffgas so weit abbauen würden, dass Wasserstoffexplosionen mit Gefährdung des Reaktorsicherheitsbehälters vermieden würden. Bei Siedewasserreaktoren wurde das gleiche Ziel durch Inertisierung, das heißt durch eine sauerstofffreie Atmosphäre des Reaktorsicherheitsbehälters, erreicht.
- Einbau einer Druckentlastungseinrichtung, über die gefiltert Gase aus dem Reaktorsicherheitsbehälter abgegeben werden können, so dass ein Versagen des Reaktorsicherheitsbehälters durch zu hohem Druck verhindert würde und damit die radioaktiven Stoffe selbst dann noch weitestgehend eingeschlossen blieben bzw. zurückgehalten würden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die in Deutschland in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke durch einen bereits mit der Auslegung gegebenen weitreichenden Schutz der für Sicherheitsfunktionen benötigten Einrichtungen auch sehr unwahrscheinliche Ereignisse beherrschen, ohne dafür auf Notfallmaßnahmen zurückgreifen zu müssen. Mit den zusätzlich vorhandenen Notfallmaßnahmen können auch extrem unwahrscheinliche Ereignisse ohne gravierende Auswirkungen auf die Umgebung beherrscht werden.

0.3 Kurzbeschreibung des Kernkraftwerks Grohnde

Das Kernkraftwerk Grohnde (KWG) besteht aus einem Kraftwerksblock und liegt am linken Flussufer der Weser etwa bei Stromkilometer 124,5 km (ca. 10 km die Weser aufwärts von Hameln) in der Gemeinde Emmerthal im Kreis Hameln-Pyrmont (Bundesland Niedersachsen).

Bei dem Kernkraftwerk handelt es sich um einen Druckwasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union, jetzt AREVA NP) der Vor-Konvoi Baulinie mit einem Reaktorkern aus 193 Brennelementen. Die Anlage ist eine 4 Loop-Anlage mit vier Dampferzeugern, viersträngigen, räumlich getrennten Sicherheitssystemen (d.h. z. B. 4 Not- und Nachkühlstränge, 4 Notstromdiesel) sowie vier zusätzlichen Notspeisenotstromdieseln (u. a. für die Beherrschung äußerer Einwirkungen). Die thermische Reaktorleis-

tung beträgt 3900 MW, aus denen über ein Hochdruck- und drei Niederdruckturbinenteile brutto 1430 MW elektrische Energie erzeugt wird (netto 1360 MW). Die Kühlung erfolgt entweder über den Fluss Weser oder alternativ über zwei Naturzugkühltürme.

Das Reaktorgebäude umschließt die sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile und ist in Stahlbetonbauweise (Stärke $\gg 1\text{m}$) ausgeführt. Innerhalb des Reaktorgebäudes befindet sich der aus mehrere Zentimeter dickem Stahl ausgeführte Sicherheitsbehälter, der als Volldruckcontainment ausgeführt ist und den Primärkreis (bestehend u. a. aus dem Reaktor mit anbindenden Leitungen sowie den Hauptkühlmittelpumpen) mit den Dampferzeugern sowie das Lagerbecken für (abgebrannte) Brennelemente umschließt.

Der Reaktor hatte am 01.09.1984 seine erste selbsterhaltende Kettenreaktion (erste Kritikalität), das Kernkraftwerk nahm seinen kommerziellen Leistungsbetrieb am 01.02.1985 auf und hat bis zum 30.06.2011 fast 300 Mrd. kWh elektrischer Energie erzeugt (zum Vergleich: Stromverbrauch der Bundesrepublik Deutschland 2010 ca. 538 Mrd. kWh). Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerks Grohnde sind die E.ON Kernkraft GmbH, die Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde GmbH & Co. oHG und die Gemeinschaftskernkraftwerk Weser GmbH.

Die bisher im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) entsprechend dem BMU-Leitfaden durchgeführte Probabilistische Sicherheitsanalyse weist für KWG für die Stufe 1-PSA (Ermittlung der Kernschadenshäufigkeiten) Werte aus, die mit einem deutlichem Abstand unter dem von der IAEA genannten Zielwert der Kernschadenshäufigkeit für in Betrieb befindliche Anlagen ($< 1 \cdot 10^{-4}/\text{a}$) liegen. Die ermittelten Werte liegen bereits im Bereich der für evolutionäre Reaktoren empfohlenen Werte ($1 \cdot 10^{-5}/\text{a}$); sie zeigen außerdem die Ausgewogenheit der System- und Anlagentechnik des KWG. Die Ergebnisse der Stufe 2-PSA (Ermittlung der Freisetzungen mit ihren Häufigkeiten) zeigen, dass sich für KWG sehr niedrige Häufigkeiten für gravierende Spaltproduktfreisetzungen ergeben; so ist Häufigkeit großer Freisetzungen kleiner als $1 \cdot 10^{-8}/\text{a}$. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der PSA der Stufe 1 und 2, dass das KWG über ein ausgewogenes Sicherheitskonzept verfügt und ein sehr hohes Sicherheitsniveau besitzt.

0.4 Erdbeben

Für den Standort ergibt sich bei einer Überschreitenswahrscheinlichkeit $< 1 \cdot 10^{-5} / a$ eine Standortintensität von VI-VII (6,5 MSK/ESK). Unter Berücksichtigung der KTA 2201.1 ist für den Standort entsprechend der Bemessungsintensität von VI-VII und den seismotektonischen Bedingungen ein Bodenantwortspektrum mit den zugehörigen Starrkörperbeschleunigungen (maximale Bodenbeschleunigungen bzw. „peak ground acceleration“) bestimmt worden (vgl. Bild 0-1).

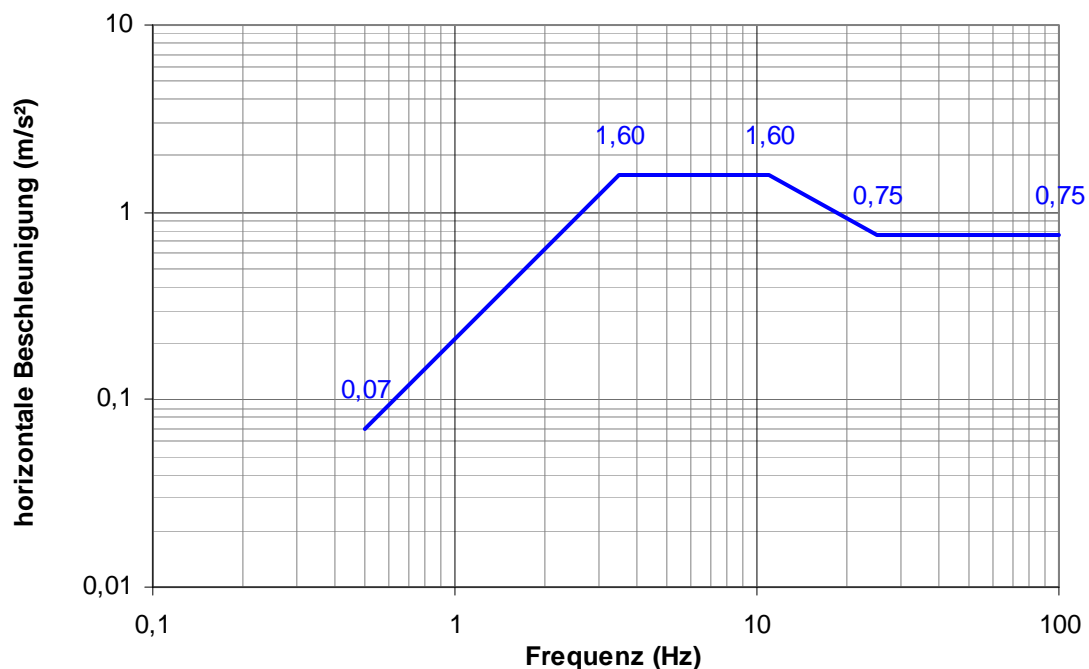


Bild 0-1 Bemessungsspektrum (Horizontalkomponente)

Die notwendigen ingenieurseismologischen Kenngrößen wurden durch ein seismologisches Gutachten ermittelt und durch einen von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde bestellten seismologischen Gutachter bewertet. Darüber hinaus wurden zahlreiche Überprüfungen angestellt. Alle Überprüfungen belegen, dass das angewendete Bodenantwortspektrum gültig ist.

Die Auslegung von Anlagenteilen und baulichen Anlagen gegen seismische Einwirkungen ist notwendig zur Erfüllung der Schutzziele

- a) Kontrolle der Reaktivität,
- b) Kühlung der Brennelemente,
- c) Einschluss der radioaktiven Stoffe und
- d) Begrenzung der Strahlenexposition.

Daher sind alle sicherheitstechnisch wichtigen Bauwerke und Komponenten gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt. Es sind somit keine sicherheitsrelevanten Schadensmöglichkeiten beim Bemessungserdbeben zu erwarten.

Bei einem Erdbeben wird die externe Stromversorgung als nicht mehr vorhanden angesehen. Daher ist die gesamte Notstromversorgung gegen das Erdbeben ausgelegt. Darüber hinaus ist die Notstromversorgung 8-fach redundant vorhanden. Es stehen neben den vier Notstromdieseln vier weitere, diversitäre Notspeisenotstromdiesel zur Verfügung.

Aufgrund der geringen Intensität kann davon ausgegangen werden, dass die Infrastruktur auch nach dem Bemessungserdbeben nutzbar ist. Eine Verhinderung oder Verzögerung des Zugangs von Personal und Gerät ist daher nicht gegeben.

Es ist zu erwarten, dass die maximale, physikalisch mögliche Erdbebenstärke zu keinem schweren Kern- oder Brennelementeschaden führt.

Das Kernkraftwerk ist für ein Erdbeben mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-5}$ /a und einem Hochwasser mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-4}$ /a gemäß KTA 2207 ausgelegt. Die Anlage weist darüber hinaus erhebliche Auslegungsrreserven auf. Zudem ist das Kraftwerk auch für eine Einwirkungskombination von Erdbeben und Hochwasser ausgelegt.

Wie Erdbeben-PSAen in deutschen Kernkraftwerken, die vergleichbar zu KWG sind, zeigen, liefern auch bei größeren unterstellten Erdbeben als dem Bemessungserdbeben die Schädigungsmechanismen keinen weiteren nennenswerten Beitrag zur Kernschadenshäufigkeit. Zudem sind durch den hohen Robustheitsgrad und den hohen Auslegungsstandard Maßnahmen schon während der Planung und Errichtung sowie auch während der Betriebsphase durch Nachrüstungen in Kernkraftwerk integriert. Dies wird unter anderem durch die Auslegung der Anlage gegen andere EVA-

Einwirkungen, wie zum Beispiel Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle, gewährleistet. Somit sind keine weiteren Maßnahmen geplant.

0.5 Hochwasser

Für den Hochwasserschutz wurde entsprechend KTA 2207 ein Bemessungshochwasserstand mit der Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /a ermittelt. Der maximale Wasserstand beim 10.000-jährlichen Hochwasser beträgt 73,00 m ü NN (Bemessungshochwasserstand). Für den Binnenstandort wurden zunächst die Hochwasserabflüsse ermittelt, aus denen dann die Bemessungswasserstände mit adäquaten Verfahren abgeleitet wurden. Zur Ableitung einer Aussage hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit verschiedener Hochwasserstände am Standort Grohnde ist als Bezugspegel der Datenbestand von Bodenwerder ausgewertet worden, welcher konservativ um 5,25 m höher angesetzt wurde als der Wasserstand am Standort Grohnde. Das Kraftwerksnullniveau liegt bei 72,20 m ü NN. Der Bemessungshochwasserstand beträgt 73,00 m ü NN. Bei Errichtung des Kraftwerks wurde ein Auslegungswasserstand von 73,60 m ü NN gewählt.

Der standortspezifische Bemessungshochwasserstand wurde unter Verwendung von behördlichen Angaben gutachterlich ermittelt und durch einen von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde bestellten Gutachter bewertet. In weiteren Untersuchungen wurde die Auslegung überprüft. In allen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die Auslegungsgrundlagen weiterhin gültig sind.

Zur Störfallbeherrschung sowie zur Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebes während Hochwasser gemäß BHB sind die in Tabelle 3-1 angegebenen Bauwerke gegen das Bemessungshochwasser ausgelegt. Die Eingänge zu und Fluchtwege aus den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden liegen auf mindestens 73,60 m ü NN, d. h. mindestens 60 cm höher als das Bemessungshochwasser. Unterhalb der Zugänge liegende Wanddurchführungen sind gegen eindringendes Wasser geschützt ausgeführt und die Bauwerke sind gegen Aufschwimmen geschützt.

Auf Grund der Höhenlage des Kraftwerksgeländes und der baulichen Ausführung der nicht sicherheitstechnisch relevanten Gebäude sind zur Sicherstellung der Infrastruktur temporäre Maßnahmen erforderlich, Folgeereignisse für Sicherheitsfunktionen sind

nicht zu unterstellen. Bezüglich der Anlagentechnik wurde in Zusammenhang mit Hochwasser der Notstromfall bei der Auslegung der Anlage unterstellt. Die Zugänglichkeit der Anlage wird nur mit Wasserfahrzeugen möglich sein.

Durch den Robustheitsgrad und den Auslegungstand der Anlage sind große Reserven gegenüber dem Bemessungshochwasser vorhanden, sodass ein Versagen von sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten nicht zu erwarten ist. Aufgrund der Standortwahl, des vorhandenen Schutzkonzeptes der Anlage gegen Hochwasser und entsprechender Reserven sind keine Folgeereignisse eines auslegungsüberschreitenden Hochwasserereignisses zu erwarten, die nicht schon Gegenstand der Betrachtungen des zu erwartenden Bemessungswasserstandes waren. Die Auslegung der Anlage entspricht der KTA 2207 für ein 10.000-jährliches Hochwasser mit einem Wasserstand von 73,00 m ü NN. Aufgrund der Ausführung der Anlage mit Schutz der Vitalfunktionen (vollumfänglich für die Nachkühl- wie auch für die Notnachkühlketten) bis 73,60 m ü NN, ergibt sich eine Auslegungsreserve von 60 cm bzw. eine Sicherheit gegen das 100.000-jährliche Hochwasser von 10 cm ohne zusätzliche Maßnahmen.

Aufgrund des großen Abstandes zwischen dem zu erwartenden Bemessungswasserstand und dem Auslegungswasserstand ist eine signifikante Auslegungsreserve vorhanden. Darüber hinaus können wegen der langen Vorwarnzeiten angemessene Maßnahmen auch bei einem drohenden auslegungsüberschreitenden Hochwasser umgesetzt werden. Somit ist eine große Robustheit der Anlage gegen Hochwasser gegeben.

0.6 Extreme Wetterbedingungen

Bei der Auslegung wurden Lasten aus folgenden Wetterbedingungen berücksichtigt:

- Extrem starke Winde,
- Extrem hohe und tiefe Umgebungstemperaturen (Wasser und Luft),
- extreme Niederschläge,
- biologische Einwirkungen (Schmutzfracht),
- Blitzschlag,
- Niedrigwasser.

Dabei wurden sowohl konventionelle Baunormen als auch das kerntechnische Regelwerk berücksichtigt. Darüber hinaus liegen der Auslegung wesentlich höhere abdeckende Lasten zum Schutz gegen andere Einwirkungen von außen (EVA) wie Erdbeben, Hochwasser, Explosionsdruckwelle oder auch Flugzeugabsturz zu Grunde, so dass bei den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden mehr als ausreichend Auslegungsreserven bezüglich extremer Wetterbedingungen vorhanden sind. Hinsichtlich der Kombination extremer Wettersituationen werden entsprechende Überlagerungsvorschriften beachtet, welche die relevanten und insbesondere in kausalem Zusammenhang stehenden Ereignisse bereits berücksichtigen. Darüber hinaus dienen messtechnische Einrichtungen der Überwachung der Umgebungsbedingungen, um frühzeitig bei Erreichen von Grenzwerten adäquate, automatische und administrative Maßnahmen durchzuführen.

Insgesamt ist festzustellen, dass aufgrund der positiven Resultate aus der umfangreichen Betrachtung extremer Witterungsbedingungen inklusive möglicher Kombinationen die Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen gegeben ist.

Wegen der vorhandenen Auslegungsreserven sind keine weiteren Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage notwendig.

0.7 Verlust der Stromversorgung

Das KKW Grohnde besitzt ein gestaffeltes Konzept zur automatischen Sicherstellung der Drehstromversorgung der betrieblichen und sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten, bestehend aus Hauptnetzanschluss, Reservenetz, Notstromversorgung und Notspeisenotstromversorgung. Die Drehstromversorgung wird über die vorgenannte Abfolge sequenziell bei Ausfällen von Netzebenen sichergestellt. Zusätzlich steht eine 3. Netzanbindung sowie ein mobiler neunter Diesel zur Verfügung.

Die Notstromversorgung wird erst dann aktiviert, wenn über den Ausfall des Hauptnetzes und des Reservenetzes auch das Abfangen auf Eigenbedarfsversorgung nicht erfolgte. Über die dann automatisch aktivierte Notstromversorgung werden alle sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten versorgt, die zur Störfallbeherrschung und zur Erhaltung von Schutzzielen für die Anlage erforderlich sind. Die Notstromversorgung ist 4-fach redundant entsprechend dem Anlagenredundanzkonzept aufgebaut.

Ein weiterhin unterstelltes Komplettersagen der Notstromversorgung wird durch die zusätzlich hinterlegte diversitäre 4-fach redundante Notspeisenotstromversorgung aufgefangen. Darüber können die vitalen Funktionen der Anlagen zur Nachwärmeabfuhr sichergestellt werden. Gemäß geltendem Regelwerk ist die Notstromversorgung und Notspeisenotstromversorgung über die Dieselgeneratoreinheiten bzgl. technischer Ausrüstung und der vorgehaltenen Betriebsstoffe für 72 h gewährleistet. Eine Verlängerung der Betriebsdauer kann durch auf dem Kraftwerksgelände vorhandene Einrichtungen und Heizölvorräte für mehr als eine Woche hergestellt werden. Bei ergänzender Bereitstellung von Betriebsstoffen stehen die acht Notstrommotoren und das mobile Reserveaggregat nahezu unbegrenzt zur Verfügung.

Bei einem unterstellten Komplettersagen der in der Anlage installierten Drehstrom- und Notstrom-/Notspeisenotstromanlagen werden über die batteriegepufferten redundanten Versorgungsschienen für einen Zeitraum von mindestens 2 h erforderliche leittechnische und verfahrenstechnische Komponenten bedient. Über vorhandene Notfallprozeduren würden dann in dieser Phase verfahrenstechnische Notfallmaßnahmen zur Nachwärmeabfuhr und Kernschadensverhinderung eingeleitet. Parallel ist vorgesehen, durch die Einkopplung der 3. Netzanbindung (erdverlegt) die Drehstromversorgung wiederherzustellen bzw. das zusätzliche mobile Reserveaggregat in Betrieb zu nehmen.

Alle vorgenannten Maßnahmen sind präventiver Art, d. h. sie dienen dem Erhalt der Brennstoffintegrität, der Primärkreisintegrität und der ausreichenden Nachwärmeabfuhr. Im Falle einer nicht verfügbaren oder misslungenen präventiven Maßnahme stehen mitigative Maßnahmen zur Verfügung, die der weiteren Schadensbegrenzung dienen.

Darüber hinaus sind auf Basis der vorgenannten Gesamtheit der Maßnahmen zur Sicherstellung eines dauerhaften Notstrombetriebes, ergänzender Bereitstellung und Vorhaltung von Geräten bei postuliertem Ausfall aller Notstromeinrichtungen, vorgesehener Notfallmaßnahmen zur dauerhaften Nachwärmeabfuhr und der Absicherung der Mobilität und des Transportes bei erschwerten Anlagenbedingungen keine Anlagenzustände erkennbar, aus denen sich weitere zusätzliche Gegenmaßnahmen ableiten lassen.

0.8 Verlust der primären Wärmesenke

Der Verlust der primären Wärmequelle auf Grund eines unzulässigen Versperrens der Entnahmestelle ist durch die geringe erforderliche Flusswassermenge im Vergleich zu den Gebäudedimensionen und den Öffnungsquerschnitt der Entnahmestelle auszu-schließen. Darüber hinaus sind verschiedene Querverbindungen schaltungstechnisch realisierbar, so dass in jedem Fall die Nebenkühlwasserversorgung gewährleistet ist.

Kommt es zum Ausfall von Komponenten der notstromgesicherten Nachkühlkette, wird die Wärme über die dann zum Einsatz kommende Notnachkühlkette abgeführt. Die zwei Stränge des Notnachkühlsystems werden durch das gegen EVA gesicherte Not-speisenotstromnetz betrieben.

Für die möglichen Ausfälle von Kühlwassereinlauf, -rücklauf oder der gesicherten Ne-benkühlwasserversorgung durch eine Unterwasserdruckwelle sind entsprechende Maßnahmen gemäß Betriebshandbuch oder Notfallhandbuch vorgesehen.

Bei vollständigem Ausfall des Nebenkühlwassers mit gleichzeitigem Ausfall des Haupt-kühlwassers erfolgt die Wärmeabfuhr sekundärseitig über die FD-Abblasestation. Zu-erst kommt das An- und Abfahrssystem, bei dessen Unverfügbarkeit das Notspeisesys-tem zum Einsatz. Danach sind aber auch Notfallmaßnahmen wie das Sekundärseitige oder auch das Primärseitige Druckentlasten und Bespeisen durchführbar. Für die DE-Bespeisung können bedarfsweise mobile Pumpen verwendet werden. Das nötige Wasser kann ergänzend aus dem Deionatversorgungssystem, dem Trinkwasserver-sorgungssystem oder dem Feuerlöschsystem angesaugt werden.

Maßnahmen im Nichtleistungsbetrieb sind abhängig vom Anlagenbetriebszustand und können denjenigen im Leistungsbetrieb oder denen bezüglich der Lagerbeckenkühlung entsprechen.

Die zeitliche Einschränkung der Nutzung der alternativen Wärmesenken ist vom Vorrat an Betriebs- und Kühlmittel abhängig. Durch einzuleitende Notfallmaßnahmen kann das Zeitfenster beliebig verlängert werden. Zur langfristigen Gewährleistung einer Wärmesenke sind zunächst aber keine externen Mittel notwendig.

Die vorliegenden Ausführungen zeigen, dass die Anlage ein breites Spektrum an Maßnahmen zur Gewährleistung der Abfuhr der Nachzerfallsleistung aufweist. Dementsprechend sind daher keine weiteren Maßnahmen beantragt worden.

0.9 Verlust der primären Wärmesenke bei Station Blackout

Im Falle eines Station Blackout sind die Eigenbedarfsversorgung und die vier Notstromdiesel (NSDA1) nicht verfügbar. Es stehen im KWG aber noch die vier Notspeisenotstromdiesel (NSDA2), die 3. Netzeinspeisung und der mobile Diesel zur Verfügung, so dass zur Sicherstellung der Kühlmittelversorgung die Maßnahmen bezüglich Kap. 0.8 zum Einsatz kommen können. Bei einem Ereignis während des Leistungsbetriebs wird daher die Anlage mit Hilfe des viersträngigen Notspeisesystems in den Zustand unterkritisch heiß gefahren und die Nachwärmeabfuhr autark gewährleistet.

Werden über die Definition des Station Blackout hinaus die vier Notspeisenotstromdiesel und die 3. Netzeinspeisung nicht kreditiert, sind die Notfallmaßnahmen Sekundärseitige und Primärseitige Druckentlastung und Bespeisung bzw. die Durchschaltung des mobilen Diesels durchzuführen. Bei der Sekundärseitigen Druckentlastung kann die DE-Bespeisung, sobald die Druckentlastung der Dampferzeuger erfolgt ist, mit dem Inventar der Speisewasserleitungen, des Speisewasserbehälters oder einer Feuerlöschpumpe erfolgen. Bei Annahme einer erfolgreichen DE-Druckentlastung (nicht jedoch der Bespeisung) ist ein erheblicher Zeitgewinn bis zur nachfolgenden Maßnahme Primärseitiges Druckentlasten und Bespeisen zu erzielen. Letztere verschafft mit Hilfe der Druckspeicher erneut einen Zeitpuffer, mit dem die Zuschaltung der 3. Netzeinspeisung oder die Zuschaltung der EB-Schienen zu erreichen ist. Parallel kann der mobile Diesel in Betrieb genommen werden.

Ein langfristiger Betrieb des mobilen Diesels und der mobilen Pumpe im Rahmen des Sekundärseitigen Druckentlastens und Bespeisens wird durch Bereitstellung des notwendigen Kraftstoffs gesichert. Die Maßnahmen zur Beschaffung, Anlieferung und Anschluss von Betriebsstoffen sind generell ein Routinevorgang, der im BHB bzw. in den Ausführungsanweisungen des BOHB ausreichend geregelt ist.

Insgesamt ist festzustellen, dass eine Reihe von Maßnahmen zur Gewährleistung der Nachwärmeabfuhr existieren, die die Robustheit der Anlage auch im Station Blackout

belegen. Wesentliches Unterscheidungsmerkmal im internationalen Vergleich ist hierbei das viersträngige Notspeisenotstromsystem, das die Beherrschung dieses Szenarios ohne Notfallmaßnahmen gewährleistet.

0.10 Management schwerer Unfälle

Im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung des Kernkraftwerks Grohnde unter Berücksichtigung des fortschreitenden Standes von Wissenschaft und Technik wurden zahlreiche Maßnahmen etabliert, die ein Auftreten schwerer Unfälle verhindern oder, in dem äußerst unwahrscheinlichen Fall ihres Auftretens, die Auswirkungen auf die Anlage und die Umgebung zu verhindern, bzw. in ihrem Umfang stark zu begrenzen.

Im Falle eines auslegungsüberschreitenden Ereignisses sind durch den Betreiber zahlreiche organisatorische und technische Maßnahmen vorgesehen und Vorkehrungen getroffen worden, um das notwendige Personal und das notwendige technische Gerät vor Ort verfügbar zu machen. Aufgrund einer festgelegten Mindestbesetzung des Schichtpersonals ist die Durchführbarkeit aller Notfallmaßnahmen, auch im Bereich der auslegungsüberschreitenden Ereignisse, zu jeder Zeit gewährleistet. Die Alarmierung der zur Bildung der Notfallschutzorganisation erforderlichen Personen erfolgt mit Hilfe eines automatischen Alarmierungssystems (FACT 24), erforderlichenfalls werden motorisierte Melder eingesetzt. Im Falle von personellen Engpässen besteht die Möglichkeit, Personal von anderen E.ON Standorten hinzuzuziehen. Durch regelmäßige Übungen ist die Funktionalität im Ernstfall gewährleistet.

Seitens der E.ON Zentrale in Hannover wird nach Information durch das Kraftwerk der Unternehmenskrisenstab alarmiert, welcher die Kommunikation mit den Medien übernimmt sowie unternehmensrelevante Entscheidungen trifft.

Die Durchführung von Notfallmaßnahmen ist im Wesentlichen ohne zusätzliche externe Ausrüstung möglich. Sofern zusätzliche Ausrüstung erforderlich ist, handelt es sich um handelsübliche Komponenten, die auch bei Feuerwehren und Hilfsdiensten zum Einsatz kommen. Dadurch können schwerwiegende Ereignisse nahezu vermieden und im Falle ihres Auftretens in ihrem Ablauf deutlich verlangsamt werden, wodurch zusätzlicher Raum für das Heranschaffen von Personal und technischem Gerät geschaffen wird.

Über Ausführungsanweisungen ist die Beschaffung der Betriebs- und Hilfsstoffe geregelt, so dass Mindestvorräte nicht unterschritten werden. Wichtige Ersatzteile sind auf der Anlage vorhanden oder können mit Hilfe vertraglich abgesicherter Bereitschaften von den Herstellern beschafft werden.

Im unterstellten Falle von Freisetzungen werden auf Veranlassung des Krisenstabes durch den Strahlenschutz Umgebungsmessungen nach einem festgelegten Überwachungskonzept durchgeführt und Empfehlungen hinsichtlich der Alarmierung der Bevölkerung an die zuständige Katastrophenschutzbehörde gegeben. Für die interne und externe Kommunikation stehen unterschiedliche Kommunikationsmittel zur Verfügung. Dazu gehören drahtgebundene Telefone, Funkgeräte in verschiedenen Frequenzbereichen, Betriebsfunkempfänger sowie Satellitentelefone. Die Netzleitstelle kann über mehrere Stunden mit Hilfe einer schwarzfallfesten Telefonverbindung erreicht werden.

Auf dem Kraftwerksgelände stehen Gerätschaften zur Verfügung, mit deren Hilfe im Falle der Einwirkung von außen ein Zugang zu Gebäuden geschaffen werden kann. Weitere Hilfsmittel können über externe Feuerwehren, technisches Hilfswerk oder den kerntechnischen Hilfszug, mit dem gesonderte Unterstützungsverträge existieren, abgerufen werden.

Bei einer Störung mit unterstellter Aktivitätsfreisetzung kommt anlagenintern ein Stufenkonzept zum Einsatz, mit dessen Hilfe durch den Strahlenschutz für die Aufenthaltsbereiche tatsächliche Aktivitätskonzentrationen ermittelt und Maßnahmen festgelegt werden. Der Wartenbereich kann an eine Umluftfilterung angeschlossen werden, um trotz vorhandener Aktivität einen Aufenthalt ohne die Nutzung von Atemschutzgeräten zu ermöglichen. Sollte ein Aufenthalt aus Strahlenschutzgründen nicht mehr möglich sein, können die Maßnahmen zum Abfahren der Anlage sowie zur BE- Beckenkühlung von der Notsteuerstelle aus durchgeführt werden, welche sich in räumlicher Distanz zur Hauptwarte innerhalb des gebunkerten Notspeisegebäudes befindet. Die Notfallschutzorganisation nimmt ihre Arbeit in diesem Fall in der Ausweichstelle auf, welche sich auf dem ca. 10 km entfernten Gelände der Ausbildungswerkstatt des KWG befindet.

Im KWG erfolgen die Maßnahmen der Sicherheitsebene 4 schutzzielorientiert, in der Regel über vordefinierte Einleitungskriterien. Die Voraussetzungen zur Durchführung

sind im Notfallhandbuch beschrieben. Im Notfallhandbuch werden für verschiedene Maßnahmen wie sekundär- und primärseitiges Feed & Bleed Karenzzeiten vorgegeben.

Grundsätzlich stehen Einrichtungen in hochwasser- und erdbebengeschützten Gebäuden im Anforderungsfall zur Verfügung. Bei Hochwassersituationen kann davon ausgegangen werden, dass diese Situationen aufgrund der geografischen Lage nicht plötzlich auftreten, was wiederum die Möglichkeit schafft, zusätzliche Barrieren mit auf der Anlage vorhandenen Mitteln zu schaffen. Hinsichtlich der Unverfügbarkeit der Stromversorgung wird bei der Möglichkeit der Durchführung zwischen dem vollständigen Stromausfall und verfügbaren Notstromdieseln bzw. Notspeisenotstromdieseln unterschieden.

Die Instrumentierung ist entsprechend den Regeln des kerntechnischen Ausschusses (KTA) für Störfallinstrumentierung ausgeführt. Das Regelwerk trifft Festlegungen darüber, welche Messwerte in welchen Kontrollräumen darzustellen sind und welchen physikalischen Beanspruchungen der Messaufbau genügen muss. Ferner sind alle erforderlichen Messungen batteriegepuffert und stehen auf der Notsteuerstelle auch bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung und der Notstromdiesel über die Notspeisenotstromdiesel zur Verfügung. Darüber hinaus wurden im KWG zusätzliche Systeme installiert, die auch bei auslegungsüberschreitenden Störfällen nutzbar sind, Beispiele sind die Aktivitätsüberwachung für das Druckentlastungssystem des Sicherheitsbehälters sowie das System zur Probenahme aus dem Sicherheitsbehälter.

Da sich die Notfallmaßnahmen nicht explizit einem Ereignis zuordnen lassen, haben Maßnahmen, die nach Eintritt eines Kernschadens durchgeführt werden, ein breites Spektrum an Ereignisabläufen abzudecken. Aus diesem Grund hat EKK im September 2010 für alle deutschen EKK-betriebsgeführten Anlagen mit AREVA ein SAMG-Konzept (Severe Accident Management Guidelines) erstellt und ein „Handbuch für mitigative Notfallmaßnahmen“ beauftragt, in dem anlagenspezifisch SAMG's beschrieben werden sollen.

0.11 Notfallmaßnahmen zur Kernkühlung, zum Erhalt der Integrität des Sicherheitsbehälters sowie zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung

Die im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen der Sicherheitsebene 4 dienen der Verhinderung von Kernschädigungen und sind den Schutzziele der Anlage zugeordnet. Zunächst sind Maßnahmen zur Erhöhung des Kühlmittelinventars sowie zur Wiederherstellung der Kernkühlung bei Sumpfbetrieb beschrieben. Sollte ein hoher Druck nach Ausfall der Kernkühlung im Primärkreis herrschen, werden gestaffelt sekundär- oder primärseitige Bleed & Feed Maßnahmen durchgeführt, um den Druck und die Temperatur im Primärkreis abzusenken und das Einspeisen passiver Systeme zu ermöglichen bzw. die Bespeisung mit ND- Systemen sicherzustellen.

Die Notfallmaßnahmen zum sekundärseitigen Bleed & Feed mit Hilfe einer mobilen Feuerlöschpumpe sind zeitlich unbefristet und auch bei vollständigem Ausfall der Eigenbedarfsversorgung inklusive Ausfall der Batterieversorgung durchführbar, gleiches gilt für die gefilterte Druckentlastung des Reaktorsicherheitsbehälters.

Der Krisenstab entscheidet in Abhängigkeit der Anlagensituation, des Schadensumfanges usw. über die Wiederinbetriebnahme zuvor ausgefallener Systeme.

Es existieren diversitäre Prozeduren zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung, welche im Notfallhandbuch beschrieben sind. Zusätzlich zu den vier Notstromdieseln verfügt die Anlage über vier Notspeisenotstromdiesel, die im gegen Einwirkung von außen gesicherten Notspeisegebäude untergebracht sind. In diesem Gebäude befindet sich ebenfalls die Notsteuerstelle.

Die vorstehend beschriebenen Notfallmaßnahmen können auch nach dem Eintritt von Kernschädigungen durchgeführt werden und sind geeignet, den Kernzerstörungsprozess zu beenden.

Wird im Falle einer Kernschmelze ein Versagen des Reaktordruckbehälters angenommen, kommt die Schmelze mit Beton in Kontakt. In der Regel ergibt sich aufgrund des dann vorliegenden Unfallablaufs eine kühlbare Konfiguration, so dass Wechselwirkungen vermieden oder beendet werden können. Untersuchungen hinsichtlich der Folgen

vollständiger Penetration des Reaktorgebäudefundaments haben gezeigt, dass sich die Freisetzung von Spaltprodukten aufgrund der langen Karenzzeiten und der Verdünnungseffekte nachhaltig reduzieren lässt.

Im weiterhin unterstellten Fall von schweren Kernschäden muss mit einer Entstehung von Wasserstoff (H_2) durch Reaktionen des Kühlmittels mit den Brennstabhüllrohren sowie der Produktion von Gasen aus Schmelze-Beton-Wechselwirkungen gerechnet werden. Aus diesem Grund existieren Systeme zur Konzentrationsbestimmung von Wasserstoff und zur Durchmischung der Sicherheitsbehälteratmosphäre, um partiell unzulässig hohe Wasserstoffkonzentrationen zu Vermeiden. Außerdem wurde ein H_2 -Abbausystem installiert, welches mit Hilfe von im Sicherheitsbehälter verteilten autokatalytischen Rekombinatoren, das H_2 zu Wasser rekombiniert. Dieses System ist passiv und benötigt weder Fremdenergie noch Hilfssysteme.

Etwaige Leckagen von Wasserstoff aus dem Sicherheitsbehälter in Richtung des Reaktorgebäude-Ringraums werden mit Hilfe der Ringraumabsaugung entfernt. Die Leckrate des Sicherheitsbehälters wird wiederkehrend geprüft und darf die vorgegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

Sollte es aufgrund von Verdampfungsvorgängen und/ oder Schädigungen des Reaktordruckbehälters zu einem Druckaufbau im Reaktorsicherheitsbehälter (RSB) kommen, wird mit Hilfe des Druckabbausystems gezielt eine gefilterte Druckentlastung des Sicherheitsbehälters vorgenommen. Im Vorfeld besteht die Möglichkeit, das störfallfeste Probenahmesystem zu nutzen, um die Nuklidzusammensetzung des Sicherheitsbehälterinventars zu bestimmen und eine Abschätzung über die während der Druckentlastung stattfindende Aktivitätsabgabe zu treffen. Die Installation von Jod- und Aerosolfiltern ist zusätzlich in der Lage, die Aktivitätsfreisetzung bei erforderlicher Druckentlastung wesentlich (Abscheidegrade für Aerosol und elementares Jod > 99,9 %) zu verringern. Die verbliebene Restaktivität wird durch die Kamininstrumentierung erfasst. Sofern erforderlich, ist ein wiederholter Betrieb des Druckentlastungssystems möglich. Die Benutzbarkeit des Druckentlastungssystems vor dem Hintergrund radiologischer Randbedingungen wurde auch im Falle einer Kernschmelze mittels einer Begehbarkeitsstudie nachgewiesen.

Aufgrund der hohen Robustheit des Sicherheitsbehälters und der Schutzmaßnahmen (gefilterte Druckentlastung und passive H₂-Rekombinatoren) kann ein Versagen des Sicherheitsbehälters ausgeschlossen werden. Sollte der RSB dennoch Leckagen aufweisen, erfolgt eine Freisetzung in den Reaktorgebäude-Ringraum. Durch die Ringraumabsaugung erfolgt eine gefilterte Abgabe über den Abluftkamin. Eine zusätzliche Rückhaltung ist durch die Zuschaltung der Bedarfsfilteranlage gegeben.

Speziell die Untersuchungen im Rahmen der probabilistischen Sicherheitsanalyse für das Kernkraftwerk Grohnde haben gezeigt, dass aufgrund der robusten und konservativen Auslegung des Reaktorsicherheitsbehälters erst bei Größenordnungen des doppelten Auslegungsdrucks – also weit nach Erreichen der Kriterien zur gefilterten Druckentlastung - eine signifikante Beeinträchtigung der Dichtheit zu unterstellen wäre.

Zur Sicherstellung der Unterkritikalität speisen die im Störfall automatisch angeforderten Systeme mit boriiertem Wasser in den Primärkreis ein. Das eingespeiste Bor ist so bemessen, dass nach dem Abschalten des Reaktors durch die Steuerelemente auch unter Berücksichtigung negativer Temperaturkoeffizienten der Reaktor dauerhaft unterkritisch bleibt. Die Fehleinspeisung von Deionat wird leittechnisch verhindert.

Die Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken erfolgt ebenfalls mit boriiertem Wasser. Aufgrund der Geometrie der Lagergestelle sowie des verwendeten Borstahls ist das im Kühlmittel enthaltene Bor im bestimmungsgemäßen Betrieb jedoch nicht zur Gewährleistung der Unterkritikalität erforderlich. Im Normalbetrieb sind die Brennelementköpfe mehrere Meter mit Wasser überdeckt. Sollte Verdampfung im Lagerbecken auftreten, so kommt es zu einem Füllstandsabfall und einer Aufkonzentration der Borsäure. Mit Hilfe beschriebener Notfallmaßnahmen kann der Füllstand im Lagerbecken durch Einspeisen von Deionat oder Kühlmittel aus den Flutbehältern wieder angehoben werden. Räumlich befindet sich das BE- Lagerbecken innerhalb des gegen hohe Drücke ausgelegten Sicherheitsbehälters, das Reaktorgebäude ist gegen Einwirkung von außen ausgelegt.

1 Standort und Hauptmerkmale der Anlagen

1.1 Standort und Genehmigungsinhaber

Das Kernkraftwerk Grohnde (KWG) liegt im Wesertal am nördlichen Rand des Weserberglandes etwa 10 km die Weser aufwärts von Hameln. Das Kraftwerksgelände grenzt mit seiner Nordostseite direkt an das linke Flussufer der Weser etwa bei Stromkilometer 124,5 km auf der Gemarkung des Ortsteils Grohnde der Einheitsgemeinde Emmerthal im Kreis Hameln-Pyrmont im Bundesland Niedersachsen.

Das praktisch rechteckige Anlagengelände mit einer Seitenlänge von ca. 450m x 950m hat eine Fläche von 35 ha, liegt auf einer Höhe von etwa 72 m über NN und fällt geringfügig zur Weser hin ab. Das Flusstal ist am Standort etwa 3 - 4 km breit und verläuft in nordwestlicher Richtung. Auf der linken Uferseite wird das Flusstal durch die bis auf 350 m ansteigenden Höhen des Weserberglandes, auf der rechten Uferseite durch die Ausläufer des Süntel und durch die Vorberge des Ith begrenzt. Beiderseits der Weser ist das Gelände durch kleinere Wasserläufe mehrfach zergliedert.

Im Umkreis von ca. 1 km vom Standortgelände befinden sich keine bewohnten Gebäude. Die nächstgelegene Ortschaft Latferde liegt auf dem rechten Weserufer und ist etwa 1,4 km vom Kraftwerksgelände entfernt. Die Stadt Hameln mit ca. 58.000 Einwohnern befindet sich in einer Entfernung von rund 8 km zum Kraftwerk.

Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerks Grohnde sind folgende Gesellschaften:

- E.ON Kernkraft GmbH, Tresckowstraße 5, 30457 Hannover
- Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde GmbH & Co. oHG, Postfach 1230, 31857 Emmerthal
- Gemeinschaftskernkraftwerk Weser GmbH, Postfach 1262, 32438 Porta Westfalica

Eigentümer des Kraftwerks ist die Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde GmbH & Co. oHG, die Betriebsführung obliegt der E.ON Kernkraft GmbH.

1.1.1 Hauptmerkmale der Anlage

Das Kernkraftwerk Grohnde ist eine Einzelblockanlage mit einem Druckwasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union) der Vor-Konvoi Baulinie mit einem Reaktorkern aus 193 Brennelementen. Es handelt sich dabei um eine 4 Loop-Anlage mit 4 Not- und Nachkühlsystemen und 4 Notstromdieseln. Zusätzlich sind als Merkmal der Anlagenauslegung vier gegen Erdbeben, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle und Hochwasser geschützte Notspeisenotstromdieseln vorhanden, die bei Verlust der Warte und des Schaltanlagegebäudes 10 h autark die Wärmeabfuhr sicherstellen. Danach kann über die Notsteuerstelle die Anlage abgefahren werden. Die Kühlwasserversorgung erfolgt durch den Fluss Weser.

Das Lagerbecken für (abgebrannte) Brennelemente ist innerhalb des Sicherheitsbehälters im Reaktorgebäude untergebracht und bietet ausreichend Lagerpositionen für mehrere Brennelementwechsel.

Die Auslegung der Anlage gegen Erdbeben und Hochwasser sowie die Auslegung der Strom- und Kühlwasserversorgung ist in den entsprechenden Kapiteln dieses Berichtes im Detail dargestellt.

Datenzusammenstellung:

Antragstellung:	03.12.1973
erste Kritikalität:	01.09.1984
Erste Synchronisation:	05.09.1984
Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs :	01.02.1985
Thermische Leistung:	3900 MWth
Installierte Leistung (brutto, elektrisch):	1.430 MW
Installierte Leistung (netto, elektrisch):	1.360 MW
Erzeugte Arbeit seit erster Synchronisation bis	30.06.2011
Brutto :	299.296.384 MWh
Netto:	283.023.207 MWh

1.1.2 Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme

Im Folgenden werden wesentliche Sicherheitssysteme kurz beschrieben. Zum Teil handelt es sich bei der Beschreibung auch um betriebliche Systeme, die sicherheitstechnisch wichtige Aufgaben haben:

- Reaktorsystem und Reaktorkühlsystem
- Reaktorregel- und Abschaltssysteme
- Reaktorhilfsanlagen
- Dampfkraftanlage
- Sicherheitskühlsysteme / Nachkühlkette
- Gestaffeltes Konzept von Regelung, Begrenzung und Reaktorschutz
- Begrenzung
- Reaktorschutzsystem
- Sicherheitseinschluss (Reaktorsicherheitsbehälter) und Sekundärschirmung
- Elektrische Anlagen
- BE- Lagerung

Der Aufbau der Sicherheitssysteme ist grundsätzlich viersträngig (4 x 50 %). Zur Beherrschung der Auslegungsstörfälle ist ein gestaffeltes Notstromsystem mit 4 x 10 kV dieselgetriebenen Notstromgeneratoren (NSDA1-Netz) und 4 x 380 V Notspeisenotstromdieseln (NSDA2-Netz) eingesetzt.

Reaktorsystem und Reaktorkühlsystem

Der Reaktorkühlkreislauf wird in die Bestandteile

- Reaktorsystem und
- Reaktorkühlsystem (RKS)

unterteilt.

Das Reaktorsystem besteht im Wesentlichen aus dem Reaktordruckbehälter und seinen Einbauten, insbesondere dem Reaktorkern, und dient zur Erzeugung der thermischen Leistung des Kernkraftwerks. Der im Kernbehälter des Reaktordruckbehälters angeordnete Reaktorkern ist die nukleare Wärmequelle des Kernkraftwerkes. Er enthält 193 Brennelemente mit Brennstäben, Steuerelementen, Kerninstrumentierung und wird von dem gleichzeitig als Moderator dienenden Kühlmittel durchströmt.

Das Reaktorkühlsystem besteht aus vier gleichen Kreisläufen mit je einem Dampferzeuger, einer Hauptkühlmittelpumpe und dem verbindenden Leitungssystem sowie dem Druckhalte- und Abblasesystem.

Das Reaktorkühlsystem stellt im Leistungsbetrieb die ausreichende Kühlung des Reaktorkerns sicher und übernimmt die Aufgabe des Energietransports vom nuklearen zum konventionellen Bereich des Kernkraftwerks.

Als Kühlmittel dient vollentsalztes und entgastes Wasser (Deionat), das zur Reaktivitätssteuerung des Reaktorkerns leistungs- und abbrandabhängig mit Borsäure vermischt ist. Das Kühlmittel gelangt vom Reaktordruckbehälter durch die sogenannten heißen Stränge der Hauptkühlmittelleitungen in die Dampferzeuger, gibt dort Wärme an den Sekundärkreislauf ab und wird über die Hauptkühlmittelpumpen durch den kalten Strang der Hauptkühlmittelleitungen in den Reaktordruckbehälter zurückgefördert.

Das Druckhaltesystem ist mit dem heißen Strang eines der vier Kühlkreisläufe verbunden. Es dient zur Aufrechterhaltung und Begrenzung des Drucks im Reaktorkühlkreislauf sowie zum Ausgleich von Volumenänderungen.

Alle Bestandteile des Reaktorsystems und des Reaktorkühlsystems sind innerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters im Reaktorgebäude eingebaut.

Reaktorregel- und Abschaltssysteme

Die Reaktorregel- und Abschaltssysteme sind:

- Volumenregelsystem
- Steuerelemente mit Antriebssystem
- Zusatzboriersystem

Volumenregelsystem:

Das Volumenregelsystem hat die sicherheitstechnisch wichtigen Aufgaben, im Anforderungsfall aus dem Borsäurebehälter Bor in den Primärkreis einzuspeisen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, schnelle Druckabsenkungen mit der Druckhalterhilfssprühung zu unterstützen.

Im Normalbetrieb wird durch die Einspeisung von Borsäure und/ oder Deionat die Langzeitregelung des Reaktors vorgenommen sowie die Abbrandkompensation durchgeführt.

Steuerelemente mit Antriebssystem:

61 Steuerelemente, mit jeweils 20 Steuerstäben, dienen zur Leistungsregelung des Reaktorkerns sowie zur Abschaltung des Reaktors. Zur Reaktorschnellabschaltung (RESA) fallen die Steuerelemente durch Eigengewicht infolge der Schwerkraft in den Reaktorkern ein. Dies wird durch die sichere Entregung sämtlicher Antriebsspulen durch Unterbrechung verschiedener Spannungsebenen gewährleistet.

Das Zusatzboriersystem ist ein zu den Steuerstäben diversitäres Abschaltssystem. Es dient zur Einspeisung von Borsäure in den Reaktorkühlkreislauf aus den Borierbehältern (7000ppm Bor) oder den Flutbehältern (2200 ppm Bor) und muss für folgende Anforderungen zur Verfügung stehen:

- Bei Störfällen infolge „Einwirkung von Außen“ ergänzt das Zusatzboriersystem nach Anregung durch das Reaktorschutzsystem betriebsmäßige Leckagen des Reaktorkühlsystems (RKL) aus den Flutbehältern. Dabei wird im RKL ein Druck von ca. 150 bar gehalten. Diese Aufgabe wird für einen Zeitraum von mindestens 10 Stunden erfüllt, ohne dass zusätzliche Eingriffe nötig sind.
- Beim Dampferzeuger-Heizrohrleck speist das Zusatzboriersystem zunächst aus den Borierbehältern in den RKL ein, um die schnelle Reduktion der Reaktorleistung und die spätere Unterkritikalität im Reaktor zu unterstützen. Nach Umsteuerung der Ansaugung auf die Flutbehälter wird zur schnellen Druckabsenkung in das Dampfpolster des Druckhalters gesprüht.
- Bei Erreichen des tiefsten Grenzwertes der Steuerstab- Fahrbegrenzung (STAFAB Grenzwert 10) wird durch Borieren des Hauptkühlmittels aus den Zusatzborierbehältern die Abschaltreserve der Steuerelemente sichergestellt.
- Nach Erkennung einer ATWS- Störung durch diversitäre Kriterien in der Begrenzung erfolgt eine Einspeisung von Borsäure aus den Borierbehältern um den Reaktor unterkritisch zu machen.

Reaktorhilfsanlagen

Die Reaktorhilfsanlagen sind im Reaktorsicherheitsbehälter, im Reaktorgebäude-Ringraum und im Reaktorhilfsanlagegebäude angeordnet. Die wichtigsten Reaktorhilfsanlagen sind im Folgenden kurz erläutert:

Das Volumenregelsystem hat im Wesentlichen die betrieblichen Aufgaben, während des Leistungsbetriebes kontinuierlich Primärkühlmittel zu entnehmen, der Kühlmittelentgasung und -reinigung zuzuführen und nach Borsäure- und Deionateinspeisung wieder in den Primärkreislauf zurückzuführen. Dadurch werden die notwendige Bor-konzentration eingestellt und temperaturbedingte Dichteänderungen ausgeglichen.

Die Kühlmittelaufbereitung hat die Aufgabe, das beim Anfahren, bei Laständerungen, bei der Abbrandkompensation und aus der Anlagenentwässerung anfallende Kühlmittel in Deionat und Borsäure zu trennen und die Borsäure auf 4 % aufzukonzentrieren. Die

Aufnahme und die Zwischenlagerung des Kühlmittels erfolgt durch die Kühlmittel- und Borsäurelagerung.

Das Abgassystem hat im bestimmungsgemäßen Betrieb die folgenden Aufgaben:

- Ein Austreten radioaktiver Gase aus den angeschlossenen Komponenten in die Gebäudeluft zu verhindern.
- Die Edelgase (Xenon, Krypton) vor der Abgabe an die Abluft so lange zurück zu halten, bis sie weitgehend abgeklungen sind.
- Den Wasserstoffgehalt im Abgas unter 4 Vol.-% und den Sauerstoffgehalt unter 0,1 Vol.-% zu halten, um sowohl eine Knallgasbildung, als auch eine Begasung des Hauptkühlmittels mit Sauerstoff und damit eine Korrosion im Reaktorkreislauf zu verhindern

Die nukleartechnischen Lüftungsanlagen haben folgende sicherheitstechnische Aufgaben:

- Einhaltung definierter Unterdrücke und gerichteter Luftströmungen, um eine unzulässige Verschleppung von evtl. in der Raumluft vorhandenen radioaktiven Bestandteilen zu vermeiden und deren unkontrollierte Abgabe zu verhindern
- Abbau von evtl. in der Raumluft enthaltenen Radioaktivität, entweder durch Umluftfilterung oder durch Luftaustausch, falls erforderlich mit Rückhaltung der radioaktiven Bestandteile (Jod und Aerosole) durch Fortluftfilterung
- Abführung von Teilvolumenströmen aus verschiedenen Abluftsträngen zur Messung der Luftaktivität
- Einhaltung definierter Raumluftzustände bei gleichzeitiger Abführung der Verlustwärmemengen, um den Betrieb sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen zu gewährleisten

- Abschluss des Sicherheitsbehälters nach Kühlmittelverluststörfall im Reaktorsicherheitsbehälter

Die wesentlichen betrieblichen Aufgaben sind

- Versorgung der Gebäude mit Außenluft
- Einhaltung definierter Raumluftzustände bei gleichzeitiger Abführung der Verlustwärmemengen, um den Betrieb verschiedener Aggregate zu gewährleisten (Einhaltung der zulässigen Umgebungstemperatur) und um dem Bedienungspersonal günstige Raumbedingungen zu schaffen.

Dampfkraftanlage

In der Dampfkraftanlage wird mit dem in den Dampferzeugern produzierten Dampf im Turbosatz elektrische Energie erzeugt. Der Dampf wird im Kondensator niedergeschlagen und das Kondensat über Niederdruck-Vorwärmstrecken in den Speisewasserbehälter gepumpt. Aus dem Speisewasserbehälter wird das Kondensat als Speisewasser mit den Speisewasserpumpen über Hochdruck-Vorwärmerstrecken den Dampferzeugern wieder zugeführt.

Die wesentlichen Bestandteile der Dampfkraftanlage sind:

- das Frischdampfsystem
- der Turbosatz und Kondensatoren
- das Kondensat- und Speisewassersystem

Das Frischdampfsystem hat die Aufgabe, den in den Dampferzeugern (DE) produzierten Satttdampf in vier Leitungen über die FD- und SPW- Armaturenkammer zu dem im Maschinenhaus befindlichen Turbosatz zu führen. In der Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer sind die Sicherheitseinrichtungen zur Druckbegrenzung und zum Sekundärkreisabschluss räumlich getrennt untergebracht.

Bei einem unterstellten DE-Heizrohrschaden wird der entsprechende Frischdampfstrang gegen die Umgebung abgesperrt. Jede der vier Frischdampfleitungen besitzt ei-

nen Armaturenkompaktblock, bestehend aus Frischdampf (FD)-Abschlussarmatur, FD-Abblase-Absperrventil, FD-Sicherheitsventil und FD-Absperrarmatur vor dem FD-Sicherheitsventil. Dem FD-Abblase-Absperrventil ist ein FD-Abblase-Regelventil nachgeschaltet, das nicht im Armaturenblock integriert ist. Die FD-Abschlussarmatur hat die Aufgabe, bei Störfällen die Frischdampfleitung abzusperren. Das FD-Abblase-Regelventil und das FD-Sicherheitsventil haben die Aufgabe, bei Störfällen den Druck im Frischdampfsystem zu begrenzen, ggf. kontrolliert abzusenken und die Wärmesenke sicherzustellen. In der Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer sind ebenfalls die den vier Dampferzeugern zugeordneten Speisewasserarmaturenkombinationen räumlich getrennt angeordnet.

Sicherheitskühlsysteme/Nachkühlkette

Die Sicherheitskühlsysteme bestehen aus folgenden Systemen:

- Nukleares Nachkühlsystem
- Beckenreinigungssystem
- Nukleares Zwischenkühlsystem
- Nebenkühlwassersystem für gesicherte Zwischenkühlsysteme
- Notspeisesystem
- Notnachkühlkette

Die ersten drei Systeme sind Bestandteil der Nachkühlkette. Das nukleare Nachkühlsystem dient betrieblich zur Wärmeabfuhr aus den Brennelementen nach Abschaltung der Anlage, wenn eine Wärmeübertragung an die Sekundärseite aufgrund der fehlenden Triebkraft (Druck- und Temperaturdifferenz) nicht mehr möglich ist.

Nach einem Kühlmittelverluststörfall hat das System die sicherheitstechnische Aufgabe, die Not- und Nachkühlung der Brennelemente sowie das Kühlmittelinventar sicherzustellen. Das System besteht aus vier unabhängigen, räumlich getrennten Strängen,

die den vier Reaktorkühlkreisläufen zugeordnet sind. Jeder Strang setzt sich aus folgenden Teilsystemen zusammen:

- HD- Sicherheitseinspeisesystem
- Druckspeichereinspeisesystem
- ND- Sicherheitseinspeisesystem

Das HD- Sicherheitseinspeisesystem hat die sicherheitstechnische Aufgabe, bei einem Kühlmittelverluststörfall das Schadensausmaß durch Kernflutung, Kernnotkühlung sowie die Abfuhr der anfallenden Wärme aus dem Reaktorgebäude derart zu begrenzen, dass eine unzulässige Aktivitätsabgabe an die Umgebung vermieden wird. Jeder der vier Stränge besitzt im Wesentlichen eine Sicherheitseinspeisepumpe, die saugseitig mit einem Flutbehälter verbunden ist und druckseitig die heiß- oder kaltseitige Bespeisung des Reaktorkühlsystems ermöglicht. Durch eine passive hydraulische Auswahlschaltung zwischen heißer und kalter Einspeiseleitung ist sichergestellt, dass ein eventuelles Leck nicht direkt bespeist wird. Vorzugslage ist die heißseitige Einspeisung, damit der Kern von oben direkt mit Kühlmittel beaufschlagt wird.

Das Druckspeichereinspeisesystem hat die Aufgabe, insbesondere nach Kühlmittelverluststörfällen mit großem Bruchquerschnitt zum schnellen Wiederauffüllen des Reaktordruckbehälters beizutragen. Es verfügt über insgesamt acht Druckspeicher mit einem Wasservolumen von je 34 m³ und einem Stickstoffpolster, welches dem Wasser einen Überdruck von 25 bar aufprägt. Jeweils zwei Druckspeicher sind einem Strang zugeordnet, über den im Anforderungsfall selbsttätig passiv die Bespeisung des Reaktorkühlsystems erfolgt.

Das ND- Sicherheitseinspeisesystem übernimmt nach Unterschreiten eines Drucks von 9 bar das weitere Fluten des Reaktorkühlsystems aus den Flutbehältern.

Nach Entleerung der Flutbehälter wird die Entnahme auf den Sicherheitsbehältersumpf umgeschaltet um über den Nachkühlpumpen nachgeschaltete Kühler die langfristige Nachwärmeabfuhr sicherzustellen.

Das Beckenreinigungssystem hat die Aufgabe Verunreinigungen sowie Spalt- und Aktivierungsprodukte aus dem BE-Beckenwasser zu Entfernen. Ferner dient es als dritter Beckenkühlstrang, um im Fall von Kühlmittelverluststörfällen das Be-Becken zu kühlen.

Als ein Glied der Nachkühlkette hat das nukleare Zwischenkühlsystem die Aufgabe, neben der Wärmeabfuhr aus dem nuklearen Nachkühlsystem die bei jedem Betriebs- und Störfall an den Kühlstellen im Kontrollbereich der Reaktoranlage anfallende Abwärme an das Nebenkühlwassersystem für gesicherte Zwischenkühlsysteme abzuführen. Alle Komponenten der Nachkühlketten sind vom Dieselnetz 1 versorgt und gegen die Einwirkungen von außen Erdbeben, Hochwasser, etc. ohne FLAB und Explosionsdruckwelle ausgelegt.

In der Auslegung der Konvoi und Vorkonvoi Anlagen wird vom Redundanzgrad der Nachkühlkette her die Störfälle „Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle“ von den sonstigen Einwirkungen von außen unterschieden, da gem. KTA 3301 bei Einwirkungen von außen mit sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit kein Einzelfehler zu unterstellen ist.

Vor diesem Hintergrund sind in den Nachkühlketten der Stränge 1 und 4 zusätzliche parallele Pumpen installiert. Alle aktiven Komponenten der Notnachkühlketten werden aus dem Dieselnetz 2 (NSDA 2) versorgt. Diese Stränge sind gegen alle EVA geschützt und werden als Notnachkühlkette bezeichnet.

Die Aufgabenstellung an das Notspeisesystem teilt sich im Wesentlichen in drei Bereiche:

- Notspeisung der Dampferzeuger
- Erzeugung elektrischer Energie
- Abfuhr der im Notspeisegebäude anfallenden Wärme

Das Notspeisesystem dient der Notspeisung der Dampferzeuger

- bei systemeigenen Störfällen des Speisewasser-Dampf-Kreislaufes (z. B. Ausfall der Hauptspeisewasserpumpen und des An- und Abfahrsystems)

- beim Kühlmittelverluststörfall mit kleinem Leck im Reaktorkühlsystem, wenn die normale Speisewasserversorgung nicht ausreichend ist.
- bei Störfällen infolge Einwirkungen von außen auf die Kraftwerksanlage während Leistungsbetrieb

Elektrische Energie muss vom Notspeisesystem (speziell Notspeisenotstromdieselgenerator) für sicherheitstechnisch wichtige Verbraucher zur Verfügung gestellt werden, wenn eine Störung den Ausfall der Eigenbedarfsversorgung sowie der netzseitigen Energieversorgung und der Notstromdiesel (Notstromnetz 1) zur Folge hat.

Die bei Betrieb des Notspeisesystems und der im Notspeisegebäude untergebrachten elektrotechnischen Anlagen entstehende Wärme wird von den systemeigenen Kühlketten abgeführt.

Um die in den Auslegungskriterien geforderte Autarkie von 10 Stunden zu erreichen, wird der im Notspeisegebäude gelagerte Deionatvorrat zur Systemkühlung herangezogen. Bei der Bemessung des Deionatbeckeninhalts wurde daher neben der sekundärseitigen Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkern die Abfuhr der im Notspeisegebäude anfallenden Wärme berücksichtigt.

Gestaffeltes Konzept von Regelung, Begrenzung und Reaktorschutz

Die betrieblichen Regelungen, die Reaktorbegrenzungseinrichtungen und das Reaktorschutzsystem sind mit ihren Maßnahmen in einer Rangordnung definierter Prioritäten aufeinander abgestimmt. Bei normalen betrieblichen Schwankungen einer Prozessvariablen werden nach Überschreiten eines Regelungstotbandes Regelungsmaßnahmen wirksam, die für den regulären Konstantlast- und Lastwechselbetrieb so optimiert sind, dass die Anlage ohne Verfügbarkeitseinschränkungen in den Gleichgewichtszustand zurückgeführt wird. Erst wenn bei größeren Störungen die überwachte Betriebsgröße aus dem Regelungsbereich herausläuft, greift vorrangig die zuständige Begrenzungseinrichtung mit in der Regel gestaffelten Grenzwerten, welche zu Gegenmaßnahmen führen, die in ihrer Intensität zunehmen, je weiter sich die Variable von ihrem Sollwert entfernt. In ihren Auswirkungen können Begrenzungsmaßnahmen zwar Verfügbarkeitseinschränkungen zur Folge haben, beispielsweise aufgrund einer erforderlichen Leistungsabsenkung, verhindern aber in den meisten Fällen eine vollständige

Reaktorschnellabschaltung mit den dann weit größeren Anlagentransienten. Die Ansprechwerte der Begrenzungsmaßnahmen sind so optimiert, dass die Anlage beispielsweise unter Verwendung leittechnischer Hysteresen so weit in den Regelungsbe- reich zurückgeführt wird, dass die weitere Überwachung sicher von den betrieblichen Regelungen übernommen werden kann und ein erneutes Ansprechen der Begren- zungseinrichtungen vermieden wird. Sollten trotz der Begrenzung bestimmte Prozess- variablen erreicht werden, werden gezielte Schutzaktionen durch das Reaktorschutz- system ausgelöst.

Begrenzungen

Die Begrenzungen haben die Aufgaben,

- als Betriebsbegrenzungen die Anlagenverfügbarkeit durch angepasste kontinuierliche Sicherheitsaktionen zu erhöhen.
- als Zustandsbegrenzungen die Prozessvariablen so zu begrenzen, dass die den Störfallanalysen zugrunde liegenden Ausgangswerte nicht überschritten werden
- als Schutzbegrenzungen die Prozessvariablen bei Abweichungen auf solche Werte zurückzuführen, bei denen eine Fortführung des bestimmungsgemäßen Betriebes möglich ist

Hierzu werden Prozessvariable in der Anlage erfasst, verarbeitet, miteinander ver- knüpft und mit Grenzwerten verglichen.

Reaktorschutzsystem

Das im KWG realisierte Sicherheitssystem schützt bei den in Betracht zu ziehenden Störfällen die Anlage vor unzulässigen Beanspruchungen und hält deren Auswirkungen auf die Umgebung und die Anlage in vorgegebenen Grenzen. Dazu werden die zu be- trachtenden Störfälle rechtzeitig zu erkannt und die zur Störfallbeherrschung notwendi- gen Maßnahmen eingeleitet.

Diese Aufgaben übernimmt das Reaktorschutzsystem als Teil des Sicherheitssystems.

In der Anregeebebene werden über eine analoge Messwerterfassung störfallspezifische Prozessvariablen erfasst, die bei Erreichen bestimmter Grenzwerte zum Ansprechen von Grenzsignalgebern führen. Diese Grenzsignale werden innerhalb der Logikebene durch Schaltungen gespeichert, zeitlich verzögert, begrenzt und verknüpft, in Folge werden damit die Auslösesignale gebildet. Die Reaktorschutzauslösesignale steuern über die Vorrangebene und die Schaltanlage die aktiven Sicherheitseinrichtungen an, die zur Beherrschung der einzelnen Störfälle notwendig sind.

Das Reaktorschutzsystem ist, wie alle sicherheitstechnisch wichtigen Systeme im KWG, 4-strängig aufgebaut und räumlich getrennt angeordnet. Beim Aufbau des Reaktorschutzsystems, der Stromversorgung (Notstromversorgung) und der sicherheitstechnisch wichtigen Hilfseinrichtungen wurde berücksichtigt, dass auch deren Teilsysteme die Anforderung nach Unabhängigkeit und räumlicher Trennung erfüllen. Alle für die Störfallbeherrschung erforderlichen leittechnischen Einrichtungen des Reaktorschutzes sind im EVA- gesicherten Notspeisegebäude untergebracht und werden durch batteriegepufferte, unterbrechungslose Gleichspannungsschienen versorgt.

Die Erfassung von Anregekriterien zur Bildung von Auslösesignalen aus dem Reaktorschutzsystem erfolgt generell über analoge Anregekanäle, da nur dadurch über Vergleicher eine kontinuierliche Überprüfung der Anregesignale möglich ist. Die Messwerterfassung erfolgt 3fach redundant mit Grenzsignalbildung für die 2 von 3 (2v3) Wertungsschaltung (d. h. pro Anregekriterium sind 3 gleichartige Anregekanäle vorhanden), sofern für den entsprechenden Störfall ein diversitäres Zweitanregekriterium vorhanden ist.

Ist kein diversitäres Zweitanregekriterium vorhanden, so wird ein zweiter Anregekanal 3fach redundant mit eigener Grenzsignalbildung und 2v3 Wertungsschaltung aufgebaut, bei dem jedoch zur Beherrschung systematischer Fehler in der Messwerterfassung diversitäre Messwertgeber bzw. Messumformer eingesetzt werden.

Eine weitere Maßnahme zur Reduzierung von systematischen Ausfällen liegt in der Anwendung von fehlerselbstmeldenden Systemen. Im Logikteil ist eine Fehlermeldung durch die dynamische Arbeitsweise des eingesetzten Systems weitgehend sichergestellt. Die nicht dynamisierten Bereiche des Reaktorschutzsystems sowie die angesteuerten Komponenten werden redundanzweise wiederkehrend geprüft.

Sicherheitseinschluss

Der Sicherheitseinschluss besteht aus

- dem Reaktorsicherheitsbehälter (RSB) und
- die ihn umschließende Sekundärabschirmung.

Der Reaktorsicherheitsbehälter bildet eine Barriere gegen die Freisetzung radioaktiver Stoffe. Mit einer Materialschleuse, einer Personen- und zwei Notschleusen, Durchführungen und sonstigen Anschlüssen stellt er die druckfeste und dichte Sicherheitsumschließung der unter Primärkreisdruck stehenden Systeme der Reaktoranlage dar. Er besteht aus einem kugelförmigen Stahlbehälter mit einem Durchmesser von 56 m und einer Wanddicke von mehreren Zentimetern und ist gegen die beim Auslegungsfall auftretenden Drücke und Temperaturen ausgelegt. Die untere Kalotte ruht in einem Betonfundament, ansonsten steht der Reaktorsicherheitsbehälter freitragend.

Der Reaktorsicherheitsbehälter enthält das gesamte unter Betriebsdruck stehende Reaktorkühlsystem sowie Teile der unmittelbar anschließenden Sicherheitssysteme und Reaktorhilfsanlagen. Er gewährleistet die Einhaltung des Schutzzieles „Einschluss radioaktiver Stoffe“.

Der Reaktorsicherheitsbehälter ist während des Betriebes kontinuierlich belüftet und begebar. Darin finden Rundgänge, Vorbereitungen zur Revision oder BE-Lagerbehälterbeladungen während des Anlagenbetriebes statt.

Die aus einer halbkugelförmigen Kuppel und einem zylindrischen Unterteil bestehende Sekundärabschirmung umgibt den Reaktorsicherheitsbehälter und den Ringraum des Reaktorgebäudes. Die 1,8 m dicke Sekundärabschirmung (Stahlbeton) steht auf einer Fundamentplatte und schützt den Reaktorsicherheitsbehälter gegen Einwirkungen von außen wie Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwellen.

Der Abstand zwischen Reaktorsicherheitsbehälter und Sekundärabschirmung beträgt im Bereich der Kuppel 1,6 m. Der Bereich zwischen dem unteren, zylindrischen Teil der Sekundärabschirmung und dem Reaktorsicherheitsbehälter bildet den Ringraum, in

dem Teile der Sicherheitssysteme redundant zugeordnet, sowie Teile der Reaktorhilfs- und Nebenanlagen untergebracht sind.

Reaktorsicherheitsbehälter und Sekundärabschirmung stellen die letzte Barriere gegen die Freisetzung radioaktiver Stoffe dar. Sie gewährleisten die Einhaltung des Schutzzieles „Rückhaltung radioaktiver Stoffe“ und „Begrenzung der Strahlenexposition“.

Elektrische Anlagen

Eine detaillierte Beschreibung der elektrischen Anlagen findet sich in Kapitel 5.1f, nachfolgend wird ein kurzer Überblick gegeben.

Die elektrischen Anlagen umfassen im Wesentlichen:

- den Generator und den Generatorleistungsschalter,
- die Generatableitung,
- 2 Eigenbedarfstransformatoren
- 2 Fremdnetztransformatoren
- 2 Maschinentransformatoren
- den 400 kV-Hauptnetzanschluss
- den 110 kV-Fremdnetzanschluss
- den erdverlegten 30 kV Netzanschluss
- die Eigenbedarfs- und die Notstromanlage (NSDA 1 und NSDA 2)

Der Generator ist über eine einphasig gekapselte und zwangsbelüftete Generatableitung und einen Generatorleistungsschalter, der aus drei voneinander einzeln gekapselten Schalterpolen besteht, mit den Maschinentransformatoren und den Eigenbedarfstransformatoren verbunden. Die Maschinentransformatoren sind spannungsoberseitig mit dem 400 kV Verbundnetz verbunden.

Der Hauptnetzanschluss dient zur Abgabe der erzeugten Energie an das Netz sowie zur Eigenbedarfsversorgung aus dem Netz bei geöffnetem Generatorleistungsschalter.

Die Eigenbedarfsversorgung kann bei nicht verfügbarem Hauptnetzanschluss auch durch den Generator erfolgen. Neben der Eigenbedarfsversorgung durch den Generator oder den Haupt-Netzanschluss steht ein Fremdnetzanschluss (110 kV) zur Versorgung der Eigenbedarfsanlage über die beiden Fremdnetztransformatoren zur Verfügung.

Mit Hilfe des erdverlegten Netzanschlusses (3. Netzeinspeisung) lassen sich bei Ausfall der NSDA1 und NSDA2 im Rahmen einer Notfallmaßnahme zwei Redundanzen des NSDA1- Netzes versorgen.

Die Schaltanlagen der Eigenbedarfsanlage sind entsprechend dem verfahrenstechnischen Aufbau der Anlage in vier Stränge unterteilt. Sie bestehen pro Strang im Wesentlichen aus einer 10 kV-, einer 660 V- und einer 380 V-Hauptverteilung. Außerdem gibt es eine Gleichstromversorgung.

Von den Eigenbedarfsanlagen werden betrieblich benötigte elektrische Verbraucher ohne sicherheitstechnische Bedeutung versorgt. Die Notstromanlage (NSDA1- Netz), einschließlich der Verbindung zur Eigenbedarfsanlage, ist Bestandteil des Sicherheitssystems und gewährleistet die Versorgung der für die Sicherheit des Kernkraftwerks, insbesondere der zur Störfallbeherrschung wichtigen Verbraucher.

Die Schaltanlagen der Notstromanlage sind deshalb, analog zu den Sicherheitssystemen, in vier Stränge unterteilt, die jeweils im Anforderungsfall von einem automatisch durch das Reaktorschutzsystem gestarteten Notstromdiesel gespeist werden.

Sollte das Notstromnetz 1, z. B. im Falle der Einwirkung von außen (EVA) nicht zur Verfügung stehen, starten automatisch die Notspeisenotstromdiesel (NSDA2- Netz), um die zum Abfahren der Anlage benötigten Komponenten zu versorgen. Die Notspeisenotstromdiesel befinden sich im EVA- gesicherten Notspeisegebäude.

Die batteriegepufferten Gleichstromanlagen im Schaltanlagen- wie auch im Notspeisegebäude stellen eine unterbrechungslose Spannungsversorgung sicher. Es wird unter-

schieden zwischen 220V-, 48 V- und 24 V-Anlagen. Wesentliche Verbraucher sind die rotierenden Umformer, Wechselrichter sowie leittechnische Komponenten, im Notspeisegebäude überwiegend die des Reaktorschutzsystems.

Die durch die Gleichstromanlagen gespeisten rotierenden Umformer versorgen die gesicherten Schienen und damit z. B. Stellantriebe und Instrumentierungen mit Drehstrom. Bei Ausfall eines Umformers erfolgt automatisch eine Umschaltung auf die Nachbarredundanz. Ein fünfter Reserveumformer kann jede beliebige gesicherte Schiene bei Vorhandensein von Spannung an einer Notstromanlage versorgen.

Im Notspeisegebäude besteht außerdem die Möglichkeit, jeweils zwei Redundanzen über eine Kupplung miteinander zu verbinden. Durch die doppelte Einspeisung der Gleichspannungsschienen besteht daher die Möglichkeit, mit Hilfe zweier verfügbarer Notspeisenotstromdiesel alle vier Batterienetze zu speisen.

Alle Gleichstromverbraucher der Schutz- und Leittechnik haben eine Doppeleinspeisung und werden über eine Diodenentkopplung aus zwei benachbarten Redundanzen versorgt.

BE- Lagerung

Das Brennelement-Lagerbecken befindet sich im Reaktorsicherheitsbehälter. Es ist so zum Reaktorraum angeordnet, dass das Brennelement-Lagerbecken und der Reaktorraum von der Lademaschine überfahren und bedient werden können.

Das Brennelement-Lagerbecken ist mit boriiertem Wasser gefüllt, das die für BE-Wechsel vorgesehene Borkonzentration von 2200 ppm besitzt. Das Wasser dient zur Abschirmung der radioaktiven Strahlung der bestrahlten Brennelemente und kontaminierten Kernbauteile (z. B. Steuerelemente und Drosselkörper) und zur Kühlung der Brennelemente. Die Brennelemente sind so hoch mit Wasser überdeckt, dass die Strahlenbelastung am Rand des BE- Beckens unter den zulässigen Werten gehalten wird, also so niedrig bleibt, dass sich auch beim Transport von Brennelementen Personen am Beckenrand aufhalten können.

Der Wasserstand wird in der Warte und auf der Notsteuerstelle angezeigt. Um Arbeiten unter Wasser durchführen zu können, sind Unterwasserscheinwerfer und Werkzeuge

vorhanden. Wände und Boden sind aus Stahlbeton. In den Beton ist an den Wänden eine Unterkonstruktion aus austenitischen Stahlprofilen eingebracht. Diese Stahlprofile sind gitterförmig angeordnet und unterteilen Wände in rechteckige Felder. Auf dieses Gitterwerk sind austenitische Stahlbleche als wasserdichte Auskleidung aufgeschweißt. Es existiert eine Leckageüberwachung des BE- Beckens sowie eine notstandssichere Verriegelung, die bei einem Füllstandsabfall im BE- Becken Grenzarmaturen schließt. In den Beton des Lagerbeckenbodens ist ein Gitterverband aus Bodenträgern angeordnet. Die Unterkritikalität ist bei bestimmungsgemäßem Betrieb allein durch die Abstände und die Absorberschächte der Lagergestelle sichergestellt.

Das Brennelementlagerbecken ist mit dem Reaktor-/Abstellraum und dem BE-Transportbehälterbecken durch Schüttschächte verbunden, durch die die BE unter Wasser in den RDB bzw. ins BE-Transportbehälterbecken transportiert werden. Der Schacht zum Abstellraum wird während des Reaktorbetriebs mit einem Schütz abgedichtet. Der Schacht zum BE-Transportbehälterbecken kann bei Bedarf mit einem Schütz verschlossen werden.

1.2 Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede

Das Kernkraftwerk Grohnde ist eine Einzelblockanlage.

1.3 Probabilistische Sicherheitsbewertungen

Einordnung der PSA:

Die Probabilistische Sicherheitsanalyse für das KWG wurde im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung (SÜ) für das KWG durchgeführt. Die aktuelle SÜ für das KWG (KWG-SÜ-2010) wurde Ende 2010 fristgerecht eingereicht. Sicherheitsüberprüfungen sind gemäß § 19a AtG alle 10 Jahre durchzuführen und umfassen neben einer Anlagenbeschreibung die analysierenden Teile

- Sicherheitsstatusanalyse (deterministischer Teil der SÜ) und
- PSA der Stufe 1 (probabilistischer Teil der SÜ)

Die Ergebnisse dieser beiden Sicherheitsanalysen werden in der SÜ-Gesamtbewertung zusammengeführt. Daneben umfasst die SÜ eine deterministische Analyse der Anlagensicherung als Verschlussache.

Die PSA der Stufe 2 wurde zeitgleich mit der SÜ eingereicht.

Ziele der PSA der Stufen 1 und 2:

- Ermittlung des Sicherheitsniveaus der Anlage
- Aufzeigen der Ausgewogenheit der sicherheitstechnischen Auslegung und der Betriebsweise
- Aufzeigen von Optimierungsmöglichkeiten in Systemtechnik und Betrieb der Anlage
- Bewertung der Anlagensicherheit unter Berücksichtigung von Analyse-Unsicherheiten
- Vertiefung des Verständnisses des Anlagenverhaltens beim Anlagenpersonal
- Unterstützung des Managements von Betrieb und Änderungen der Anlage
- Bewertung präventiver und mitigativer Notfallmaßnahmen und ggf. Ableitung weiterer Notfallmaßnahmen
- Ermittlung möglicher unfallbedingter Freisetzungen und ihrer Häufigkeiten.

Methodik und Umfang der PSA der Stufen 1 und 2:

Die PSA wurde entsprechend den Vorgaben des BMU-Leitfadens zur PSA und seiner Anhänge durchgeführt

- Leitfaden Probabilistische Sicherheitsanalyse, Stand 01/05
- Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, Stand: 08/05
- Daten zur Quantifizierung von Ereignisablaufdiagrammen und Fehlerbäumen, Stand: 08/05

Bei der Probabilistischen Sicherheitsanalyse der Stufe 1 handelt es sich um eine anlagenspezifische PSA für das KWG. Es wurde ein für KWG abdeckendes Spektrum von auslösenden Ereignissen aus dem Leistungs- und dem Nichtleistungsbetrieb für die Anforderungen an die System- und Anlagentechnik abgeleitet und der PSA zugrunde gelegt. Das Spektrum auslösender Ereignisse aus dem Leistungsbetrieb umfasst die Ereignisgruppen:

- Kühlmittelverluststörfälle (einschl. Druckhalter- und Dampferzeugerheizrohrlecks)
- Transienten (einschl. Betriebstransienten und Sekundärkreislecks)
- Übergreifende auslösende Ereignisse (interne Überflutung und Brand)
- Einwirkungen von außen (einschl. Explosionsdruckwelle, Hochwasser, Erdbeben)

Zur umfassenden Überprüfung der Anlagensicherheit gegenüber Erdbeben auch aus probabilistischer Sicht wurde über die Anforderungen des PSA-Leitfadens hinaus eine vollständige Erdbeben-PSA durchgeführt.

Für den Nichtleistungsbetrieb ist das Spektrum auslösender Ereignisse - unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Nichtleistungsbetriebs - analog, wobei der Umfang sich entsprechend den Vorgaben des PSA-Leitfadens auf interne Ereignisse beschränkt.

Für die verschiedenen Anlagenbetriebszustände wurden folgende Ereignisgruppen behandelt:

- Kühlmittelverluststörfälle
- Transienten mit Ausfall der Wärmeabfuhr
- Übergreifende Ereignisse
- Kritikalitätsstörfälle
- Brennelement-Handhabungsstörfälle

Die Analyse der Ereignisse im Leistungs- und im Nichtleistungsbetrieb erfolgte unter Berücksichtigung der anlagenspezifischen verfahrenstechnischen und administrativen Gegebenheiten. Die Modellierung umfasst unabhängige Komponentenausfälle, gemeinsam verursachte Ausfälle, Versagen von Personalhandlungen und Störfälle.

Folgewirkungen unter Verwendung anlagenspezifischer Ausfall-Daten. Die Festlegung der Wirksamkeitsbedingungen wurde anlagenspezifisch auf der Grundlage thermohydraulischer Analysen vorgenommen.

Die PSA der Stufe 2 wurde ebenfalls entsprechend den Vorgaben des BMU-Leitfadens zur PSA und des zugehörigen Methoden- und Datenbands durchgeführt und berücksichtigt dem gemäß Kernschadenszustände aus anlageninternen Ereignissen im Leistungsbetrieb (ohne Brand). Alle relevanten Unfallphänomene sind berücksichtigt. MELCOR-Analysen für repräsentative Unfallabläufe und eine Reaktorsicherheitsbehälter-Strukturanalyse wurden anlagenspezifisch durchgeführt.

Die Ergebnisse der Stufe 1- und der Stufe 2-PSA umfassen auch Unsicherheiten und Sensitivitäten.

Die folgende Darstellung von Ergebnissen enthält die Ergebnisse der Stufe 1-PSA (Leistungs- und Nichtleistungsbetrieb) mit Stand 2010 gemäß der ENSREG-Empfehlung. Die Ergebnisse des Leistungsbetriebs umfassen alle Leistungszustände vom Ziehen der Steuerelemente über den Leistungsbetrieb bis zur Abschaltung (d. h.: ausgenommen Nichtleistungsbetrieb). Somit sind auch Nullleistungsbetriebszustände und Teillastzustände in der PSA mit erfasst.

Hauptergebnisse der anlagenspezifisch durchgeführten PSA Stufe 1

Kernschadenshäufigkeit aus Ereignissen im Leistungsbetrieb (gemäß PSA-Leitfaden: interne und externe Ereignisse)	ca. $9 \cdot 10^{-7}/a^1$
davon:	
interne Ereignisse (nicht übergreifend)	$6,3 \cdot 10^{-7}/a$
interne Brände	ca. $1 \cdot 10^{-7}/a^2$
interne Überflutungen	$5,3 \cdot 10^{-8}/a$

¹ Da der Wert für Brände abgeschätzt ist und für einige EVA-Ereignisse nur eine Obergrenze ermittelt wurde, wird die Gesamt-Kernschadenshäufigkeit hier als ca.-Wert angegeben; die Gesamt-Kernschadenshäufigkeit auf Basis der explizit ermittelten Einzel-Kernschadenshäufigkeiten beträgt $8,1 \cdot 10^{-7}/a$.

² Die Kernschadenshäufigkeit aus anlageninternen Bränden wurde auf der Grundlage der Gefährdungszustandshäufigkeit (d. h.: Häufigkeit des Endzustands ohne Berücksichtigung von Notfallmaßnahmen),

Kernschadenshäufigkeit aus externen Ereignissen:	$< 1,6 \cdot 10^{-7}/a$
davon:	
Hochwasser	$< 1 \cdot 10^{-8}/a$
Extreme Wetterbedingungen	$< 1 \cdot 10^{-7}/a$
Erdbeben	$3,6 \cdot 10^{-8}/a$
Kernschadenshäufigkeit aus Ereignissen im Nichtleistungsbetrieb (gemäß PSA-Leitfaden: interne Ereignisse)	$7,7 \cdot 10^{-7}/a$
davon:	
interne Ereignisse (nicht übergreifend)	$7,7 \cdot 10^{-7}/a$
interne Brände	vernachlässigbar ³
interne Überflutungen	vernachlässigbar

Die für KWG ermittelte Kernschadenshäufigkeit liegt mit deutlichem Abstand unter dem von der IAEA genannten Zielwert⁴ für in Betrieb befindliche Anlagen ($< 1 \cdot 10^{-4}/a$) und befindet sich bereits im Bereich der für evolutionäre Reaktoren empfohlenen Werte ($1 \cdot 10^{-5}/a$). Damit bestätigt die Stufe 1-PSA, dass im KWG für alle relevanten Ereignisse zuverlässige Einrichtungen vorhanden sind, um Kernschadenszustände zu verhindern.

Die ermittelten Ergebnisse zeigen außerdem die Ausgewogenheit der System- und Anlagentechnik des KWG, weil keine unangemessen hohen Beiträge aus einzelnen Ereignissen, Systemfunktionen oder Basisereignissen festgestellt wurden.

der Wirksamkeit von Notfallmaßnahmen bei brandbedingten Transienten und eines Screenings abgeschätzt.

³ Vernachlässigbar heißt hier: wesentlich kleiner als die Gesamt-Kernschadenshäufigkeit und damit deutlich kleiner als $1 \cdot 10^{-7}/a$ (Aussage auf der Basis qualitativer oder grob-quantitativer Betrachtungen)

⁴ IAEA Safety Guide NS-G-1.2: Safety Assessment and Verification for Nuclear Power Plants; IAEA 2001 (der 2010 im Rahmen der Restrukturierung und Aktualisierung des IAEA-Regelwerks veröffentlichte Specific Safety Guide, No. SSG-3, „Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants“ gibt im Wesentlichen die gleichen probabilistischen Zielwerte in Fußnoten wieder)

Hauptergebnisse der anlagenspezifisch durchgeführten PSA Stufe 2

(gemäß aktuellem PSA-Leitfaden: interne Ereignisse im Leistungsbetrieb, außer Brand):

Häufigkeit „großer, früher“ ⁵ Freisetzungen	$3,3 \cdot 10^{-10}/a$
Häufigkeit „großer“ Freisetzungen	$6,3 \cdot 10^{-9}/a$

Die Häufigkeiten „großer, früher“ und „großer“ Freisetzungen aus internen Ereignissen im Leistungsbetrieb liegen um mehrere Größenordnungen unter den IAEA-Zielwerten für bestehende Anlagen und für neu zu errichtende Anlagen von $1 \cdot 10^{-5}/a$ bzw. $1 \cdot 10^{-6}/a$. Entsprechend den oben angegebenen Häufigkeiten führen nur 0,1 % der in der Stufe 2-PSA zugrunde gelegten Kernschadenfälle zu „großen, frühen“ und nur 1,9 % zu „großen“ Freisetzungen.

Die PSA der Stufe 2 für KWG hat keine Ansatzpunkte für zusätzliche technische oder administrative Verbesserungen mit einem signifikanten Einfluss auf die Häufigkeiten gravierender Spaltproduktfreisetzungen aufgezeigt.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der PSA der Stufe 1 und 2, dass das KWG über ein ausgewogenes Sicherheitskonzept verfügt und ein sehr hohes Sicherheitsniveau besitzt.

⁵ „große“ Freisetzung: mind. 1 % des Cs-Kerninventars, „frühe“ Freisetzung: bis 10 h nach auslösendem Ereignis

2 Erdbeben

2.1 Auslegungsgrundlage

2.1.1 Erdbeben, gegen welches die Anlage ausgelegt ist

2.1.1.1 Charakteristik des Bemessungserdbebens

In Deutschland wird die Erdbebengefährdung des Standortes intensitätsbasiert nach den Vorgaben der KTA 2201.1 ermittelt. Diese wurde in den Jahren 2005 bis 2010 überarbeitet und nach dem Erdbebenereignis in Japan überprüft. Die Bewertung dieses Ereignisses im Hinblick auf den Regeltext ergab keinen Änderungsbedarf.

Unter Berücksichtigung der KTA 2201.1 ist für den Standort entsprechend der Intensität und den seismotektonischen Bedingungen ein Bodenantwortspektrum mit den zugehörigen Starrkörperbeschleunigungen (maximale Bodenbeschleunigungen bzw. „peak ground acceleration“) bestimmt worden (vgl. Bild 2-1).

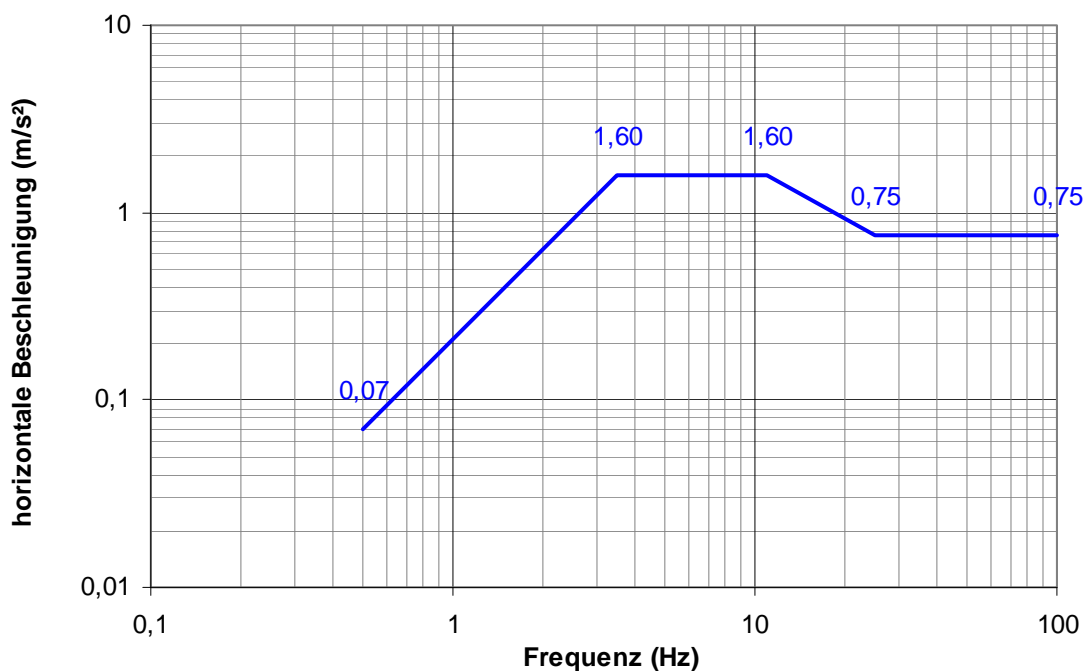


Bild 2-1 Bemessungsspektrum (Horizontalkomponente)

Nach KTA 2201 ist die Standortintensität für eine Überschreitenswahrscheinlichkeit $< 1 \cdot 10^{-5}$ /a zu bestimmen. Für den Standort KWG ergeben sich damit die in Tab.2-1 dargestellten Werte.

Standort	Standortintensität	Überschreitenswahrscheinlichkeit
KWG	VI-VII (MSK/ESK 6,5)	$3,85 \cdot 10^{-6}$ /a

Tab. 2-1: Standortintensität und dessen Überschreitenswahrscheinlichkeit

Dieses Antwortspektrum mit den zusätzlichen ingenieurseismologischen Kenngrößen wie Starkbewegungsdauer und weitere Parameter der Bodenbewegungen (Tab. 2-2) am Standort wurden durch ein seismologisches Gutachten ermittelt und durch einen von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde bestellten seismologischen Gutachter positiv bewertet.

Standort	Bemessungsintensität I(EMS) / I(MSK)	Starkbebenphase [s]	Bezugshorizont
KWG	VI-VII (6,5)	3	Geländeoberkante

Tab. 2-2: Ingenieurseismologische Kenngrößen des Bemessungsspektrums

Im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung Erdbeben wurde 1998 mit dem neuen „Seismologischen Gutachten für den Standort KWG von Ahorner-Meidow“ das oben genannte neue Belastungsspektrum des Bemessungserdbebens definiert. Mit dieser Überprüfung wurde auch sichergestellt, dass das aktuelle Bemessungserdbeben an dem Standort den Anforderungen der derzeit in Überarbeitung befindlichen KTA 2201.1 genügt und damit dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

2.1.1.2 Methodik bei der Festlegung des Bemessungserdbebens

Die Intensität des Bemessungserdbebens wird sowohl deterministisch als auch probabilistisch bestimmt. Dabei ist die Umgebung des Standortes bis mindestens 200 km zu berücksichtigen. Grundlage für die deterministische Bestimmung des Bemessungserdbebens sind die stärksten, auch historisch bekannten Erdbeben. Bei der Bestimmung des Bemessungserdbebens sind die Unsicherheiten der verwendeten Daten und Modelle sowie die Unvollständigkeit und Begrenztheit des Erdbebenkatalogs zu berücksichtigen. Bei der probabilistischen Bestimmung des Bemessungserdbebens sind mittels einer Probabilistischen Seismischen Gefährdungsanalyse (PSGA) die jährlichen Überschreitenswahrscheinlichkeiten seismischer Einwirkungen am Standort sowie die Unsicherheiten dieser Angaben zu bestimmen. Die Überschreitenswahrscheinlichkeit ist kleiner als $1 \cdot 10^{-5}$ /a anzusetzen. Bild 2-2 verdeutlicht die Vorgehensweise.

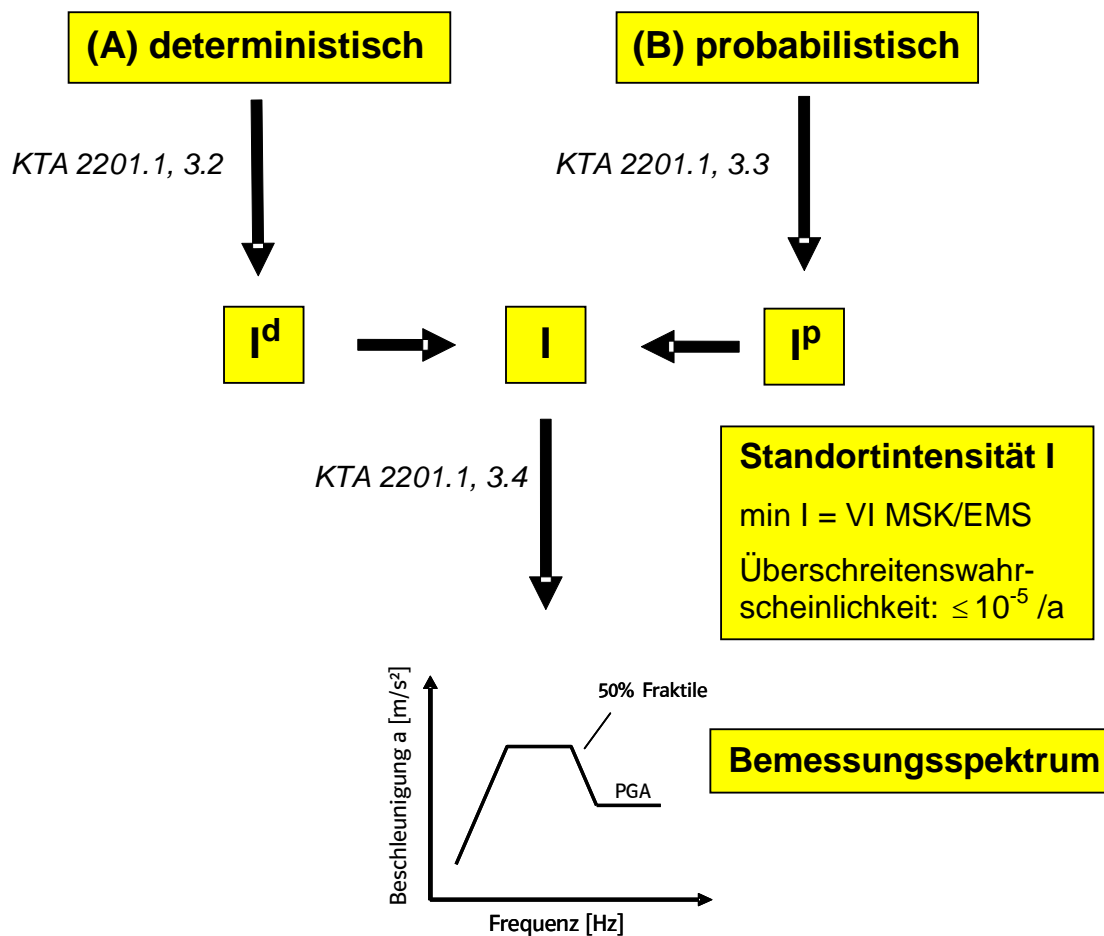


Bild 2-2: Festlegung des Bemessungserdbebens nach KTA 2201.1 (2009-09 bzw. 2010-11)

Die beschriebene Methode ist Gegenstand der KTA 2201.1 und ist somit eine Methodik nach dem Stand von Wissenschaft und Technik.

2.1.1.3 Angemessenheit der Auslegung

Die für das Spektrum notwendigen ingenieurseismologischen Kenngrößen des standortspezifischen Bemessungserdbebens wurden durch ein seismologisches Gutachten ermittelt und durch einen von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde bestellten seismologischen Gutachter bewertet. Darüber hinaus erfolgt im Rahmen der Periodischen Si-

cherheitsüberprüfungen, der Errichtung des BE-Zwischenlagers und im Rahmen von Änderungsanträgen eine Überprüfung dieser Gutachten. Zusätzlich sind bedingt durch Veröffentlichungen, Regelwerksänderungen (u. a. IAEA-Regeln, KTA-Regeln), Auswertungen relevanter Ereignisse wie das Erdbeben in Kashiwazaki 2007 und durch Weiterentwicklung neuer wissenschaftlicher Methoden interne Überprüfungen der seismischen Gefährdung des KWG durchgeführt worden. Alle Überprüfungen belegen, dass das angewendete Bodenantwortspektrum gültig ist.

2.1.2 Vorkehrungen zum Schutz der Anlage vor dem Bemessungserdbeben

2.1.2.1 Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten

Die Auslegung von Anlagenteilen und baulichen Anlagen gegen seismische Einwirkungen ist notwendig zur Erfüllung der Schutzziele

- a) Kontrolle der Reaktivität,
- b) Kühlung der Brennelemente,
- c) Einschluss der radioaktiven Stoffe und
- d) Begrenzung der Strahlenexposition.

In der Genehmigungserteilung und der Sicherheitsstatusanalyse sind die sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile und baulichen Anlagen benannt, die eine Auslegung gegen seismische Einwirkungen (Bemessungserdbeben) erfordern, um einen sicheren abgeschalteten Zustand herzustellen. In Tabelle 2-3 sind die Bauwerke aufgelistet, die nach einem Bemessungserdbeben notwendig und gegen das Bemessungserdbeben (teilweise nur die sicherheitsrelevanten Bereiche) ausgelegt sind. Tabelle 2-4 enthält die nach einem Erdbeben notwendigen und gegen Erdbeben ausgelegten Systeme (teilweise nur die sicherheitsrelevanten Bereiche), die in den in Tabelle 2-3 aufgeführten Bauwerken untergebracht sind.

Nr.	Gebäude / Kanäle / Leitungen
1	Reaktorgebäude – Innenraum
2	Reaktorgebäude – Ringraum mit Materialschleusenumbauung
3	Reaktorgebäude – FD- und Speisewasser-Armaturenkammern
4	Konditionierungsgebäude
5	Schaltanlagegebäude
6	Maschinenhaus
7	Notstromdieselgebäude
8	Kühlwasser-Entnahmebauwerk
9	Kühlwasser-Rechenbauwerk
10	Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerk
11	Armaturenschacht
12	Nebenkühlwasserkanal
13	Sammelbauwerk und Kraftschlussbecken
14	Kühlturmverbindungsbauwerk
15	Fortluftkamin
16	Rauchgaskamin
17	Kanäle zwischen Reaktorgebäude und Notspeisegebäude
18	Kabelkanäle zwischen Schaltanlagegebäude und Notstromdieselgebäude
19	Kabelkanäle
20	Kabelbrücken zwischen Reaktorgebäude und Schaltanlagegebäude
21	Notspeisegebäude
22	Erdverlegte Rohrleitungen und Kabel für gesicherte Nebenkühlwasserversorgung
23	Erdverlegte Rohrleitungen und Kabel für Notnebenkühlwasserversorgung

Tab. 2-3: Bauwerke, die gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt sind

Nr.	System
1	Auskleidung für BE-Becken und Reaktorraum mit Abstellplatz, separates BE-Behälterbecken, BE-Beckenschütze
2	Kompensatoren zwischen Reaktordruckbehälter u. RDB-Abstützung
3	Lademaschine
4	Einbauten für BE-Becken
5	Frischdampfleitungssystem (teilweise, sicherheitstechnisch relevante Bereiche)
6	Speisewasserleitungssystem (teilweise)
7	Notspeisesystem
8	Probeentnahmesystem (teilweise)
9	Dampferzeuger-Abschlämmsystem (teilweise)
10	Volumenregelsystem (teilweise)
11	Nukleares Zwischenkühlsystem (teilweise)
12	Nukleares Nachkühlsystem (teilweise)
13	Umluftanlage Kabelkanal Ringraum (Notstrombetrieb)
14	Nukleares Probenentnahmesystem (teilweise)
15	Zusatzboriersystem
16	Leckabsaugesystem
17	Nukleare Anlagenentwässerung (teilweise)
18	Sperrwasserversorgung (teilweise)
19	Kaltwassersystem (teilweise)
20	Klima- und Lüftungsanlagen Lüftungsanlage Schaltanlagegebäude (teilweise)
21	Lüftungsanlage Notstromerzeugergebäude und Kaltwasserzentrale (teilweise)
22	Störfall-Lüftungsanlage für Notspeisegebäude einschl. Lüftungsklappen mit Betätigung
23	Nebenkühlwassersystem (teilweise)
24	Gesicherter Zwischenkühlkreis
25	Reaktorsicherheitsbehälter mit allen Schleusen, Rohrdurchführung und Kabeldurchführungen (teilweise)
26	Hauptkühlmittelrohrleitungssystem
27	Dampferzeuger (mit Einbauten und Abstützung)
28	Reaktordruckbehälter (mit Abstützung)

29	Reaktordruckbehältereinbauten
30	Brennelemente und Kernbauteile
31	Steuerelemente
32	Steuerantrieb
33	Hauptkühlmittelpumpen (mit Abstützung)
34	Druckhaltesystem, Druckhalter
35	Abblasebehälter
36	Reaktorschutz
37	E- und Leittechnische Einrichtungen im Notspeisegebäude, einschl. Notspeisenotstromdiesel mit Hilfseinrichtungen sowie Notspeisenotstromnetz 2, unterbrechungsloses Netz 2
38	E- und Leittechnische Einrichtungen des Notspeisesystems im Reaktorgebäude
39	E- und Leittechnische Einrichtungen im Reaktorgebäuderingraum, Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer
40	E- und Leittechnische Einrichtungen des Notspeisesystems in den Nebenkühlwasserpumpenbauwerken
41	Sicherheitstechnisch wichtige E- und Leittechnische Einrichtungen im Schaltanlagegebäude einschl. Notstromnetz 1 und unterbrechungsloses Netz 1
42	Sicherheitstechnisch wichtige E- und Leittechnische Einrichtungen im Notstromdieselgebäude einschl. Notstromdiesel mit Hilfseinrichtungen
43	Sicherheitstechnisch wichtige E- und Leittechnische Einrichtungen im Reaktorgebäude, Reaktorgebäude-Ringraum, Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer (teilweise)
44	Sicherheitstechnisch wichtige E- und Leittechnische Einrichtungen in den Nebenkühlwasserpumpenbauwerken (teilweise)

Tab. 2-4: Systeme, die gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt sind

Die Auslegungsreserven der Systeme sind in Kapitel 2.2 dargestellt.

2.1.2.2 Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten

Alle sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile und baulichen Anlagen wie z. B. Warte, Notsteuerstelle oder Teilsteuerstelle sind für das Bemessungserdbeben ausgelegt. Es sind daher keine sicherheitsrelevanten Schäden zu erwarten.

2.1.2.3 Folgewirkungen des Erdbebens

Unter Berücksichtigung probabilistischer Aspekte wurde die Einwirkungskombination „Erdbeben mit Folgeereignissen“ betrachtet und nachgewiesen.

Als Folgeereignis bei Erdbeben ist die Berstdruckwelle aus dem unterstellten Versagen ursprünglich nicht gegen Erdbeben ausgelegter hochenergetischer Behälter (z. B Speisewasserbehälter) relevant. Deshalb wurde durch Analysen die Standfestigkeit des Maschinenhauses bei Bemessungserdbeben nachgewiesen. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass die Standsicherheit und die Integrität der hochenergetischen Behälter Speisewasser, HD-Vorwärmer und WAZÜ gewährleistet sind. Damit ist eine Gefährdung der hochenergetischen Behälter aus Bauteilrührern vollkommen ausgeschlossen. Ebenfalls berücksichtigt wurde ein Brand nach Erdbeben. Durch die Auslegung der Anlage nach KTA 2101 kann ein Folgebrand nach Erdbeben ausgeschlossen werden. Die Auslegung der Anlage berücksichtigt zudem, dass die Stromversorgung von außen nach einem Erdbeben ggf. ausfällt. Die Notstromversorgung (NSDA 1 und NSDA 2) wurde daher auch für den Fall des Bemessungserdbebens ausgelegt.

2.1.2.3.1 Nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegte Strukturen, Systeme und Komponenten

KWG befindet sich in einer schwach seismischen Zone (mit anzunehmenden horizontalen Bodenbeschleunigungen von weniger als 1 m/s^2). Zudem weist der Standort günstige Baugrundverhältnisse (gleichartige bindige Böden), so dass keine Gefahr der Bodenverflüssigung besteht (s. a. KTA 2201.2, ÄEV vom 16.02.2011). Das standort-spezifische Baugrundgutachten weist auf keine Gefahr einer möglichen Bodenverflüssigung hin.

In der Auslegung wurde darüber hinaus zwischen EK I- und EK IIa-Komponenten unterschieden. EK I-Komponenten sind sicherheitstechnisch wichtig, werden während oder nach einem Erdbeben evtl. benötigt und sind gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt. EK-II Komponenten sind nicht sicherheitstechnisch wichtig, wenn jedoch ein Ausfall dieser Komponenten zu einer Gefährdung einer EK I-Komponente führt, so wird diese Komponente als EK IIa-Komponente klassifiziert und es wird sichergestellt, dass diese Komponente im Erdbebenfall nicht zu einem Ausfall oder einer Beschädigung einer EK I-Komponente führt.

Ein Versagen einer nicht gegen Erdbeben ausgelegten Struktur, Systems oder Komponente führt somit nicht zu unzulässigen Auswirkungen.

2.1.2.3.2 Ausfall der externen Stromversorgung

Bei einem Erdbeben wird die externe Stromversorgung als nicht mehr vorhanden angesehen. Daher ist die gesamte Notstromversorgung gegen das Erdbeben ausgelegt. Darüber hinaus ist die Notstromversorgung 8-fach redundant vorhanden. Es stehen neben den vier Notstromdieseln vier weitere Notspeisenotstromdiesel zur Verfügung.

2.1.2.3.3 Situation außerhalb der Anlage

Aufgrund der geringen Intensität kann davon ausgegangen werden, dass die Infrastruktur auch nach dem Erdbeben nutzbar ist, vgl. hierzu Tabelle 2-5. Eine Verhinderung oder Verzögerung des Zugangs von Personal und Gerät ist daher nicht zu erwarten.

2.1.2.3.4 Andere Folgewirkungen

Andere Folgewirkungen brauchen für KWG nicht unterstellt zu werden. Zur Verdeutlichung der Intensitäten und ihrer Auswirkungen sei auf folgende Tabelle verwiesen.

Intensität	Kurzbezeichnung	Beobachtung
VI	Leichte Gebäudeschäden	Wird von den meisten Personen innerhalb von Gebäuden wahrgenommen, außerhalb von den meisten. Viele Personen in Gebäuden erschrecken und flüchten nach draußen. Kleine Gegenstände fallen herunter. Leichte Schäden an normalen Gebäuden, so etwa Risse und Ausbrüche in Verputzen.
VII	Gebäudeschäden	Die meisten Personen in Gebäuden erschrecken und flüchten nach draußen. Möbel verrutschen und viele Gegenstände fallen aus Regalen und offenen Schränken. Viele normale Gebäude werden beschädigt, so etwa durch Mauerrisse und teilweise einstürzende Kamine.

Tab. 2-5: Auszug aus der Europäischen Makroseismischen Skala (EMS)

2.1.3 Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage

2.1.3.1 Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen

Zur Gewährleistung der Übereinstimmung des KWG mit der aktuellen Genehmigungsgrundlage besteht einerseits ein Betreiber eigenes Managementsystem und andererseits ein gestuftes atomrechtliches Verfahren unter Hinzuziehung von unabhängigen Sachverständigen durch die Behörden.

Beim Anlagenbetrieb sind die Vorschriften des Atomgesetzes (AtG) und der auf Grund des Atomgesetzes erlassenen Rechtsverordnungen einzuhalten. Die hierauf beruhenden Anordnungen und Verfügungen der Aufsichtsbehörden und die Bestimmungen des Bescheids über die Genehmigung (§ 7AtG) und die nachträglichen Auflagen (§ 17 AtG) sind zu befolgen.

Zur Gewährleistung der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen hat KWG ein integriertes Managementsystem, mit dem die Umsetzung der Unternehmenspolitik und -ziele sowie die Einhaltung aller Vorgaben sichergestellt wird. Mit dem Managementsystem werden die Anforderungen aus

- KTA 1401 „Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung“
- KTA 1403 „Alterungsmanagement in Kernkraftwerken“
- DIN EN ISO 9001 „Qualitätsmanagementsysteme Anforderungen“
- BMU-Leitfaden „Grundlagen zur Bewertung von Sicherheitsmanagementsystemen in Kernkraftwerken“
- IAEA Safety Guide GS-R-3.1 „The Management System for Facilities and Activities“

umgesetzt und die verschiedenen Aspekte u. a. zum Qualitäts-, Alterungs- und Sicherheitsmanagement in einem Managementsystem integriert.

Das integrierte Managementsystem umfasst auch die sicherheitsrelevanten Prozesse zum Sicherheitsmanagement. Höchste Priorität bei der Einordnung der verschiedenen Unternehmensziele hat der sichere Betrieb des KWG. Diesem Grundsatz ordnen sich alle politisch, wirtschaftlich und persönlich motivierten Handlungsweisen unter. Deshalb

nehmen das Sicherheitsmanagementsystem und die Sicherheitskultur einen besonderen Stellenwert ein. Während das Sicherheitsmanagementsystem integraler Bestandteil dieses Managementsystems ist, schließt eine Sicherheitskultur, die von allen verstanden und gelebt wird, alle Ebenen und Hierarchien des Kraftwerks ein.

Die Vorgaben des Managementsystems gelten für alle relevanten Prozesse im KWG, die zur sicheren und wirtschaftlich optimalen Betriebsführung zur Stromerzeugung erforderlich sind. Vorgaben zur sicheren und effizienten Prozessabwicklung sind sowohl für alle eigenen Mitarbeiter als auch für Fremdpersonal verbindlich und einzuhalten. Als beispielhafte Prozesse seien an dieser Stelle Produktion, Instandhaltung, Modifikation und Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren genannt.

Hinsichtlich der Instandhaltung von genehmigten Anlagenteilen müssen gemäß der BMU Sicherheitskriterien *„alle Anlageteile ... so beschaffen und angeordnet sein, dass sie entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung oder Aufgabe vor ihrer Inbetriebnahme und danach in regelmäßigen Zeitabständen in hinreichendem Umfang geprüft und gewartet werden können.“* Der Genehmigungsinhaber (s. Kap. 1) wird mit der Genehmigung u. a. rechtlich verpflichtet, regelmäßig durch wiederkehrende Prüfungen nachzuweisen, dass die für die Sicherheit der Anlage wesentlichen Anlagenmerkmale sowie Sicherheits- und Barrierefunktionen gegeben sind und die Qualität und Wirksamkeit der sicherheitstechnischen Maßnahmen und Einrichtungen gewährleistet sind. Die entsprechenden Bestimmungen sind in den Genehmigungen, in Sicherheitsspezifikationen und in der Sicherheitsdokumentation enthalten. Detaillierte Anforderungen an Überwachung, wiederkehrende Prüfungen und Inspektion sind nach KTA 1201 (Anforderungen an das Betriebshandbuch) im Betriebshandbuch des KWG und nach KTA 1202 (Anforderungen an das Prüfhandbuch) im Prüfhandbuch des KWG dargelegt. In der im Betriebshandbuch enthaltenen Prüfliste werden Gegenstand, Art, Umfang und Intervall der Prüfung zusammen mit dem Betriebszustand der Anlage bei der Prüfung, der Bezeichnung der Prüfanweisung und die in manchen Fällen erforderliche Anwesenheit von unabhängigen Sachverständigen festgelegt.

Hinsichtlich der Erdbebensicherheit werden so z. B. wiederkehrende Halterungsichtprüfungen von Rohrleitungen und Komponenten entsprechend des o. g. Reglements durchgeführt. Die Festlegungen zur Durchführung der Prüfungen werden unter Berücksichtigung der Betriebserfahrungen der eigenen sowie anderer Anlagen regelmäßig

überprüft und erforderlichenfalls geändert. Aktualisierungen des Prüfhandbuchs werden der Aufsichtsbehörde zur Zustimmung vorgelegt.

Im Betriebshandbuch sind weiterhin in diversen Kapiteln sicherheitstechnisch wichtige Anforderungen und Bedingungen für die verschiedenen Betriebszustände verbindlich festgeschrieben, so z. B. Anforderungen an Mindestfüllstände von Dieselvorrattanks der Notstromdiesel und an andere bei Erdbeben relevante Systeme (z. B. Mindestfüllstände von Flutbehältern, Mindestverfügbarkeiten der Stromversorgung, etc.). Diese Anforderungen werden regelmäßig überprüft, z. B. während des Wiederanfahrens nach einem Brennelementwechsel, bei Störungen von Systemen, Auftreten von entsprechenden Meldungen, wiederkehrenden Prüfungen und z. T. mit Online-Meldungen bei Unter-/Überschreiten von dort festgelegten Werten auf der Warte versehen.

Bei Anlagenänderungen kommt ein gestuftes Verfahren zum Einsatz, welches der sicherheitstechnischen Bedeutung der Änderung Rechnung trägt und im Betriebshandbuch beschrieben ist und in nachgelagerten Unterlagen detailliert wird. Wesentliche Änderungen, die die bestehende Genehmigung ändern oder einer Genehmigung bedürfen, werden im Rahmen eines atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens nach § 7 AtG durchgeführt. Dabei werden erneut alle Genehmigungsvoraussetzungen des AtG sowie unterlagerter Verwaltungsvorschriften geprüft und sofern von der Änderung tangiert, auch die Anforderungen zur Beherrschung des Bemessungserdbebens. Nicht wesentliche Änderungen, d.h. alle Anlagenänderungen die den genehmigten Stand nicht verändern, unterliegen grundsätzlich dem atomrechtlichen Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG und werden nochmals hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung eingestuft. Hierbei wird im Kernkraftwerk Grohnde unterschieden nach:

- Änderungen, die vor Ausführung einer Zustimmung durch die Aufsichtsbehörde bedürfen (Klasse A).
- Änderungen die nach Ausführung einer Ä/I-Anzeige an die Aufsichtsbehörde bedürfen und erst nach Freigabe durch einen Sachverständigen ausgeführt werden dürfen (Klasse B).
- Änderungen die einer Ä/I-Anzeige an die Aufsichtsbehörde und Sachverständigen bedürfen. Der Betreiber kann die Änderung unverzüglich eigenverantwortlich durchführen (Klasse C).
- Änderungen, die vom Betreiber eigenverantwortlich durchgeführt werden können (Klasse D).

Durch das Verfahren wird sichergestellt, dass alle relevanten sicherheitstechnischen Anforderungen berücksichtigt und sofern erforderlich unabhängig überprüft werden. In diesem Rahmen findet daher auch eine Berücksichtigung der sich aus dem unterstellten Bemessungserdbebens ergebenden Anforderungen statt. Gleichartige Verfahren sind für die Änderung von organisatorischen/administrativen Vorgaben im Betriebshandbuch etabliert.

Hinsichtlich der Übereinstimmung des Kernkraftwerks Grohnde mit der Genehmigung ist in Deutschland aus regulatorischer Sicht das Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG maßgeblich. Danach haben die Behörden *„...insbesondere darüber zu wachen, dass nicht gegen die Vorschriften dieses Gesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen, die hierauf beruhenden Anordnungen und Verfügungen der Aufsichtsbehörden und die Bestimmungen des Bescheids über die Genehmigung ... verstoßen wird und dass nachträgliche Auflagen eingehalten werden.“* Dieser Anforderung wird von den Behörden durch eine engmaschige Aufsicht unter Hinzuziehung von Sachverständigen nachgekommen. Sofern Voraussetzungen für die Genehmigung später entfallen sind oder gegen die Vorschriften des AtG, die auf der Basis erlassenen Rechtsverordnungen, die hierauf beruhenden Anordnungen und Verfügungen oder die Bestimmungen des Bescheides der Genehmigung verstoßen wird oder eine nachträgliche Auflage nicht eingehalten wird und in angemessener Zeit keine Abhilfe geschaffen wird, kann die Genehmigung nach § 17 AtG entzogen werden.

Durch die Gesamtheit der oben dargestellten Maßnahmen wird sichergestellt, dass sich die für die Beherrschung eines Bemessungserdbebens erforderlichen Systeme, Komponenten und Strukturen im spezifizierten Zustand befinden.

2.1.3.2 Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen

Die Beherrschung des Bemessungserdbebens wird im KWG allein über auslegungsgemäße Maßnahmen sichergestellt, so dass keine mobilen Einrichtungen, Notfallmaßnahmen oder externe Geräte benötigt werden.

2.1.3.3 Festgestellte Abweichungen

Entsprechend der Regelungen im Betriebshandbuch werden Unregelmäßigkeiten, Störungen, Mängel und Schäden von jedem Mitarbeiter im Kraftwerk an die Schichtleitung gemeldet, welche eine Erfassung in Form einer Störmeldung durchführt. Der Schichtleiter sichtet und beurteilt die Störmeldung u. a. hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Minderung der Anlagensicherheit sowie auf Abweichungen und Auswirkungen in Bezug auf bestehende Auflagen bzw. Festlegungen im Betriebshandbuch (z. B. Meldekriterien, zulässige Nichtverfügbarkeitszeiten usw.).

Gemäß der Verordnung über den Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV) hat der Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerkes Grohnde ferner die Pflicht, der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde Unfälle, Störfälle oder sonstige für die kerntechnische Sicherheit bedeutsame Ereignisse (meldepflichtige Ereignisse) zu melden. Dazu gehören auch sicherheitstechnisch bedeutsame Abweichungen vom genehmigten Zustand, die in der Anlage 1 der AtSMV aufgeführt sind (als anlagenübergreifende Beispiele seien hier z. B. fehlende Zentrierstifte an Komponenten oder fehlerhafte Montage von sicherheitsrelevanten Dübeln genannt). Entdeckte Abweichungen werden sicherheitstechnisch bewertet und entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung erfolgt anschließend dann die Bearbeitung der Abweichung.

Hinsichtlich Erdbeben sind für KWG keine Abweichungen vom spezifizierten Zustand bekannt.

2.2 Bewertung von Auslegungsreserven

2.2.1 Abschätzung der zu schweren Kernschäden führenden Erdbebenstärke

Für KWG ist die seismische Gefährdung niedrig, die Anlage liegt zudem in den am wenigsten erdbebengefährdeten Gebieten Deutschlands (keiner Erdbebenzone entsprechend DIN 4149 bzw. Eurocode 8 zugeordnet, für konventionelle Gebäude keine Erdbebenauslegung erforderlich ist). Mit der Auslegung gegen das Bemessungserdbeben

mit der Überschreitenswahrscheinlichkeit von höchstens $1 \cdot 10^{-5}$ /a ist eine sehr große Vorsorge getroffen worden. Darüber hinaus bieten die Strukturen große Auslegungsreserven. Dies wird auch durch die durchgeführte Erdbeben-PSA bestätigt. Es ist nicht zu erwarten, dass die maximale, physikalisch mögliche Erdbebenstärke am Standort zu einem Kern- oder BE-Schaden führt.

Die für den Standort mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von $3,85 \cdot 10^{-6}$ /a bestimmte Intensität ist VI-VII (6,5). Für einen Kraftwerksstandort mit einer Intensität des Bemessungserdbebens zwischen I=VI und I=VII ist entsprechend dem deutschen PSA-Leitfaden nur eine vereinfachte Erdbeben-PSA durchzuführen, da nur geringe Schäden zu erwarten sind, die keinen nennenswerten Beitrag zur Kernschadenshäufigkeit liefern. Trotzdem wurde für KWG eine vollständige Erdbeben-PSA durchgeführt. Diese zeigt, dass auch bei größeren unterstellten Erdbeben als dem Bemessungserdbeben die Schädigungsmechanismen keinen nennenswerten Beitrag zur Kernschadenshäufigkeit liefern. Darüber hinaus ist die Anlage gegen weitere EVA-Lastfälle (Flugzeugabsturz, Hochwasser, EDW) ausgelegt, so dass auch hierdurch zusätzliche Auslegungsreserven vorliegen und damit eine große Robustheit gegeben ist.

2.2.2 Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses

In allen Betriebsphasen ist der Sicherheitseinschluss für Brennelemente in der Reaktoranlage und im Brennelementbecken durch den Reaktorsicherheitsbehälter sowie die umschließende Betonabschirmung gegeben. Reaktorsicherheitsbehälter und Betonabschirmung sind gegen die im Vergleich zum Erdbeben wesentlich höheren Lasten des Flugzeugabsturzes ausgelegt.

Darüber hinaus sind die aktivitätsführenden (kein Brennstoff) Komponenten im Hilfsanlagegebäude durch zusätzliche Wannen und Tresorräume abgesichert, so dass austretende Stoffe konzeptgemäß aufgefangen werden.

2.2.3 Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens

Das Kernkraftwerk ist für ein Erdbeben mit einer Überschreitenswahrscheinlichkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-5}$ /a und einem Hochwasser mit einer Überschreitenswahrscheinlichkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-4}$ /a gemäß KTA 2207 ausgelegt. Die Anlage weist darüber hinaus erhebliche Auslegungsreserven auf. Zudem ist das Kraftwerk auch für eine Einwirkungskombination von Erdbeben und Hochwasser ausgelegt.

Aufgrund der Topographie führen auslegungsüberschreitende Erdbeben zu keinen auslegungsüberschreitenden Überflutungen im Bereich der Anlage. Hierzu wurden im Rahmen des Hochwasserschutzes nach KTA 2207 entsprechende Hochwasserszenarien untersucht.

Darüber hinaus sind alle Systeme, die für die Beherrschung eines Hochwassers benötigt werden, zugleich auch gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt.

Die Auslegung berücksichtigt die Einwirkungskombination von Erdbeben und Hochwasser. Darüber hinaus sind die topographischen Gegebenheiten berücksichtigt. Aufgrund der robusten Auslegung bei der geringen vorhandenen Seismizität am Standort sind große Reserven vorhanden, die hinsichtlich des unterstellten Ereignisses noch durch die Reserven, die bei der Hochwasserauslegung vorhanden sind, erweitert werden.

2.2.4 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben

Wie die für das Kernkraftwerk Grohnde und weitere deutsche Kernkraftwerke durchgeführten Erdbeben-PSAen zeigen, liefern auch bei größeren unterstellten Erdbeben als dem Bemessungserdbeben die Schädigungsmechanismen keinen nennenswerten Beitrag zur Kernschadenshäufigkeit. Zudem sind durch den hohen Robustheitsgrad und den hohen Auslegungsstandard schon während der Planung und Errichtung sowie durch Nachrüstungen während der Betriebsphase erhebliche Reserven vorhanden. Dies wird unter anderem durch die Auslegung des KWG gegen andere EVA-Einwirkungen, wie zum Beispiel Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle, gezeigt.

3 Hochwasser

3.1 Auslegungsgrundlage

3.1.1 Hochwasser, gegen welches die Anlage ausgelegt ist

3.1.1.1 Höhe des Bemessungshochwassers

Der maximale Wasserstand beim 10.000-jährlichen Hochwasser beträgt 73,00 m ü NN (Bemessungshochwasserstand).

3.1.1.2 Methodik bei der Festlegung des Bemessungshochwassers

Für den Hochwasserschutz wurde entsprechend KTA 2207 ein Bemessungshochwasserstand mit der Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /a ermittelt. Für die Ermittlung dieses Bemessungshochwasserstands wurde das Verfahren angewendet, das in der KTA 2207 angegeben ist. Für KWG wurden zunächst die Hochwasserabflüsse ermittelt, aus denen dann die Bemessungswasserstände mit adäquaten Verfahren abgeleitet werden.

Zur Ableitung einer Aussage hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit verschiedener Hochwasserstände am Standort Grohnde ist als Bezugspegel der Datenbestand von Bodenwerder ausgewertet worden, welcher um 5,25 m höher angesetzt wurde als der Wasserstand am Standort Grohnde. Die Differenz von 5,25m wurde konservativ gewählt.

In Bild 3-1 ist der Abfluss der Weser am Pegel Bodenwerder in Bezug auf die Überschreitenswahrscheinlichkeit dargestellt. Mit einer Formel zur Bestimmung von Bemessungsabflüssen kleiner Überschreitungswahrscheinlichkeiten ergibt sich der Abfluss für die Überschreitungswahrscheinlichkeit 10^{-4} /a zu $HQ_{10.000} = 3536 \text{ m}^3/\text{s}$.

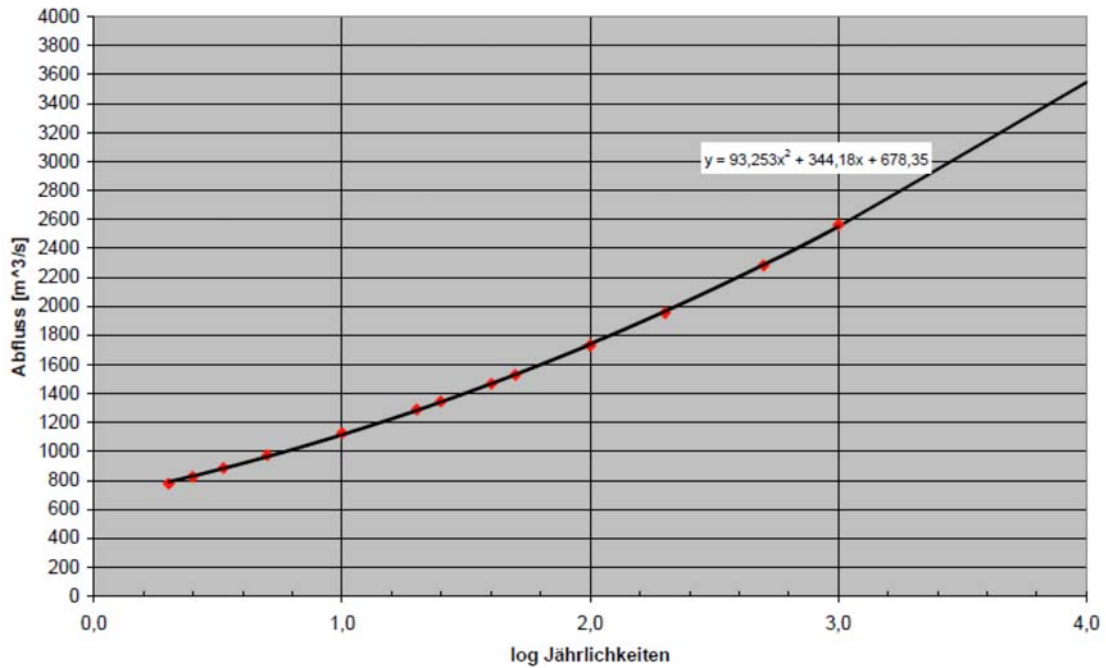


Bild 3-1: Abflussraten der Hochwässer in Bezug zur Überschreitenswahrscheinlichkeit am Pegel Bodenwerder

Mit den auf eine Übertretenswahrscheinlichkeit von $1 \cdot 10^{-4}$ /a extrapolierten Abflussraten am Pegel Bodenwerder wurden die Pegel am Kraftwerksstandort Grohnde ermittelt. In Bild 3-2 sind die zu den Abflussraten am Pegel Bodenwerder zugehörigen Wasserstände am Standort Grohnde aufgetragen.

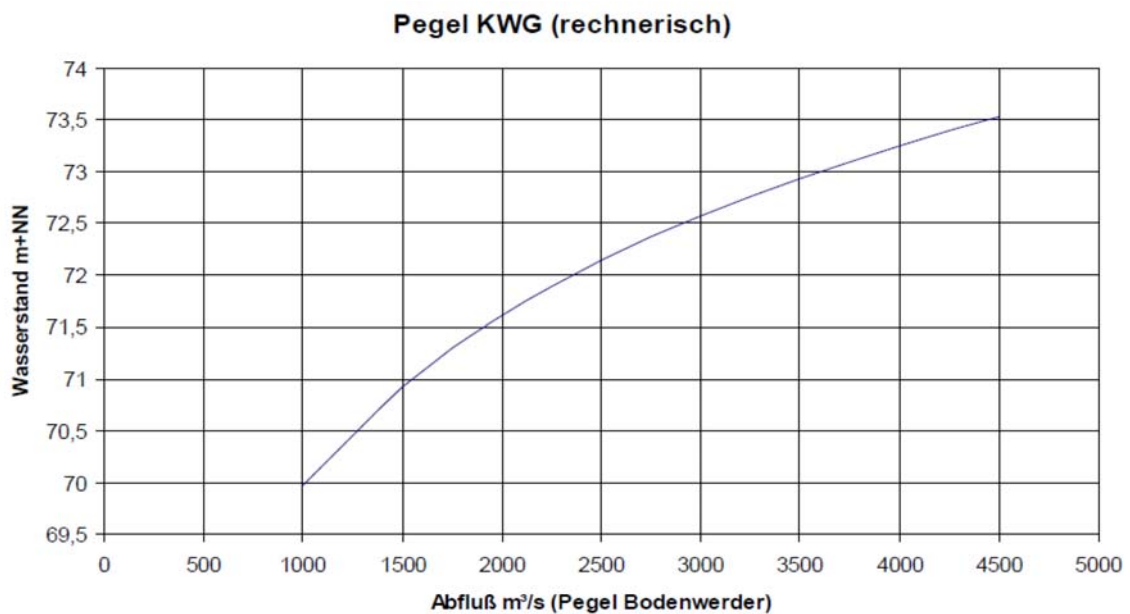


Bild 3-2: Wasserstände am Standort Grohnde in Bezug auf die Abflussraten am Pegel Bodenwerder

3.1.1.3 Angemessenheit der Auslegung

Der standortspezifische Bemessungshochwasserstand wurde unter Verwendung von behördlichen Angaben gutachterlich ermittelt und durch einen von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde bestellten Gutachter bewertet. Im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfungen erfolgte eine Überprüfung und ggf. eine Aktualisierung dieses Bemessungshochwasserstands. Zusätzlich sind bedingt durch Veröffentlichungen, Regelwerksänderungen (u. a. IAEA-Regeln, KTA-Regeln), Auswertungen relevanter Ereignisse und durch Weiterentwicklung neuer wissenschaftlicher Methoden interne Überprüfungen der Hochwassergefährdung des KWG durchgeführt worden. In allen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die Auslegungsgrundlagen weiterhin gültig sind.

Das Kernkraftwerk Grohnde wurde als Standort an einem Fluss gegen die Hochwasserabflüsse ausgelegt. Das Kraftwerksnullniveau (Geländeoberkante) liegt bei 72,20 m ü NN. Der Bemessungshochwasserstand beträgt 73,00 m ü NN. Bei Errichtung des Kraftwerks wurde ein Auslegungswasserstand von 73,60 m ü NN gewählt. Die Hochwassersicherung der sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude übertrifft damit das Bemessungshochwasser um 60 cm, selbst gegen ein extrapoliertes 100.000-jährliches Hochwasser weist die Ausführung der Anlage noch eine Reserve von ca. 10 cm aus.

Darüber hinaus ist das Notspeisegebäude durch die Lage der Zugänge permanent gegen Wasserstände von 74,40 m ü NN geschützt.

Kraftwerksnullniveau	72,20 m ü NN
Bemessungshochwasser	73,00 m ü NN
Auslegungswasserstand	73,60 m ü NN

Tab 3-1 Höhenkoten in Bezug auf die Hochwasserauslegung

3.1.2 Vorkehrungen zum Schutz der Anlage gegen Bemessungshochwasser

3.1.2.1 Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten

Zur Störfallbeherrschung sowie zur Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebes während Hochwasser gemäß BHB sind die in Tabelle 3-1 angegebenen Bauwerke gegen das Bemessungshochwasser ausgelegt. Die Eingänge zu und Fluchtwege aus den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden (mit Ausnahme des Schaltanlagengebäudes) liegen auf mindestens 73,60 m ü NN, d. h. mindestens 60 cm höher als das Bemessungshochwasser. Unterhalb der Zugänge liegende Wanddurchführungen sind gegen eindringendes Wasser geschützt ausgeführt und die Bauwerke sind gegen Aufschwimmen geschützt. Die sicherheitstechnisch wichtigen Anlagen des Schaltanlagengebäudes liegen oberhalb von 73,60m ü NN, so dass im KWG das Bemessungshochwasser ohne zusätzliche temporäre Maßnahmen beherrscht wird.

Nr.	Gebäude / Kanäle / Leitungen
1	Reaktorgebäude – Innenraum
2	Reaktorgebäude – Ringraum
3	Reaktorgebäude – FD- und Speisewasser-Armaturenkammern
4	Hilfsanlagegebäude
5	Schaltanlagegebäude
6	Notstromdieselgebäude
7	Kühlwasser-Entnahmebauwerk
8	Kühlwasser-Rechenbauwerk
9	Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerke
10	Kühlturmverbindungsbauwerk
11	Kanäle zwischen Reaktorgebäude und Notspeisegebäude
12	Kabelkanäle zwischen Schaltanlagegebäude und Notstromdieselgebäude
13	Kabelkanäle
14	Kabelbrücken zwischen Reaktorgebäude und Schaltanlagegebäude
15	Notspeisegebäude (Auslegung 74,40 m ü NN)
16	Nebenkühlwasserrohrleitungen, Kabel zw. Schaltanlagegebäude und Notstromgebäude und zwischen den Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerken

Tab. 3-2: Bauwerke, die für den Auslegungswasserstand ausgelegt sind

Ein Versagen von Systemen kann bei einem Hochwasser ausgeschlossen werden, wenn die Bauwerke, in denen Sie untergebracht sind, gegen den Auslegungswasserstand geschützt sind. Die folgenden Systeme, welche zur Störfallbeherrschung sowie zur Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebes während Hochwasser gemäß BHB erforderlich sind, befinden sich in den in Tabelle 3-2 genannten Gebäuden und sind daher beim Auslegungswasserstand verfügbar.

Nr.	System
1	Notstrom- und Notspeisenotstromdieselanlagen
2	Frischdampfsystem mit FD-Abblasestationen
3	Notspeisesystem
4	Volumenregelsystem
5	Nukleares Zwischenkühlsystem
6	BE-Beckenreinigungssystem
7	Not- und Nachkühlsystem
8	Nukleare Lüftung
9	Zusatzboriersystem
10	Konventionelle Lüftung (sicherheitsrelevante Teilsysteme)
11	Gesichertes Nebenkühlwassersystem
12	Gesichertes Zwischenkühlwassersystem
13	Primärkreislauf
14	Druckhaltesystem
15	Reaktorschutzsystem und DE-Druckabsicherung
16	Reaktorschnellabschaltsystem
17	Primärkreisabschluss
18	Gebäudeabschluss
19	Sekundärkreisabschluss
20	Stromversorgung

Tab. 3-3: Systeme, die für den Auslegungswasserstand ausgelegt sind

3.1.2.2 Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser

Der permanente Hochwasserschutz wird durch die entsprechende Höhenlage der Gebäude gewährleistet. Das Kraftwerksnullniveau liegt bei 72,20 m ü NN. Die Eingänge zu und Fluchtwege aus den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden liegen auf 73,60 m ü NN, d. h. die Eingänge liegen 60 cm höher als das Bemessungshochwasser. Darüber hinaus ist das Notspeisegebäude durch die Lage der Zugänge permanent gegen Wasserstände von 74,40 m ü NN geschützt. Unterhalb der Zugänge liegende Wanddurchführungen sind gegen eindringendes Wasser geschützt ausgeführt. Alle sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude verfügen über automatisch anlaufende Sumpfpumpen, die evtl. anfallende Kleinstleckagen ableiten können. Für den Schutz der sicherheitstechnisch wichtigen Funktionen sind damit keine temporären Maßnahmen erforderlich und entsprechend nicht vorgesehen. Zum Erhalt der einfachen Begehbarkeit aller wichtigen Gebäude ist der Aufbau von Stegen aus vorrätigem Gerüstbaumaterial vorgesehen.

3.1.2.3 Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser

Für Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des Normalbetriebes bzw. Absicherung von betrieblichen Gebäuden steht ausreichend Zeit zur Verfügung. Das Ereignis Hochwasser wird am Standort KWG nicht unerwartet eintreten. Zum einen werden wettertechnische Informationen wie Witterungsverhältnisse, Niederschlagsmengen und prognostizierte Pegelanstiege vorzeitig als Indikatoren für die Hochwasserentwicklung ausgewertet, zum anderen ist der Standort in den Hochwasserwarndienst einbezogen.

Bei Erreichen eines Wasserstandes von 72,00 m ü NN sind gem. einer internen Anweisung Hochwasserstege zu errichten und einige unterhalb von 73,60 m ü NN liegende Eingänge mit Sandsäcken zu schützen. Damit bleibt bei weiter steigendem Wasser die Begehbarkeit der Warte und aller sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude für betriebliche Kontrollgänge erhalten.

Bei Erreichen eines Wasserstandes von 72,20 m ü NN ist die Anlage gem. BHB abzufahren.

3.1.2.4 Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage

Auf Grund der Höhenlage des Kraftwerksgeländes und der baulichen Ausführung der nicht sicherheitstechnisch relevanten Gebäude sind zur Sicherstellung der Infrastruktur temporäre Maßnahmen erforderlich, Folgeereignisse für Sicherheitsfunktionen sind nicht zu unterstellen.

Bezüglich der Anlagentechnik wurde in Zusammenhang mit Hochwasser der Notstromfall bei der Auslegung der Anlage unterstellt.

3.1.3 Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage

3.1.3.1 Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen

Zur Gewährleistung der Übereinstimmung des KWG mit der aktuellen Genehmigungsgrundlage besteht einerseits ein Betreiber eigenes Managementsystem und andererseits ein gestuftes atomrechtliches Verfahren unter Hinzuziehung von unabhängigen Sachverständigen durch die Behörden.

Beim Anlagenbetrieb sind vom Betreiber die Vorschriften des Atomgesetzes und der auf Grund des Atomgesetzes erlassenen Rechtsverordnungen einzuhalten. Die hierauf beruhenden Anordnungen und Verfügungen der Aufsichtsbehörden (§ 19 AtG) und die Bestimmungen des Bescheids über die Genehmigung (§ 7 AtG) und die nachträglichen Auflagen (§ 17 AtG) sind zu befolgen.

Zur Gewährleistung der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen hat KWG ein integriertes Managementsystem, mit dem die Umsetzung der Unternehmenspolitik und -ziele sowie die Einhaltung aller Vorgaben sichergestellt wird. Mit dem Managementsystem werden die Anforderungen aus

- KTA 1401 „Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung“
- KTA 1403 „Alterungsmanagement in Kernkraftwerken“
- DIN EN ISO 9001 „Qualitätsmanagementsysteme Anforderungen“

- BMU-Leitfaden „Grundlagen zur Bewertung von Sicherheitsmanagementsystemen in Kernkraftwerken“
- IAEA Safety Guide GS-R-3.1 „The Management System for Facilities and Activities“

umgesetzt und die verschiedenen Aspekte u. a. zum Qualitäts-, Alterungs- und Sicherheitsmanagement in einem Managementsystem integriert.

Das integrierte Managementsystem umfasst auch die sicherheitsrelevanten Prozesse zum Sicherheitsmanagement (SM). Höchste Priorität bei der Einordnung der verschiedenen Unternehmensziele hat der sichere Betrieb des KWG. Diesem Grundsatz ordnen sich alle politisch, wirtschaftlich und persönlich motivierten Handlungsweisen unter. Die Sicherheit ist neben Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz in der Öffentlichkeit die Voraussetzung für den langfristigen Bestand des KWG zur Stromerzeugung. Deshalb nehmen das Sicherheitsmanagementsystem und die Sicherheitskultur einen besonderen Stellenwert ein. Während das Sicherheitsmanagementsystem integraler Bestandteil dieses Managementsystems ist, schließt eine Sicherheitskultur, die von allen verstanden und gelebt wird, alle Ebenen und Hierarchien des Kraftwerks ein.

Die Vorgaben des Managementsystems gelten für alle relevanten Prozesse im KWG, die zur sicheren und wirtschaftlich optimalen Betriebsführung zur Stromerzeugung erforderlich sind. Vorgaben zur sicheren und effizienten Prozessabwicklung sind sowohl für alle eigenen Mitarbeiter als auch für Fremdpersonal verbindlich und einzuhalten. Als beispielhafte Prozesse seien an dieser Stelle Produktion, Instandhaltung, Modifikation und Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren genannt.

Weiterhin müssen gemäß der BMU Sicherheitskriterien *„alle Anlageteile ... so beschaffen und angeordnet sein, dass sie entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung oder Aufgabe vor ihrer Inbetriebnahme und danach in regelmäßigen Zeitabständen in hinreichendem Umfang geprüft und gewartet werden können.“* Der Betreiber ist rechtlich verpflichtet, regelmäßig durch wiederkehrende Prüfungen nachzuweisen, dass die für die Sicherheit der Anlage wesentlichen Anlagenmerkmale sowie Sicherheits- und Barrierefunktionen gegeben sind und die Qualität und Wirksamkeit der sicherheitstechnischen Maßnahmen und Einrichtungen gewährleistet sind. Die entsprechenden Bestimmungen sind in den Genehmigungen, in Sicherheitsspezifikation-

nen und in der Sicherheitsdokumentation enthalten. Detaillierte Anforderungen an Überwachung, wiederkehrende Prüfungen und Inspektion zur Erfüllung der BMU-Sicherheitskriterien sind nach KTA 1201 (Anforderungen an das Betriebshandbuch) im Betriebshandbuch des KWG und nach KTA 1202 (Anforderungen an das Prüfhandbuch) im Prüfhandbuch des KWG dargelegt. In der im Betriebshandbuch enthaltenen Prüfliste werden Gegenstand, Art, Umfang und Intervall der Prüfung zusammen mit dem Betriebszustand der Anlage bei der Prüfung, der Bezeichnung der Prüfanweisung und die in manchen Fällen erforderliche Anwesenheit von unabhängigen Sachverständigen festgelegt.

Auch die Einrichtungen und Maßnahmen zum Schutz gegen Bemessungshochwasser unterliegen diesen Reglements. Die Festlegungen zur Durchführung der Prüfungen werden bei Erkenntnissen aus der Betriebserfahrung der eigenen sowie anderer Anlagen überprüft und erforderlichenfalls geändert. Aktualisierungen des Prüfhandbuchs werden der Aufsichtsbehörde zur Zustimmung vorgelegt.

Im Betriebshandbuch sind weiterhin in diversen Kapiteln sicherheitstechnisch wichtige Anforderungen und Bedingungen für die verschiedenen Betriebszustände verbindlich festgeschrieben, so z. B. Anforderungen an Mindestfüllstände von Dieselvorrattanks der Notstromdiesel. Diese Anforderungen werden regelmäßig überprüft, z. B. während des Wiederanfahrens nach einem Brennelementwechsel, bei Störungen von Systemen, Auftreten von entsprechenden Meldungen, wiederkehrenden Prüfungen und z. T. mit Online-Meldungen bei Unter-/Überschreiten von dort festgelegten Werten auf der Warte versehen.

Bei Anlagenänderungen kommt ein gestuftes Verfahren zum Einsatz, welches der sicherheitstechnischen Bedeutung der Änderung Rechnung trägt und detailliert im Qualitätssicherungshandbuch beschrieben ist. Wesentliche Änderungen, die die bestehende Genehmigung ändern oder einer Genehmigung bedürfen, werden im Rahmen eines atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens nach § 7 AtG durchgeführt. Dabei werden erneut alle Genehmigungsvoraussetzungen des AtG sowie unterlagerter Verwaltungsvorschriften geprüft und sofern von der Änderung tangiert, auch die Anforderungen zur Beherrschung des Bemessungshochwassers. Nicht wesentliche Änderungen, d.h. alle Anlagenänderungen die den genehmigten Stand nicht verändern, unterliegen grundsätzlich dem atomrechtlichen Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG und werden nochmals

hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung eingestuft. Hierbei wird im Kernkraftwerk Grohnde unterschieden nach:

- Änderungen, die vor Ausführung einer Zustimmung durch die Aufsichtsbehörde bedürfen (Klasse A).
- Änderungen die nach Ausführung einer Anzeige an die Aufsichtsbehörde bedürfen und erst nach Prüfung durch einen Sachverständigen ausgeführt werden dürfen (Klasse B).
- Änderungen die nach Ausführung einer Anzeige an die Aufsichtsbehörde bedürfen, (Klasse C).
- Änderungen, die vom Betreiber eigenverantwortlich durchgeführt werden können (Klasse D)

Durch das Verfahren wird sichergestellt, dass alle relevanten sicherheitstechnischen Anforderungen berücksichtigt und sofern erforderlich unabhängig überprüft werden. In diesem Rahmen findet daher auch eine Berücksichtigung der sich aus dem unterstellten Bemessungshochwasser ergebenden Anforderungen statt. Gleichartige Verfahren sind für die Änderung von organisatorischen/administrativen Vorgaben im Betriebsbuch etabliert.

Hinsichtlich der Übereinstimmung des Kernkraftwerks Grohnde mit der Genehmigung ist in Deutschland aus regulatorischer Sicht das Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG maßgeblich. Danach haben die Behörden *„...insbesondere darüber zu wachen, dass nicht gegen die Vorschriften dieses Gesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen, die hierauf beruhenden Anordnungen und Verfügungen der Aufsichtsbehörden und die Bestimmungen des Bescheids über die Genehmigung ... verstoßen wird und dass nachträgliche Auflagen eingehalten werden.“* Dieser Anforderung wird von den Behörden durch eine engmaschige Aufsicht unter Hinzuziehung von Sachverständigen nachgekommen. Sofern Voraussetzungen für die Genehmigung später entfallen sind oder gegen die Vorschriften des AtG, die auf der Basis erlassenen Rechtsverordnungen, die hierauf beruhenden Anordnungen und Verfügungen oder die Bestimmungen des Bescheides der Genehmigung verstoßen wird oder eine nachträgliche Auflage nicht eingehalten wird und in angemessener Zeit keine Abhilfe geschaffen wird, kann die Genehmigung nach § 17 AtG entzogen werden.

Durch die Gesamtheit der oben dargestellten Maßnahmen wird sichergestellt, dass sich die für die Beherrschung eines Bemessungshochwassers erforderlichen Systeme, Komponenten und Strukturen im spezifizierten Zustand befinden.

3.1.3.2 Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen

Für die Beherrschung des Bemessungshochwassers sind im KWG keine aktiven mobilen Einrichtungen erforderlich. Für die Zugänglichkeit der Anlage werden gemäß einer internen Anweisung Hochwasserstege aus ständig vorhandenem Gerüstbaumaterial errichtet.

3.1.3.3 Festgestellte Abweichungen

Entsprechend der Regelungen im Betriebshandbuch werden Unregelmäßigkeiten, Störungen, Mängel und Schäden von jedem Mitarbeiter im Kraftwerk an die Schichtleitung gemeldet, welche eine Erfassung in Form einer Störmeldung durchführt. Der Schichtleiter sichtet und beurteilt die Störmeldung u. a. hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Minderung der Anlagensicherheit sowie auf Abweichungen und Auswirkungen in Bezug auf bestehende Auflagen bzw. Festlegungen im Betriebshandbuch (z. B. Meldekriterien, zulässige Nichtverfügbarkeitszeiten usw.).

Gemäß der Verordnung über den Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV) hat der Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerkes Grohnde ferner die Pflicht, der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde Unfälle, Störfälle oder sonstige für die kerntechnische Sicherheit bedeutsame Ereignisse (meldepflichtige Ereignisse) zu melden. Dazu gehören auch sicherheitstechnisch bedeutsame Abweichungen vom genehmigten Zustand, die in der Anlage 1 der AtSMV aufgeführt sind. Entdeckte Defizite werden sicherheitstechnisch bewertet und entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung erfolgt anschließend dann die Bearbeitung der Defizite. Hinsichtlich des Schutzes vor Hochwasser sind bisher keine sicherheitstechnisch relevanten Abweichungen aufgetreten, die einer Meldung nach AtSMV bedurften.

Hinsichtlich Hochwasser sind für KWG keine Abweichungen vom spezifizierten Zustand bekannt.

3.2 Bewertung von Auslegungsreserven

3.2.1 Abschätzung von Auslegungsreserven gegen Überflutung

Durch den Robustheitsgrad und den Auslegungstand der Anlage sind große Reserven gegenüber dem Bemessungshochwasser vorhanden, sodass ein Versagen von sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten nicht zu erwarten ist. Aufgrund der Standortwahl, des vorhandenen Schutzkonzeptes der Anlage gegen Hochwasser und entsprechender Reserven sind keine Folgeereignisse eines auslegungsüberschreitenden Hochwasserereignisses zu erwarten, die nicht schon Gegenstand der Betrachtungen des zu erwartenden Bemessungswasserstandes waren.

Für die Kühlung der Reaktoranlage steht als Reserve bei Ausfall der Nachkühlung die Möglichkeit der Wärmeabfuhr über die Sekundärseite zur Verfügung, für die lediglich ein funktionierendes Notspeisegebäude sowie eine FD-Abblasestation erforderlich sind. Hier besteht eine Absicherung gegen Hochwasser bis 74,40 m ü NN ohne Handmaßnahmen zum Hochwasserschutz.

Die Auslegung der Anlage entspricht der KTA 2207 für ein 10.000-jährliches Hochwasser mit einem Wasserstand von 73,00 m ü NN. Aufgrund der Ausführung der Anlage mit Schutz der Vitalfunktionen (vollumfänglich für die Nachkühl- wie auch für die Notnachkühlketten) bis 73,60 m ü NN, ergibt sich eine Auslegungsreserve von 60 cm bzw. eine Sicherheit gegen das 100.000-jährliche Hochwasser von 10 cm ohne zusätzliche Maßnahmen.

Bei Überschreitung des Auslegungshochwasserstandes kann durch Handmaßnahmen der Betrieb der Nachkühlketten durch Schutz der entsprechenden Gebäude aufrechterhalten werden.

Weiterhin kann durch Abdichtmaßnahmen und ggf. Lenzen an den Nebenkühlwasserpumpenbauwerken bei Wasserständen bis 74,40 m ü NN der Betrieb der Notnachkühl-

ketten aufrechterhalten werden. Zum Betrieb sind lediglich die Kammern der Notnebenkühlwasserpumpen und das Notspeisegebäude erforderlich.

Für die Nebenkühlwasserversorgung bei dennoch unterstelltem Verlust der Funktionsfähigkeit der Notnachkühlpumpen steht die Notnachkühlkette eines Stranges bis zum Wasserstand von 74,40 m ü NN zur Verfügung, da sich die Eingänge des Notspeisegebäudes in dieser Höhe befinden. Die Versorgung mit Nebenkühlwasser kann in diesem Fall durch die aus dem Notspeisegebäude versorgten Reservewasserpumpen erfolgen, die als Tauchpumpen ausgeführt sind. Somit steht neben der Unterscheidung in Nachkühl- und Notnachkühlketten eine weitere Rückfallebene zur Verfügung.

Aufgrund des großen Abstandes zwischen dem zu erwartenden Bemessungswasserstand und dem Auslegungswasserstand ist eine signifikante Auslegungsreserve vorhanden. Darüber hinaus können wegen der langen Vorwarnzeiten angemessene Maßnahmen auch bei einem drohenden auslegungsüberschreitenden Hochwasser umgesetzt werden. Somit ist eine große Robustheit der Anlage gegen Hochwasser gegeben.

Für den sehr hohen Wasserstand von 74,40 m ü NN liegen für den Standort keine Abflusswerte vor. Eine grobe Abschätzung ist möglich, wenn die zur Ermittlung des Bemessungshochwassers verwendeten Korrelationen extrapoliert werden. Danach ergibt sich ein Wasserstand von 74,40 m ü NN bei einem Abfluss von ca. 6.500 m³/s mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $5,4 \cdot 10^{-7}/a$. Dieser Abfluss liegt in der Größenordnung des doppelten Bemessungshochwassers.

3.2.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung

Die Kraftwerksanlage ist gegen Hochwasser hauptsächlich durch permanente Hochwasserschutzmaßnahmen (bauliche Maßnahmen) geschützt.

Da zwischen der Warnung und dem Eintreten des Hochwassers ein zeitlicher Abstand ist, können Maßnahmen getroffen werden. Die Vorwarnzeiten sind so bemessen, dass ausreichend Zeit für die Durchführung der Maßnahmen zur Verfügung steht.

Als Handmaßnahmen zum Betrieb der Systeme und Erhalt von Infrastruktur über den Auslegungswasserstand hinaus stehen zur Verfügung:

- Temporäre zusätzliche Abdichtung von nicht erforderlichen Zugängen,
- Aufbau von Schutzwällen oder Installation von Schutzblechen vor Türen, die zugänglich bleiben müssen,
- Lenzen von Bereichen hinter temporären Schutzwällen,
- Aufbau von Stegen zum Erhalt der Zugänglichkeit,
- Auslagerung von Gerät (z. B. Feuerwehr) an höher gelegene Standorte auf dem Gelände.

4 Extreme Wetterbedingungen

4.1 Auslegungsgrundlage

4.1.1 Bewertung der für die Auslegung verwendeten Wetterbedingungen

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

Wetterereignisse – soweit sie für das Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde in Betracht kommen - sind:

- Extreme Winde
- Extreme Temperaturen
- Extreme Niederschläge
- Einwirkungen von biologischen Organismen
- Blitzschlag
- Niedrigwasser

Aus diesen Ereignissen abzuleitende Auslegungsanforderungen wurden jeweils systemspezifisch festgelegt.

Extreme Winde

Die am Standort zu erwartenden Belastungen aus Wind werden durch die nach DIN 1055 ausgelegten Bauwerke abgetragen. Extreme Belastungen aus Orkanen werden durch die vorhandene Bauauslegung ebenfalls abgetragen (Wandstärken der Gebäude

bieten Schutz vor fliegenden Trümmern, Auslegung gegen Explosionsdruckwelle bietet Schutz vor Druck- und Zugwirkung). Die Auswirkungen solcher Ereignisse führen im Extremfall nur zum Ausfall der Eigenbedarfsversorgung.

Extreme Temperaturen

Hohe und Niedrige Umgebungstemperaturen

Die am Standort zu unterstellenden Belastungen aus extremen Temperaturen wurden bei der Bemessung der Stahlbetonbauteile berücksichtigt und können von den Bauwerken abgetragen werden.

Die Lüftungs-, Heizungs- und Klimaanlage der Bauwerke sind ausreichend bemessen. Die Auswirkungen auf systemtechnische Einrichtungen insbesondere durch die Außenluftansaugung bei extremen Temperaturbedingungen wurden bei der Auslegung berücksichtigt (Drosselung, Aufheizung der Zuluft, ggf. Umluftkühlung), so dass es zu keiner Gefährdung der Schutzziele kommen kann. Darüber hinaus sind mögliche Auswirkungen frühzeitig erkennbar, so dass rechtzeitig gezielte Maßnahmen ergriffen werden können.

Hohe und Niedrige Kühlwassertemperaturen

Zur Eisfreihaltung der Kühlwasserentnahmebauwerke gibt es eine Auftaueinrichtung (Warmwasserrückführung), über welche bei Leistungsbetrieb erwärmtes Wasser aus den Kühlturmtassen vor die Grobrechen im Rechenbauwerk geleitet werden kann, so dass Betriebsbeeinträchtigungen durch Eis vermieden werden. Zusätzlich können die Rechenstäbe der äußeren, vor den Nebenkühlwasserkanälen liegenden Einläufe durch das Heizungssystem direkt beheizt werden. Um Vereisungen an den Kühltürmen weitgehend zu verhindern, kann durch gestaffelte Maßnahmen (Außerbetriebnahme der Kernzonen, Erzeugung eines Wasserschleiers und Außerbetriebnahme der Kühltürme) der Betrieb aufrechterhalten werden. Die entsprechenden Regelungen sind im Betriebshandbuch beschrieben.

Der Auslegung für die Sicherheitseinrichtungen lag eine Nebenkühlwassertemperatur von 26°C zugrunde. Aufgrund vorhandener Auslegungsreserven wurde nachgewiesen,

dass die Beherrschung aller Betriebs- und Störfälle bei Wassertemperaturen von 28°C gegeben ist. Eine Annäherung an diesen Wert ist rechtzeitig absehbar. Wird die Temperatur vor dem Rechenbauwerk von 28°C (im Stundenmittel) erreicht, ist die Anlage gemäß Betriebshandbuch abzufahren, falls keine Nachweise für höhere Nebenkühlwasservorlauftemperaturen vorliegen.

Extreme Niederschläge

Extreme Niederschläge in Form von Regen sind durch die konservative Auslegung gegen ein 10.000-jährliches Hochwasser hinreichend abgedeckt.

Extreme Niederschläge in Form von Schneefällen und Hagel sind durch konventionelle Baunormen berücksichtigt, wobei bei den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden die Lasten aus anderen externen naturbedingten (Erdbeben, Hochwasser) oder zivilisatorischen Ereignissen (Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz) wesentlich höher und damit abdeckend sind.

Einwirkungen von biologischen Organismen

Zum Schutz vor Einwirkungen von biologischen Organismen erfolgt eine Überwachung der Wasserspiegeldifferenz vor und hinter den Siebbandanlagen. Weiter besitzen die Kühlwasserreinigungsanlagen ausreichend Reserven, die auch bei starkem Biomasseanfall einen minimalen Wasserzulauf ermöglichen.

Bei Verstopfung von Siebbandanlagen erfolgt ein automatisches Öffnen von Überströmklappen, die eine Umführung der Siebbandmaschinen ermöglichen. Durch Verbindungsschieber zwischen dem Hauptkühlwasser und den Ansaugkammern der Nebenkühlwasserstränge ist eine Versorgung der gesicherten Nebenkühlwasserpumpen aus der Hauptkühlwasserreinigung möglich.

Im Weiteren Verlauf ist die Betrachtung zu Einwirkungen von biologischen Organismen durch das Ereignis „Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser“ abgedeckt (siehe dazu Kapitel 5.2).

Blitzschlag

Die Auslegung gegen Blitzschlag erfüllt die Anforderungen aus der aktuellen KTA 2206 „Auslegungen von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen“.

Alle Gebäude auf dem Gelände des Kernkraftwerks verfügen über Blitzableiter gemäß KTA 2206. Des Weiteren bestehen bei allen sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden die Dächer aus Stahlbeton bzw. Stahlbeton mit einer kiesbeschütteten Dachpappe. Aufgrund dieser Materialien kann die Entstehung von Bränden und Explosionen durch Blitzeinschlag ausgeschlossen werden kann.

Als Schutz vor indirekten Blitzeinschlägen ist gemäß KTA 2206 ein innerer Blitzschutz vorhanden. Darunter versteht man alle Maßnahmen, die der Beeinträchtigung leitfähiger Installationen und elektrotechnischen Einrichtungen entgegenwirken.

Niedrigwasser

Der Grund der Weser liegt am Standort Grohnde bei ca. 64,00 m ü. NN, der Auslegungspunkt „niedrigstes Niedrigwasser“ bei 64,85 m ü. NN. Die Ansaugung der gesicherten Nebenkühlwasserpumpen und der Notnebenkühlwasserpumpen wurde durch Versuche mit einer Reserve von 60 cm (also bis zu einem Wasserstand von 64,25 m ü. NN) unter Berücksichtigung des Ausfalls der Kühlwasserreinigung und Öffnen der Überströmklappen nachgewiesen. Damit liegt auch für das unterstellte Niedrigwasser eine ausreichende Reserve vor.

Sollte der Wasserstand unterhalb der o. g. Werte fallen, gelten die Betrachtungen für das Ereignis „Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser“ (siehe dazu Kapitel 5.2).

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

Der Auslegung für die Sicherheitseinrichtungen lagen eine Nebenkühlwassertemperatur von 26°C sowie eine Umgebungslufttemperatur von 36°C zugrunde. Aufgrund vorhandener Auslegungsreserven wurde nachgewiesen, dass die Beherrschung aller Be-

triebs- und Störfälle bei Wesertemperaturen von 28°C sowie bei Umgebungslufttemperatur von 38°C gegeben ist. Eine Annäherung an diese Werte ist rechtzeitig absehbar, so dass entsprechende Vorsorgemaßnahmen getroffen werden.

4.1.1.3 Bewertung der zu erwartenden Häufigkeit von unterstellten extremen Wetterbedingungen

Der Standort des Gemeinschaftskraftwerks Grohnde liegt in einer klimatisch gemäßigten Zone, so dass extreme Wetterbedingungen sehr selten sind. Die Auslegung der sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile des Gemeinschaftskraftwerks Grohnde z. B. für EVA deckt auch die Belastungen durch extreme Wetterbedingungen ab.

Die gemäß BMU-Leitfaden durchgeführte PSA hat darüber hinaus ergeben, dass die extremen Wetterbedingungen beherrscht werden und kein nennenswerter Beitrag zur Kernschadenshäufigkeit zu erwarten ist.

4.1.1.4 Berücksichtigung der möglichen Überlagerungen von Wetterbedingungen

Grundsätzlich sind bei der Bauwerksauslegung des Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde neben den für die Einwirkungskombinationen gewöhnlicher und außergewöhnlicher naturbedingter Ereignisse die verschiedenen Teile der DIN 1055 (heute Überlagerungsvorschriften des europäisch harmonisierten Regelwerks DIN EN 1990 und DIN 1991) angewendet worden.

Kombinationen von extremen Wetterbedingungen wurden bei der Anlagenauslegung berücksichtigt.

4.1.1.5 Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen

Aufgrund der Auslegung auf der Basis konventioneller Baunormen und des kerntechnische Regelwerks sowie der Berücksichtigung wesentlich höherer abdeckender Lasten aus anderen externen naturbedingten (Erdbeben, Hochwasser) oder zivilisatorischen

Ereignissen (Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz) bei den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden sind mehr als ausreichend Auslegungsreserven vorhanden. Die Anlage ist gegen extreme Wetterbedingungen sehr robust ausgelegt.

4.2 Bewertung von Auslegungsreserven

4.2.1 Abschätzung von Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen

Extreme Wetterbedingungen sind grundsätzlich durch konventionelle Bau Normen und das kerntechnische Regelwerk berücksichtigt wobei bei den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden die Lasten aus anderen externen naturbedingten (Erdbeben, Hochwasser) oder zivilisatorischen Ereignissen (Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz) wesentlich höher und damit abdeckend sind. Somit sind mehr als ausreichend Auslegungsreserven vorhanden.

4.2.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen

Aufgrund der vorhandenen Auslegungsreserven sind keine Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen notwendig.

5 Ausfall der Stromversorgung und Ausfall der primären Wärmesenke

Mit der Bewertung der Auswirkungen des Ausfalls der Stromversorgung und der primären Wärmesenke im Rahmen des EU-Stresstests sollen Aussagen zur Robustheit der Kernkraftwerke gegen beliebige Ereignisse gewonnen werden. Hierzu wird unabhängig von einem auslösenden Ereignis sowie seiner Eintrittshäufigkeit ein Ausfall von Sicherheitsfunktionen unterstellt, um die vorhandenen Vorkehrungen im Auslegungsbereich und auslegungsüberschreitenden Bereich der Anlagen einschließlich interner Notfallenschutzmaßnahmen zu bewerten. Die unterstellten Ausfallszenarien sind dabei so gestaffelt, dass systematisch die Vorkehrungen in mehreren Sicherheitsebenen bewertet werden. Diese gestaffelte Betrachtung deckt damit implizit alle Arten von einleitenden Ereignissen ab, beispielsweise auch Ereignisse, die zu einer Verblockung des Nebenkühlwassers durch Fremdkörper (z. B. Schiffe, Ladungsteile, Heu o. ä.), einer Zerstörung des Nebenkühlwassersystems (z. B. durch Flugzeugabsturz o. ä.) oder einer Zerstörung/Ausfall der Netzanbindung bzw. der Notstromdiesel (z. B. durch großflächige Brände, Netzininstabilitäten, Flugzeugabsturz o. ä.) führen, wie dies von der ENSREG in Ihrer Erklärung vom 13.05.2011 gefordert wurde.

5.1 Ausfall der Stromversorgung

Allgemeine Beschreibung der Auslegung der Stromversorgung

Das Kernkraftwerk Grohnde verfügt über drei Netzanlüsse: den Hauptnetzanschluss (400 kV), den Reservenetzanschluss (110 kV) und den dritten erdverlegten Netzananschluss (30 kV).

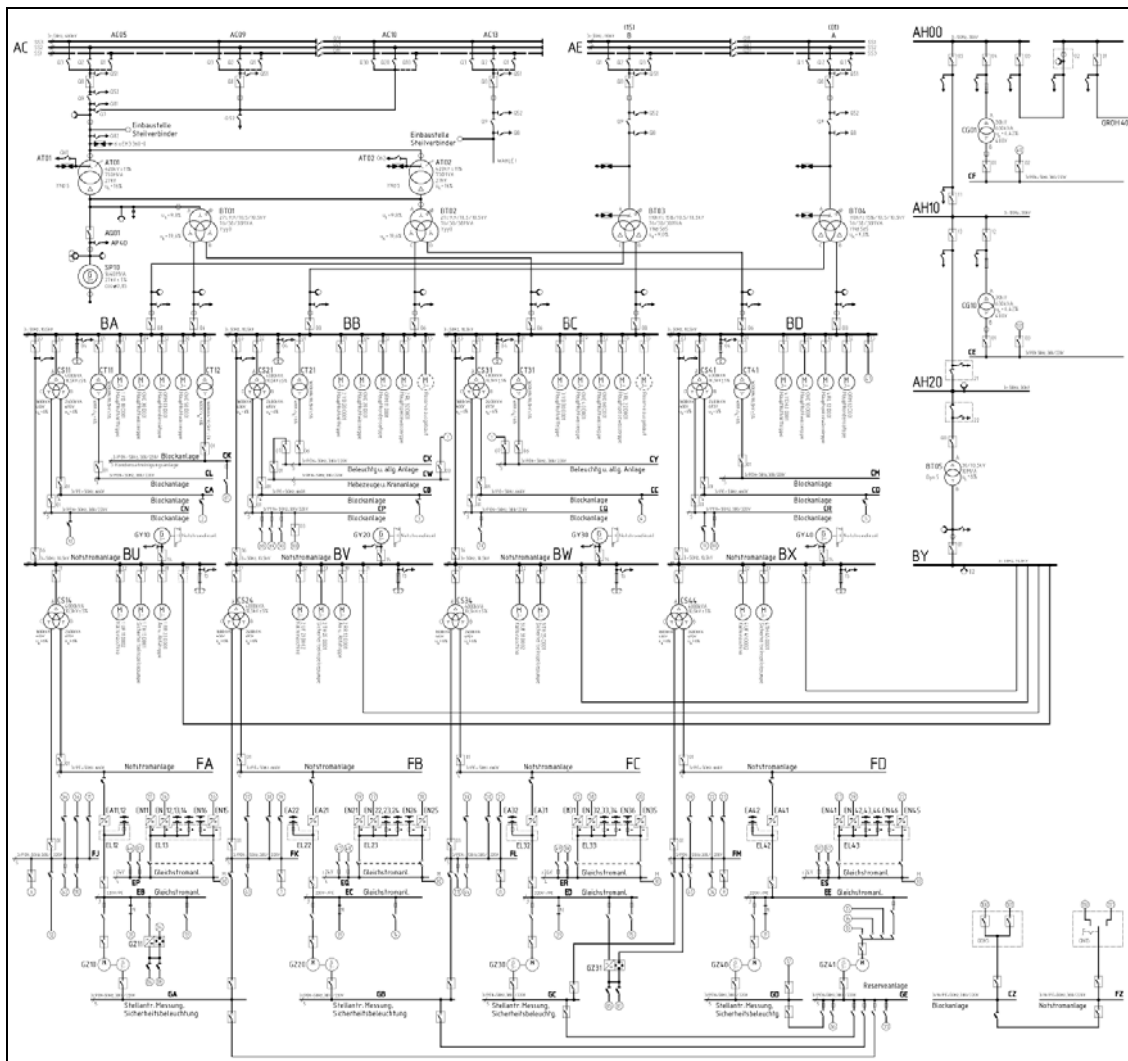


Abb. 5.1: E-Übersichtsplan KWG

Es stehen folgende Einrichtungen zur Verfügung:

- 2 Maschinentransformatoren zum Verbundnetz (400 kV)
- 2 Reservenetztransformatoren mit Anbindung an das 110 kV-Reservenetz
- Generator mit 2 Eigenbedarfstransformatoren (27/10 kV)
- 4 Notstromdiesel, NSDA1 (10 kV)

- 4 Notspeisenotstromdiesel, NSDA2 (380 V)
- 3. Netzeinspeisung (30 kV)
- mobiles Notstromdieselaggregat für die Versorgung einer Scheibe im NSDA2-Netz im Rahmen einer Notfallmaßnahme (380 V)

Darstellung der gestaffelten Energieversorgung

1. Versorgung aus dem Verbundnetz (400 kV-Hauptnetz)

2. Lastabwurf auf Eigenbedarf

Der Lastabwurf auf Eigenbedarf wird durch KWG beherrscht. Hierbei wird der 400 kV-Leistungsschalter geöffnet. Der 27 kV-Generatorschalter bleibt geschlossen. Es erfolgt keine Eigenbedarfsumschaltung, die Eigenbedarfsschienen werden weiterhin vom Generator mit Spannung versorgt (Inselbetrieb). Die Reaktor- und die Generatorleistung werden automatisch abgesenkt.

3. Umschaltung auf Reservenetz

Durch Störungen an der Haupteinspeisung oder an einem der Maschinen- oder Eigenbedarfstransformatoren wird der Blockschutz aktiviert. Der Blockschutz öffnet den 400kV-Netzschalter und die Anlagenleistung wird auf Eigenbedarfsleistung abgesenkt. Sollte der Lastabwurf auf Eigenbedarf nicht gelingen erfolgt ein Umschalten der EB-Einspeisung auf das Reservenetz. Die Umschaltung kann je nach Phasenlage in Kurzzeit (ohne Abschaltung von Verbrauchern) oder Langzeit (mit Abschaltung von betrieblichen Verbrauchern) erfolgen.

4. Notstromfall

Der Notstromfall wird durch Spannungsabfall oder Frequenzabfall für einen definierten Zeitraum an den Notstromschienen erkannt. Die Notstromdiesel NSDA1 werden automatisch gestartet und versorgen nach dem Hochlauf strangweise die vier Notstromredundanzen.

5. Notspeisenotstromfall – Ausfall NSDA1

Der Notspeisenotstromfall wird bei Unverfügbarkeit der Notstromdiesel durch

Spannungsabfall oder Frequenzabfall für einen definierten Zeitraum an den 380 V NSDA2-Netz-Schienen erkannt. Die Notspeisenotstromdiesel NSDA2 werden automatisch gestartet und versorgen nach dem Hochlauf strangweise die vier Notspeisenotstromredundanzen.

6. 3. Netzeinspeisung

Bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung und zusätzlichem Ausfall der vier NSDA1-Diesel und weiterem Ausfall der vier NSDA2-Diesel wird die Stromversorgung gemäß Notfallhandbuch aus dem 3. Netzanschluss hergestellt. Hierbei werden 2 Notstromschienen (NSDA1-Netz) sowie die dazugehörigen Notspeisenotstromschienen (NSDA2-Netz) und die Verbraucher der batterieversorgten Netze des NSDA1- und NSDA-2 Netzes sowie die gesicherten Drehstromschienen aller Redundanzen versorgt.

5.1.1 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss ⁶

5.1.1.1 Auslegung der Anlage

1. Im Falle eines Ausfalls der externen Stromversorgung aus dem Hauptnetz (LOOP: loss of offsite power) ist im ersten Schritt vorgesehen, die Anlage im Eigenbedarf mit dem Hauptgenerator zu versorgen. In diesem Zustand ist eine langfristige elektrische Versorgung des Eigenbedarfs sichergestellt. Gelingt dies nicht und ist das Reservenetz nicht verfügbar (LOOP), werden die NSDA1 automatisch vom Reaktorschutz gestartet. Der Betrieb ist aufgrund der (gemäß KTA3702 vorgeschriebenen) Kraftstoffreserven für mindestens 72 h Betrieb je Redundanz abgesichert.
2. Vier redundanz-zugeordnete Notstromdieselaggregate (NSDA1) mit Erdbebenauslegung stehen zur Verfügung, über die alle Komponenten versorgt werden,

⁶ Ausfall der gesamten externen Stromversorgung (Haupt- und Reservenetz) am Standort. Postulierter Ausfall der externen Stromversorgung für mehrere Tage. Der Standort kann für 72 Stunden nicht mit schwerem Material über Straßen, Schienen oder Wasserwege beliefert werden. Tragbare leichte Ausrüstung kann den Standort von anderen Orten nach den ersten 24 Stunden erreichen.

die für die Beherrschung aller Störfälle der Sicherheitsebene 3 erforderlich sind und der Schutzzeleinhaltung:

- Kontrolle der Reaktivität,
- Kühlung der Brennelemente,
- Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- Begrenzung der Strahlenexposition

dienen.

3. Bei Ausfall der NSDA1 wird gemäß der Definition der IAEA-TECDOC-332 der Zustand „Station Blackout“ erreicht. In diesem Zustand werden vier zusätzliche EVA-geschützte redundanz-zugeordnete Notspeisenotstromdieselaggregate (NSDA2) automatisch gestartet, über die diejenigen Komponenten versorgt werden, die die Schutzzeleinhaltung

- Kontrolle der Reaktivität,
- Kühlung der Brennelemente,
- Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- Begrenzung der Strahlenexposition

bei Einwirkungen von außen sicherstellen und ein Abfahren der Anlage in den Zustand unterkritisch kalt sowie die langfristige Kühlung des Reaktors und des BE-Beckens über die Notnackkühlketten ermöglichen.

4. Bei (postuliertem) Ausfall der NSDA1 und NSDA2 steht eine 3. verkabelte Netzanbindung zur Verfügung, die im Rahmen vorgesehener Notfallmaßnahmen aufgeschaltet werden kann (s. Kap. 5.1 Aufzählung Nr. 6).

5. Wird weiterhin postuliert, dass auch diese Versorgungsmöglichkeit nicht verfügbar ist, wird ein Zustand erreicht, in dem dann noch die Batteriekapazitäten für einen Mindestzeitraum von 2 h zur Verfügung stehen. Parallel sind Notfallmaßnahmen vorhanden, so dass unter Verwendung vorhandenen leichten Gerätes (z. B. Feuerlöschpumpen) die Nachwärmeabfuhr wiederhergestellt werden kann.

Die Notstromanlagen NSDA1 und NSDA2 sind hinsichtlich ihrer Funktion gemäß geltendem Regelwerk gegen Lasten aus Erdbeben ausgelegt. Unterstellte Folgeereignisse, die in kausalem Zusammenhang mit einem Erdbeben stehen können, sind ebenfalls Grundlage der Auslegung. Dies betrifft sowohl Hochwasser als auch Brände. Die Notstromdieselgebäude bzw. deren Zugänge sind geodätisch entsprechend hoch gelegen, die Aggregate in separaten Kammern angeordnet, um gegenseitige Beeinflussungen auszuschließen. Gleiches gilt auch für die Notspeisenotstromdiesel, die zusätzlich gegen Flugzeugabsturz gesichert und strangweise gebunkert aufgebaut sind.

Die Notspeisenotstromdiesel verfügen über je zwei Luftansaugöffnungen an gegenüberliegenden Gebäudeseiten. Damit ist auch ein Betrieb der Motoren bei einem Flächenbrand auf dem Kraftwerksgelände sichergestellt. Zusätzlich sind Notstrom- und Notspeisegebäude auf gegenüberliegenden Seiten des Reaktorgebäudes errichtet. Durch diese räumliche Trennung ist eine gleichzeitige Beeinflussung der NSDA1 und der NSDA2 nicht zu unterstellen.

Zur Absicherung eines lang andauernden Notstromfalls sind Vorkehrungen getroffen worden zur:

- ständigen Vorhaltung von Kraftstoff- bzw. Heizölmengen in auf der Anlage vorhandenen Behältern (Hilfskesseltanks) sowie Schmierstoffen
- dauerhaften Vorhaltung möglichst hoher Füllstände in den Behältern durch Nachtanken in kurzen Abständen (große abgesicherte Vorräte)
- Bereitstellung/Vorhaltung von Pumpen und Schläuchen

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

Bei einem erfolgreichen Lastabwurf auf Eigenbedarf ist eine dauerhafte Versorgung sichergestellt.

Gelingt der Lastabwurf auf Eigenbedarf nicht, ergibt sich die zeitliche Begrenzung durch die Kraftstoffvorräte der Notstromdiesel- (NSDA1) und Notspeisenotstromdiesel (NSDA2). Der Betrieb der NSDA1 ist für mindestens 72 h je Redundanz ohne Handlungsmaßnahmen abgesichert. Tatsächlich ergeben sich längere Betriebszeiten, da für die Bemessung der Kraftstoffvorräte die maximale Belastung der Notstromdiesel unterstellt wurde, die im Anforderungsfall nicht eintreten (z. B. Doppeleinspeisungen für Batterienetze).

Die Anforderungen an den Betrieb der Notstromdieselaggregate und der damit verbundenen Betriebsmittelvorhaltung sind in der KTA 3702 geregelt und im KWG realisiert.

1. Kraftstoffvorrat NSDA1

Die KTA 3702 fordert einen Kraftstoff- und Ölvorrat, der einen Betrieb der NSDA1 von mindestens 72 h garantiert. Die hierfür erforderlichen Kraftstoffvorräte sind im KWG in jeder Redundanz einzeln bevorratet. Der 72h Vorrat wird kontinuierlich überwacht und eine Unterschreitung auf der Warte gemeldet. Damit wird ein rechtzeitiges Nachtanken sichergestellt.

2. Schmierölvorrat NSDA1

Die Dieselaggregate sind so ausgelegt, dass der Schmierölverbrauch über das Volumen der Ölwannen für einen 10h-Betrieb sicher abgedeckt wird. Ein ggf. erforderliches Nachfüllen erfolgt über eine automatische Schmierölergänzung aus einem 650 l-Vorratstank. Erforderliche Schmierölnachfüllmengen sind somit mindestens für einen 72 h-Betrieb vorgehalten. Darüber hinaus werden je Redundanz weitere 200 Liter Schmieröl gelagert.

3. Kraftstoffvorrat NSDA2

Die Kraftstoffvorräte für den Betrieb der NSDA2 für mindestens 24 h werden je Strang im Notspeisegebäude getrennt gelagert.

4. Schmierölvorrat NSDA2

Der Ölvorrat eines Notspeisenotstromdiesels NSDA2 wird in der Ölwanne vorgehalten. Durch den Ölwanneninhalt wird eine Autarkie von 24h sichergestellt.

Im Anforderungsfall werden die zusätzlich im Notspeisegebäude gelagerten Schmierölvorräte genutzt.

5. Kühlwasser NSDA1+2

Beim internen, geschlossenen Motorkühlwasserkreislauf der NSDA liegt kein Verbrauch vor, kann aber durch jedes beliebige nicht verunreinigte Wasser ergänzt werden. Für die Rückkühlung der Notstromdiesel NSDA1 müssen der zugeordnete Nebenkühlwasserstrang und der gesicherte Zwischenkühlkreis zur Verfügung stehen. Die Kühlung der Notspeisenotstromdiesel NSDA2 wird über die gesicherten Deionatvorräte sichergestellt, die abhängig vom Deionatverbrauch und von der Temperaturentwicklung im Deionatbecken ergänzt werden. Die erforderlichen Maßnahmen sind im Betriebshandbuch dargestellt.

a. Weitergehende Maßnahmen bei intakter Infrastruktur

Für die Notstromdieselaggregate (NSDA) sind entsprechend den Anforderungen der Regel KTA 3702 Kraftstoff- und Schmierölvorräte auf der Anlage für einen 72 h-Betrieb vorgehalten. Grundsätzlich besteht die Anforderung bei Unterschreitung des minimal abzusichernden Füllstandes im Vorratsbehälter entsprechend den Vorgaben im Betriebshandbuch Maßnahmen zur Ergänzung der Kraftstoffvorräte einzuleiten.

Diese Handmaßnahmen implizieren auch die Ergänzungsbeschaffung von Betriebsmitteln. Damit werden deutlich vor Ablauf der zu garantierenden Betriebsdauer von 72 h die entsprechenden Anforderungen an die zuverlässigen Standard-Lieferanten herausgegeben. Mit den Lieferanten für Schmieröl und Kraftstoff wurden entsprechende ver-

tragliche Regelungen getroffen, die es ermöglichen, kurzfristig die Versorgung der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel abzusichern.

Je nach Dauer des erforderlichen Notstrombetriebes werden diese Anforderungen zyklisch wiederholt, so dass sich daraus keine Begrenzungen des Aggregatebetriebes ergeben.

b. Weitergehende Maßnahmen bei beeinträchtigter Infrastruktur

Zur Unterstützung des entsprechenden Zugangs zu den Anlagenteilen, auch für externe Lieferanten, müssen zu den unter 1. aufgeführten Maßnahmen ergänzend Hilfsorganisationen aus der Krisenstabsorganisation (THW, KHG etc.) angefordert werden, um notwendige Transportmittel (Raupenfahrzeuge, geländegängige Fahrzeuge) und Räumgeräte zur Verfügung zu stellen. Die bestehenden Karenzzeiten (72 Stunden) sind gemessen an den vorgenannten Aktionszeiten ausreichend, um mit schwerem Gerät die erforderlichen Zugänge herzustellen.

Die Notstromanlagen sind gemäß geltendem Regelwerk gegen Lasten aus Erdbeben auf Funktion bei Erdbeben ausgelegt. Unterstellte Folgeereignisse, die in kausalem Zusammenhang mit einem Erdbeben stehen können, sind ebenfalls berücksichtigt. Dies betrifft sowohl Hochwasser als auch Brände auf dem Gelände. Die Notstromdieselgebäude und deren Zugänge sind geodätisch entsprechend hoch gelegen, die Aggregate in separaten Kammern angeordnet, um gegenseitige Beeinflussungen auszuschließen. Gleiches gilt auch für die Notspeisenotstromanlagen, die gegen Flugzeugabsturz gesichert und gebunkert sind.

Der Dieselbetrieb ist auch bei Auftreten von Rauchgasen über die Verbrennungsluftzufuhr nicht beeinträchtigt, sofern sich der Brand zumindest wenige Meter von den Lüftungslamellen entfernt befindet.

Zur Absicherung eines lang andauernden Notstromfalls sind Vorkehrungen getroffen worden zur:

- ständigen Vorhaltung von Kraftstoff in den Hilfskesseltanks

- dauerhaften Vorhaltung möglichst hoher Füllstände in den Behältern durch Nachtanken in kurzen Abständen (große abgesicherte Vorräte)
- Bereitstellung/Vorhaltung von mobilen Pumpen und Schläuchen
- Bereitstellung/Vorhaltung von Löschsystemen, Bekämpfungseinrichtungen (Feuerwehr), wobei die vorhandenen Dieselbetriebsmittel ausreichen (siehe Ausführungen in den vorlaufenden Kapiteln) um auch lang andauernde Brandbekämpfungen zu überbrücken.

Maßnahmen / Regelungen für externe Beschaffung:

Auf dem Kraftwerksgelände des KWG befinden sich vier NSDA1 sowie weitere vier NSDA2. Die Auslegung dieser Systeme beträgt jeweils 4 x 50 %. Bei Zugrundelegung realistischer Störfallszenarien, die durch Störungen der Stromversorgung ausgelöst werden können, ist die Einhaltung aller Schutzziele mit je einem 50 %-Teilsystem sichergestellt. Somit ist es zur Schutzzieleinhaltung nicht zwingend erforderlich, ein im Anforderungsfall ausgefallenes Dieselaggregat kurzfristig instand zu setzen. Zur Reparatur einzelner Dieselaggregate sind dennoch Reserveteile für wichtige Komponenten auf der Anlage verfügbar. Sofern Reserveteile nicht am Standort verfügbar sind, können diese vom Hersteller beschafft werden. Hierfür und zur Mobilisierung von Technikern und Monteuren des Herstellers der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel besteht eine vertraglich abgesicherte 24 h-Rufbereitschaft.

Bei Ausfall eines Notstrommotors oder eines Notspeisenotstromdieselmotors können diese gegen bei MTU vorgehaltenen Poolmotoren ausgetauscht werden. Der Austausch ist innerhalb von 5 Tagen möglich.

Angefordertes Eigenpersonal ist aufgrund ausreichender räumlicher Nähe kurzfristig auf der Anlage verfügbar. Im Falle eingeschränkter Zugänglichkeit können diese Personen durch Krisenhilfskräfte (THW, KHG, etc.) unterstützt werden.

Mit den Lieferanten für Schmieröl und Kraftstoff wurden vertragliche Regelungen getroffen, die es ermöglichen, kurzfristig die Versorgung der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel abzusichern.

Randbedingungen:

Für die Anlieferung von Ersatzteilen, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie für die Anreise von Personal (Eigen- und Fremdpersonal) muss die Zufahrt zum Kraftwerksstandort gegeben sein (zwei Straßenzuwegungen). Eine alternative Anlieferung / Anreise per Hubschrauber ist möglich. Ein Hubschrauberlandeplatz und ein Schiffsanleger sind vorhanden. Auf Basis der auf der Anlage KWG getroffenen Vorkehrungen und der damit verbundenen erst langfristig erforderlichen externen Unterstützung ist die Anlage KWG sehr robust ausgelegt gegen einen lang andauernden Notstromfall. Dies gilt auch für einen postulierten „Station Blackout“ entsprechend der IAEA-Definition, da hier ergänzend die vier Notspeisenotstromanlagen zur Verfügung stehen.

5.1.2 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle

5.1.2.1 Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption

Fällt die Notstromdieselanlage (4 x NSDA1) aus, wird das NSDA2-Netz von den 4 x 50 % Notspeiseaggregaten (NSDA 2) mit gesicherten Kraftstoffvorräten für einen Betrieb von >24 h vollständig versorgt. Bereits mit zwei NSDA2 steht ausreichend Energie für die erforderlichen Systeme zur Einhaltung der Schutzziele zur Verfügung. Nach 24h sind Handmaßnahmen zur Nachbetankung erforderlich. Dazu stehen auf der Anlage in den Heizölvorratsbehältern ausreichende Mengen für einen Betrieb von > 72 h zur Verfügung. Bzgl. Schmieröls muss, wie unter 5.1.1.2 dargestellt, verfahren werden. Die Kühlwasserversorgung wird über das gesicherte Deionatbecken sichergestellt. Für den langfristigen Betrieb des NSDA2-Netzes ist eine Nachspeisung von Wasser ins Notspeisegebäude über Tankwagen oder mobile Pumpen erforderlich und im Betriebsbuch geregelt. Unabhängig vom Betrieb der NSDA2 Diesel bleiben die Batteriekapazitäten des NSDA1-Netzes für mind. 2h bestehen.

Mit verfügbaren NSDA2 Dieseln ist sowohl die Spannungsversorgung als auch die sekundärseitige Bespeisung über die Notspeisepumpen und die damit verbundene Wärmeabfuhr dauerhaft gegeben. Die Abfuhr der Nachzerfallsleistung ist langfristig sicher-

gestellt. Kern- bzw. BE-Schäden sind auch bei nicht verfügbaren Notstromdieseln des NSDA1-Netzes ausgeschlossen. Ebenso ist die BE-Beckenkühlung sichergestellt.

5.1.2.2 Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung

Die Batteriekapazitäten des NSDA1-Netzes sind zur Einhaltung der Schutzziele in dem unterstellten Fall nicht erforderlich. Die Batteriekapazitäten des NSDA2-Netzes werden über die in Betrieb befindlichen 4-fach redundanten Notspeisenotstromdiesel NSDA2 gestützt. Eine Entladung findet nicht statt.

Zur Sicherung der Gleichspannungsversorgung für anlageninterne Notfallschutzmaßnahmen ist gemäß RSK-Empfehlung, die Entladezeit der Batterien im Notstromsystem so zu bemessen, dass die Verbraucher mindestens 2 h nur aus den Batterien versorgt werden können. Jede Scheibe des Batteriesystems deckt die benötigte elektrische Leistung zur Versorgung der batteriegestützten sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher eines Stranges ab.

Grundlage war bei allen Batterien der Komplettausfall der Gleichrichter ohne Versorgung durch Notstromerzeuger aus dem Notstromsystem NSDA 1.

Aufgrund dieser konservativen Betrachtung und unter Berücksichtigung, dass der tatsächliche Strangbedarf kleiner ist als der in den Bilanzen ermittelte und dass alle Batterien eine Überkapazität haben, kann im Anforderungsfall davon ausgegangen werden, dass sowohl die 4-fach redundanten 220 V als auch die 4-fach redundanten 24 V Batterien bis zum Erreichen der zulässigen Mindestspannung für die Verbraucher eine Anforderungsdauer von größer 3h gewährleisten.

Durch die Einhaltung der Mindestspannung wird eine Beschädigung der Batterien durch Tiefenentladung verhindert. Die Batterien können damit bei Wiederversorgung der zugehörigen Gleichrichter kurzfristig wieder aufgeladen werden.

Gemäß der RSK-Empfehlung wurde für KWG der Nachweis für die 24 V- und 220 V-Batterien des NSDA1-Netzes erbracht, dass die Batterien mindestens 2-3 h verfügbar sind. Durch Pufferung der 4-fach redundanten 24 V Batterien des Notspeisesystems über die Notspeisenotstromdiesel (NSDA2) ergibt sich eine Versorgungsdauer von

mehreren Wochen, da Betriebsstoffmengen für einen langfristigen Betrieb der NSDA2 auf der Anlage vorhanden sind.

5.1.3 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle und Ausfall anderer diversitärer Einrichtungen zur Drehstromversorgung

Bei (postuliertem) Ausfall der NSDA1 und NSDA2 steht eine 3. Netzanbindung zur Verfügung, die im Rahmen vorgesehener Notfallmaßnahmen mit hinterlegten Prozeduren im Notfallhandbuch aufgeschaltet werden kann, um die Nachwärmeabfuhr aufrecht zu erhalten.

Wird weiterhin postuliert, dass auch diese Versorgungsmöglichkeit nicht verfügbar ist, wird ein Zustand erreicht, in dem dann noch die Batteriekapazitäten für einen Mindestzeitraum von 2 h zur Verfügung stehen. Parallel sind Notfallmaßnahmen vorhanden, so dass unter Verwendung vorhandenen leichten Gerätes die Nachwärmeabfuhr wiederhergestellt werden kann.

5.1.3.1 Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung

Zur Sicherung der Gleichspannungsversorgung für anlageninterne Notfallschutzmaßnahmen ist gemäß RSK-Empfehlung, die Entladezeit der Batterien im Notstromsystem so zu bemessen, dass die Verbraucher mindestens 2 h nur aus den Batterien versorgt werden können. Jede der 8 Scheiben des Batteriesystems deckt die benötigte elektrische Leistung zur Versorgung der batteriegestützten sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher eines Stranges ab.

Auslegungsgrundlage war bei allen Batterien der Komplettausfall der Gleichrichter ohne Versorgung durch die entsprechenden Notstromerzeuger (NSDA1 bzw. NSDA2).

Aufgrund dieser konservativen Betrachtung und unter Berücksichtigung, dass der tatsächliche Strangbedarf kleiner ist als der in den Bilanzen ermittelte und dass alle Batterien eine Überkapazität haben, ist im Anforderungsfall sichergestellt, dass sowohl die 4-fach redundanten 220 V als auch die 4-fach redundanten 24 V Batterien des Not-

stromnetzes (NSDA1) und die 4-fach redundanten 24 V Batterien des Notspeisenetzes (NSDA2) bis zum Erreichen der zulässigen Mindestspannung für die Verbraucher eine Anforderungsdauer von größer 2 h gewährleisten.

Durch die Einhaltung der Mindestspannung wird eine Beschädigung der Batterien durch Tiefenentladung verhindert. Die Batterien können damit bei Wiederversorgung der zugehörigen Gleichrichter kurzfristig wieder aufgeladen werden.

Gemäß der RSK-Empfehlung wurde für KWG der Nachweis für die 24 V- und 220 V-Batterien erbracht, dass die Batterien mindestens 2-3 h verfügbar sind.

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

Bei einem Ausfall der externen Netzversorgung (Haupt- und Reservenetz), der NSDA1 und NSDA2 steht eine 3. Netzanbindung zur Verfügung, die im Rahmen einer im Notfallhandbuch vorgesehenen Maßnahme aufgeschaltet werden kann, um die Nachwärmeabfuhr aufrecht zu erhalten. Alle für die 3. Netzanbindung erforderlichen elektrischen Verbindungen sind fest installiert.

Neben den im Folgenden beschriebenen Notfallmaßnahmen und den Maßnahmen zur Wiederherstellung der Notstromerzeuger NSDA1 und Notspeisenotstromerzeuger NSDA2 wird zusätzlich mit dem Versorgungsnetzbetreiber die aktuelle Versorgungssituation kommuniziert. Die kurzfristige (< 2 Stunden) Spannungsversorgung durch den Netzbetreiber wird eingefordert. Hierzu hat der Netzbetreiber Vorkehrungen im Rahmen seines Netzwiederaufbaukonzeptes getroffen.

Wird weiterhin postuliert, dass auch diese Versorgungsmöglichkeit nicht verfügbar ist, wird ein Zustand erreicht, in dem dann noch die Batteriekapazitäten für einen Mindestzeitraum von 2 h zur Verfügung stehen.

Gelingt die Durchschaltung der 3.Netzeinspeisung nicht, erfolgt gemäß Notfallhandbuch die Inbetriebnahme des mobilen Diesels mit dem eine Notnackkühlkette versorgt werden kann. Parallel sind Notfallmaßnahmen vorgesehen, so dass unter Verwendung mobiler Pumpen die Nachwärmeabfuhr sichergestellt wird (s. hierzu Kap. 6.1.3.7.

Die Randbedingungen (Personalbedarf/systemtechnische Voraussetzungen und ggf. Nachalarmierung von Einsatzpersonal) sind im jeweiligen Notfallhandbuch-Kapitel genannt. Das Einleitungskriterium für das Zuschalten der 3. Netzeinspeisung ist die Unverfügbarkeit der Eigenbedarfs-Versorgung einschließlich der Notstromdiesel und der Notspeisenotstromdiesel nach Ablauf der Überwachungszeit. Bei Gelingen des Zuschaltens der 3. Netzeinspeisung sind keine weiteren Notfallmaßnahmen erforderlich.

Nahegelegene Kraftwerke

Das KWG verfügt über drei Netzanschlüsse, den Hauptnetzanschluss (400 kV), den Reservenetzanschluss (110 kV) und den dritten erdverlegten Netzanschluss (30 kV). Im Falle eines Ausfalls großflächigen Netzausfalls sowie eines Ausfalls der vier NSDA1 und der vier NSDA2 ist die Wiederherstellung der externen Versorgung mit dem Übertragungsnetzbetreiber vertraglich geregelt. Dabei ist es das Ziel des Übertragungsnetzbetreibers, vorrangig die Versorgung der Kernkraftwerke innerhalb von 1-2 h zu realisieren. Dazu stehen dem Übertragungsnetzbetreiber je nach Störungsart im Netz die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung. Versorgung des Kernkraftwerkes:

- von stabilen Netzeinseln
- von Kraftwerken, die sich im Eigenbedarf gefangen haben
- über Nachbar-Übertragungsnetzbetreiber
- über schwarzstartfähige Einheiten

5.1.3.3 Erforderliches Schicht- oder Fachpersonal für elektrischen Anschluss

Personal und Zeitbedarf

Die in den Notfallprozeduren hinterlegten Maßnahmen beinhalten integral die Anforderungen an die zur Durchführung notwendige Personalstärke sowie den dafür benötigten Zeitbedarf. Dabei sind die Maßnahmen so gestaltet, dass das jederzeit auf der Anlage vorhandene Personal dazu ausreichend ist.

Der 3. Netzanschluss ist bereits ausgeführt und muss nicht erst im Anforderungsfall hergestellt werden. Die Zuschaltung erfolgt von Hand.

Der mobile Notstromdiesel befindet sich auf der Anlage, so dass eine Umschaltung kurzfristig möglich ist. Alle Anschlusspunkte sind vorinstalliert.

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

Mit den im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen ist die Kernkühlung auch ohne Drehstromversorgung (s. a. Kap. 6.1.3.7 und 6.2.1) dauerhaft gewährleistet.

Der im Kap. 5.1.3 unterstellte Anlagenzustand wird aufgrund der vertraglich vereinbarten Wiederversorgung über das Versorgungsnetz bislang für eine Dauer von 2 h postuliert. Dieses wurde bereits in dem Abschlußbericht über die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung der Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland durch die RSK/GRS von 1988 dargestellt und überprüft.

Über den mobilen Diesel werden zusätzlich die Funktionen zur Überwachung des Anlagenzustandes aufrechterhalten sowie die Beckenkühlung sichergestellt.

5.1.3.5 Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust der Stromversorgung

Aufgrund der bestehenden Auslegung der Anlage durch eine gestaffelte Energieversorgung (Kapitel 5.1) und mehrfach redundante Notstrom- (NSDA1) und Notspeisenotstromdiesel (NSDA2) besteht ein sehr hoher Schutz gegen den Verlust der Stromversorgung.

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

Auf Basis der vorgenannten Gesamtheit der Maßnahmen zur Sicherstellung eines dauerhaften NSDA-Betriebes, ergänzender Bereitstellung und Vorhaltung von Geräten

bei postuliertem Ausfall aller NSDA und den vorgesehenen Notfallmaßnahmen zur dauerhaften Nachwärmeabfuhr sind keine Anlagenzustände erkennbar, aus denen sich weitere zusätzliche Maßnahmen ableiten lassen.

5.2 Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser

Die in der Anlage zur Verfügung stehenden Wärmesenken (zunächst ohne die Möglichkeiten der primär- bzw. sekundärseitigen Druckentlastung) werden über das Haupt- oder Nebenkühlwassersystem gekühlt. Während das Hauptkühlwasser der Kühlung der Hauptwärmesenke (sekundärseitig über die Kondensatoren) dient, wird die über die Zwischenkühlsysteme aufgenommene Wärme des Primärkreislaufes und des Brennelement-Lagerbeckens an das Nebenkühlwasser abgegeben.

5.2.1 Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung

Das Haupt- und Nebenkühlwasser wird der Weser gemeinsam entnommen und dem Rechenbauwerk mit dem Grobrechen zugeführt. Um auch bei Auftreten von Sulzeis die Nebenkühlwasserversorgung zu gewährleisten, sind die äußeren Rechenfelder beheizbar ausgeführt. Hinter dem Rechenbauwerk wird das Nebenkühlwasser in zwei geschlossenen Betonkanälen getrennt vom Hauptkühlwasser über die mechanischen Kühlwasserreinigungsanlagen zu den beiden Nebenkühlwasserpumpenbauwerken geleitet. Die Vorkammern der Nebenkühlwasserpumpenbauwerke und die Querkammer vor den Hauptkühlwasserpumpen können durch Querverbindungsschieber miteinander verbunden werden.

Die gesicherte Nebenkühlwasserversorgung besteht aus redundanten 4 x 50 % Strängen. Die Funktionsfähigkeit von mindestens zwei Strängen auch nach EVA, ist durch die Auslegung der Nebenkühlwasserpumpenbauwerke und der Systemkomponenten bzw. durch deren räumliche Trennung gegeben. Die Nebenkühlwasserpumpen sind an das NSDA1 Notstromnetz angebunden. Bei Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung erfolgt die Umschaltung auf die Not-Nebenkühlwasserversorgung durch die redundanten 2 x 100 % Pumpen. Die Funktionsfähigkeit von mindestens einem Strang auch

nach EVA, ist durch die Auslegung der Nebenkühlwasserpumpenbauwerke und der Systemkomponenten bzw. durch deren räumliche Trennung gegeben. Die Not-Nebenkühlwasserpumpen sind an das NSDA2 Notstromnetz angebunden.

In den zwei Pumpenbauwerken sind jeweils zwei gesicherte Nebenkühlwasserpumpen sowie eine Notnebenkühlwasserpumpe in durch Zwischenwände getrennten Pumpenkammern aufgestellt. Die Vorläufe der vier gesicherten Nebenkühlwasserstränge sind unvermascht. Die Notnebenkühlwasserpumpen binden in der jeweiligen Pumpenkammer in die Vorlaufleitung des nuklearen Zwischenkühlers ein. Die Rücklaufstränge von jeweils 2 benachbarten Redundanzen werden im Gelände jeweils zu einer gemeinsamen Rücklaufleitung zusammengefasst. Die gemeinsamen Rücklaufleitungen münden in das Nebenkühlwassersammelbecken. Von dort wird das Kühlwasser über Rückgabekanal, Absturzbauwerk und Rückgabebauwerk in die Weser zurück geleitet.

An die Vorkammer eines Pumpenbauwerks schließt der Reservepumpenschacht an, in dem die Reservewasserpumpen des Reservewassersystems aufgestellt sind. Die Reservewasserpumpen sind als Unterwassermotorpumpen ausgeführt. Die Druckleitung des Systems bindet im Nebenkühlwasserarmatureschacht in die Vorlaufleitung des nuklearen Zwischenkühlers ein. Bei Ausfall der gesicherten Nebenkühlwasserpumpen und der Notnebenkühlwasserpumpen kann der Schacht geflutet werden um die Kühlwasserversorgung über das VG-Reservewassersystem zu gewährleisten. Die Reservewasserpumpen werden über das NSDA2-Netz versorgt.

Notfallmaßnahmen

Zur Beherrschung eines Ausfalls der kompletten Nebenkühlwasserversorgung sind neben der Wärmeabfuhr durch sekundärseitiges Abblasen über Dach folgende Notfallmaßnahmen gemäß Notfallhandbuch vorhanden:

- Kreislaufbetrieb des Nebenkühlwassersystems unter Nutzung der Wasservorräte in den Kammern und Leitungen des Hauptkühlwassersystems
- Ersatz des gesicherten Nebenkühlwassersystems durch mobile Einspeisung
- Ersatz des nuklearen Zwischenkühlwassers durch mobile Einspeisung
- Kühlung der Notstromdiesel NSDA1 mit mobiler Einspeisung

5.2.2 Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers

5.2.2.1 Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke

Bei Ausfall sowohl der Nebenkühlwasser- als auch der Not-Nebenkühlwasserversorgung steht als alternative Wärmesenke für den Primärkreis das sekundärseitige Abblasen über Dach zur Verfügung. Die dafür notwendigen Einrichtungen (Dampferzeuger, Frischdampfabblesestation, Notspeisesystem) sind unabhängig vom Nebenkühlwassersystem, 4-fach redundant aufgebaut und gegen EVA-Störfälle ausgelegt. Dabei sind die Szenarien „Ausfall während Leistungsbetriebs“ und „Ausfall während Nichtleistungsbetriebs“ zu unterscheiden, die sich wiederum durch die Verfügbarkeit der Stromversorgungsquellen differenzieren:

Ausfall während Leistungsbetrieb

1. Spannungsversorgung der Anlage über luftgekühlten Fremdnetztrafo aus dem 110 kV-Netz, Bespeisung der Dampferzeuger über deionatgekühlte An- und Abfahrpumpen, Wärmeabfuhr über FD-Abblasestationen, weitere Deionatproduktion möglich. Karenzzeit unbegrenzt.
2. Bei Ausfall des 110 kV-Netzes:
Spannungsversorgung über vier 10 kV-Notstromdiesel, Bespeisung der Dampferzeuger über deionatgekühlte An- und Abfahrpumpen, Wärmeabfuhr über FD-Abblasestation, Ergänzung der Speisewasservorräte aus den gesicherten Vorräten der Vollentsalzungsanlage, dem Trinkwassersystem oder dem Feuerlöschsystem. Ergänzung des Treibstoffes als Notfallmaßnahmen für die 10 kV-Notstromdiesel über das Heizöltanklager. Autarker Betrieb auslegungsgemäß mindestens 72 Stunden und unter Berücksichtigung von Notfallmaßnahmen > 10 Tage. Die Kühlwasserversorgung der Notstromdiesel wird bei Ausfall des gesicherten Nebenkühlwassers über die Notfallmaßnahme „Kühlung der Notstromdiesel NSDA1 mit mobiler Einspeisung“ gemäß NHB gewährleistet. Zur Vermeidung von Kernschäden bei Ausfall des NKW ist das NSDA1 Notstromnetz nicht erforderlich, die Karenzzeiten für Kernschäden ergeben sich daher aus den Betrachtungen zum Ausfall des NSDA2-Netzes (siehe Punkt 3).

3. Bei zusätzlichem Ausfall der vier 10 kV-Notstromdiesel:
Spannungsversorgung 380 V über vier Notspeisenotstromdiesel, Bespeisung der Dampferzeuger über Notspeisepumpen, Wärmeabfuhr über FD-Abblasestation, Ergänzung der Notspeisewasservorräte aus Tankwagen oder mittels mobiler Pumpen entsprechend Betriebshandbuch. Durch Nachfüllen von Treibstoff und Wasser ist ein langfristiger Betrieb sichergestellt.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass bei Ausfall des Nebenkühlwassers die Bespeisung der Dampferzeuger mit dem 4-fach redundanten EVA-gesicherten Notspeisesystem sichergestellt ist, das unabhängig von der Hauptwärmesenke und damit dem Nebenkühlwasser ist. Ein funktionsfähiger Dampferzeuger ist ausreichend, um die Nachzerfallwärme sicher abzuführen. Da auch ausreichende Wasservorräte (Deionat-Behälter, Feuerlöschsystem, Trinkwassersystem, Kühlturmtasse) vorhanden sind, ist eine langfristige Sicherstellung der Wärmeabfuhr ohne externe Unterstützung gewährleistet.

Ausfall während Nichtleistungsbetrieb

1. Geschlossener Primärkreis:
Bei geschlossenem Primärkreis ist parallel zum Nachkühlbetrieb immer mindestens ein Dampferzeuger betriebsbereit. Damit sind alle Maßnahmen mit den genannten Karenzzeiten anwendbar, die für den Leistungsbetrieb gelten (siehe Punkte 1-3).
2. RDB-Deckel nicht verspannt bzw. offener Primärkreis
In diesem Zustand kann sich kein wesentlicher Überdruck mehr im RDB aufbauen, so dass die Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger nicht mehr möglich ist. Daher erfolgt gemäß BHB die Flutung des RDB und des Abstellraumes mittels Nach- bzw. Beckenkühlpumpen, falls diese unverfügbar sind mittels Druckspeicher, Volumenregelsystem und/oder Zusatzboriersystem. Im Anschluss erfolgt gemäß Notfallhandbuch über die Notfallmaßnahmen
 - Ersatz des nuklearen Zwischenkühlwassers durch mobile Einspeisungund/oder

- Ersatz des gesicherten Nebenkühlwassersystems durch mobile Einspeisung

und/oder

- Kreislaufbetrieb des Nebenkühlwassersystems unter Nutzung der Wasservorräte in den Kammern und Leitungen des Hauptkühlwassersystems

die Wiederaufnahme der Kreislaufkühlung.

Hierbei kann die Notfallmaßnahme „Kreislaufbetrieb des Nebenkühlwassersystems unter Nutzung der Wasservorräte in den Kammern und Leitungen des Hauptkühlwassersystems“ ohne externe Unterstützung durchgeführt werden.

Die Karenzzeiten zur Wiederaufnahme der Kreislaufkühlung ergeben sich aus der Nachzerfallsleistung und dem Wasserinventar über dem Reaktor. Bei einer Wärmeleistung von 22 MW ergibt sich aufgrund des vorhandenen Wasservorrates von ca. 1365 m³ ein Zeitraum von ca. 46 h, bis der Füllstand durch Verdampfung auf Oberkante der Brennelemente abgefallen ist. Brennelementschäden sind erst nach weiterem Füllstandsabfall im RDB zu erwarten.

Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken

Das Lagerbecken ist so dimensioniert, dass nach Ausfall der Beckenkühlung bei einer Nachzerfallsleistung von ca. 5,3 MW (abdeckend für die Nachzerfallsleistung der im Becken befindlichen Entlademengen) innerhalb von 10 h keine unzulässigen Temperaturen erreicht werden. Sollte auch längerfristig keine Kreislaufkühlung des Beckens zur Verfügung stehen, kann eine Wärmeabfuhr der Brennelemente durch Nachspeisen und Verdampfen von Flutbehälterinventar und/oder Deionat erfolgen. Dazu wird Flutbehälterwasser in das BE-Becken gepumpt.

Das BE-Lagerbecken gewährleistet im bestimmungsgemäßen Betrieb konstruktiv die Unterkritikalität der eingelagerten Brennelemente auch ohne Borsäure im Beckenwasser, so dass alternativ eine Deionateinspeisung gemäß Notfallhandbuch möglich ist.

Im Anschluss erfolgt gemäß NHB über die Notfallmaßnahmen

- Ersatz des nuklearen Zwischenkühlwassers durch mobile Einspeisung

und/oder

- Ersatz des gesicherten Nebenkühlwassersystems durch mobile Einspeisung

und/oder

- Kreislaufbetrieb des Nebenkühlwassersystems unter Nutzung der Wasservorräte in den Kammern und Leitungen des Hauptkühlwassersystems

die Wiederaufnahme der Kreislaufkühlung.

Ohne externe Unterstützung kann hierbei die Notfallmaßnahme „Kreislaufbetrieb des Nebenkühlwassersystems unter Nutzung der Wasservorräte in den Kammern und Leitungen des Hauptkühlwassersystems“ durchgeführt werden.

Die Karenzzeit zur Wiederaufnahme der Kreislaufkühlung ergibt sich aus dem Wasserinventar und der abzuführenden Wärmeleistung von 5,3 MW aus dem BE-Lagerbecken (abdeckend für die Nachzerfallsleistung der im Becken befindlichen Entlademengen). In diesem Fall dauert es aufgrund des vorhandenen Wasservorrates über den Brennelementen über 100 h, bis der Füllstand im BE-Lagerbecken von Normalfüllstand auf Oberkante der Brennelemente abgefallen ist. Brennelementschäden sind erst nach weiterem Füllstandsabfall im BE-Becken zu erwarten.

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

Wie bereits oben beschrieben wird der Ausfall des gesicherten Nebenkühlwassers auslegungsgemäß durch das Notspeisesystem und die NSDA2 kompensiert. Durch einzuleitende Maßnahmen gemäß Betriebs- und Notfallhandbuch kann das Zeitfenster beliebig verlängert werden.

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

Der Ausfall der primären und alternativen Wärmesenke bedeutet für KWG den Ausfall sowohl der Nebenkühlwasser-, Not-Nebenkühlwasser- und Reservewasserversorgung als auch der alternativen Wärmesenke für den Primärkreis (Bespeisen der Dampferzeuger und sekundärseitiges Abblasen über Dach). Die für das Bespeisen und Abblasen notwendigen Einrichtungen (Dampferzeuger, Frischdampfabblassstation, Notspeisesystem) sind unabhängig vom Nebenkühlwassersystem 4-fach redundant aufgebaut und gegen EVA-Störfälle ausgelegt. Ein Ausfall ist daher nur durch die Unverfügbarkeit der betrieblichen Dampferzeugerbespeisung, der notstromgesicherten An- und Abfahrpumpen und aller vier Notspeisenotstromdiesel oder den Ausfall der Ansteuerung sowohl aller vier Frischdampfabblassstationen als auch aller vier Frischdampfsicherheitsventile möglich.

Werden die genannten sehr unwahrscheinlichen Ausfallkombinationen dennoch unterstellt, ist durch Handmaßnahmen eine Wärmeabfuhr weiterhin sichergestellt. Hierbei sind die Szenarien „Ausfall während Leistungsbetriebs“ und „Ausfall während Nichtleistungsbetriebs“ zu unterscheiden:

Ausfall während Leistungsbetrieb

1. Bei Ausfall der vier Notspeisenotstromdiesel: Durchführung der Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen“ (SDE) mit Bespeisung der Dampferzeuger über mobile Feuerlöschpumpe gemäß NHB.
2. Steht die Ansteuerung der Frischdampfabblassstationen als auch aller vier Frischdampfsicherheitsventile nicht zur Verfügung, können die Frischdampfsicherheitsventile durch Handmaßnahmen geöffnet werden.
3. Ist die Maßnahme SDE nicht verfügbar, erfolgt die Durchführung der Notfallmaßnahme „Primärseitiges Druckentlasten u. Bespeisen“.

Ausfall während Nichtleistungsbetrieb

Geschlossener Primärkreis

Bei geschlossenem Primärkreis ist auch bei Betrieb des Nachkühlsystems immer mindestens ein Dampferzeuger betriebsbereit. Aufgrund des Nichtleistungsbetriebes muss nach Ereigniseintritt eine wesentlich niedrigere Nachzerfallsleistung als beim Ausfall während Leistungsbetrieb abgeführt werden. Die Zeiten bis zum Eintreten von Brennelementschäden sind deshalb deutlich länger.

Offener Primärkreis und BE-Beckenkühlung

Für diese Fälle ist die alternative Wärmesenke nicht relevant, es gelten die Aussagen für den Ausfall der primären Wärmesenke in Abschnitt 5.2.2.1.

Randbedingungen

Die angegebenen Maßnahmen verhindern, dass die Brennelemente freigelegt werden. Es kommt zu keiner Wasserstoffbildung und daher zu keiner Explosionsgefahr. Die o.g. Maßnahmen sind durch das Schichtpersonal durchführbar. Der Krisenstab wird vom Schichtleiter einberufen, so dass kurzfristig weiteres Personal zur Verfügung steht. Von einer Nichtzugänglichkeit aufgrund hohen Strahlenpegels ist bei Anwendung der obigen Prozeduren nicht auszugehen, ein Betreten von Sperrbereichen zur Durchführung der Maßnahmen ist nicht nötig. Müssten bestimmte Bereiche mit erhöhtem Strahlenpegel dennoch begangen werden, so geschieht dies entsprechend Strahlenschutzordnung in Absprache mit dem Krisenstab. Die benötigten Hilfsmittel für die beschriebenen Maßnahmen sind auf der Anlage vorhanden. Bei Zerstörungen an der Infrastruktur legt der Krisenstab geeignete Ersatzmaßnahmen fest.

5.2.3.1 (Externe) Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden

Von einer nennenswerten Zerstörung der Infrastruktur muss nicht ausgegangen werden. Bei Zerstörungen an der Infrastruktur legt der Krisenstab geeignete Ersatzmaßnahmen fest.

Durch im Notfallhandbuch beschriebene Maßnahmen wird

- der Ersatz des nuklearen Zwischenkühlwassers durch mobile Einspeisung oder
- der Ersatz des gesicherten Nebenkühlwassersystems durch mobile Einspeisung vorgenommen bzw.
- der Kreislaufbetrieb des Nebenkühlwassersystems unter Nutzung der Wasservorräte in den Kammern und Leitungen des Hauptkühlwassersystems eingestellt.

Die Versorgung mit Treibstoff für die Notstromdiesel ist aufgrund der vorhandenen Vorräte auf dem Anlagengelände erst langfristig (> 10 Tage bzw. bei Betrieb der Notspeisenotstromdiesel mehrere Wochen) erforderlich. Eine zusätzliche externe Absicherung bietet die Möglichkeit der Zuschaltung der 3. Netzeinspeisung gemäß NHB, um die Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel durch eine alternative Versorgung abzulösen.

5.2.3.2 Zeit zur Wiederherstellung verlorener Wärmesenken oder für externe Maßnahmen

Maßnahmen zur Wiederherstellung vitaler Funktionen werden zeitnah ereignis- bzw. schutzzielorientiert durchgeführt. Die Karenzzeit zur Durchführung von ggf. erforderlichen Notfallmaßnahmen ist im Notfallhandbuch vorgegeben und ist zur Verhinderung von Kern- bzw. BE-Schäden abdeckend. In Abhängigkeit vom Anlagenzustand vor Ereigniseintritt steht mehr Zeit bis zum Erreichen von Kriterien bzw. erforderliches Wirksamwerden von Maßnahmen zur Verfügung.

5.2.4 Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers

Gemäß den Ausführungen in den vorhergehenden Kapiteln weist die Anlage über die bereits in der Auslegung enthaltenen Vorkehrungen (hohe Redundanz- und Diversitätsgrade) ein breites Spektrum an Maßnahmen zur Gewährleistung der Abfuhr der Nachzerfallsleistung auf.

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

Entsprechend der Ausführungen in Kap. 5.2.4 sind keine Maßnahmen beantragt oder in Umsetzung.

5.3 Ausfall der primären Wärmesenke mit Station Blackout

Unter Station Blackout wird gemäß TECDOC-332 der IAEA die Nichtverfügbarkeit der Eigenbedarfsversorgung und aller Notstromdiesel (NSDA1) verstanden.

Da unter dieser Randbedingung in KWG noch die Notspeisenotstromdiesel (NSDA2-Netz) sowie die 3. Netzeinspeisung zur Verfügung stehen, entspricht die Sicherstellung der Kühlwasserversorgung den unter 5.2 genannten Verfahren.

An dieser Stelle soll auch auf die Möglichkeit der Zuschaltung der 3. Netzeinspeisung im Falle der Nichtverfügbarkeit der Notspeisenotstromversorgung hingewiesen werden. Würden sowohl die Nichtverfügbarkeit der NSDA2-Notstromversorgung als auch der 3. Netzeinspeisung unterstellt, so stünden die Notfallmaßnahmen sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (SDE, NHB) und bei dessen Versagen primärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (PDE, NHB) zur Verfügung.

5.3.1 Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern

Die bei dem unterstellten Ereignis zu treffende Maßnahme zur Herstellung einer Wärmesenke ist, bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung und der vier 10 kV-Notstromdiesel, die Inbetriebnahme der Notspeisenotstromdiesel (NSDA2-NETZ) des Notspeisesystems, welches vierfach redundant aufgebaut ist und durch das Reaktorschutzsystem automatisch gestartet wird. Die dieses System beinhaltenden Gebäude und Kanäle sind gegen Einwirkungen von außen ausgelegt. Bei einem Ereignis während des Leistungsbetriebs kann daher die Anlage durch Bespeisung der Dampferzeuger über das Notspeisesystem und Wärmeabfuhr über die Frischdampf-Abblasestation in den Zustand unterkritisch heiß gefahren und die Nachwärmeabfuhr autark für 10 Stunden gewährleistet werden. Hierfür sind nur zwei Redundanzen notwendig. Es wird

aus der jeweiligen Redundanz das Deionat aus den Deionatbecken in die Dampferzeuger eingespeist.

In der Betriebsphase Nichtleistungsbetrieb stellt das Notspeisenotstromsystem die notwendige elektrische Energie zum Betrieb der Notnackkühlketten bereit. Der Betrieb der automatisch gestarteten Notspeisenotstromdiesel ist situationsbedingt durch Umpumpen nicht genutzter Kraftstoffvorräte (z. B. aus den vorhandenen Heizöllagerbehältern) sowie Ergänzung von Wasservorräten (z. B. aus den auf dem Anlagengelände gelagerten Vorräten oder mittels Tankwagen) langfristig sichergestellt.

Bei einem zusätzlichen Ausfall der vier Notspeisenotstromdiesel erfolgt die Spannungsversorgung über die 3. Netzeinspeisung und damit die Bespeisung der Dampferzeuger über deionatgekühlte An- und Abfahrpumpen. Die Wärmeabfuhr erfolgt über die FD-Abblasestation. Die Ergänzung der Speisewasservorräte erfolgt aus den gelagerten Vorräten auf dem Anlagengelände.

Als eine weitere Variante wird nachfolgend der Station Blackout mit Ausfall anderer diversitärer Einrichtungen zur Wechselstromversorgung (NSDA2-Netz, 3. Netzeinspeisung) betrachtet.

Dabei sind die Szenarien „Ausfall während Leistungsbetriebs“ und „Ausfall während Nichtleistungsbetriebs“ zu unterscheiden:

Ausfall während Leistungsbetrieb

- Bei Ausfall der vier Notspeisenotstromdiesel: Durchführung der Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen“ mit Bespeisung der Dampferzeuger über mobile Feuerlöschpumpe gemäß NHB
- Steht die Ansteuerung der Frischdampfabblassstationen als auch aller vier Frischdampfsicherheitsventile nicht zur Verfügung, können die Frischdampfsicherheitsventile durch Handmaßnahmen geöffnet werden.
- Falls die Maßnahme SDE nicht verfügbar wäre: Durchführung der Notfallmaßnahme „Primärseitiges Druckentlasten u. Bespeisen“ gemäß NHB.

Die Karennzeiten sind im Notfallhandbuch beschrieben, Bannelementschäden sind ohne Maßnahmen erst nach mehr als 2h Stunden zu erwarten.

Ausfall während Nichtleistungsbetrieb

Geschlossener Primärkreis

Bei geschlossenem Primärkreis ist auch bei Betrieb des Nachkühlsystems immer mindestens ein Dampferzeuger betriebsbereit. Aufgrund des Nichtleistungsbetriebes muss nach Ereigniseintritt eine wesentlich niedrigere Nachzerfallsleistung als beim Ausfall während Leistungsbetrieb abgeführt werden. Die Zeiten bis zum Eintreten von Brennelementschäden sind deshalb deutlich länger.

Offener Primärkreis und BE-Beckenkühlung

Für diese Fälle ist die alternative Wärmesenke nicht relevant, es gelten die Aussagen für den Ausfall der primären Wärmesenke in Abschnitt 5.2.2.1.

Randbedingungen

Die angegebenen Maßnahmen verhindern, dass die Brennelemente freigelegt werden. Es kommt zu keiner Wasserstoffbildung und daher zu keiner Explosionsgefahr. Die o. g. Maßnahmen sind durch das Schichtpersonal durchführbar. Der Krisenstab wird vom Schichtleiter einberufen, so dass kurzfristig weiteres Personal zur Verfügung steht. Von einer Nichtzugänglichkeit aufgrund hohen Strahlenpegels ist bei Anwendung der obigen Prozeduren nicht auszugehen, ein Betreten von Sperrbereichen zur Durchführung der Maßnahmen ist nicht nötig. Müssten bestimmte Bereiche mit erhöhtem Strahlenpegel dennoch begangen werden, so geschieht dies entsprechend Strahlenschutzordnung in Absprache mit dem Krisenstab. Die benötigten Hilfsmittel für die beschriebenen Maßnahmen sind auf der Anlage vorhanden. Bei Zerstörungen an der Infrastruktur legt der Krisenstab geeignete Ersatzmaßnahmen fest.

5.3.2 Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden

Die Durchführbarkeit der Maßnahmen ist immer abhängig vom Anlagenzustand vor Ereigniseintritt sowie vom Schadensumfang nach Ereigniseintritt. Abhängig vom Anlagenzustand und den verletzten Schutzzielen werden Maßnahmen schutzzielorientiert ausgewählt und unter Berücksichtigung der vorliegenden Randbedingungen (einschließlich der radiologischen) eingeleitet (s. o.)

Um den Ausfall der gesamten Drehstromversorgung zu kompensieren, besteht die Möglichkeit der Zuschaltung der 3. Netzeinspeisung um die elektrische Versorgung von Notstromverbrauchern wiederherzustellen.

Im Rahmen der Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen“ ist eine mobile Pumpe saug- und druckseitig mit den Rohrdurchführungen am Notspeisegebäude zu verbinden. Längerfristig ist hierfür, wie auch bereits bei einem längeren Betrieb der Notspeisenotstromdiesel, für eine ausreichende Menge Kraftstoff durch externe Anlieferung zu sorgen. Die Maßnahmen zur Beschaffung, Anlieferung und Anschluss von Betriebsstoffen sind generell ein Routinevorgang, der im BHB bzw. in den Ausführungsanweisungen des BOHB ausreichend geregelt ist. Für diese Vorgänge werden in Abhängigkeit möglicher Zerstörungen der Infrastruktur situations- und zeitabhängig Maßnahmen zur Sicherstellung des Notstrombetriebes ergriffen.

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

Auslegungsgemäß wird der Station Blackout durch die Notspeisenotstromdiesel beherrscht. Die darüber hinaus beschriebenen Optionen sowohl des sekundärseitigen oder primärseitigen Druckentlastens und Bespeisens, oder auch der zuvor zu ergreifenden Möglichkeiten wie der Einsatz der 3. Netzeinspeisung, die alle dem Ziel der Nachwärmeabfuhr dienen, zeigen das hohe Maß der technischen Absicherung zur Gewährleistung des Schutzziels hinsichtlich der Wärmeabfuhr.

Dementsprechend sind zurzeit weder Maßnahmen beantragt noch umgesetzt.

6 Management schwerer Unfälle

6.1 Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen

Die anlageninterne Notfallschutzplanung des Kernkraftwerkes Grohnde (KWG) hat das Ziel, im Fall auslegungsüberschreitender Ereignisse (Restrisikobereich) durch gezielte Maßnahmen auf die Beherrschung des Ereignisses hinzuwirken, um schwere Kernschäden zu verhindern oder deren Folgen für die Anlage und die Umgebung zu reduzieren und zu begrenzen.

Auslegungsstörfälle werden durch Sicherheitseinrichtungen beherrscht, die automatisch durch das Begrenzungs- und Reaktorschutzsystem aktiviert werden. Diese Maßnahmen sind ereignis- und zustandsorientiert in den einschlägigen Kapiteln des Betriebshandbuches (BHB) beschrieben. Für den Fall, dass die im BHB der schutzzielorientierten Störfallbehandlung ausgewiesenen Maßnahmen zur Störfallbeherrschung nicht ausreichen, werden anlageninterne Notfallmaßnahmen eingesetzt.

Für auslegungsüberschreitende Ereignisse sind anlageninterne Notfallmaßnahmen untersucht und festgelegt worden, die der Sicherheitsebene 4 zuzuordnen sind. Durch die Möglichkeiten einer erweiterten Nutzung einzelner technischer Einrichtungen und durch entsprechende Handlungen des Personals können damit auch extrem unwahrscheinliche Ereignisse beherrscht bzw. in ihren Folgen begrenzt werden (vgl. Ergebnisprotokoll der 230. RSK-Sitzung am 16.03.1988).

Die Notfallmaßnahmen im KWG sollen in ihrer Anwendung ausgefallene oder nichtverfügbare Sicherheitseinrichtungen ersetzen oder die Aufrechterhaltung von Rückhaltefunktionen hinsichtlich des Aktivitätsinventars anstreben. Mit ihrer Durchführung wird das Einhalten bzw. Erreichen der gegebenen Schutzziele angestrebt, die sich aus dem Konzept der gestaffelten Sicherheitsebenen ergeben.

Der anlageninterne Notfallschutz umfasst i. A. Notfallmaßnahmen zur Verhinderung von Kernschäden (präventive Maßnahmen) sowie Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Kernschäden (mitigative Maßnahmen). Durch die Notfallmaßnahmen wird die Anlage stabilisiert oder präventiv zur Beherrschung der Auswirkungen in einen günstigeren Zustand überführt. Die Anlagenparameter werden in die zulässigen Bereiche zurückgeführt oder die Auswirkungen verletzter Schutzziele werden auf ein äußerst geringes Maß begrenzt.

6.1.1 Notfallschutzorganisation des Genehmigungsinhabers

Für die Beherrschung von nuklearen oder radiologischen Notfällen verfügt KWG über die erforderliche Organisationsstruktur und hält die notwendigen technischen, organisatorischen und personellen Ressourcen vor.

KWG sorgt für die notwendige Ausbildung des Personals sowie die für den Erwerb und den Erhalt der Kenntnisse und Fähigkeiten notwendigen Übungen.

Außerhalb der Anlage ist KWG verpflichtet, bei einem Ereignis mit radioaktiven Freisetzungen im Nahbereich um die Anlage und im höchstbetroffenem Sektor Messungen und Probenahmen durchzuführen und die Ergebnisse an die Behörde weiterzuleiten.

Zu den organisatorischen Voraussetzungen gehört ein betrieblicher Krisenstab, der neben dem Einsatzleiter mindestens Mitglieder für die Funktionen Betrieb, M-Technik, E-Technik, Strahlenschutz sowie Kommunikation enthält.

Der betriebliche Krisenstab wird von extern unterstützt durch den Unternehmenskrisenstab der Zentrale, den Herstellerkrisenstab AREVA, externe Dienstleister wie dem Kerntechnischen Hilfsdienst sowie durch vertraglich vereinbarte Hilfeleistung der Kernkraftwerke untereinander.

Alarmierungspläne und Übergang auf die Notfallschutzorganisation sind im Betriebsbuch festgelegt. Die Notfallschutzorganisation selbst und einzelne zu ergreifende technische Maßnahmen zur Beherrschung auslegungsüberschreitender Störfälle werden in einer separaten Unterlage, dem Notfallhandbuch, beschrieben.

Ein betreiberübergreifender Erfahrungsaustausch erfolgt in VGB-Arbeitskreisen.

6.1.1.1 Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb

Im Normalbetrieb wird die Besetzung und Organisation durch das Betriebshandbuch geregelt. Hier ist für den Leistungs- wie auch für den Nichtleistungsbetrieb eine Mindestbesetzung sowohl für die Schicht, als auch für die Warte und die Betriebsfeuerwehr festgelegt.

6.1.1.2 Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement

Die Notfallschutzplanung für das KWG beinhaltet u. a. die Bildung von Organisationseinheiten und die Vorhaltung technischer Einrichtungen, die eine effektive Koordination der Notfallmaßnahmen, eine umfassende Information der Öffentlichkeit und die Unterstützung der Behörden bei der Entscheidung über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung gewährleisten.

Bei einem Notfall im KWG gilt die Notfallschutzorganisation. Sie besteht aus dem Krisenstab und den Einsatzeinheiten.

Die Bildung der KWG - Notfallschutzorganisation erfolgt abhängig von den Kriterien für die Empfehlung externer Alarme gemäß der Alarmordnung.

Die verschiedenen Positionen der Notfallschutzorganisation werden mit dem Betriebspersonal des KWG besetzt.

Über ein Alarmierungsverfahren ist die Besetzung sämtlicher Funktionen der Notfallschutzorganisation vorgesehen. Nach der Entscheidung zur Bildung der Notfallschutzorganisation werden alle Funktionsinhaber alarmiert. Die Zuweisung der Funktionen innerhalb der Notfallschutzorganisation wird vom Einsatzleiter vorgenommen. Aufgaben- und situationsbedingt kann eine Nachalarmierung vorgenommen werden. Die dauerhafte Besetzung der Funktionen auch über einen längeren Zeitraum ist dabei sicherzustellen.

6.1.1.3 Maßnahmen für optimalen Personaleinsatz

Mit Erfüllung der RSK- Empfehlung „Anforderungen an die Bestimmung der Mindestschichtbesetzung in Kernkraftwerken zur Gewährleistung einer sicheren Betriebsführung“ ist eine ausreichende personelle Besetzung auch bei Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4 gegeben.

Mögliche personelle Engpässe können ggf. durch eine angepasste Personal- und Schichtplanung aufgefangen werden. In Notfällen ist Personal aus anderen Kraftwerken über den Unternehmenskrisenstab abrufbar.

6.1.1.4 Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen

Im Bedarfsfall können von anderen EKK-Standorten sowie von Lieferanten weitere Einsatzkräfte und Equipment zur Unterstützung herangezogen werden.

Des Weiteren kann für Aufgaben der Umgebungsüberwachung die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH angefordert werden.

Eine fachliche Beratung kann durch die Krisenstäbe der AREVA und der EKK-Zentrale erfolgen.

6.1.1.5 Verfahren, Ausbildung und Übungen

Eine ausreichende Qualifikation und gezielte Ausbildung der vorgesehenen Mitglieder des Krisenstabes und der Leiter der Einsatzeinheiten im Hinblick auf fachliche Qualifikation und übergreifende notfallspezifische Kenntnisse werden anhand des Notfallhandbuches sowie in Notfallübungen sichergestellt.

Mindestens einmal jährlich wird eine betriebsinterne Notfallübung durchgeführt. Bei den unangekündigten Übungen werden Szenarien zugrunde gelegt, die das Verhalten der Anlage bei Notfällen angemessen berücksichtigen. Bei diesen Übungen werden die organisatorischen, personellen und technischen Maßnahmen und Vorkehrungen auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft.

Erkenntnisse aus diesen Übungen und daraus abgeleitete Optimierungsmöglichkeiten werden zeitnah umgesetzt und gezielt in die Notfallunterlagen und das Schulungsprogramm eingearbeitet. Eine kontinuierliche Verbesserung der Notfallschutzorganisation und eine behördliche Überwachung sind somit sichergestellt.

6.1.2 Nutzung vorhandener Ausrüstung

Die Notfallmaßnahmen für das KWG kommen zum Einsatz falls erkannt wird, dass die auslegungsgemäßen Maßnahmen nicht mehr für eine Störfallbeherrschung ausreichend sind. Dies ist der Fall, wenn vorgegebene Schutzzielgrenzwerte mit den Maßnahmen der ereignis- oder schutzzielorientierten Störfallbehandlung nicht eingehalten werden können.

Bei der Durchführung von Maßnahmen des Notfallhandbuches wird grundsätzlich zustandsorientiert vorgegangen, es stellt somit eine kontinuierliche Fortsetzung des Schutzziel-BHBs dar.

Das Notfallhandbuch beschreibt zu den folgenden Themenkomplexen detaillierte Notfallmaßnahmen:

- Kernkühlung
- Aktivitätsrückhaltung
- Schutzzielübergreifende Versorgungsfunktionen
- Besondere Gefährdungslagen

6.1.2.1 Nutzung externer mobiler Geräte

Es sind am Standort mehrfach an unterschiedlichen Lagerorten Ausrüstungsgegenstände wie z. B. motorgetriebene Feuerlöschpumpen zur Durchführung des sekundärseitigen Bleed & Feed vorhanden. Alternativ können standardisierte Pumpen von Feuerwehren oder technischen Hilfswerken zum Einsatz kommen.

Das Notfallhandbuch beschreibt darüber hinaus Prozeduren, um wesentliche Versorgungsfunktionen (Kühlwasser, elektrische Energie und Betriebsstoffe) des Kraftwerks mit mobilen Hilfsmitteln bereit- bzw. wieder herzustellen.

6.1.2.2 Regelungen für und Management von Betriebs- und Hilfsmitteln

Die Maßnahmen zur Beschaffung, Anlieferung und Anschluss von Betriebsstoffen sind ein Routinevorgänge, die im Betriebshandbuch bzw. in den Ausführungsanweisungen geregelt sind.

Für diese Vorgänge werden in Abhängigkeit möglicher Zerstörungen der Infrastruktur situations- und zeitabhängig von der Notfallschutzorganisation Maßnahmen zur Sicherstellung des Notstrombetriebes ergriffen. Detaillierte Angaben können daher nur bei Unterstellung konkreter Szenarien gemacht werden.

Für die ggf. erforderliche Reparatur einzelner Dieselaggregate sind Reserveteile für wichtige Komponenten auf der Anlage verfügbar. Sofern Reserveteile nicht am Standort verfügbar sind, können diese vom Hersteller beschafft werden. Hierfür und zur Mobilisierung von Technikern und Monteuren des Herstellers der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel bestehen vertraglich abgesicherte 24 h-Rufbereitschaften.

Angefordertes Eigenpersonal ist aufgrund ausreichender räumlicher Nähe kurzfristig auf der Anlage verfügbar. Im Falle eingeschränkter Zugänglichkeit können diese Personen durch Krisenhilfskräfte (Technisches Hilfswerk (THW), Kerntechnischer Hilfszug (KHG), Bundeswehr, etc.) unterstützt werden.

Mit den Lieferanten für Kraftstoff wurden vertragliche Regelungen getroffen, die es ermöglichen, kurzfristig die Versorgung der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel abzusichern.

Randbedingungen:

Für die Anlieferung von Ersatzteilen, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie für die Anreise von Personal (Eigen- und Fremdpersonal) muss die Zufahrt zum Kraftwerksstandort gegeben sein. Eine alternative Anlieferung / Anreise per Hubschrauber / Boot ist möglich. Ein Hubschrauberlandeplatz und ein Schiffsanleger sind vorhanden.

6.1.2.3 Management des Strahlenschutzes

In der Notfallschutzorganisation werden Verfahren und Hilfsmittel für eine systematische Lageanalyse und -darstellung sowie zur Maßnahmenentwicklung, -umsetzung und -verfolgung eingesetzt. Dazu gehören:

- Checklisten zur Aufnahme und zur Analyse des aktuellen Anlagenzustands
- Verfahren/Hilfsmittel zur Analyse und Darstellung des prognostizierten Anlagenzustands und der daraus folgenden wahrscheinlichen Quellterme
- Verfahren/Hilfsmittel zur systematischen Ermittlung bestehender Handlungsoptionen, Abwägung der sich jeweils ergebenden Risiken und daraus resultierender Maßnahmenentscheidungen sowie der Maßnahmenverfolgung,
- Checklisten zur Aufnahme und Analyse radiologischer Daten, die innerhalb und außerhalb der Anlage erhoben werden
- Verfahren/Hilfsmittel zur Ermittlung und Beurteilung der radiologischen Auswirkungen des Ereignisablaufs.

Als Ausbreitungsrechenprogramm kommt das Programm „SAFER“ zum Einsatz, welches auch bei der Katastrophenschutzleitung (KatSL) benutzt wird.

Bei einer Aktivitätsfreisetzung wird diese entweder über die Kamininstrumentierung oder bei bodennaher Freisetzung durch entsprechende Messungen des Strahlenschutzes festgestellt.

Umgebungsmessungen werden durch kraftwerkseigene Messtrupps durchgeführt. Hierfür steht im KWG ein Messwagen mit den notwendigen Mess- und Analyseeinrichtungen zur Verfügung.

Für das eingesetzte Personal in den Messfahrzeugen ist eine Umkehrdosis festgelegt.

Das Umgebungsüberwachungskonzept mit konkreten Anweisungen zur Durchführung von Messmaßnahmen ist im BHB beschrieben.

Bei Bedarf können Messtrupps der KHG eingesetzt werden, deren Koordination durch die Einsatzleitung Strahlenschutz/Umgebungsüberwachung im KWG erfolgt.

Die Messstrategie für die Umgebungsüberwachung ist mit dem Fachberater Strahlenschutz der KatSL festgelegt und wird im Einsatzfall durch Entsendung der sachkundigen Verbindungsperson des KWG abgestimmt.

Eine bautechnische Trennung relevanter Brandlasten von Einrichtungen mit größerem Aktivitätsinventar und den Erhalt dieser Trennung aufgrund der Erdbebenauslegung gewährleistet eine Begrenzung einer möglichen Aktivitätsfreisetzung infolge eines Brandes.

6.1.2.4 Interne und externe Kommunikations- und Informationsmittel

Für die Kommunikation stehen sowohl Telefone (normale Netzanbindung), Notfalltelefone (Anbindung an ein anderes Ortsnetz) Mobiltelefone, Satellitentelefone, Betriebsfunk, Faxgeräte sowie das behördliche KFÜ zur Verfügung.

Die Ausweichstelle des KWG ist in den Räumlichkeiten der Ausbildungsstätte von E.ON Westfalen/Weser in Hameln untergebracht. Dort stehen geeignete Kommunikationseinrichtungen zur Verfügung.

Zur reibungslosen Planung, Abstimmung und Durchführung von Maßnahmen im Notfall ist die enge Zusammenarbeit zwischen dem KWG und den externen Stellen eine wesentliche Voraussetzung. Als externe Stellen werden u. a. verstanden:

- Behörden, die mit Katastrophenschutz bzw. atomrechtlicher Aufsicht befasst sind sowie ihnen nahestehende Dienststellen und Organisationen
- Genehmigungsinhaber und die vom KWG eingeschalteten Firmen und Organisationen
- Öffentlichkeit und Informationsmedien.

Die Kooperations- und Kommunikationsbeziehungen sind im Notfallhandbuch beschrieben.

Die Übermittlung der Lageberichte erfolgt per Fax.

Die Pflicht zur Information der Öffentlichkeit hat die zuständige Katastrophenschutzleitung (KatSL) beim Landkreis Hameln/Pyrmont. Die ergänzende Information der Öffentlichkeit durch das KWG wird durch die EKK-Zentrale in Hannover sichergestellt. Diese gibt Presseerklärungen heraus, veranlasst die Freischaltung von vorbereitenden Internetseiten und schaltet ggf. ein beauftragtes Call Center frei.

Für die Erstmeldung wird ein vorbereitetes Formblatt verwendet.

6.1.3 Ermittlung von Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können

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

Der Vorhalt von schwerem Gerät auf dem Anlagengelände ist bei Einwirkungen von außen (Flugzeugabsturz, Schneemassen, Trümmer) auf die Anlage wegen der Beschädigungsgefahr nicht sinnvoll.

In solchen Fällen greifen spezielle Katastrophenschutzmaßnahmen, die über die Katastrophenschutzbehörden bei Vorliegen von Voralarm oder Katastrophenalarm angefordert werden können. Die Katastrophenschutzbehörde hat in diesen Fällen Zugriff auf sämtliche Krisenabwehrorganisationen inkl. THW oder Einheiten der Bundeswehr, die schweres Räumgerät verfügbar haben (z. B. Pionierbrückenlege- und Räumpanzer oder sonstige Pionier-Feldarbeitsgeräte). Weiterhin ist in Hameln eine Pioniereinheit der britischen Armee mit schwerem Räumgerät stationiert.

Technische Hilfeleistungen im kleineren Umfang sind mit den Gerätschaften der Werkfeuerwehr des KWG möglich. Für darüber hinaus erforderliche Unterstützung können die Freiwilligen Feuerwehren des Landkreises Hameln-Pyrmont angefordert werden. Zusätzliche Gerätschaften werden in der feuerwehrtechnischen Zentrale des Landkreises Hameln-Pyrmont, die sich in Emmerthal in einer Entfernung von ca. 2 km befindet, vorgehalten. Eine Zufahrt zum Kraftwerksgelände ist über zwei getrennte Straßenzüge möglich.

Über die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG) wird die Unterstützung mit notfallspezifischem Equipment (technische Ausrüstungsgegenstände wie z. B. mobile Einsatzzentrale einschließlich diverser Kommunikationseinrichtungen, diverse Transport-LKW und Logistikaufleger, mobile Stromerzeuger, diverse kabel- bzw. funkgesteuerte Inspektions- und Manipulatorfahrzeuge einschließlich funkgesteuertem Hydraulikbagger, Plasmaschneidemodule, Beleuchtungsmodule, diverse Strahlenmessfahrzeuge mit diverser Strahlenmesstechnik, diverse Dekontaminationseinrichtungen, diverse Großzelte) sichergestellt.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Anforderung schwerer Räum- und Bergungsgeschäften von diversen Baufirmen/Krandsdiensten aus der näheren Umgebung.

Das Betriebshandbuch und Notfallhandbuch beinhalten sämtliche im EVA-Fall erforderlichen Regelungen und Informationen für die Zusammenarbeit mit externen Organisationen, wie z. B.:

- Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG)
- AREVA
- andere Kernkraftwerke.

6.1.3.2 Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen

Nach Ausfall aller Telefon-, Fax- und E-mail- Einrichtungen kann das KWG per Satellitentelefon die Katastrophenschutzleitung (KatSL) erreichen. Diese wird auf Anforderung vom KWG Rundfunkdurchsagen veranlassen, die Hinweise für dessen Mitarbeiter enthalten. Die Hinweise können sich zum Beispiel auf das Sammeln der Mitarbeiter an einem bestimmten Sammelpunkt zu einer bestimmten Uhrzeit beziehen. Die KatSL stellt dann den Transport der Mitarbeiter zum Kernkraftwerk sicher. Das KWG hat der KatSL des Landkreises Hameln-Pyrmont ein Satellitentelefon zur Verfügung gestellt.

Neben der Satellitenkommunikation besteht auch die Möglichkeit, Leitstellen, Feuerwehren und technische Hilfsdienste mit Richtfunkverbindungen sowie Funkgeräten (4m Band und 2m Band, BOS- Bereich) zu erreichen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes als motorisierte Melder einzusetzen.

6.1.3.3 Erschwerende radiologische Randbedingungen

Eine Beeinflussung durch erhöhte Dosisleistung dieser Einsatzräume kann unterstellt werden, wenn die Einsatzräume aufgrund der Ausbreitungsrichtung unterhalb einer Abluftfahne liegen.

Bei einer Anlagenstörung mit verbundener Freisetzung von radioaktiven Stoffen ist die Dosisleistung in den Einsatzräumen der Notfallschutzorganisation u. a. mittels mobiler Strahlungsmessgeräte vom Strahlenschutz zu ermitteln und vom Strahlenschutzbeauftragten zu bewerten.

Die Wartenbereiche können bei Erfordernis zur Vermeidung von Inkorporationen an die Wartenfilterung angeschlossen werden.

Für die Aufenthaltsbereiche werden vom Strahlenschutz die tatsächlichen Aktivitätskonzentrationswerte in der Atemluft mittels mobiler Probenahme fortlaufend ermittelt und vom Strahlenschutzbeauftragten bewertet. Grundlage der Bewertung ist die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), insbesondere die §§ 55, 58 und 59 in Verbindung mit dem Minimierungsgebot des § 6 StrlSchV. Sollte im Rahmen der Bewertung festgestellt werden, dass die Einsatzräume der Notfallschutzorganisation aus Dosisgründen nicht mehr zur Verfügung stehen, ist die dafür vorgesehene Ausweichstelle in Hameln zu nutzen bzw. als Ersatz für die Kraftwerkswarte die Notsteuerstelle zu besetzen.

Für nicht naturbedingte Einwirkungen von außen (Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle, Wrackteile) muss unterstellt werden, dass sowohl Kraftwerkswarte als auch angrenzende Räume der Notfallschutzorganisation nicht mehr uneingeschränkt zur Verfügung stehen. In diesen Fällen werden erforderliche Schaltheilungen von der Notsteuerstelle durchgeführt.

Das Personal der Notfallschutzorganisation wird die Arbeit von der Ausweichstelle aus weiterführen. Die Ausweichstelle befindet sich auf dem Gelände der in ca. 10 km Entfernung liegenden Ausbildungswerkstatt des KWG in Hameln und enthält alle erforderlichen Hilfsmittel sowie Kommunikationseinrichtungen. Die Spannungsversorgung der Ausweichstelle kann unabhängig vom öffentlichen Netz gewährleistet werden.

Die jeweils erforderlichen Anlagenmessdaten/-anzeigen werden im Anforderungsfall an die Ausweichstelle übermittelt.

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

Je nach unterstelltem Szenario ist das Auftreten bzw. Vorhandensein von brennbaren Gasen sowie von Rauchgasen durch Brände auf der Anlage oder im näheren Umfeld möglich, wenn auch unwahrscheinlich.

Das Auftreten explosiver Gase wird automatisch erkannt und führt zu einem Lüftungsabschluss. Weiterhin ist es auch möglich, den Lüftungsgebäudeabschluss manuell auszulösen, die Lüftungstechnische Abfuhr der Verlustwärme erfolgt für diese Zeit durch Umluftbetrieb.

Das Eindringen von Brandgasen von außen wird ebenfalls erkannt und signalisiert, woraufhin durch Handmaßnahmen von der Warte der Lüftungsabschluss ausgelöst wird.

Für nicht naturbedingte Einwirkungen von außen (Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle, Wrackteile) muss unterstellt werden, dass sowohl Kraftwerkswarte als auch angrenzende Räume der Notfallschutzorganisation nicht mehr uneingeschränkt zur Verfügung stehen. In diesen Fällen werden erforderliche Schalthandlungen von der Notsteuerstelle durchgeführt, die Notfallschutzorganisation wird ihre Tätigkeit von der Ausweichstelle aus ausführen.

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

Als Ausweichstelle stehen in der Ausbildungsstätte des KWG in Hameln Räumlichkeiten inkl. Ausstattung für die Notfallschutzorganisation zur Verfügung. Kurzfristige Hilfsmöglichkeiten sind in dem im Auftrag des BMU von der GRS betreuten Katalog „Hilfsmöglichkeiten bei kerntechnischen Unfällen“, zu dessen Zugriff das KWG über das Internet zugelassen ist, enthalten.

Aufgrund der geographischen Entfernung der Ausweichstelle zum Kraftwerksgelände ist eine Beeinflussung auch bei schweren Unfällen unwahrscheinlich, eine Notstromversorgung ist verfügbar.

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

Für die Beherrschung des Bemessungserdbebens und des Bemessungshochwassers sind keine Notfallmaßnahmen erforderlich, da diese bereits in der Auslegung berücksichtigt sind.

Die Notfallmaßnahmen sind dennoch im Wesentlichen auch beim Bemessungserdbeben und Bemessungshochwasser verfügbar.

Maßnahmen zur Beherrschung des Ausfalls von Vorsorgemaßnahmen aufgrund eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens

Generell ist die Anlage durch die Auslegungskonzepte wie Redundanz, Diversität, räumliche Trennung, Gebäude- und Anlagenteilauslegung etc. gegen den Ausfall von einzelnen Vorsorgemaßnahmen ausgelegt.

Bei einem auslegungsüberschreitenden Erdbeben wird die Anlage abhängig von der Schadenslage ereignisorientiert von der Warte aus abgefahren. Alternativ ist das Überführen der Anlage in den sicheren Zustand sowie das Abfahren der Anlage auch von der Notsteuerstelle im Notspeisegebäude aus möglich. Dabei wird die Einhaltung der Schutzziele zyklisch wiederkehrend geprüft. Bei Abweichungen/Verletzungen von Schutzziele werden zustandsorientierte Maßnahmen entsprechend Betriebshandbuch durchgeführt. Sollten die Maßnahmen der schutzzielorientierten Störfallbehandlung nicht erfolgreich oder durch Mehrfachversagen von Sicherheitseinrichtungen nicht durchführbar sein, werden auf Weisung des Krisenstabes entsprechend der jeweiligen Anlagensituation geeignete Notfallmaßnahmen eingeleitet.

Maßnahmen zur Beherrschung des Ausfalls von hochwasserspezifischen Vorsorgemaßnahmen

Auslegungsgemäß stehen sämtliche Komponenten der Sicherheitssysteme zur Verfügung. Der hochwasserbedingte Ausfall von Sicherheitssystemen wird über das durchgängige n+2 Redundanzkonzept mit räumlicher Trennung und die diversitäre Auslegung (z. B. NSDA1 und NSDA2) abgedeckt.

Ungeachtet dessen stehen zwei Notnachkühlketten zur Verfügung, deren Betrieb und Versorgung aus dem Notspeisegebäude (NSDA2-Netz) erfolgt.

Bei Versagen von Bauwerksabdichtungen besteht die Möglichkeit, Gebäude durch Lenzen betriebsbereit zu halten. In allen sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden sind daher Gebäudesümpfe installiert und die jeweiligen Komponenten stehen erhöht, so dass ein Betrieb auch bei eindringendem Wasser gewährleistet wird.

Für die Durchführbarkeit der Notfallmaßnahmen gilt, dass die Maßnahmen in der Regel auch beim Auslegungshochwasserstand und einige auch darüber hinaus durchführbar sind.

6.1.3.7 Unverfügbarkeit der Stromversorgung

Die für die Schutzziele Kernkühlung und die Sicherstellung der Integrität des Reaktorsicherheitsbehälters erforderlichen Notfallmaßnahmen sind zunächst unter Nutzung der vorhandenen Batteriekapazitäten durchführbar.

Weitere Maßnahmen dienen der Wiederherstellung der Energieversorgung. Sollten diese Maßnahmen nicht erfolgreich sein, so existieren ergänzende Prozeduren, die die Batterie- oder Drehstromversorgung einzelner Redundanzen wiederherstellen.

Sekundärseitiges bleed & feed ist mit einer mobilen Pumpe auch vollständig ohne Spannungsversorgung durchführbar. Die autokatalytischen Rekombinatoren zum Abbau ggf. entstehenden Wasserstoffes arbeiten ebenfalls ohne Fremdenergie.

6.1.3.8 Potenzial für den Ausfall von Instrumentierungen

Die Instrumentierungen für diese Randbedingungen sind unter dem Oberbegriff „Störfallinstrumentierung“ zusammengefasst. Anforderungen an Einrichtungen der Störfallinstrumentierung sind in der KTA 3502 „Störfallinstrumentierung“ festgelegt. In der KTA 3502 ist u. a. explizit festgelegt welche Messdaten (auch radiologische Messdaten) auf der Warte und der Notsteuerstelle darzustellen sind. Die Anforderungen der KTA 3502 sind in KWG umgesetzt. Darüber hinaus sind die Anforderungen an die radiologische Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre in der KTA 1508 „Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre“ festgeschrieben und im KWG umgesetzt. Ebenso sind die Anforderungen aus der KTA 1503.2 „Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe“ insbesondere im Teil 2: „Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei Störfällen“ festgeschrieben und im KWG umgesetzt.

Da die hier herangezogenen sicherheitstechnischen Regeln des Kerntechnischen Ausschusses vornehmlich unter dem Aspekt der auslegungsüberschreitenden Anforderungen an die Instrumentierung verfasst wurden und diese im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren verfolgt werden, ist sichergestellt, dass die in der Fragestellung angesprochenen Instrumentierungen auch unter Störfallbedingungen als anzunehmende Randbedingung den Anlagenstatus klar identifizieren lassen und damit auch für Notfallmaßnahmen die erforderlichen Informationen liefern.

Alle hier angesprochenen Messungen sind batteriegepuffert und stehen auch bei Stator Blackout durch den Betrieb des NSDA2-Netzes uneingeschränkt zur Verfügung.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von relevanten Messdaten nach zwischenzeitlichem Verlust von Spannungen oder Hilfsmedien, ist in der KTA 1503 „Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe“ klar geregelt, dass nach einer Stromunterbrechung alle Strahlungs- und Aktivitätsüberwachungssysteme einschließlich der peripheren Geräte selbsttätig wieder anlaufen müssen. Bei den übrigen Geräten der Störfallinstrumentierung ist der selbsttätige Anlauf nach einer Stromunterbrechung aufgrund der im KWG eingesetzten Gerätetechnik sichergestellt.

Radiologische Messdaten können ebenfalls mit Hilfe von vorhandenen mobilen Strahlenschutzgeräten (z. B. Dosisleistungsmessgeräte, Probensammler mit nachfolgender radiologischer Auswertung) erhalten werden. Aus Verhältnissen von z. B. Dosisleistungsmessungen bzw. von Nuklid-/Isotopenverhältnissen können Rückschlüsse auf den Anlagenstatus gezogen werden.

Im KWG sind alle Anforderungen aus den KTA-Regeln 1503, 1508 und 3502 erfüllt. Die Anforderungen an die Störfallauslegung aller Komponenten der E- und Leittechnik sind in einer Störfallklassifizierungsmatrix zusammenfassend dargestellt.

Die Anordnung der Messeinrichtungen (Sensorik, Signalverarbeitung und Anzeige) ist so gewählt, dass sie auch bei auslegungsüberschreitenden Störfällen mit Kernschmelze

- b) ausreichende Informationen über den Zustand der Anlage liefern, um die erforderlichen Schutzmaßnahmen für Personal und Anlage ergreifen zu können,
- c) Hinweise auf den Verlauf geben und seine Dokumentation ermöglichen und
- d) eine Abschätzung der Auswirkungen auf die Umgebung gestatten.

Bewerkstelligt wird dies z. B. durch die teilweise Anordnung der Sensorik außerhalb der Störfallbereiche sowie die Anordnung der anzeigenden Messelektronik in unterschiedlichen Gebäuden (Schaltanlagegebäude und/oder Notspeisegebäude, Hilfsanlagegebäude)

- Sensorik für Behälterfüllstände, Systemdrücke und Raumdruck außerhalb RSB
- KMV-feste Ortsdosismessungen innerhalb und außerhalb RSB
- KMV-feste Energiedosismessungen innerhalb und außerhalb RSB
- Meteorologische Messeinrichtungen außerhalb des Äußeren Sicherungsbereiches

- H₂-Analyse im RSB über Probenahmesystem außerhalb des RSB
- fest installierte Dosismesseinrichtungen und Aerosolsammelgeräte in der näheren und weiteren Kraftwerkumgebung.

Ergänzend wurden im Kernkraftwerk Grohnde zusätzlich Systeme zum Einsatz bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen im Rahmen des atomrechtlichen Aufsichtsverfahrens installiert. Diese Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass sie für die entsprechenden Randbedingungen bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen dimensioniert und angeordnet sind.

Alternative Möglichkeiten zur Informationsgewinnung beim Ausfall von Instrumentierungen sind die im Rahmen der SAMG zu erstellenden Diagnosehilfen, die eine Bewertung des Anlagenzustands unterstützen.

Der Ausfall oder eine Messbereichsüberschreitung einzelner Instrumentierungen wird teilweise durch alternative Messstellen, z. B. zwei Hochdosisleistungsmessstellen (eine im RSB und eine im RG-Ringraum) kompensiert.

6.1.3.9 Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock

Das Kernkraftwerk Grohnde ist eine Einzelblockanlage. Auch in der näheren Umgebung befindet sich kein weiteres Kernkraftwerk.

6.1.4 Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Organisation für das Notfallmanagement

Der Bedarf für einzelne Notfallmaßnahmen im Anforderungsfall sowie deren Durchführbarkeit und Wirksamkeit hängen im starken Maße von den äußeren Randbedingungen des jeweiligen Unfallablaufes ab.

Die Voraussetzungen für die Durchführung der Notfallmaßnahmen (z. B. systemtechnische Voraussetzungen/Personal/Zeitbedarf/Karenzzeiten) sind in den entsprechenden Kapiteln des Notfallhandbuches für das KWG detailliert beschrieben.

Die im NHB beschriebenen anlagentechnischen Notfallmaßnahmen sind in Zielsetzung und Aufbau schutzzielorientiert.

Die Notfalleinrichtungen sind so ausgelegt (siehe auch Empfehlung der RSK: 218. Sitzung am 17.12.1986; 222. Sitzung am 24.06.1987), dass ausreichend Karenzzeit vorhanden ist, um Maßnahmen zur Wiederherstellung vitaler Funktionen auch ohne kurzfristige Unterstützung von außen umzusetzen oder es sind alternative Reserven vorhanden, so dass rechtzeitig externe Unterstützung sichergestellt werden kann.

Im Notfallhandbuch des KWG sind die einzuleitenden Maßnahmen so beschrieben, dass bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen situationsgerecht ein flexibles Handeln des gesamten Einsatzpersonals ermöglicht wird.

Auf dieser Grundlage sind entsprechende Anweisungen erarbeitet worden, mit dem Ziel, dass diese Maßnahmen zur Eindämmung bzw. zur Verhinderung möglicher Folgen aus sehr unwahrscheinlichen Unfällen beitragen. Dadurch wird das Restrisiko einer Kernschmelze mit einhergehender, nicht ausreichender Aktivitätsrückhaltung weiter vermindert (siehe auch Empfehlung der RSK: 218. Sitzung am 17.12.1986; 222. Sitzung am 24.06.1987).

Folglich unterscheiden sich die anlagentechnischen Notfallmaßnahmen (NHB, Sicherheitsebene 4) von den Maßnahmen, die zur Störfallbeherrschung (BHB, Sicherheitsebene 3) zwingend erforderlich sind, in der Verbindlichkeit der Anwendung sowie in den Auslegungsrandbedingungen (siehe RSK/S-2444/4 vom 17.05.1989).

Für den Notfallschutz in Kernkraftwerken sind neben den BMI/BMU-Empfehlungen zur Planung von Notfallmaßnahmen durch Betreiber die Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission von Bedeutung. Die BMI/BMU-Empfehlungen wurden bereits bei der Erstellung des Notfallschutzkonzeptes für das KWG zugrunde gelegt und vollständig umgesetzt (BAnz Nr. 58 vom 05.03.1993 - Empfehlung der RSK „Positionspapier der RSK zum anlageninternen Notfallschutz“ Ergebnis der 273. RSK-Sitzung am 06.12.1992).

6.1.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements

Wie vorstehend ausgeführt, handelt es sich bei Notfallmaßnahmen um ein schutzzielorientiertes Vorgehen, d. h. diese Maßnahmen sind explizit keinem Ereignis zuzuordnen. Demnach haben Maßnahmen, die in Abhängigkeit von der eingetretenen Lage eingeleitet werden, ein weites Spektrum von Ereignisabläufen abzudecken.

Aus diesen Gründen hat die EKK im September 2010 für alle deutschen EKK-betriebsgeführten Anlagen mit AREVA ein SAMG-Konzept (Severe Accident Management Guidelines) erstellt und die Erstellung von spezifischen SAMGs, die in einem „Handbuch für mitigative Notfallmaßnahmen“ (HMN) beschrieben werden sollen, für jede Anlage beauftragt.

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

6.2.1 Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter

Es existiert ein Notfallhandbuch, in welchem Notfallmaßnahmen im Bereich der Sicherheitsebene 4 zur Verhinderung von Kernschäden bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen beschrieben sind. Diese Notfallmaßnahmen sind nach Schutzzielen gegliedert und beschreiben u. a.

- der Sicherstellung bzw. Erhöhung des Kühlmittelinventars sowohl im BE-Becken wie auch im RSB-Sumpf
- dem primärseitigem Wärmetransport
- der Dampferzeugerbespeisung
- Wiederherstellung der Nebenkühlwasserversorgung,

- Wiederherstellung der Energieversorgung

Prioritäten für die Durchführung dieser Strategien werden dabei vorgegeben, ebenfalls werden Bedingungen für die Einleitung der einzelnen Aktionen sowie Kriterien für deren Unterbrechung, Beendigung oder den Wechsel zu einer anderen Aktion spezifiziert.

Die oben angeführten Notfallmaßnahmen wurden jeweils so ausgelegt, dass sie unter den zu Grunde gelegten Randbedingungen durchführbar sind. Entsprechendes gilt für die Verfügbarkeit der erforderlichen Instrumentierung, die Zugänglichkeit von Raumbereichen und Reparaturmaßnahmen. Entsprechende Aussagen werden im Rahmen der Ausführungen zu den einzelnen Maßnahmen und Anlagenteilen gegeben. (Erläuterungen zu möglichen Wasserstoffansammlungen werden in Abschn. 6.3.2 gegeben.)

Benötigte Ersatzteile der Not-, Nach- und Beckenkühlsysteme sind auf der Anlage vorhanden.

Weitere Aktionen, die über das im Notfallhandbuch bereits Vorhandene hinausgehen, werden durch den Krisenstab bei Bedarf als Maßnahmenvorschlag erarbeitet und nach der Entscheidung durch den Einsatzleiter an die Einsatzeinheiten zur Umsetzung angewiesen.

6.2.2 Mitigative Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter

Im Prinzip können die oben angeführten Maßnahmen auch nach beginnendem Kernschaden fortgesetzt bzw. eingeleitet werden, um den Kernzerstörungsprozess erfolgreich zu beenden (vgl. TMI-Szenario, bei dem die verspätete Kühlung des teilzerstörten Kerns erfolgreich war). Aufgrund der damit verbundenen längeren Zeiten für die erfolgreiche Durchführung der Maßnahmen besteht eine zusätzliche Erfolgswahrscheinlichkeit für eine Rückhaltung im RDB. Dies wurde in der PSA der Stufe 2 für KWG erkannt und berücksichtigt und wird in den zusätzlich zum Notfallhandbuch in Erstellung befindlichen SAMG weitergehend betrachtet. Als Vorstufe zu den SAMG sieht KWG die im Notfallhandbuch aufgeführten ergänzenden Notfallprozeduren, deren Wirksamkeit ins-

besondere auf eine vereinfachte Kernkühlung und übergreifende Versorgungsfunktionen ausgerichtet sind.

Die Ausführungen im Abschn. 6.2.1 gelten analog für den Bereich der mitigativen Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter.

6.2.3 Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters

Die weitergehenden Notfallmaßnahmen nach einem möglichen Versagen des Reaktordruckbehälters dienen der Sicherstellung der Integrität des Reaktorsicherheitsbehälters (RSB). Nach einem Druckanstieg im RSB, der durch das Versagen der Kernkühlung verursacht wurde, gibt es Notfallprozeduren die eine Kühlung des Reaktorsicherheitsbehälters und eine Begrenzung des Druckanstiegs gewährleisten.

Die Filterung der RSB-Atmosphäre ist von der Warte aus mit fernbedienbaren Umluftfilteranlagen, die sowohl Aerosole als auch Jod abscheiden, möglich.

Weitere Robustheitsreserven bzw. Maßnahmen werden in den Abschn. 6.3.1, 6.3.2 und 6.3.3 behandelt.

6.3 Verfügbare Notfall Maßnahmen zur Erhaltung „Integrität Sicherheitsbehälter“

6.3.1 Vermeidung von Brennelementschäden/-schmelzen bei hohem Druck

6.3.1.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Zur Verhinderung von Brennelementschäden bei hohem Druck kommen zunächst präventiven Notfallmaßnahmen zur Druckabsenkung im RDB zum Einsatz. Das Notfallhandbuch gibt Prioritäten für die Durchführung der einzelnen Maßnahmen vor.

Falls die Eigenbedarfsversorgung zur Verfügung steht, oder das NSDA1-Netz vorhanden ist, besteht die Möglichkeit mit den Sicherheitseinspeisepumpen bei hohem Druck

in den RDB einzuspeisen. Bei hohem Druck besteht neben der herkömmlichen HD-Einspeisung die Möglichkeit, mit den Nachkühlpumpen aus dem Reaktorgebäude-sumpf auf die Saugseite der Sicherheitseinspeisepumpen zu fördern. Dadurch kann auch bei hohem Druck aus dem Sumpf in den RDB eingespeist werden. Wie unter 6.2.1 beschrieben, sind Notfallmaßnahmen vorgesehen, um das Kühlmittelinventar im Sumpf zu erhöhen.

6.3.1.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Die im Kap. 6.1 dargestellte Notfallschutzorganisation legt abhängig von Anlagenzustand die Durchführung der im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen fest. Darüber hinaus können von der Notfallschutzorganisation weitere, der Situation angemessene Maßnahmen veranlasst werden.

6.3.2 Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters

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

Im KWG existieren verschiedene Systeme, um die Wasserstoffkonzentration im RSB zu bestimmen, die Atmosphäre zu durchmischen, um partiell unzulässig hohe Wasserstoffkonzentrationen zu verhindern und die Wasserstoffkonzentration zu verringern. Letzteres geschieht zum einen mit Hilfe der aktiven Rekombinatoren des Abgassystems, zum anderen sind autokatalytische Rekombinatoren im RSB installiert, die passiv arbeiten.

Die autokatalytischen Rekombinatoren können mehr Wasserstoff abbauen, als über Zirkon-Wasser-Reaktionen, Radiolyse und die Beton-Schmelze-Wechselwirkung entstehen kann. Das Katalysatormaterial ist unempfindlich gegenüber Feuchtigkeit, Strahlenbelastung, Schadgasen und Aerosolen und ist für Temperaturen > 400 °C ausgelegt.

Sollte aufgrund einer Inertatmosphäre innerhalb des RSB der Wasserstoff nicht vollständig rekombiniert werden können, erfolgt bei dem Erfordernis einer Druckentlastung eine gezielte Abführung über das Ventingsystem.

Der RSB stellt eine druckfeste und technisch gasdichte Umschließung der Reaktoranlage dar. Die Gasdichtheit wird regelmäßig nachgewiesen. Sollten dennoch Leckagen aus dem RSB unterstellt werden, so wird eine H₂-Anreicherung im Reaktorgebäude-Ringraum durch Absaugung verhindert.

6.3.2.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Weiterführende mildernde Maßnahmen im RSB sowie ggf. erforderliche Maßnahmen im Reaktorgebäude-Ringraum werden im Rahmen der SAMG festgelegt. Weitere Ausführungen, insbesondere zum Venting, folgen unter 6.3.3.1. Die im Kap. 6.1 dargestellte Notfallschutzorganisation kann abhängig von Anlagenzustand weitere, der Situation angemessene Maßnahmen veranlassen.

6.3.3 Vermeidung von Sicherheitsbehälterüberdruck

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

Entsprechend der Risikostudie für Kernkraftwerke, liegt die Zeit bei einem Kernschmelzunfall bis zum Erreichen des Auslegungsüberdruckes des RSB im Bereich von Tagen.

Die Anlage verfügt über ein System zur gefilterten Druckentlastung des RSB.

Die Filtermodule bestehen aus einem Vorfilter und nachgeschaltet einem Hauptfilter zur Aerosolrückhaltung (beide aus Metallfaservlies), sowie einem Jodsorptionsfilter in Form eines Molekularsiebes. Die Filtereinheit ist hinsichtlich der Beladepazität und der aus dem Filter abzuführenden Nachzerfallsleistung für die Einsatzbedingungen bei

extremen Zuständen ausgelegt. Beim Venting werden mit dem vorhandenen Filter hohe Abscheidegrade für elementares Jod erzielt.

6.3.3.2 Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen

Die Druckentlastung des RSB wird nach Abstimmung mit der für den Katastrophenschutz zuständigen Behörde über das Druckentlastungssystem entsprechend der im Notfallhandbuch beschriebenen Vorgehensweise von der Notfallschutzorganisation veranlasst. Steigt der Überdruck im RSB nach Beendigung der Entlastung wieder an, kann die Maßnahme wiederholt werden.

6.3.4 Vermeidung von Rekritikalität

6.3.4.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Es existieren administrative Regelungen, die eine ausreichende Borkonzentration in den Lagerbehältern für die Einspeisung von Kühlmittel sicherstellen. Gegen eine ungewollte Deionateinspeisung durch das Volumenregelsystem ist Vorsorge durch entsprechende Armaturenstellungen gegeben. Weiterhin wird durch messtechnische Überwachung (Borkonzentrationsmessung, Neutronenflussmessung, Leistungsmessung, Durchflussmessungen) sowie automatische Absperrmaßnahmen eine postulierte Fehleinspeisung sicher erkannt.

Die im Notfallhandbuch und in diesem Bericht beschriebenen Prozeduren und Maßnahmen sind zur Erreichung des Schutzziels Unterkritikalität so ausgeführt, dass stets ausreichend Bor zur Sicherstellung der Unterkritikalität im Primärkreislauf enthalten ist.

Die Lagergestelle im BE-Lagerbecken des KWG bestehen aus boriiertem Stahl, das Bor ist homogen im Stahl verteilt. Unter Beibehaltung der geometrischen Anordnung ist die Unterkritikalität auch bei nichtboriiertem Kühlmittel bzw. Zuspeisen von Deionat als Bestandteil der Notfallmaßnahmen sichergestellt. Ein Borsäureverlust tritt darüber hinaus bei Verdampfungskühlung nicht auf.

Darüber hinaus haben Untersuchungen gezeigt, dass eine Rekritikalität nach Schmelzen des Kerns nicht zu unterstellen ist.

6.3.4.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Die im Kap. 6.1 dargestellte Notfallschutzorganisation legt abhängig von Anlagenzustand die Durchführung der im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen fest. Darüber hinaus können von der Notfallschutzorganisation weitere, der Situation angemessene Maßnahmen veranlasst werden.

6.3.5 Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte

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

Die Vorkehrungen zur Rückhaltung der Kernschmelze im Reaktordruckbehälter werden unter 6.2.2 mitbehandelt.

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

In vielen möglichen Szenarien wird die Schmelze beim Kontakt mit dem Beton aufgrund des vorliegenden Unfallablaufs von Beginn an geflutet oder nach einer gewissen Zeit aufgrund des Erosionsfortschritts im Bereich des biologischen Schilts ein Wasserzutritt erfolgen. Damit ist es prinzipiell möglich, dass sich bei einer entsprechenden Ausbreitung der Schmelze eine kühlbare Konfiguration ergibt und die Schmelze-Beton-Wechselwirkung beendet oder zumindest erheblich verzögert wird.

Ein Durchschmelzen des RDB geht immer mit einem deutlichen Temperatur- und Druckanstieg im RSB einher. Dieser kann mit der vorhandenen Instrumentierung mit hoher Sicherheit detektiert werden.

Bei Wiederinbetriebnahme eines ausgefallenen Einspeisesystems kann über den Primärkreislauf die Schmelze in der Reaktorgrube geflutet werden. Infolge eines Versagens des biologischen Schildes oder einer Verlagerung der Schmelze über die Lüftungsspinne in den Ringspalt zwischen biologischem Schild und Tragschild ist eine passive Flutung sehr wahrscheinlich.

Weitergehende Maßnahmen zur Wasserbedeckung werden im Rahmen der zusätzlich zu erstellenden SAMG betrachtet.

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

Entsprechend dem Verständnis von Cliff-Edge Effekten im Kap. 0 können keine Cliff-Edge Effekte festgestellt werden.

6.3.6 Notwendigkeit von Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters

6.3.6.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters ist eine Maßnahme das Venting. Zur Einleitung und Durchführung ist das batteriegesicherte Drehstromnetz erforderlich. Die Stromversorgung ist ausführlich im Kap. 5.1 dargestellt. Der Schutz des RSB gegen evt. freigesetzten Wasserstoff erfolgt durch passive Rekombinatoren, für die keine Versorgungsfunktionen erforderlich sind.

6.3.6.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Die im Kap. 6.1 dargestellte Notfallschutzorganisation legt abhängig von Anlagenzustand die Durchführung der im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen fest. Darüber hinaus können von der Notfallschutzorganisation weitere, der Situation angemessene Maßnahmen veranlasst werden.

6.3.7 Erforderliche Instrumentierung zum Schutz der Containmentintegrität

Gemäß Notfallhandbuch ist eine Überwachung von Druck und Temperatur erforderlich und vorhanden, da diese das Einleitungskriterium für die erforderliche Notfallprozedur darstellen.

6.3.8 Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort

KWG ist eine Einzelblockanlage. Auch in der näheren Umgebung befindet sich kein weiteres Kernkraftwerk.

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

Die oben angeführten Notfallmaßnahmen wurden jeweils so ausgelegt, dass sie unter den zu Grunde gelegten Randbedingungen durchführbar sind. Entsprechendes gilt für die Verfügbarkeit der erforderlichen Instrumentierung, die Zugänglichkeit von Raumbereichen und Reparaturmaßnahmen. Entsprechende Aussagen werden im Rahmen der Ausführungen zu den einzelnen Maßnahmen und Anlagenteilen gegeben. (Erläuterungen zu möglichen Wasserstoffansammlungen werden in Abschn. 6.3.2 gegeben.)

6.3.10 Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen

Aufgrund der robusten und konservativen Auslegung des Sicherheitsbehälters ist mit einem Integritätsverlust des Sicherheitseinschlusses erst deutlich (Größenordnung doppelter Auslegungsdruck) oberhalb des RSB-Auslegungsdrucks zu rechnen. Zusätzlich wird der Druckanstieg durch das große freie Volumen und die große Wärmekapazität der Strukturen und Komponenten innerhalb des RSB erheblich verzögert. Dies wird durch die Ergebnisse der PSA der Stufe 2 für KWG belegt.

Weitergehende Betrachtungen zu möglichen Verbesserungen bei präventiven und mitigativen Maßnahmen werden im Rahmen der zurzeit in Erstellung befindlichen SAMG

untersucht. Als Vorstufe zu den SAMG sieht KWG die im Notfallhandbuch aufgeführten ergänzenden Notfallprozeduren, deren Wirksamkeit insbesondere auf eine vereinfachte Kernkühlung und übergreifende Versorgungsfunktionen ausgerichtet sind.

6.4 Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung

6.4.1 Aktivitätsfreisetzung nach Verlust der Sicherheitsbehälterintegrität

6.4.1.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Wie unter 6.3.10 beschrieben, kann aufgrund der hohen Robustheit des Sicherheitsbehälters und der Schutzmaßnahmen (gefilterte Druckentlastung und passive H₂-Rekombinatoren) ein Versagen ausgeschlossen werden. Sollte der RSB dennoch Leckagen aufweisen, erfolgt eine Freisetzung in den Reaktorgebäude-Ringraum. Durch die Ringraumabsaugung erfolgt eine gefilterte Abgabe über den Abluftkamin. Eine zusätzliche Rückhaltung ist durch die Zuschaltung der Bedarfsfilteranlage gegeben.

6.4.1.2 Vorkehrungen der Betriebsführung

Die Inbetriebnahme der Bedarfsfilteranlage ist ein betrieblicher Vorgang, der im Betriebshandbuch geregelt ist. Die Ringraumsabsaugung wird beim Kühlmittelverluststörfall automatisch durch das Reaktorschutzsystem gestartet oder kann bei Bedarf manuell in Betrieb genommen werden.

Die im Kap. 6.1 dargestellte Notfallschutzorganisation kann weitere, der Situation angemessene Maßnahmen festlegen.

6.4.2 Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken

Das BE-Becken befindet sich innerhalb des RSB.

6.4.2.1 Wasserstoffmanagement

Die Ausführungen unter 6.3.2 gelten analog für den Eintritt von Schädigungen der Brennelemente im Lagerbecken.

6.4.2.2 Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung

Aufgrund einer Überdeckung mit Kühlmittel ist eine Abschirmung der sich im Lagerbecken befindlichen Brennelemente sichergestellt. Sollte es zu einem Füllstandsabfall im BE- Becken kommen, beschreibt das Notfallhandbuch Maßnahmen, um den Füllstand mit boriiertem Wasser bzw. Deionat wieder anzuheben.

6.4.2.3 Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken

Das BE-Becken befindet sich innerhalb des RSB, wodurch die eventuell freigesetzten Spaltprodukte im RSB zurückgehalten werden.

Im Notfallhandbuch sind Prozeduren beschrieben, die sowohl der Erhöhung des Kühlmittelinventars als auch einer Kreislaufkühlung des BE-Beckens dienen und auch im unterstellten Zustand noch ausführbar sind.

6.4.2.4 Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls

Im BE- Becken werden Temperatur und Füllstand zur Sicherstellung der Wirksamkeit der BE-Becken-Kühlung überwacht. Sofern es bereits zu einer andauernden Freilegung von Brennelementen gekommen ist, lassen sich über Dosisleistungsmessungen Abschätzungen zum Grad der BE- Schädigung treffen. Eine detaillierte Vorgehensweise wird zukünftig, wie bereits unter 6.1 erwähnt, in den noch zu Erstellenden SAMG's beschrieben.

6.4.2.5 Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte

Bei unterstellten Brennelementschäden im BE-Becken ergeben sich keine Auswirkungen auf die Hauptwarte.

Für den Fall einer erhöhten Aktivitätskonzentration in der Außenluft aufgrund anderer Szenarien existiert die Notfallmaßnahme „Filterung der Wartenluft“. Ziel der Maßnahme ist die Gewährleistung eines langzeitigen Aufenthaltes auf der Warte und in den zugehörigen Nebenräumen ohne Benutzung von Atemschutzgeräten.

Sollte eine Nutzbarkeit der Hauptwarte nicht mehr gegeben sein, können die Systeme zur Kühlung des Brennelementlagerbeckens auch von der Notsteuerstelle aus bedient werden.

6.4.3 Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Vorkehrungen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung

Wie unter 6.3.10 beschrieben, kann aufgrund der hohen Robustheit des Sicherheitsbehälters und der Schutzmaßnahmen (gefilterte Druckentlastung und passive H₂-Rekombinatoren) ein Versagen ausgeschlossen werden. Sollte der RSB dennoch Leckagen aufweisen, erfolgt eine Freisetzung in den Reaktorgebäude-Ringraum. Durch die Ringraumabsaugung erfolgt eine gefilterte Abgabe über den Abluftkamin. Eine zusätzliche Rückhaltung ist durch die Zuschaltung der Bedarffilteranlage gegeben.

Da sich das BE-Lagerbecken innerhalb des Sicherheitsbehälters befindet, gelten die vorstehend genannten Ausführungen analog für Schädigung der sich im BE-Lagerbecken befindlichen Brennelemente.

Die Nutzbarkeit der Hauptwarte kann durch Notfallmaßnahmen zur Filterung der Wartenluft sichergestellt werden.