

Kernkraftwerk Grafenrheinfeld



Abschlussbericht für den Europäischen Stresstest

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung	13
0.1	Begriffsverständnis.....	15
0.1.1	Verständnis zu "Cliff-Edge Effekt"	15
0.1.2	Verständnis zu „Robustheit“	16
0.2	Auslegungsphilosophie deutscher Kernkraftwerke	18
0.2.1	Gestaffeltes Sicherheitskonzept und Schutzziele	19
0.2.2	Sicherheitsebenen	20
0.2.3	Konsequenzen der Auslegungsphilosophie	22
0.2.4	Weiterentwicklungen in Deutschland	23
0.3	Kurzbeschreibung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld.....	26
0.4	Erdbeben.....	28
0.5	Hochwasser	30
0.6	Extreme Wetterbedingungen	31
0.7	Verlust der Stromversorgung	32
0.8	Verlust der primären Wärmesenke.....	34
0.9	Verlust der primären Wärmesenke bei Station Blackout.....	35
0.10	Management schwerer Unfälle	36
0.11	Notfallmaßnahmen zur Kernkühlung, zum Erhalt der Integrität des Sicherheitsbehälters sowie zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.....	39
1	Standort und Hauptmerkmale der Anlagen	42
1.1	Standort und Genehmigungsinhaber	42
1.1.1	Hauptmerkmale der Anlage	43
1.1.2	Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme	44
1.2	Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede	66
1.3	Probabilistische Sicherheitsbewertungen.....	66
2	Erdbeben.....	71

2.1	Auslegungsgrundlage	71
2.1.1	Erdbeben, gegen welches die Anlage ausgelegt ist.....	71
2.1.1.1	Charakteristik des Bemessungserdbebens.....	71
2.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungserdbebens	73
2.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung	74
2.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage vor dem Bemessungserdbeben...	75
2.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	75
2.1.2.2	Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten.....	78
2.1.2.3	Folgewirkungen des Erdbebens.....	78
2.1.2.3.1	Nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegte Strukturen, Systeme und Komponenten.....	78
2.1.2.3.2	Ausfall der externen Stromversorgung.....	79
2.1.2.3.3	Situation außerhalb der Anlage.....	79
2.1.2.3.4	Andere Folgewirkungen	79
2.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage	80
2.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	80
2.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen.....	84
2.1.3.3	Festgestellte Abweichungen	84
2.2	Bewertung von Auslegungsreserven	85
2.2.1	Abschätzung der zu schweren Kernschäden führenden Erdbebenstärke	85
2.2.2	Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses	85
2.2.3	Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens.....	86
2.2.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben.....	86
3	Hochwasser	88
3.1	Auslegungsgrundlage	88
3.1.1	Hochwasser, gegen welches die Anlage ausgelegt ist	88

3.1.1.1	Höhe des Bemessungshochwassers	88
3.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungshochwassers	88
3.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung	89
3.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage gegen Bemessungshochwasser..	90
3.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	90
3.1.2.2	Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser	92
3.1.2.3	Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser	92
3.1.2.4	Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage	94
3.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage	94
3.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	94
3.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen.....	98
3.1.3.3	Festgestellte Abweichungen	98
3.2	Bewertung von Auslegungsreserven	99
3.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen Überflutung	99
3.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung.....	99
4	Extreme Wetterbedingungen	101
4.1	Auslegungsgrundlage	101
4.1.1	Bewertung der für die Auslegung verwendeten Wetterbedingungen.....	101
4.1.1.1	Verifizierung der Wetterbedingungen, welche bei der Auslegung von Systemen, Strukturen und Komponenten verwendet wurden	101
4.1.1.2	Annahmen für extreme Wetterbedingungen, falls diese nicht bereits in der Auslegung berücksichtigt waren	105
4.1.1.3	Bewertung der zu erwartenden Häufigkeit von unterstellten extremen Wetterbedingungen.....	105
4.1.1.4	Berücksichtigung der möglichen Überlagerungen von Wetterbedingungen.....	105

4.1.1.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen.....	106
4.2	Bewertung von Auslegungsreserven	106
4.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen.....	106
4.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen.....	106
5	Ausfall der Stromversorgung und Ausfall der primären Wärmesenke	107
5.1	Ausfall der Stromversorgung.....	107
5.1.1	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss	110
5.1.1.1	Auslegung der Anlage.....	110
5.1.1.2	Vorkehrungen für einen lang andauernden Ausfall des Haupt- und Reservenetzanschlusses ohne externe Unterstützung	113
5.1.2	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle	118
5.1.2.1	Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption	118
5.1.2.2	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung ..	119
5.1.3	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle und Ausfall anderer diversitärer Einrichtungen zur Drehstromversorgung.....	120
5.1.3.1	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung ..	120
5.1.3.2	Vorgesehene Maßnahmen zur Wiederherstellung einer Drehstromversorgung mit mobilen oder speziellen externen Einrichtungen	121
5.1.3.3	Erforderliches Schicht- oder Fachpersonal für elektrischen Anschluss ..	125
5.1.3.4	Zur Verfügung stehende Zeit zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung und damit der Kernkühlung	125
5.1.3.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust der Stromversorgung	126

5.1.3.6	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust der Stromversorgung	126
5.2	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser.....	127
5.2.1	Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung.....	127
5.2.2	Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	129
5.2.2.1	Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke	129
5.2.2.2	Mögliche zeitliche Einschränkungen für die Verfügbarkeit der alternativen Wärmesenke und Möglichkeiten für weitere zeitlicher Reserven.....	132
5.2.3	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser und der alternativen Wärmesenke.....	132
5.2.3.1	(Externe) Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden	132
5.2.3.2	Zeit zur Wiederherstellung verlorener Wärmesenken oder für externe Maßnahmen	133
5.2.4	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	133
5.2.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	134
5.3	Ausfall der primären Wärmesenke mit Station Blackout	134
5.3.1	Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern	134
5.3.2	Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden	138
5.3.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers mit Station Blackout.....	139
6	Management schwerer Unfälle	140
6.1	Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen.....	140
6.1.1	Notfallschutzorganisation des Genehmigungsinhabers	141
6.1.1.1	Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb	142

6.1.1.2	Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement	142
6.1.1.3	Maßnahmen für optimalen Personaleinsatz.....	143
6.1.1.4	Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen .	143
6.1.1.5	Verfahren, Ausbildung und Übungen	144
6.1.2	Nutzung vorhandener Ausrüstung	145
6.1.2.1	Nutzung externer mobiler Geräte.....	146
6.1.2.2	Regelungen für und Management von Betriebs- und Hilfsmitteln.....	146
6.1.2.3	Management des Strahlenschutzes	147
6.1.2.4	Interne und externe Kommunikations- und Informationsmittel.....	149
6.1.3	Ermittlung von Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können	150
6.1.3.1	Weitgehende Zerstörung der Infrastruktur oder Überflutung in der Standortumgebung, welche den Zugang zum Kraftwerksgelände behindert	150
6.1.3.2	Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen	151
6.1.3.3	Erschwerende radiologische Randbedingungen.....	151
6.1.3.4	Auswirkungen auf den Zugang und die Nutzbarkeit der Hauptwarte und Notsteuerstelle sowie Gegenmaßnahmen	152
6.1.3.5	Auswirkungen auf die von der Notfallorganisation genutzten Räume und/oder Einrichtungen	153
6.1.3.6	Durchführbarkeit und Wirksamkeit für Notfallmaßnahmen unter den Randbedingungen Erdbeben oder Hochwasser	153
6.1.3.7	Unverfügbarkeit der Stromversorgung	154
6.1.3.8	Potenzial für den Ausfall von Instrumentierungen.....	155
6.1.3.9	Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock	156
6.1.4	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Organisation für das Notfallmanagement	156
6.1.5	Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements	157

6.2	Verfügbare präventive Notfall-Maßnahmen in den verschiedenen Phasen eines Szenarios „Verlust der Kernkühlfunktion“	158
6.2.1	Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter	158
6.2.2	Mitigative Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter	159
6.2.3	Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters.....	159
6.3	Verfügbare Notfall Maßnahmen zur Erhaltung „Integrität Sicherheitsbehälter“	160
6.3.1	Vermeidung von Brennelementschäden/-schmelzen bei hohem Druck..	160
6.3.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	160
6.3.1.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	160
6.3.2	Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters.....	160
6.3.2.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Bewertung der Angemessenheit unter Berücksichtigung von Wasserstoffproduktionsrate und –menge	160
6.3.2.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	162
6.3.3	Vermeidung von Sicherheitsbehälterüberdruck	162
6.3.3.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Hilfsmittel zur Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe bei erforderlicher Druckentlastung	162
6.3.3.2	Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen.....	163
6.3.4	Vermeidung von Rekritikalität	163
6.3.4.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	163
6.3.4.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	164
6.3.5	Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte	164
6.3.5.1	Potenzielle Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption zur Rückhaltung der Kernschmelze im Reaktordruckbehälter	164
6.3.5.2	Potenzielle Vorkehrungen zur Kühlung der Kernschmelze im Sicherheitsbehälter nach Versagen des Reaktordruckbehälters	164

6.3.5.3	Cliff-Edge Effekte innerhalb des Zeitraums zwischen Reaktorabschaltung und Kernschmelze.....	165
6.3.6	Notwendigkeit von Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters	165
6.3.6.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	165
6.3.6.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	166
6.3.7	Erforderliche Instrumentierung zum Schutz der Containmentintegrität...	166
6.3.8	Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort.....	166
6.3.9	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit der Systeme und Komponenten für den Schutz des Sicherheitsbehälters	166
6.3.10	Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen.....	167
6.4	Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.....	167
6.4.1	Aktivitätsfreisetzung nach Verlust der Sicherheitsbehälterintegrität.....	167
6.4.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	167
6.4.1.2	Vorkehrungen der Betriebsführung	168
6.4.2	Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken	168
6.4.2.1	Wasserstoffmanagement	168
6.4.2.2	Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung	168
6.4.2.3	Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken.....	168
6.4.2.4	Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls	169
6.4.2.5	Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte	169
6.4.3	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Vorkehrungen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung.....	169

Abkürzungsverzeichnis

ÄEV	Regeländerung in Vorbereitung
AtG	Atomgesetz
AtSMV	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung
ATWS	Anticipated Transients without Scram (Transienten ohne RESA)
ÄEV	Regeländerungsentwurf in Vorbereitung
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
BOHB	Betriebliches Organisationshandbuch
DAKS	Digitaler Anlagen-Konferenz-Server
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)
EMAS	Eco Management and Audit Scheme
EMS	Europäische Makroseismische Skala
EN	Europäische Norm
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
FD-AAV	Abblaseabsperrentil
FD-AVSIV	Absperrarmatur vor dem Sicherheitsventil

FD-SIV	Sicherheitsventil
FLAB	Flugzeugabsturz
FSA	Frischdampf-, Sicherheits- und Absperrarmaturen
GRS	Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (s. a. www.grs.de)
HD	Hochdruck
HQ	Häufigkeit
HMN	Handbuch für mitigative Notfallmaßnahmen
IAEA	Internationale Atomenergiebehörde (s. a. http://www.iaea.org/)
ISO	Internationale Organisation für Normung
KatSL	Katastrophenschutzleitung (des Landkreises)
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (s. a. www.khgmbh.de)
KKG	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
KKW	Kernkraftwerk
KMV	Kühlmittelverlust
KTA	Kerntechnischer Ausschuss (alle KTA-Regeln siehe: http://www.kta-gs.de/)
KWU	Kraftwerk Union (jetzt AREVA NP)
LOOP	Loss of offsite power (Ausfall der externen Stromversorgung)
MIN	Minimum
MSK	Medwedew-Sponheuer-Karnik-Skala
ND	Niederdruck
NHB	Notfallhandbuch
NN	Normal Null (Bezugsfläche für Höhen über dem Meeresspiegel)
NSDA1	Notstromdiesel
NSDA2	Notspeisenotstromdiesel
ODL	Ortsdosisleistung
OHSAS	Occupational Health- and Safety Assessment Series
PDE	primärseitige Druckentlastung
PKL	Primärkreislauf
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
PSGA	Probabilistischen Seismischen Gefährdungsanalyse
RDB	Reaktordruckbehälter
RESA	Reaktorschnellabschaltung
RKL	Reaktorkühlkreislauf
RKS	Reaktorkühlsystem

RS	Reaktorschutz
RSB	Reaktorsicherheitsbehälter
RSK	Reaktorsicherheitskommission (s. a. http://www.rskonline.de/)
SAMG	Severe Accident Management Guidelines
SDE	sekundärseitige Druckentlastung
SPW	Speisewasser
SSG	Specific Safety Guide
SÜ	Sicherheitsüberprüfung
TECDOC	Technical Documentation (IAEA Dokument)
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)

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 Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit 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 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 Begriffsverständnis

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 Handmaßnahmen 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 resul-

tierenden 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 mind. 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 4 x 50 %-Systeme bei realistischer Betrachtungsweise z. T. als 4 x 100 %-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 weitgehende Analysen der deutschen Anlagen zu Einwirkungen aus Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle wurden weitere Reserven ausgewiesen.

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 Brennelementscha den 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 Grafenrheinfeld

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG) besteht aus einem Kraftwerksblock und liegt am linken Mainufer bei Flusskilometer 324,5 in der Gemeinde Grafenrheinfeld, die zum Landkreis Schweinfurt im Regierungsbezirk Unterfranken, Bundesland Bayern gehört.

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 Nachkühlsysteme, 4 Notstromdiesel) sowie vier zusätzlichen Notspeisenotstromdieseln (u. a. für die Beherrschung äußerer Einwirkungen). Die thermische Reaktorleistung beträgt 3765 MW, aus denen über ein Hochdruck- und drei Niederdruckturbinen-

teile brutto 1345 MW elektrische Energie erzeugt wird (netto 1275 MW). Die Kühlung erfolgt über zwei Naturzugkühltürme, die Kühlwasserversorgung aus dem Fluss Main.

Das Reaktorgebäude umschließt die sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile und ist in Stahlbetonbauweise (Stärke $\gg 1$ 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 09.12.1981 seine erste selbsterhaltende Kettenreaktion (erste Kritikalität) und das Kernkraftwerk nahm seinen kommerziellen Leistungsbetrieb am 17.06.1982 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 Grafenrheinfeld ist die E.ON Kernkraft GmbH.

Die bisher im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) entsprechend dem BMU-Leitfaden durchgeführte Probabilistische Sicherheitsanalyse weist für KKG 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 ($< 1 \cdot 10^{-4}/a$) liegen. Die ermittelten Werte liegen bereits im Bereich der für evolutionäre Reaktoren empfohlenen Werte ($1 \cdot 10^{-5}/a$); sie zeigen außerdem die Ausgewogenheit der System- und Anlagentechnik des KKG. Die Ergebnisse der Stufe 2-PSA (Ermittlung der Freisetzungen mit ihren Häufigkeiten) zeigen, dass sich für KKG sehr niedrige Häufigkeiten für gravierende Spaltproduktfreisetzungen ergeben; so ist Häufigkeit großer Freisetzungen kleiner als $1 \cdot 10^{-9}/a$. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der PSA der Stufe 1 und 2, dass das KKG 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 MSK/ESK (6,0). Unter Berücksichtigung der KTA 2201.1 ist für den Standort entsprechend der Bemessungsintensität von VI und den seismotektonischen Bedingungen ein Bodenantwortspektrum mit den zugehörigen Starrkörperbeschleunigungen (maximale Bodenbeschleunigungen bzw. „peak ground acceleration“) bestimmt worden (vgl. Bild 2-1).

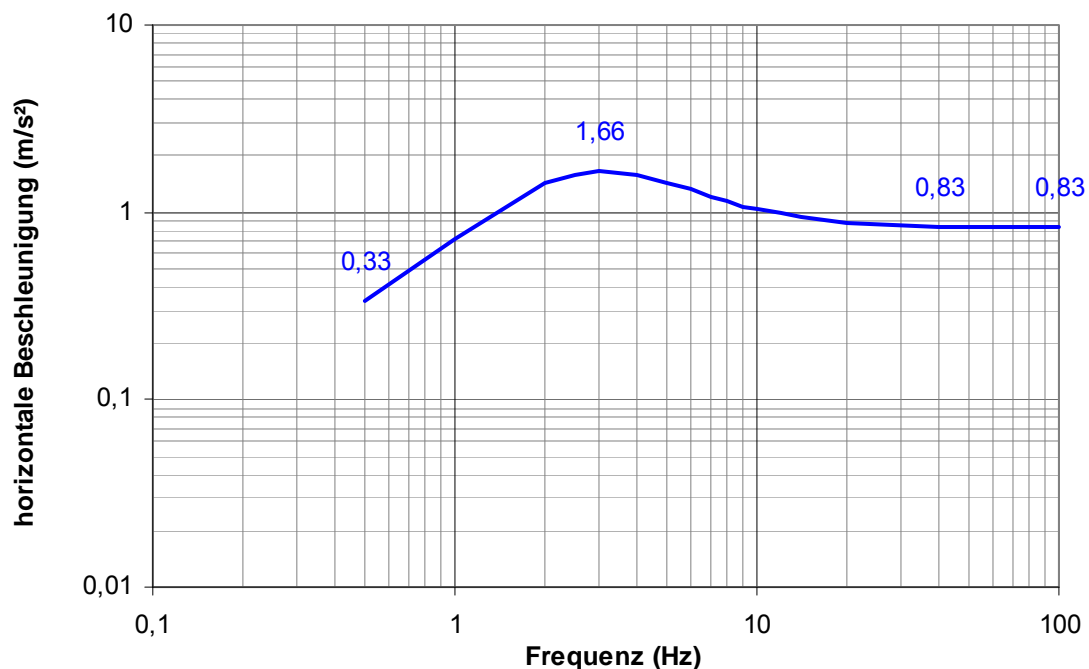


Bild 2-1 Bemessungsspektrum (Horizontalkomponente)

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 Notstromversorgung gegen das Erdbeben ausgelegt. Darüber hinaus ist die Notstromversorgung redundant vorhanden. Es stehen neben den vier Notstromdieseln vier weitere 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 BE-Schaden 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 KKG 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

Basis für die Hochwasserauslegung ist die KTA 2207. Aufgrund der darin beschriebenen Verfahren wurde das Bemessungshochwasser für eine Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /a ermittelt. Die Kraftwerksanlage selbst ist gegen Hochwasser durch permanente Hochwasserschutzmaßnahmen (bauliche Maßnahmen) geschützt. Temporäre Schutzmaßnahmen sind bei Bemessungshochwasser nicht erforderlich und entsprechend nicht vorgesehen. Mit dem Abfluss $HQ_{10000} = 2.783 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt sich am Standort KKG ein Wasserstand im Main von $HW_{10000} = \text{NN} + 205,82 \text{ m}$. Dieser Bemessungswasserstand liegt etwa 0,70 m unter dem Niveau des Kraftwerksgeländes von $\text{NN} + 206,50 \text{ m}$ und etwa 0,80 m unter dem Kraftwerknull (Zugänge) von $\text{NN} + 206,60 \text{ m}$.

Für den Binnenstandort wurden zunächst die Hochwasserabflüsse ermittelt, aus denen dann die Bemessungswasserstände mit adäquaten Verfahren (Schlüsselkurven) abgeleitet werden. Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG) liegt etwa 8 km unterhalb von Schweinfurt am Main bei Main-Kilometer 324 (Binnenstandort). Für den Hochwasserschutz des KKG wurde der maßgebende Hochwasserabfluss des Mains bzw. der entsprechende Wasserstand mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /a (Bemessungswasserstand nach KTA 2207) ermittelt.

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.

Die Kraftwerksanlage selbst, und zwar alle Gebäude und Einrichtungen, sind gegen Hochwasser durch permanente Hochwasserschutzmaßnahmen (bauliche Maßnahmen) geschützt und somit sind keine weiteren Vorkehrungen gegen Hochwasser erforderlich. Der Bemessungswasserstand liegt etwa 0,70 m unter dem Niveau des Kraftwerksgeländes von $\text{NN} + 206,50 \text{ m}$ und etwa 0,80 m unter dem Kraftwerknull (Zugän-

ge) von NN + 206,60 m. Die Zugänge des Notspeisenotstromgebäudes befinden sich 1,7 m höher als das Kraftwerksnull und sind somit von einer Überflutung ausgeschlossen. Die Gebäude sowie die Kanäle sind bis zum Kraftwerksnullniveau wasserundurchlässig ausgeführt. Die Rohr- und Kabeldurchführungen zu den Gebäuden sind ebenfalls wasserundurchlässig ausgeführt.

Die Untersuchungen zum EVA - Ereignis Hochwasser für das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld zeigen, dass eine Überflutung des Anlagengeländes auf Grund der Höhenlage der Anlage und der Umgebung praktisch ausgeschlossen werden kann. Untersuchungen zeigen zunächst, dass eine Gefährdung auf Grund des Wasserspiegels bei einem 10.000-jährlichen Hochwasser ausgeschlossen werden kann, d. h. das Kraftwerksgelände liegt 0,7 m oberhalb des zu erwartenden Wasserstands. Höhere Wasserstände, die mit kleinerer Häufigkeit als $10^{-4}/a$ zu erwarten sind, werden in erster Linie durch die Maindeiche zurückgehalten. Darüber hinaus besteht eine Sicherheitsmarge der Eingangshöhe des Kraftwerks.

Auch bei einem auslegungsüberschreitenden Hochwasser mit einer Überflutung des Kraftwerksgeländes wird aufgrund der großen Auslegungsreserven sowie der ausreichenden Vorwarnzeiten und temporären Maßnahmen sichergestellt, dass die benötigten Systeme funktionstüchtig bleiben. 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 Grafenrheinfeld besitzt ein gestaffeltes Konzept zur automatischen Sicherstellung der Drehstromversorgung der betrieblichen und sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten, bestehend aus Hauptnetzanschluss, Reservenetz, Notstromversorgung, Notspeisenotstromversorgung. Die Drehstromversorgung wird über die vorgenannte Abfolge sequenziell bei Ausfällen von Netzebenen sichergestellt. Zusätzlich steht eine 3. Netzanbindung 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 können alle sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten versorgt werden, 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 Komplettausfall der Notstromversorgung wird durch die zusätzlich hinterlegte 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 zeitlich offene Verlängerung der Betriebsdauer kann durch ergänzende Bereitstellung von Betriebsstoffen mit leichtem Gerät < 72 h bzw. schwerem Gerät > 72 h hergestellt werden.

Bei einem unterstellten Komplettausfall 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. Dies kann auch durch ein auf der Anlage KKI zur Verfügung stehendes mobiles Notstromaggregat geschehen.

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.

Es bestehen Überlegungen zum Einsatz von zusätzlichen mobilen Dieselaggregaten, die ein Nachladen von Batterien ermöglichen. Die Überlegungen zu Konzepten und

den anzulegenden Rahmenbedingungen werden unter Berücksichtigung des neuen Atomgesetzes derzeit neu überdacht.

0.8 Verlust der primären Wärmesenke

Der Verlust der primären Wärmequelle auf Grund eines unzulässigen Versperrens der Entnahmestellen ist zum einen auf Grund der geringen erforderlichen Flusswassermenge im Vergleich zu den Gebäudedimensionen und den Öffnungsquerschnitten, zum anderen auf Grund des sehr großen Abstands zwischen den beiden vorhandenen Entnahmestellen auszuschließen. 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 Notspeisenotstromnetz betrieben.

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

Bei vollständigem Ausfall des Nebenkühlwassers mit gleichzeitigem Ausfall des Hauptkühlwassers erfolgt die Wärmeabfuhr sekundärseitig über die FD-Abblasestation. Zuerst kommt das Notspeisesystem 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 Deionat kann ergänzend aus dem Deionatversorgungssystem, dem Trinkwasserversorgungssystem 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 Notstromdiesel (NSDA1) nicht verfügbar. Es stehen in KKG aber noch die Notspeisenotstromdiesel (NSDA2) und die 3. Netzeinspeisung zu Verfügung, so dass zur Sicherstellung der Kühlmittelversorgung die Maßnahmen bezüglich Kap. 0.8 zum Einsatz kommen können. Bei einem Ereignis während des Leistungsbetriebs kann daher die Anlage mit Hilfe des Notspeisesystems in den Zustand unterkritisch heiß gefahren und die Nachwärmeabfuhr autark für einen bestimmten Zeitraum gewährleistet werden.

Werden die Notspeisenotstromdiesel und die 3. Netzeinspeisung nicht kreditiert, sind die Notfallmaßnahmen Sekundärseitige und Primärseitige Druckentlastung und Bespeisung 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 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.

Abhängig von externen Maßnahmen sind sowohl die Verfügbarkeitsmachung der 3. Netzeinspeisung als auch ein längerfristiger Betrieb der mobilen Pumpen im Rahmen des Sekundärseitigen bzw. Primärseitigen Druckentlastens und Bespeisens durch Bereitstellung des notwendigen Kraftstoffs möglich. 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.

0.10 Management schwerer Unfälle

Im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld 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 von Betriebsfunkempfängern, 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 Notfallprozeduren ist bis auf das sekundärseitige Bleed & Feed ohne zusätzliche Ausrüstung möglich. Sofern zusätzliche Ausrüstung erforderlich ist, handelt es sich um handelsübliche Komponenten, die auch bei Feuerwehren und Hilfs-

diensten 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 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 Lüftung des Notspeisegebäudes detektiert automatisch explosive Gase und wechselt in

den Umluftbetrieb, dieser kann erforderlichenfalls auch manuell hergestellt werden. Die Notfallschutzorganisation nimmt ihre Arbeit in diesem Fall in der Ausweichstelle auf, welche sich auf dem Gelände einer Schaltanlage in Schweinfurt befindet.

Bei den deutschen Anlagen erfolgen die Maßnahmen der Sicherheitsebene 4 schutzzielorientiert, in der Regel über vordefinierte Einleitungskriterien. Die Voraussetzungen zur Durchführung sind im Notfallhandbuch beschrieben, aufgrund möglicher, nicht vorhersehbarer Ereignisüberlagerungen liegt allerdings keine Aufstellung hinsichtlich Karenzzeiten vor.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Einrichtungen in hochwasser- und erdbebengeschützten Gebäuden im Anforderungsfall zur Verfügung stehen. 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 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 für die projektierte Zeit auch bei Netzausfall und Ausfall der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel zur Verfügung. Darüber hinaus wurden im KKG zusätzliche Systeme installiert, die auch bei auslegungüberschreitenden 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 mi-

tigative 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 einzelnen Schutzzielen 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 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. Einige Notfallmaßnahmen werden gemäß Notfallhandbuch zeitgleich vorbereitet, wobei allerdings eine Priorität vorgesehen, die bei Erreichen vorgegebener Einleitungskriterien die Durchführung bestimmter Maßnahmen festlegt.

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 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 Kernzerstörungspro-

zess zu beenden oder zumindest die Karenzzeit bis zur Erfordernis weiterer Maßnahmen deutlich zu Erhöhen.

Wird im Falle einer Kernschmelze ein Versagen des Reaktordruckbehälters angenommen, kommt die Schmelze mit Beton in Kontakt. Bei vielen Szenarien 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 beeinflussen lässt.

Im Falle 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, kann mit Hilfe des Druckabbausystems gezielt eine gefilterte Druckentlastung des Sicherheitsbehälters vorgenommen werden. 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 zu verringern. Die freigesetzte Aktivität 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.

Wird ein Versagen des Sicherheitsbehälters unterstellt, so erfolgt eine Freisetzung zunächst in Richtung des Reaktorgebäude-Ringraums. Bei intakter Ringraumabsaugung gelangt die luftgetragene Aktivität gefiltert in den Abluftkamin. Sollte, je nach Versagensart des Reaktorsicherheitsbehälters, ein schneller Druckanstieg im Reaktorgebäude-Ringraum oder Hilfsanlagegebäude stattfinden, ist auch bei ausgefallener Absaugung ein Naturzug über den Abluftkamin zu erwarten.

Speziell die Untersuchungen im Rahmen der probabilistischen Sicherheitsanalyse für das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld haben jedoch gezeigt, dass aufgrund der robusten und konservativen Auslegung des Reaktorsicherheitsbehälters erst bei Größenordnungen des doppelten Auslegungsdrucks mit einem Versagen zu rechnen ist.

Zur Sicherstellung der Unterkritikalität speisen die im Störfall automatisch angeforderten Systeme mit boriertem 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 boriertem Wasser. Aufgrund der Geometrie der Lagergestelle sowie des verwendeten Borstahls ist das im Kühlmittel enthaltene Bor jedoch nicht zur Gewährleistung der Unterkritikalität erforderlich. Im Normalbetrieb sind die Brennelementköpfe mehrere Meter von Wasser überdeckt. Sollte Verdampfung im Lagerbecken auftreten, so kommt es zu einem Füllstandsabfall und einer Aufkonzentration der Borsäure. Mit Hilfe beschriebener Notfallprozeduren kann der Füllstand im Lagerbecken durch Einspeisen von Deionat oder Kühlmittel aus den Flutbehältern wieder angehoben werden. Diese Prozeduren sind ebenfalls geeignet, um bereits eingetretene Kernschädigungen zu verhindern oder zu mildern. 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

Der Standort des Kraftwerkes befindet sich auf dem Gebiet der Gemeinde Grafenrheinfeld, die zum Landkreis Schweinfurt im Regierungsbezirk Unterfranken gehört. Das Kraftwerk liegt am linken Mainufer bei Flusskilometer 324,5. Das Kraftwerksgelände liegt im ebenen Gelände des Schweinfurter Becken bei einer mittleren Geländehöhe im aufgeschütteten Bereich von 206,5 m über NN.

Der Main verläuft am Standort in Südrichtung. In ca. 500 m Entfernung südwestlich des Standortes befindet sich die Staustufe Garstadt. Das Gelände im Maintal nördlich des Standortes bis hin nach Schweinfurt ist relativ eben ohne größere Höhenunterschiede. Der Standort liegt im Bereich der Talaue des Mains. Zwischen ca. 2 m und 7 m unter Gelände sind vorwiegend sandige und nach unten zunehmend kiesige Bodenschichten ausgebildet. Die Bodenschicht ab ca. 7 m unter Gelände besteht aus mittelharten bis harten Tonstein- bzw. Sandsteinfelsschichten.

Die nächstgelegenen Orte sind:

- Grafenrheinfeld,
- Bergrheinfeld,
- Röhlein,
- Garstadt und
- Heidenfeld.

Das Stadtzentrum von Schweinfurt befindet sich in NNO-Richtung etwa 7,5 km entfernt. Würzburg liegt in SW-Richtung in etwa 25 km Entfernung.

Genehmigungsinhaber und Eigentümer ist die E.ON Kernkraft GmbH, Tresckowstraße 5, 30457 Hannover, die zugleich die Betriebsführung innehat.

1.1.1 Hauptmerkmale der Anlage

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (Einblockanlage) ist ein Druckwasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union) der Baulinie 3 (Vorkonvoi) 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 Notspeisenotstromdiesel vorhanden, die bei Verlust der Warte und des Schaltanlagegebäudes 10h autark die Wärmeabfuhr sicherstellen. Danach kann über die Notsteuerstelle die Anlage abgefahren werden. Die Kühlwasserversorgung erfolgt für den Turbinenkondensator durch zwei Naturzugkühltürme sowie für die Nebenkühlwassersysteme über den Fluss Main.

Das Lagerbecken für (abgebrannte) Brennelemente ist innerhalb des Sicherheitsbehälters im Reaktorgebäude untergebracht und hat Lagerpositionen für maximal 706 Brennelemente (genehmigt 715 Positionen).

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

Datenzusammenstellung:

Antragstellung:	07.06.1973
erste Kritikalität:	09.12.1981
Erste Synchronisation:	30.12.1981
Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs:	17.06.1982
Thermische Leistung:	3765 MWth
Installierte Leistung (brutto, elektrisch):	1345 MW
Installierte Leistung (netto, elektrisch):	1275 MW
Erzeugte Arbeit seit erster Synchronisation bis 30.06.2011	
Brutto :	291.768.741 MWh
Netto:	275.908.625 MWh

1.1.2 Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme

Kraftwerksanlage

Die im Reaktor durch die Kernspaltung entstehende Wärme wird vom Kühlmittel in vier parallel geschalteten Reaktorkühlkreisen durch die Kühlmittelpumpen zu den Dampferzeugern transportiert. Der sekundärseitig erzeugte Sattdampf treibt den Turbosatz an. Die Heizrohre der Dampferzeuger trennen den Reaktorkühlmittel- und Speisewasser-Dampf-Kreislauf druckdicht voneinander, so dass der Übertritt radioaktiver Stoffe aus dem Reaktorkühlmittel in den Speisewasser-Dampf-Kreislauf verhindert wird.

Das Kühlmittel steht dabei unter Überdruck, der von dem an das Reaktorkühlsystem angeschlossenen Druckhalter aufgeprägt wird und der höher ist, als der Verdampfungsdruck des Wassers bei der höchsten im Reaktorkühlsystem auftretenden Temperatur, so dass im Reaktorkühlsystem kein Dampf erzeugt wird.

Im Speisewasser-Dampf-Kreislauf fördern die Hauptspeisepumpen Speisewasser aus dem Speisewasserbehälter zu den Dampferzeugern, in denen es durch die Wärme aus dem Reaktorkühlsystem verdampft. Der erzeugte Dampf treibt den Turbosatz von ca. 1275 Megawatt elektrischer Nettoleistung an. Der Turbinenabdampf wird in Oberflächenkondensatoren niedergeschlagen. Die Hauptkondensatpumpen fördern das Kondensat zurück zum Speisewasserbehälter. Das Speisewasser wird entgast und durch Anzapfdampf aus der Turbine vorgewärmt. Die Abwärme der Turbinenkondensatoren wird vom Hauptkühlwasser aufgenommen und an über die zwei Kühltürme an die Atmosphäre abgegeben.

Das Reaktorkühlsystem und die hochdruckführenden Komponenten angeschlossener Systeme, das Brennelementbecken und das Lager für neue Brennelemente sind im kugelförmigen Sicherheitsbehälter aus Stahl angeordnet, der von der Betonhülle als Sekundärabschirmung mit einem dazwischen liegenden Ringraum umgeben ist.

Für den Betrieb des Reaktors ist eine Reihe von Hilfs- und Nebensystemen vorhanden, die an das Reaktorkühlsystem anschließen. Des Weiteren gibt es Systeme mit sicherheitstechnischen Aufgaben, die bei Störfällen die Auswirkungen auf das Betriebsper-

sonal, die Anlage sowie die Umgebung in vorgegebenen Grenzen halten sowie unzulässige Anlagenbeanspruchungen vermeiden.

Die Reaktorhilfs- und -nebensysteme sind im Ringraum des Reaktorgebäudes und im Reaktorhilfsanlagegebäude untergebracht, die mit dem Reaktorsicherheitsbehälter den Kontrollbereich bilden.

Die zahlreichen Kühlstellen des Kernkraftwerks werden durch Zwischenkühlsysteme versorgt, in denen als Wärmeträger Deionat in geschlossenem Kreislauf umgewälzt wird. Die Zwischenkühlsysteme übertragen ihre Wärme über die zugeordneten Nebenkühlwassersysteme an den Main.

Die technische Betriebsführung erfolgt von der zentralen Warte aus.

Der Normalbetrieb ist durch Regelungen und Steuerungen vollständig automatisiert. Bei Abweichungen vom Sollbetrieb sorgen automatisch wirkende Begrenzungseinrichtungen für die Rückführung auf betrieblich vorgegebene Zustände. Bei Erreichen von Auslösegrenzwerten des Reaktorschutzsystems werden die erforderlichen sicherheitstechnischen Gegenmaßnahmen automatisch eingeleitet.

Hauptdaten des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld

Reaktoranlage

Anzahl der Brennelemente	193
Brennstäbe je BE	236
Anzahl der Kühlkreisläufe	4
Betriebsüberdruck	157 bar
Kühlmittelvolumen	412 m ³
Gesamt-Kühlmitteldurchsatz	27,24 m ³ /s
Eintrittstemperatur am RDB	291,3 °C
Austrittstemperatur am RDB	326,1 °C

Dampfkraftanlage

Anzahl Dampferzeuger	4
FD-Überdruck am DE-Austritt	65 bar
FD-Durchsatz	ca. 2030 kg/s
Drehzahl des Turbosatzes	25 s ⁻¹
Zahl der Turbinengehäuse, 2-flutig	HD 1
Zahl der Turbinengehäuse, 2-flutig	ND 2
absoluter Druck im Kondensator	0,098 bar
Nebenkühlwassereintrittstemperatur	0-28 °C
Kondensatorkühlwasserstrom	44 000 kg/s

Wesentliche Gebäude

Die wichtigsten Anlagenstrukturen und Gebäude sind:

- Reaktorgebäude mit der Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer
- Reaktorhilfsanlagegebäude mit Fortluftkamin
- Maschinenhaus
- Schaltanlagegebäude mit Hauptwarte
- Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale
- Notspeisegebäude

Sonstige Bauanlagen (Kühlwassersysteme)

Die Sicherheitssysteme der Anlage Grafenrheinfeld sind vierfach redundant (4 x 50 %) aufgebaut.

Das **Reaktorgebäude** wird durch einen Zylinder aufgesetzter Halbkugel gebildet. Die Außenstrukturen von Zylinderwand und Halbkugel bestehen aus meterdickem Stahlbeton. Wesentlicher Bestandteil des Reaktorgebäudes ist der kugelförmiger Reaktorsi-

cherheitsbehälter aus Stahl mit dem darin befindlichen nuklearen Dampferzeugungssystem und dem den Sicherheitsbehälter umschließenden Ringraum. Die sphärische Sekundärabschirmung umschließt Sicherheitsbehälter und Ringraum.

Im Inneren des Sicherheitsbehälters sind das Reaktorkühlsystem, Teile der unmittelbar anschließenden Reaktorhilfsanlagen und Sicherheitssysteme, sowie das Brennelementlagerbecken untergebracht. Der Sicherheitsbehälter ist im Normalbetrieb begehbar. Im Ringraum sind quadrantenzugeordnet Teile der 4-fach redundanten Sicherheitssysteme sowie der Hilfs- und Nebenanlagen aufgestellt. Am Reaktorgebäude, zum Maschinenhaus hinweisend, ist die Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer angebracht. In ihr sind räumlich getrennt, die Frischdampfarmaturen und eine Ebene darunter die Speisewasserarmaturen angeordnet.

Das **Reaktorhilfsanlagengebäude** grenzt an der einen Seite an das Schaltanlagengebäude und an der anderen Seite an das Reaktorgebäude an. Im Reaktorhilfsanlagengebäude sind die Hilfs- und Nebenanlagen des Reaktors untergebracht. Im Kaminfuß des **Fortluftkamins** ist das Druckentlastungssystem angeordnet, welches bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen mit langfristigem Druckaufbau im Sicherheitsbehälter die Sicherheitsbehälteratmosphäre kontrolliert über Jod und Aerosol Filter und einen Venturiwäscher an den Fortluftkamin abgibt. Der Fortluftkamin mit einer Höhe von ca. 160 m über Kraftwerksniveau befindet sich in östlicher Richtung vom Reaktorhilfsanlagengebäude.

Das **Maschinenhaus** enthält im Wesentlichen die zur elektrischen Energieerzeugung notwendigen Teile des Sekundärkreislaufs:

- Kondensationsturbine
- Generator
- Kondensatoren
- Umleitstationen
- Komponenten des Wasser-Dampf-Kreislaufes mit HD- und ND- Vorwärmern

Zu ihnen gehören auch Behälter mit großem Energieinhalt, wie z. B. der Speisewasserbehälter, die Speisewasservorwärmung und die Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer.

Das Schaltanlagegebäude schließt an das Reaktorhilfsanlagegebäude an. Im Schaltanlagegebäude sind die Systeme der Elektrotechnik, die zur Steuerung, Regelung und Überwachung der Anlage vorgesehen sind sowie die Hauptwarte der Anlage untergebracht. Entsprechend dem viersträngigen Aufbau ist das Schaltanlagegebäude in vier „Scheiben“ unterteilt.

Das Notstromdieselgebäude befindet sich gegenüber dem Schaltanlagegebäude. In diesem Gebäude sind im Wesentlichen vier Notstromdiesel mit zugehörigen Schaltanlagen, Brennstoffvorräten sowie die Kaltwasserzentrale mit Kältemaschinen untergebracht.

Im Notspeisegebäude sind die für die gesicherte Nachwärmeabfuhr benötigten Systeme, im wesentlichen die vier 100 %-Notspeisenotstromdiesel, jeweils gekuppelt mit Generator und Notspeisepumpe und die Brennstoff- und Wasservorräte, untergebracht. Des Weiteren sind ebenfalls nach Redundanzen getrennt Steuer- und Schaltanlagen des Reaktorschutzes einschließlich Batteriepufferung sowie die Notsteuerstelle vorhanden, von der bei Ausfall der Hauptwarte (EVA) die Anlage in den Zustand „unterkritisch kalt“ gefahren und gehalten werden kann (Abfuhr der Nachzerfallswärme und Langzeitkühlung des Brennelementlagerbeckens).

Weitere Bauanlagen

Die Hauptbauwerke der Kühlwasserversorgung sind:

- Nebenkühlwasserpumpenbauwerke
- Kühlwasserentnahmebauwerke
- Hauptkühlwasserpumpenbauwerke
- Kühltürme

Sämtliche Bauwerke sind in erforderlichem Umfang in wasserundurchlässigem Stahlbeton ausgeführt.

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
- Begrenzungen
- Reaktorschutzsystem
- Sicherheitseinschluss (Reaktorsicherheitsbehälter) und Sekundärabschirmung
- 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 und 4 x 380 V -dieselgetriebenen Notstromgeneratoren 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 Kühlmittel dienenden Moderator borierterm Deionat 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 (Loop 20) 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:

- Steuerelemente mit Antriebssystem
- Zusatzboriersystem

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 selbst in den Reaktorkern. Dies wird durch die sichere Entregung sämtlicher Antriebsspulen infolge der Unterbrechung der Spannungsversorgung gewährleistet.

Zusatzboriersystem

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

- Druckhaltung, Leckageergänzung, Aufborierung und Ausgleich der Volumenkontraktion beim Abkühlen nach Störfällen infolge EVA mit einer Borsäure – Konzentration von 2200 ppm,
- Druckhaltersprühung beim Störfall Dampferzeugerheizrohrbruch und Einspeisung von Borsäure mit 7000 ppm zur Unterkritikalität des Reaktorkerns.
- Diversitäres Abschaltssystem bei unterstelltem Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (ATWS) durch Einspeisen von Borsäure,
- Einspeisung Borsäure mit einer Konzentration von 7000 ppm, beim Ansprechen der Stabeinfahrtbegrenzung, bei Nichtverfügbarkeit von Volumenregel- oder Chemikalieneinspeisesystem,

- Aufborieren des Kühlmittels mit 2200 ppm bzw. 7000 ppm Borsäure und Ergänzung der Volumenkontraktion beim Abfahren der Anlage, wenn das Chemikalieneinspeisesystem oder Volumenregelsystem nicht zur Verfügung stehen,
- Heruntersprühen des Kühlmitteldrucks bei Dampferzeuger-Heizrohrbruch.

Reaktorhilfsanlagen

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

Das **Volumenregelsystem** wird als Betriebssystem nicht zur Beherrschung von Auslegungstörfällen benötigt. Bei Verfügbarkeit wird es jedoch herangezogen, damit der Einsatz von Sicherheitseinrichtungen nicht erforderlich wird.

Während des Reaktorbetriebes hat das Volumenregelsystem folgende Aufgaben:

- das Reaktorkühlsystem mit Kühlmittel zu füllen,
- ständig einen Teilstrom des im Reaktor umlaufenden Kühlmittels zum Zweck der Reinigung und ggf. Entgasung zu entnehmen und entsprechend zurückzuspeisen,
- die temperaturbedingte Dichteänderung des Kühlmittels vor allem beim An- und Abfahren auszugleichen und kleinere betriebliche Leckagen im Reaktorkühlsystem zu ergänzen, wenn diese nicht bereits vom Druckhaltesystem (Kap 2.2.1.3) kompensiert wurden,
- die zur chemischen Reaktivitätsregelung erforderlichen Borsäure- und Deionatmengen in das Reaktorkühlsystem einzuspeisen und die dadurch anfallenden Kühlmittelentnahmemengen in die Kühlmittellagerung zu leiten,
- die Hochdruck-Wellendichtung der Hauptkühlmittelpumpen mit Sperrwasser zu versorgen,
- die Hilfssprühung des Druckhalters zu versorgen,
- den RKL bei Revision zu füllen und entleeren,
- das Kühlmittel mit Wasserstoff zu begasen.

Die **Kühlmittellagerung und -aufbereitung** 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:

- Zurückhaltung der im Abgas enthaltenen radioaktiven Gase (Xenon, Krypton) vor Abgabe an die Atmosphäre, bis sie weitgehend abgeklungen sind,
- Begrenzung des Wasserstoffgehalts im Abgassystem und den angeschlossenen Komponenten auf unter 4 Vol.-% und des Sauerstoffgehalts auf unter 0,1 Vol.-%, um sowohl die Bildung eines zündfähigen Gemisches als auch eine Begasung des Hauptkühlmittels mit Sauerstoff und damit eine Korrosion im Primärkreislauf zu verhindern,
- Verhinderung des Austretens radioaktiver Gase aus den angeschlossenen Komponenten in die Gebäudeluft mittels Unterdruckhaltung,
- Wasserstoffabbau nach einem Kühlmittelverluststörfall (nur als Redundanz bei Ausfall des Wasserstoffabbausystems).

Das nukleare Lüftungssystem besteht aus:

- der gemeinsamen Zuluftanlage. Daran angeschlossen ist das Reaktorhilfsanlagengebäude, das Reaktorgebäude und der Reaktorgebäuderingraum.
- der Fortluftanlage. Daran angeschlossen sind das Reaktorhilfsanlagengebäude und der Reaktorgebäuderingraum.
- der Fortluftanlage-Unterdruckhaltung. Daran angeschlossen ist das Reaktorgebäude mit den kleinen und großen Anlagenräumen und den Betriebsräumen.
- dem Zuluftstrang-Spülluft und dem Fortluftstrang-Spülluft. Daran angeschlossen ist das Reaktorgebäude.
- der Ringraumabsaugung. Daran angeschlossen ist der Reaktorgebäuderingraum während eines Kühlmittelverluststörfalls.

Das **Brennelementbeckenreinigungssystem** hat die folgenden betrieblichen und sicherheitstechnischen Aufgaben:

- Entfernen von Spalt- und Aktivierungsprodukten aus dem Beckenkühlmittel,
- Entfernen von festen Verunreinigungen,
- Gewährleistung ausreichender Sichtverhältnisse im Beckenkühlmittel während des Entladevorgangs,
- Abfuhr der Nachzerfallswärme der im BE-Becken befindlichen bestrahlten Brennelemente,
- Füllstandshaltung im Brennelement-Becken,
- Kühlung des BE-Beckens bei Störfällen.

Die Kühlung des Brennelementbeckens erfolgt im Normalfall über das Brennelement Beckenreinigungssystem, wobei über die kleine Beckenreinigungspumpe bei geringer Nachzerfallswärme oder über die Pumpe des 3. Beckenkühlkreises bei erhöhter Nachzerfallsleistung gefahren werden kann. Die Kühlung des BE-Beckens kann bei Bedarf auch über dem Nachkühl-System zugeordneten BE-Beckenkühlumpen durchgeführt werden.

Dampfkraftanlage

Der in den Dampferzeugern erzeugte Sattdampf strömt über das Frischdampfleitungssystem zum aus Turbine und Generator bestehenden Dampfturbosatz, in dem die Wärmeenergie in elektrische Energie umgewandelt wird. Der Abdampf aus den Niederdruckgehäusen der Turbine kondensiert in nachgeschalteten Kondensatoren durch Abgabe der Kondensationswärme an das Hauptkühlwasser. Das in den Kondensatoren anfallende Kondensat wird mit den Hauptkondensatpumpen durch die Niederdruck-Vorwärmerstraßen in den Speisewasserbehälter gefördert, in dem es durch Mischvorwärmung thermisch entgast wird. Aus dem Speisewasserbehälter fördern die Speisewasserpumpen das Speisewasser über die Hochdruck-Vorwärmerstraßen wieder in die Dampferzeuger zurück.

Die wesentlichen Bestandteile der Dampfkraftanlage sind:

- das Frischdampfsystem
- die Dampfturbinenanlage und der Generator
- das Hauptspeisewasser- und Kondensatsystem
- das An- und Abfahrssystem

Das Frischdampfsystem hat die Aufgabe, den in den Dampferzeugern (DE) produzierten Sattedampf in vier Leitungen über die Frischdampf-Speisewasser-Armaturenkammer zu dem im Maschinenhaus befindlichen Turbosatz zu führen. In der Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer sind die Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung des Sekundärkreises räumlich getrennt untergebracht.

Bei einem unterstellten Bruch der Frischdampfleitung wird der entsprechende Frischdampfstrang gegen die Umgebung abgesperrt. Zu diesem Zweck befindet sich auf jedem Dampferzeuger eine als Eckventil ausgeführte kombinierte AS-Armatur. Weiter sind in der außen am Reaktorgebäude angebrachten Armaturenkammer die folgenden Frischdampfarmaturen installiert:

- FD-SSV (Schnellschlussventil)
- FD-SIV (Sicherheitsventil)
- FD-AAV (Abblaseabsperrventil)
- FD-Abblaseregelventil

Die FD-SSV hat die Aufgabe, bei Leitungsbrüchen außerhalb der Armaturenkammer die Frischdampfleitung abzusperren. Der Kombination aus FD-Abblaseabsperrventil und FD-Abblaseregelventil kommt vorgelagert zum FD-Sicherheitsventil eine wesentliche sicherheitstechnische Bedeutung zu. Bei Ausfall der Hauptwärmesenke kann auch unter Not- bzw. Notspeisenotstrombedingungen die anfallende Nachzerfallswärme geregelt sicher über Dach abgeführt werden. In der Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer sind ebenfalls die den vier Dampferzeugern zugeordneten Speisewasserarmaturen räumlich getrennt angeordnet.

Das Speisewassersystem hat die betriebliche Aufgabe, die vier Dampferzeuger mit vorgewärmtem Speisewasser zu versorgen. Die Speisewasserpumpen fördern im Leistungsbetrieb das Speisewasser aus dem Speisewasserbehälter über die HD-Vorwärmer in die Dampferzeuger. Bei Ausfall dieser betrieblichen Dampferzeugerbespeisungssysteme kommt als Teil des Sicherheitssystems das Notspeisesystem zum Einsatz. Das Hauptkondensatsystem hat die betriebliche Aufgabe, die in den Kondensatoren anfallenden Kondensate in den Speisewasserbehälter zurück zu fördern. Des Weiteren wird Kühlkondensat für die Dampferzeugerabschlammung und für die Turbinenumleitstation zur Verfügung gestellt.

Die An- und Abfahrpumpen übernehmen die Bespeisung der Dampferzeuger:

- beim An- und Abfahren, d. h. bei Betriebsfällen mit geringen Speisewasserströmen,
- im Notstromfall bei Ausfall der Speisewasserpumpen, bei Schäden in den Systemen des Wasser-Dampf-Kreislaufes und beim Kühlmittelverluststörfall „Kleines Leck am Primärkreislauf“, wodurch ein sekundärseitiges Abfahren der Anlage erforderlich wird und die Dampferzeuger zur Abfuhr der Nachzerfallswärme herangezogen werden.

Die An- und Abfahrpumpen fördern das Speisewasser in den oben beschriebenen Fällen aus dem Speisewasserbehälter in die Speisewasserleitungen in der Armaturenkammer vor den Schwachlastregelventilen. Die Pumpen sind so ausgelegt, dass der erforderliche Speisewasserstrom auch gegen den Ansprechdruck der Sekundär-Sicherheitsventile gefördert werden kann.

Sicherheitskühlsystem / Nachkühlkette

Die notstromgesicherten Sicherheitskühlsysteme bestehen aus folgenden Systemen:

- Nukleares Nachkühl- und Beckenkühlsystem
- Nukleares Zwischenkühlsystem
- Nukleares Nebenkühlwassersystem
- Gesichertes Zwischenkühlwassersystem

- Notspeisesystem

Die ersten vier Systeme sind Bestandteil der Nachkühlkette.

Das **nukleare Nachkül- und Beckenkühlsystem** dient betrieblich zur Wärmeabfuhr aus den Brennelementen nach Abschaltung der Anlage, wenn eine Wärmeübertragung an die Sekundärseite aufgrund der fehlenden Triebkraft nicht mehr möglich ist, dem Kühlen der im BE-Lagerbecken gelagerten bestrahlten Brennelemente und dem Fluten und Entleeren des Reaktorraums beim BE-Wechsel.

Nach bzw. während 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

Die nachstehend beschriebenen Gegenmaßnahmen im Falle eines Kühlmittelverluststörfalls richten sich nach der Lage, Form und vor allem der Größe des entsprechenden Lecks.

Auslegungsgemäß wurde abdeckend der unterstellte Bruch einer Hauptkühlmittelleitung betrachtet, bei dem das Kühlmittel aus dem doppelten Rohrquerschnitt austritt (2F-Bruch). In diesem Fall und bei allen anderen Kühlmittelverluststörfällen mit großem Leck wird über HD-Sicherheitseinspeisepumpen, boriertes Wasser aus den Flutbehältern in den Primärkreislauf gefördert. Über ein eigenmediumgesteuertes 3-Wege-Ventil wird sichergestellt, dass die HD-Einspeisung immer in den Teil der Kühlmittelleitung erfolgt, in dem die Leckage nicht aufgetreten ist (z. B. Bruch im „heißen“ Loop hat Einspeisung im „kalten“ Loop zur Folge, und umgekehrt). Bei Absinken des Drucks im Reaktorkühlsystem unter den durch ein Stickstoffpolster erzeugten Treibdruck der Druck-

speicher (26 bar) speisen diese selbsttätig ein. Bei einem Primärkreisdruck unter 10 bar starten alle Nachkühlpumpen und fördern aus den Flutbehältern. Durch diese Maßnahmen wird der RDB so schnell mit boriiertem Wasser geflutet, dass die Hüllrohrtemperaturen der Brennelemente in keiner Phase des Flutens unzulässige Werte annehmen. Zur Langzeitnotkühlung wird nach Entleerung der Flutbehälter über ein 3-Wege-Ventil auf Sumpfbetrieb umgeschaltet. Die Nachkühlpumpen fördern das Sumpfwasser über die Nachwärmekühler in das Reaktorkühlsystem. Die HD-Sicherheitseinspeisepumpen sind hierbei abgeschaltet, da die Flutbehälter in dieser Störfallphase bereits entleert sind.

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 nukleare Nebenkühlwassersystem abzuführen.

Das **nukleare Nebenkühlwassersystem** hat die Aufgabe, bei allen Betriebs- und Störfällen, die anfallenden Verlust- und Nachzerfallsleistungen im nuklearen Bereich sowie des Notstromdieselgebäudes aus dem nuklearen Zwischenkühlsystem und dem gesicherten Zwischenkühlsystem an den Vorfluter abzuführen.

Das **gesicherte Zwischenkühlsystem** hat die betriebliche und sicherheitstechnische Aufgabe, die in den Kühlern und Kühlstellen der Komponenten:

- Notstromdiesel (NSDA1)
- Kältemaschinen

anfallende Verlustwärme über gesicherte Zwischenkühler an das nukleare Nebenkühlwassersystem abzuführen.

In der Auslegung der Konvoi und Vorkonvoi Anlagen wird vom Redundanzgrad der Nachkühlkette her der Störfall „Einwirkung von außen“ von den sonstigen Störfällen unterschieden, da gem. KTA 3301 bei Einwirkungen von außen mit sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit kein Einzelfehler zu Unterstellen ist.

Vor diesem Hintergrund werden je zwei Not-Nachkühlstränge durch das NSDA1 und im Anforderungsfall durch NSDA2 versorgt.

Die sicherheitstechnischen Aufgaben des **Notspeisesystems** dient der Dampferzeugerbespeisung bei:

- systemeigenen Störfällen des Hauptspeisewasser- bzw. des An- und Abfahrssystems,
- Störfällen infolge Einwirkung von außen (EVA) während Leistungsbetrieb und im abgefahrenen Zustand der Anlage bei geschlossenem RDB-Deckel,
- Kühlmittelverlust mit kleinem Leck im RKL.

Außerdem hat das System die Aufgaben:

- die Kühlung des Notspeisenotstromdiesels und
- die Abfuhr der Abwärme der Lüftungsanlage des Notspeisegebäudes während Störfallbetrieb

zu gewährleisten.

Elektrische Energie wird vom Notspeisesystem (speziell Notspeisenotstromdieselgenerator) für sicherheitstechnisch wichtige Verbraucher zur Verfügung gestellt, wenn eine Störung den Ausfall der Eigenbedarfsversorgung sowie der netzseitigen Energieversorgung und der Notstromdiesel (NSDA1) zur Folge hat.

Die bei Betrieb des Notspeisesystems und der im Notspeisegebäude untergebrachten elektrotechnischen Anlagen entstehende Wärme muss von der systemeigenen Kühlkette abgeführt werden.

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 wird daher neben der sekundärseitigen Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkern die Abfuhr der im Notspeisegebäude anfallenden Wärme berücksichtigt.

Die **Begrenzungen** liegen in der Hierarchie der Leittechniksysteme in ihren Maßnahmen zwischen den optimalen Bereichen der Betriebs-Regelrichtungen und den Auslösegrenzwerten des Reaktorschutzes(RS-)Systems. Begrenzungssysteme dienen generell dazu, Störungen so zu begrenzen, dass ein Eingreifen des Reaktorschutzsystems nicht erforderlich ist und die Anlage möglichst im Leistungsbetrieb gehalten werden kann (Betriebsbegrenzungen). Grenzwerte und Maßnahmen sind so ausgelegt, dass Anfangs- und Randbedingungen bzw. -Zustände für Störfälle (Zustandbegrenzungen) eingehalten und Prozessvariablen von Auslegungsgrenzen auf Betriebswerte zurückgeführt werden (Schutzbegrenzungen). Hierzu gehören:

- Reaktorleistungsgrenzwerte einhalten,
- Sicherstellung einer ausreichenden Abschaltreaktivität der Steuerelemente (durch Steuerelement-Fahrbegrenzungen),
- Überwachung des Einwurfs der Steuerelemente nach RESA und Einleitung von Gegenmaßnahmen bei ATWS,
- Einleitung von Gegenmaßnahmen nach RESA, DE-Heizrohleck,
- Überwachung und Sicherstellung einer ausreichenden Einspeiseborkonzentration,
- Begrenzung der Leistungsanstiegsgeschwindigkeit und/oder der Leistungsdichteverteilung und somit auch Vermeidung von unzulässigen Temperaturen im Brennstab,
- Reduzierung der Reaktorleistung bei Störungen in der Wärmeabfuhr,
- Begrenzung von Primärkreisparametern (Druckhalterfüllstand, Kühlmitteldruck, Kühlmitteltemperatur) nach oben oder/und unten.

Ihren Aufgaben gemäß unterscheidet man:

- Betriebsbegrenzungen, zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlage,
- Zustandsbegrenzungen, zur Einhaltung der für die Störfall-Analysen angenommenen betrieblichen Ausgangsbedingungen und
- Schutzbegrenzungen, die in Ergänzung zum Reaktorschutzsystem zur Bereitstellung diversitärer Abschaltmaßnahmen und dort, wo den Begrenzungseinrichtungen über die verfügbaren Messinformationen und differenzierte Maßnahmen mehr Möglichkeiten zur gezielten Störungs- oder Störfallbehandlung gegeben sind.

Das **Reaktorschutz(RS)-System** oder die Dampferzeuger-Druckabsicherung kommen erst bei Versagen oben genannter Maßnahmen bzw. bei Störfällen zum Einsatz. Sie erkennen Störfälle und leiten entsprechende Maßnahmen ein.

Das RS-System ist der Teil des Sicherheitssystems, der bei den in Betracht zu ziehenden Störfällen die Anlage vor unzulässigen Beanspruchungen schützt und deren Auswirkungen auf das Betriebspersonal, die Anlage sowie die Umgebung in vorgegebenen Grenzen hält.

Dazu ist es notwendig, die verschiedenen Störfälle rechtzeitig zu erkennen und die zur Störfallbeherrschung notwendigen Maßnahmen einzuleiten.

Das RS-System muss zur Einhaltung der Schutzziele

- Reaktivitätskontrolle (insbesondere das Abschalten der Anlage)
- Kühlung der Brennelemente (Abfuhr der Nachwärme aus den Brennelementen)
- Einschluss radioaktiver Stoffe (Begrenzung der Abgabe/Rückhalt radioaktiver Stoffe in der Anlage)
- Begrenzung der Strahlenexposition

zeitgerecht RS-Auslösesignale bereitstellen, die die angesteuerten aktiven Sicherheitseinrichtungen in die Lage versetzen, ihrerseits die schutzzielorientierten Funktionen sicherzustellen.

Die Funktion des Systems gliedert sich in Anregebene, Logikebene und Steuerebene. Über die analoge Messwerterfassung werden störfallspezifische Prozessvariablen erfasst, die bei Erreichen von bestimmten Grenzwerten über Logikschaltungen Auslösesignale erzeugen. Die Auslösesignale lösen Schutzmaßnahmen aus und steuern über die Vorrangebene und die Schaltanlage die aktiven Sicherheitseinrichtungen an, die zur Beherrschung der einzelnen Störfälle notwendig sind. Das Reaktorschutzsystem ist in einzelnen Bereichen grundsätzlich selbstprüfend.

Die nicht selbstprüfenden Bereiche des Reaktorschutzsystems werden wöchentlich Redundanzweise wiederkehrend geprüft.

Das RS-System teilt sich in einen ungesicherten Bereich im Schaltanlagegebäude (gegen Erdbeben, aber nicht gegen Flugzeugabsturz/Explosionsdruckwelle (FLAB/EDW) ausgelegt) und in einen gesicherten Bereich im Notspeisegebäude (gegen Erdbeben und FLAB/EDW ausgelegt).

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 Notschleuse, Durchführungen und sonstigen Anschlüssen stellt er die druckfeste und dichte Sicherheitsumschließung der unter Primärdruck stehenden Systeme der Reaktoranlage dar. Er besteht aus einem kugelförmigen Stahlbehälter 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. Der RSB gewährleistet als eine der Barrieren die Einhaltung des Schutzzieles „Einschluss radioaktiver Stoffe“.

Der Reaktorsicherheitsbehälter ist während des Betriebes kontinuierlich belüftet und begehbar. Dadurch 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 Sekundärabschirmung steht auf einer Fundamentplatte und schützt den Reaktorsicherheitsbehälter gegen Einwirkungen von außen wie Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwellen.

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 der Schutzziele „Begrenzung der Strahlenexposition“ und „Einschluss radioaktiver Stoffe“.

Die **elektrischen Anlagen** umfassen im Wesentlichen:

- den Blockgenerator,
- den 400 kV-Haupt-Netzanschluss
- den 110 kV-Reserve-Netzanschluss
- den 20 kV-Notnetzanschluss (3. Netzeinspeisung)
- Unterbrechungslose Stromversorgung
- die Eigenbedarfs- und die Notstromanlage

Der Blockgenerator ist über eine einphasig gekapselte und zwangsbelüftete Generatorableitung und zwei Generatorleistungsschalter, die aus drei voneinander einzeln gekapselten Schalterpolen bestehen, mit den Maschinentransformatoren und den Eigenbedarfstransformatoren verbunden. Die Maschinentransformatoren sind spannungsoberseitig mit dem 400 kV-Verbundnetz verbunden.

Das KKG verfügt über einen 400 kV-Hauptnetzanschluss (zweigeteilt), einen 110 kV Reserve (Fremdnetz)- und einen 20 kV-Notnetzanschluss. Die Anbindung an das Haupt- und Reservenetz erfolgt über die neben dem Kraftwerk befindlichen Freiluftschaltanlagen. Die 400 kV-Schaltanlage ist als ein Dreifachsammelschienensystem, die 110 kV-Schaltanlage als ein Doppelsammelschienensystem ausgeführt. Die beiden parallelen Maschinentransformatoren speisen über je einen 400 kV-Leistungsschalter in das Dreifachsammelschienensystem ein.

Der **400 kV-Haupt-Netzanschluss** dient zur Abgabe der erzeugten Energie an das Netz sowie zur Eigenbedarfsversorgung aus dem Netz bei geöffneten Generatorleistungsschaltern. Die Eigenbedarfsversorgung kann bei nicht verfügbaren 400 kV-Haupt-Netzanschluss auch durch den Generator erfolgen.

Neben der Eigenbedarfsversorgung durch den Generator oder den Haupt-Netzanschluss steht ein **110 kV-Reserve-Netzanschluss** zur Versorgung der Eigenbedarfsanlage über die beiden Fremdnetztransformatoren zur Verfügung.

Mit Hilfe des erdverlegten **20 kV-Notnetzanschlusses** (3. Netzeinspeisung) lassen sich bei vollständigem Ausfall der Drehstromversorgung im Rahmen einer Notfallmaßnahme zwei Redundanzen des NSDA1- Netzes versorgen.

Die Anlagen der **unterbrechungsfreien Stromversorgung** sind Bestandteile der NSDA1 und 2. An sie sind die Verbraucher angeschlossen, die aus sicherheitstechnischen oder betrieblichen Gründen auch bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung während der Hochlaufzeit der Notstromdieselaggregate verfügbar sein müssen.

Die Eigenbedarfsanlage besteht im Wesentlichen aus zwei Eigenbedarfstransformatoren, aus dem Fremdnetztransformator, aus Transformatoren zur Versorgung der Niederspannungsverbraucher, aus den Schaltanlagen, den 220 V-Gleichstromanlagen für die Versorgung der Steuerstabantriebe und aus dem zugehörigen Kabel- und Leitungsnetz. Die Eigenbedarfsanlage ist wegen der notwendigen Begrenzung der Kurzschlussleistung und in Abstimmung mit dem Schaltungskonzept der Notstromsysteme in vier Stränge unterteilt. Von jedem Strang der Eigenbedarfsanlage ist auf der 10 kV-Ebene eine Verbindung zum entsprechenden Notstromstrang (NSDA1) und auf der 380 V-Ebene eine Verbindung zum jeweiligen Notspeise-Notstromstrang (NSDA2) vorhanden. Beim Ausfall der Eigenbedarfsversorgung wird die Verbindungen zwischen 10kV Normalnetz und 10kV NSDA1 automatisch geöffnet und damit die Notstromsysteme von der Eigenbedarfsanlage getrennt. Die Notstromdieselaggregate werden in diesem Fall automatisch gestartet und das NSDA1 und 2 wird durch die Notstromgeneratoren weiterhin versorgt. Bei einem unterstellten Ausfall des NSDA1 wird das NSDA1 vom NSDA2 auf der 380 V Ebene getrennt und der Notspeisenotstromdiesel wird automatisch gestartet. Die Spannungsversorgung des NSDA2 wird in diesem Fall durch den Notspeisenotstromgenerator sichergestellt.

Das **Brennelement-Lagerbecken** befindet sich im Sicherheitsbehälter. 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 besitzt. Das Wasser dient zur Abschirmung der radioaktiven Strahlung der bestrahlten Brennelemente und kontaminierter 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 angezeigt und überwacht.

Eine eventuelle Leckage wird durch das System zur Feststellung von Leckagen abgeführt und kann durch Wasser aus dem System zur Deionateinspeisung nachgespeist werden. Die Schadstelle kann unter Wasser geortet und mittels eines unter Wasser durchführbaren Reparaturverfahrens abgedichtet werden.

Die Unterkritikalität ist im bestimmungsgemäßen Betrieb allein durch die Abstände und die Absorberschächte der Lagergestelle, bei unterstellten Störfällen unter Berücksichtigung der Borierung des BE-Lagerbeckenwassers sichergestellt. Die Kritikalitätssicherheit wird im Rahmen der Sicherheitstechnischen Nachweisführung belegt.

Das Brennelementlagerbecken ist mit dem Reaktor-/Abstellraum durch ein Dichtschütz verbunden, durch die die BE unter Wasser in den RDB transportiert werden. Der Schacht zum Abstellraum wird während des Reaktorbetriebs mit einem Schütz abgedichtet.

Der Reaktorraum oberhalb des Reaktors ist nach unten zur Reaktorgrube wasserdicht abgeschlossen. Der Abstellraum für das Kerngerüst bildet eine Erweiterung des Reaktorraums. Bei Einschub des Trennschützes in den Schützschaft zwischen beiden Räumen kann der Wasserspiegel im Reaktorraum gesenkt werden, während das abgestellte Kerngerüst geflutet und abgeschirmt bleibt.

1.2 Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede

Das KKG ist eine Einblockanlage und damit ist dieser Aspekt nicht relevant.

1.3 Probabilistische Sicherheitsbewertungen

Die Probabilistische Sicherheitsanalyse für das KKG wurde im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung (SÜ) für das KKG durchgeführt. Die aktuelle SÜ für das KKG (KKG-SÜ-2008) wurde im Oktober 2008 fristgerecht eingereicht. Sicherheitsüberprüfungen sind gemäß § 19 a 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:

- 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:

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 KKG. Es wurde ein für KKG 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. Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle, Hochwasser)

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 Störfall-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 Kernschadenzustände aus anlageninternen Ereignissen im Leistungsbetrieb (ohne Brand). Alle relevanten Unfallphänomene sind berücksichtigt. MELCOR-Analysen für repräsentative Unfallabläufe und eine Sicherheitsbehälter-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 2008 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. $1 \cdot 10^{-6}/a$ ¹
davon:	
interne Ereignisse (nicht übergreifend)	$6,7 \cdot 10^{-7}/a$
interne Brände	$2,7 \cdot 10^{-7}/a$
interne Überflutungen	$< 2 \cdot 10^{-9}/a$
Kernschadenshäufigkeit aus externen Ereignissen:	$1,3 \cdot 10^{-8}/a$
davon:	
Hochwasser	vernachlässigbar ²
Extreme Wetterbedingungen	vernachlässigbar
Erdbeben	vernachlässigbar
Explosionsdruckwelle (Grobanalyse)	$1 \cdot 10^{-8}/a$
Kernschadenshäufigkeit aus Ereignissen im Nicht- leistungsbetrieb (gemäß PSA-Leitfaden: interne Ereignisse)	$4,9 \cdot 10^{-7}/a$
davon:	
interne Ereignisse (nicht übergreifend)	$4,9 \cdot 10^{-7}/a$
interne Brände	vernachlässigbar
interne Überflutungen	vernachlässigbar

Die für KKG ermittelte Kernschadenshäufigkeit liegt mit deutlichem Abstand unter dem von der IAEA genannten Zielwert³ für in Betrieb befindliche Anlagen ($< 1 \cdot 10^{-4}/a$) und befindet sich bereits im Bereich der für evolutionäre Reaktoren empfohlenen Werte

¹ Da ein Teil der eingehenden Ergebnisse auf Grobanalysen basiert, wird für die Gesamt-Kernschadenshäufigkeit ein gerundeter Wert angegeben.

² Vernachlässigbar heißt hier: wesentlich kleiner als die Gesamt-Kernschadenshäufigkeit und damit deutlich kleiner als $1E-7/a$ (Aussage auf der Basis qualitativer oder grob-quantitativer Betrachtungen)

³ 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)

($1 \cdot 10^{-5}/a$). Damit bestätigt die Stufe 1-PSA, dass im KKG für alle relevanten Ereignisse zuverlässige Einrichtungen vorhanden sind, um Kernschadenzustände zu verhindern.

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

Hauptergebnisse der anlagenspezifisch durchgeführten PSA Stufe 2

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

Häufigkeit „großer, früher“ ⁴ Freisetzungen	$1,8 \cdot 10^{-10}/a$
Häufigkeit „großer“ Freisetzungen	$2,8 \cdot 10^{-10}/a$

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 0,05 % der in der Stufe 2-PSA zugrunde gelegten Kernschadenfälle zu „großen, frühen“ und nur 0,07 % zu „großen“ Freisetzungen.

Die PSA der Stufe 2 für KKG 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 KKG über ein ausgewogenes Sicherheitskonzept verfügt und ein sehr hohes Sicherheitsniveau besitzt.

⁴ „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).

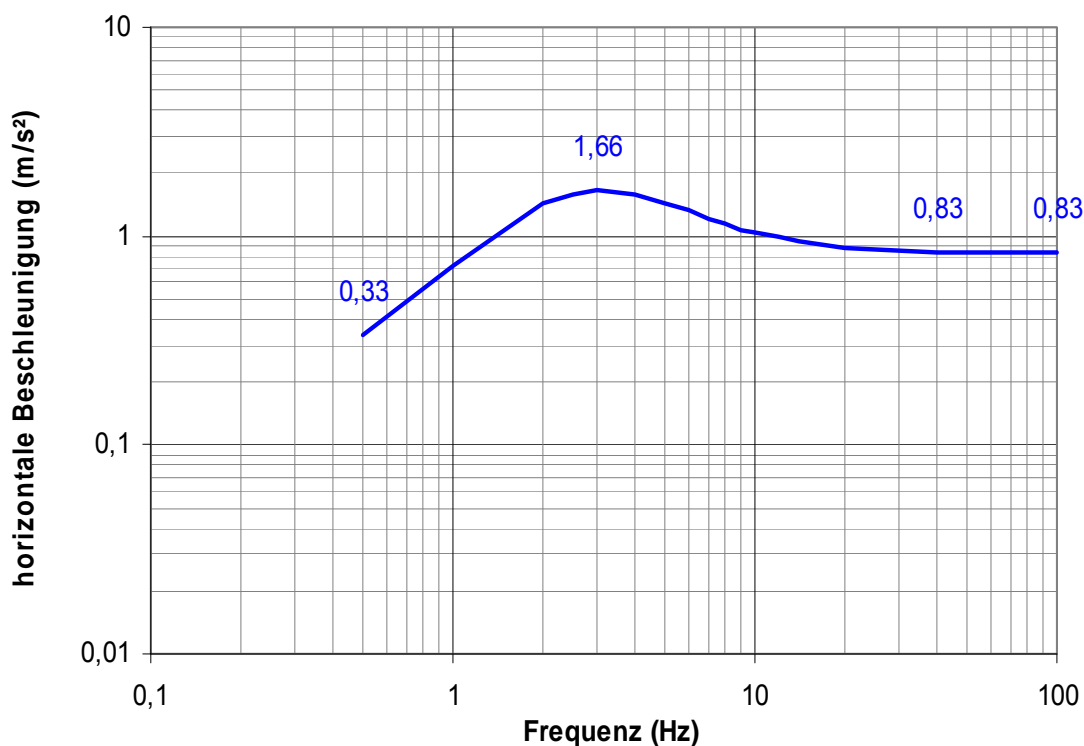


Bild 2-1 Bemessungsspektrum (Horizontalkomponente)

Standort	Standortintensität	Überschreitenswahrscheinlichkeit
KKG	6,0 (EMS/MSK)	$1,52 \cdot 10^{-5} /a$

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
KKG	VI	2	Fels

Tab. 2-2: Ingenieurseismologische Kenngrößen des Bemessungsspektrums

Die Überarbeitung der KTA 2201.1 erfolgte auf der Basis der neu durchgeführten seismologischen Bewertungen, die für jeden Standort im Rahmen der Errichtung des jeweiligen Brennelementzwischenlagers in den Jahren 2000 bis 2003 durchgeführt wurden. Diese Bewertung führte zu einer Überprüfung des Bemessungserdbebens, welches für die Errichtung der Anlage zu Grunde gelegt wurde. Mit dieser Überprüfung, die in Einzelfällen zu einer Aktualisierung des Bemessungserdbebens führte, ist sichergestellt, dass das aktuelle Bemessungserdbeben am Standort den Anforderungen der überarbeiteten 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. Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten der verwendeten Daten und Modelle sowie der Unvollständigkeit und Begrenztheit des Erdbebenkatalogs erfolgt ein Zuschlag zur Stärke des aufgetretenen Erdbebens (Intensitätszuschlag). 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/gleich $1 \cdot 10^{-5}$ /a anzusetzen. Bild 2-2 verdeutlicht die Vorgehensweise.

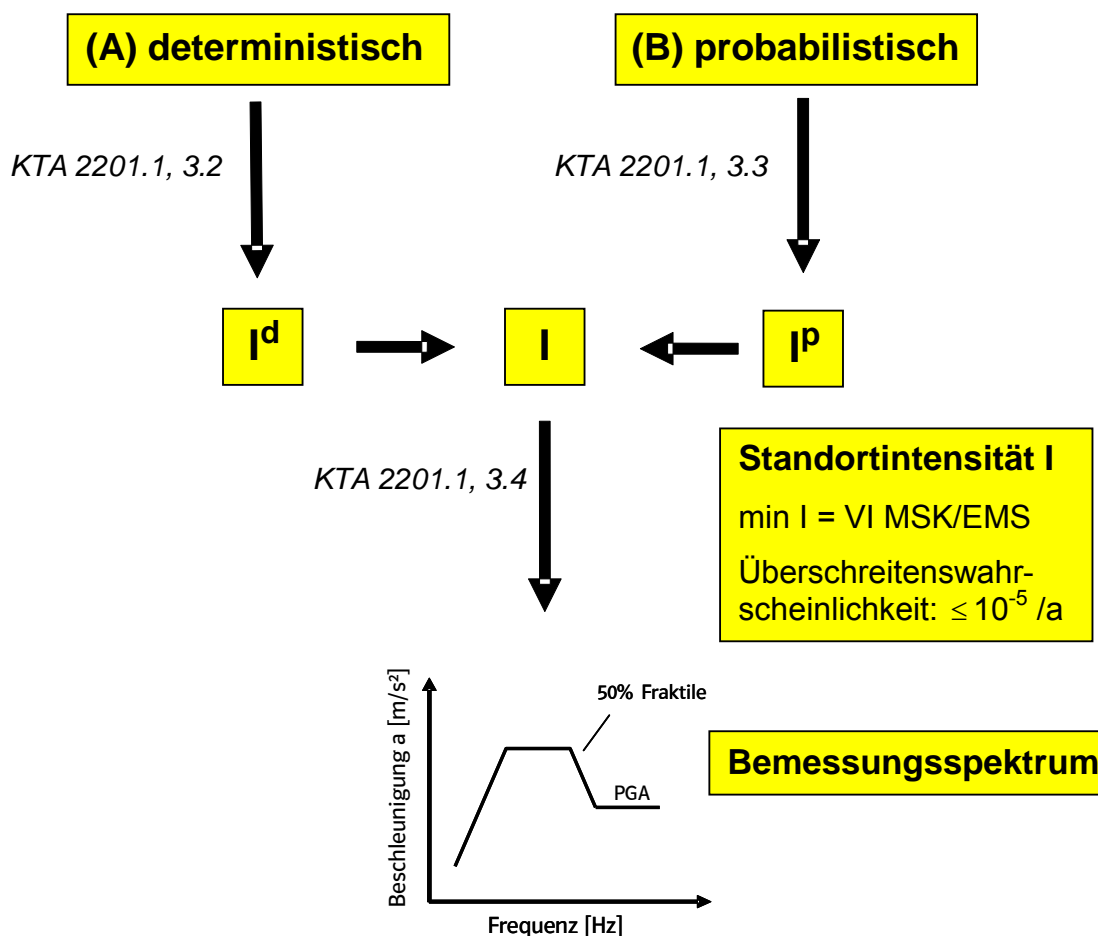


Bild 2-2: Festlegung des Bemessungserdbebens nach KTA 2201.1 (2009-09 bzw. 2010-11)

Die beschriebene Methode ist Gegenstand der KTA 2201.1 und ist somit eine Methodik nach 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 jeweiligen BE-Zwischenlagers und im Rahmen von Änderungsanträgen eine Aktualisierung 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 der E.ON-Standorte 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
2	Reaktorgebäude – Ringraum
3	FD- und SW-Armaturenkammern
4	Schaltanlagegebäude
5	Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale
6	Kühlwasser-Entnahmebauwerke einschließlich Kanäle
7	Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerke
8	Fortluftkamin
9	Notspeisegebäude
Rohr- und Kabelkanäle zwischen:	
10	Reaktorgebäude und Notspeisegebäude
11	Schaltanlagegebäude und Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale
12	Reaktorgebäude und Schaltanlagegebäude
Erdverlegte Rohr- und Kabelleitungen zwischen:	
13	Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerken und Reaktorgebäude
14	Reaktorgebäude und Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale
15	Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerken und Notspeisegebäude

Tab. 2-3: Bauwerke, die gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt und zum Erreichen eines sicheren abgeschalteten Zustandes erforderlich sind

Nr.	System
1	Primärkreislauf
2	Druckhaltesystem
3	Volumenregelsystem (teilweise)
4	Zusatzboriersystem
5	Nukleares Nachkühlsystem und Beckenkühlsystem und Beckenreinigungssystem
6	Nukleares Zwischenkühlsystem (teilweise)
7	Nebenkühlwassersystem für gesicherte Anlage
8	Gesichertes Zwischenkühlwassersystem
9	Hauptspeisewasser- und An- und Abfahrssystem (teilweise)
10	Notspeisesystem
11	Frischdampfsystem (teilweise)
12	Reaktorschutzsystem und DE-Druckabsicherung
13	Reaktorschnellabschaltsystem
14	Primärkreisabschluss
15	Gebäudeabschluss
16	Sekundärkreisabschluss
17	Stromversorgung der relevanten Komponenten (beinhaltet NSDA1 und NSDA2) sowie Signalleitungen und leittechnische Funktionen
18	Sicherheitsrelevante Lüftungsanlagen(teile) TL08, UV20, UV60 mit Kaltwassersystem UF sowie Lüftungsanlage UV30

Tab. 2-4: Systeme, die gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt und zum Erreichen eines sicheren abgeschalteten Zustandes erforderlich 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 oder Notsteuerstelle sind für das Bemessungserdbeben ausgelegt. Es sind daher keine sicherheitsrelevanten Schadensmöglichkeiten 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 nicht gegen Erdbeben ausgelegter hochenergetischer Behälter (z. B. Speisewasserbehälter) relevant. Es wird sichergestellt, dass ein Versagen eines solchen hochenergetischen Behälters nicht zu unzulässigen Folgewirkungen führt.

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 nach einem Erdbeben die Spannungsversorgung aller sicherheitstechnisch relevanter Komponenten sichergestellt ist.

2.1.2.3.1 Nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegte Strukturen, Systeme und Komponenten

Die EKK-Standorte befinden sich in schwach seismischen Zonen (mit anzunehmenden horizontalen Bodenbeschleunigungen von weniger als 1 m/s^2). Zudem weisen sie günstige Baugrundverhältnisse (steife geologisch vorbelastete Tone oder gleichartige bindige Böden) auf oder sind pfahlgegründet, so dass keine Gefahr der Bodenverflüssigung besteht (s. a. KTA 2201.2, ÄEV vom 16.02.2011). Die standortspezifischen Baugrundgutachten weisen auf keine Gefahr einer möglichen Bodenverflüssigung hin.

In der Auslegung wird 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 Aus-

fall 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 für den Betrieb der Anlage.

2.1.2.3.2 Ausfall der externen Stromversorgung

Bei einem Erdbeben wird die externe Stromversorgung als nicht mehr vorhanden angesehen. Daher ist die Notstromversorgung gegen das Erdbeben ausgelegt. Darüber hinaus ist die Notstromversorgung 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. Die Beobachtungen beziehen sich auf konventionelle Gebäude. 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 bei KKG nicht unterstellt werden. Zur Verdeutlichung der Intensitäten und ihrer Auswirkungen sei auf folgende Tabelle verwiesen.

Intensität	Kurzbezeichnung	Beobachtung
VI	Leichte Gebäudeschäden	Viele Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Einige Gegenstände fallen um. An vielen Häusern, vornehmlich in schlechterem Zustand, entstehen leichte Schäden wie feine Mauerrisse und das Abfallen von z. B. kleinen Verputzteilen

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 KKG 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 KKG 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“
- 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- 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 KKG. Diesem Grundsatz ordnen sich alle politisch, wirtschaftlich und persönlich motivierten Handlungsweisen unter. Deshalb nehmen das Sicherheitsmanagementsystem und die Sicherheitskultur einen besonde-

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

Die Vorgaben des Managementsystems gelten für alle relevanten Prozesse im KKG, 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 sowie Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren genannt.

Hinsichtlich der Instandhaltung von genehmigten Anlagenteilen müssen gemäß der BMU Sicherheitskriterien *„alle Anlagenteile ... 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 KKG und nach KTA 1202 (Anforderungen an das Prüfhandbuch) im Prüfhandbuch des KKG (im Betriebshandbuch enthalten) dargelegt. In der im Prüfhandbuch 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 wiederkehrende Prüfungen durchgeführt. So z.B.:

- Prüfung der EVA-gesicherten Deionateinspeiseüberwachung
- Überprüfung der seismischen Instrumentierung

- Halterungssichtprüfung von Rohrleitungen und Komponenten

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 notwendige Systeme (z. B. Mindestfüllstand der Flutbecken, 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 detailliert im BHB beschrieben ist. Wesentliche Änderungen 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 Grafenrheinfeld unterschieden nach:

- Änderungen, die vor Ausführung einer Zustimmung durch die Aufsichtsbehörde bedürfen (Kategorie 1),
- Änderungen die vor Ausführung einer Anzeige an die Aufsichtsbehörde bedürfen (Kategorie 2) und erst nach Prüfung durch einen Sachverständigen ausgeführt werden dürfen

- Änderungen die vor Ausführung einer Anzeige an die Aufsichtsbehörde bedürfen (Kategorie 3) und erst nach Prüfung der korrekten Einstufung der Änderung durch einen Sachverständigen ausgeführt werden dürfen und
- Änderungen, die vom Betreiber eigenverantwortlich durchgeführt werden können (sonstige Änderungen).

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 Bemessungserdbeben ergebenden Anforderungen statt. Gleichartige Verfahren sind für die Änderung von organisatorisch/administrativen Vorgaben im Betriebshandbuch etabliert.

Hinsichtlich der Übereinstimmung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld 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 soll sichergestellt werden, 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 Kernkraftwerk Grafenrheinfeld 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 das Schichtpersonal gemeldet. Die Erfassung in Form einer Störmeldung. 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, zul. Nichtverfügbarkeitszeiten usw.).

Gemäß der Verordnung über den Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV) hat der Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld 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 KKG keine Abweichungen vom spezifizierten Zustand bekannt.

2.2 Bewertung von Auslegungsreserven

2.2.1 Abschätzung der zu schweren Kernschäden führenden Erdbebenstärke

In Deutschland ist die seismische Gefährdung relativ niedrig, die Kernkraftwerke der EKK liegen zudem in den am wenigsten erdbebengefährdeten Gebieten Deutschlands (keine Erdbebenzone entsprechend DIN 4149 bzw. Eurocode 8), somit ist für konventionelle Gebäude keine Erdbebenauslegung erforderlich. 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 durchgeführte Erdbeben-PSA in deutschen Kernkraftwerken bestätigt. Es ist zu erwarten, dass die maximale, physikalisch mögliche Erdbebenstärke zu keinem schweren Kern- oder BE-Schaden führt.

Die am Standort bestimmte Intensität ist 6,0. Für ein Kraftwerk mit einer Intensität von $\leq 6,0$ ist gemäß BMU-PSA-Leitfaden, Anhang Methodenband, keine Erdbeben-PSA durchzuführen, da, auch im Hinblick auf die EMS, keine Schäden zu erwarten sind, die einen nennenswerten Beitrag zur Kernschadenshäufigkeit liefern. Darüber hinaus ist die Anlage gegen weitere EVA-Lastfälle (Flugzeugabsturz, Hochwasser, Explosionsdruckwelle) ausgelegt, so dass auch hierdurch zusätzliche Auslegungsreserven vorliegen und damit eine große Robustheit gegeben ist.

2.2.2 Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses

Durch das Barrierenkonzept stehen Sicherheitsreserven zur Verfügung. Auch für die im BE-Becken befindlichen Brennelemente ist der Einschluss der Radioaktivität auch durch den Sicherheitsbehälter und das gegen alle EVA-Einwirkungen (einschließlich Erdbeben) ausgelegte Reaktorgebäude permanent gewährleistet. Unter Berücksichtigung der geringen seismischen Gefährdung und des hohen Auslegungsstandards und der hohen Robustheit ist bei den zu erwartenden Erdbebenstärken in Deutschland daher nicht zu erwarten, dass der Einschluss radioaktiver Stoffe gefährdet ist.

Darüber hinaus sind die inventarführenden Behälter im Hilfsanlagegebäude durch zusätzliche Wannen abgesichert, so dass austretende Stoffe konzeptgemäß aufgefangen werden können.

2.2.3 Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens

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 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 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 in deutschen Kernkraftwerken durchgeführten Erdbeben-PSA 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 im Kernkraftwerk integriert. Dies ist unter anderem durch die Auslegung der Anlage gegen andere EVA-Einwirkungen, wie zum Beispiel Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle, gewährleistet.

3 Hochwasser

3.1 Auslegungsgrundlage

3.1.1 Hochwasser, gegen welches die Anlage ausgelegt ist

3.1.1.1 Höhe des Bemessungshochwassers

Basis für die Hochwasserauslegung ist die KTA 2207. Aufgrund der darin beschriebenen Verfahren wurde das Bemessungshochwasser für eine Überschreitenswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ ermittelt. Die Kraftwerksanlage selbst ist gegen Hochwasser durch permanente Hochwasserschutzmaßnahmen (bauliche Maßnahmen) geschützt. Temporäre Schutzmaßnahmen sind bei Bemessungshochwasser nicht erforderlich und entsprechend nicht vorgesehen.

Mit dem Abfluss $HQ_{10000} = 2.783 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt sich am Standort KKG ein Wasserstand im Main von $HW_{10000} = \text{NN} + 205,82 \text{ m}$. Dieser Bemessungswasserstand liegt etwa 0,70 m unter dem Niveau des Kraftwerksgeländes von $\text{NN} + 206,50 \text{ m}$ und etwa 0,80 m unter dem Kraftwerksnull (Zugänge) von $\text{NN} + 206,60 \text{ m}$.

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 wurden für Binnenstandorte und Küstenstandorte einschließlich Standorte an Tideflüssen (z. B. Unterelbe oder Unterweser) unterschiedliche Verfahren angewendet, die in der KTA 2207 angegeben sind.

Für Binnenstandorte wurden zunächst die Hochwasserabflüsse ermittelt, aus denen dann die Bemessungswasserstände mit adäquaten Verfahren (Schlüsselkurven) abgeleitet werden.

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG) liegt etwa 8 km unterhalb von Schweinfurt am Main bei Main-Kilometer 324 (Binnenstandort). Für den Hochwasserschutz des KKG wurde der maßgebende Hochwasserabfluss des Mains bzw. der entsprechende Wasserstand mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ (Bemessungswasserstand nach KTA 2207) ermittelt.

Nach einer vergleichenden Bewertung ergibt sich als konservative Schätzung für den Hochwasserabfluss am Pegel Schweinfurt ein Hochwasserabfluss mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$, entsprechend der KTA 2207 mit der konventionellen hydrologischen Verteilungsfunktion Pearson III, ein Bemessungsabfluss von maximal $HQ_{10.000} = 2.783 \text{ m}^3/\text{s}$; dieser Wert liegt etwa um $570 \text{ m}^3/\text{s}$ über dem Wert nach dem Verfahren ProGumbel.

Nach der KTA 2207 ergibt sich damit abschließend ein Bemessungsabfluss mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ von $HQ_{10.000} = 2.783 \text{ m}^3/\text{s}$. Dieser Abfluss wird durch die mit dem probabilistischen Ansatz ProGumbel ermittelten Ergebnisse abgesichert.

Mit dem $HQ_{10.000} = 2.783 \text{ m}^3/\text{s}$ ist ein Wasserstand am Pegel Schweinfurt von 933 cm zu erwarten; bezogen auf den Pegelnullpunkt PNP = NN + 201,16 m beträgt der Wasserstand: $HW_{10.000} = 210,49 \text{ m NN}$ (Pegel Schweinfurt). Wird dieser Wasserstand auf den Kraftwerksstandort übertragen, ergibt sich ein Wasserstand im Main am KKG von: $HW_{10.000} = \text{NN} + 210,49 \text{ m} - 5,63 \text{ m} (6300/7600) = \text{NN} + 205,82 \text{ m (KKG)}$

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 Sicherheitsüberprüfung erfolgte eine Überprüfung des 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 der EKK-Standorte durchgeführt worden. Hierzu wurde u. a. eine EKK-

Arbeitsgruppe mit verschiedenen externen Experten etabliert. In allen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die Auslegungsgrundlagen weiterhin gültig sind.

3.1.2 Vorkehrungen zum Schutz der Anlage gegen Bemessungshochwasser

3.1.2.1 Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten

Die Kraftwerksanlage selbst, und zwar alle Gebäude und Einrichtungen, sind gegen Hochwasser durch permanente Hochwasserschutzmaßnahmen (bauliche Maßnahmen) geschützt und somit sind keine weiteren Vorkehrungen gegen Hochwasser erforderlich.

Der Bemessungswasserstand liegt etwa 0,70 m unter dem Niveau des Kraftwerksgebietes von NN + 206,50 m und etwa 0,80 m unter dem Kraftwerksnull (Zugänge) von NN + 206,60 m. In der nachfolgenden Tabelle 3-2 sind diejenigen Bauwerke aufgelistet, die notwendig sind, um einen sicheren abgeschalteten Zustand herzustellen.

Nr.	Gebäude / Kanäle / Leitungen
1	Reaktorgebäude
2	Reaktorgebäude – Ringraum
3	FD- und SW-Armaturenkammern
4	Schaltanlagegebäude
5	Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale
6	Kühlwasser-Entnahmebauwerke einschließlich Kanäle
7	Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerke
8	Fortluftkamin
9	Notspeisegebäude
Rohr- und Kabelkanäle zwischen:	
10	Reaktorgebäude und Notspeisegebäude
11	Schaltanlagegebäude und Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale

Nr.	Gebäude / Kanäle / Leitungen
12	Reaktorgebäude und Schaltanlagegebäude
Erdverlegte Rohr- und Kabelleitungen zwischen:	
13	Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerken und Reaktorgebäude
14	Reaktorgebäude und Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale
15	Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerken und Notspeisegebäude

Tab. 3-2: Bauwerke, die gegen das Bemessungshochwasser ausgelegt und zum Erreichen eines sicheren abgeschalteten Zustandes erforderlich sind

Ein Versagen von Systemen kann bei einem Hochwasser ausgeschlossen werden, da die Bauwerke, in denen diese untergebracht sind, gegen das Hochwasser ausgelegt sind. Die folgenden Systeme, welche zur Herstellung eines sicheren abgeschalteten Zustandes, zur Sicherstellung der Kühlwasserversorgung und zur Sicherstellung der Notstromversorgung erforderlich sind, befinden sich in den in Tabelle 3-2 genannten Gebäuden und sind daher ebenfalls gegen das Bemessungshochwasser geschützt.

Nr.	System
1	Primärkreislauf
2	Druckhaltesystem
3	Volumenregelsystem (teilweise)
4	Zusatzboriersystem
5	Nukleares Nachkühlsystem und Beckenkühlsystem und Beckenreinigungssystem
6	Nukleares Zwischenkühlsystem (teilweise)
7	Nebenkühlwassersystem für gesicherte Anlage
8	Gesichertes Zwischenkühlwassersystem
9	Hauptspeisewasser- und An- und Abfahrssystem (teilweise)
10	Notspeisesystem
11	Frischdampfsystem (teilweise)
12	Reaktorschutzsystem und DE-Druckabsicherung

13	Reaktorschnellabschaltssystem
14	Primärkreisabschluss
15	Gebäudeabschluss
16	Sekundärkreisabschluss
17	Stromversorgung der relevanten Komponenten (beinhaltet NSDA1 und NSDA2) sowie Signalleitungen und leittechnische Funktionen
18	Sicherheitsrelevante Lüftungsanlagen(teile) mit Kaltwassersystem

Tab. 3-3: Systeme, die gegen das Bemessungshochwasser ausgelegt und zum Erreichen eines sicheren abgeschalteten Zustandes erforderlich sind

3.1.2.2 Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser

Die Kraftwerksanlage selbst, und zwar alle Gebäude und Einrichtungen, sind gegen Hochwasser durch permanente Hochwasserschutzmaßnahmen (bauliche Maßnahmen) geschützt. Der Bemessungswasserstand liegt etwa 0,70 m unter dem Niveau des Kraftwerksgeländes von NN + 206,50 m und etwa 0,80 m unter dem Kraftwerksnull (Zugänge) von NN + 206,60 m.

Die Zugänge des Notspeisenotstromgebäudes befinden sich 1,7 m höher als das Kraftwerksnull und sind somit von einer Überflutung ausgeschlossen.

Die Gebäude sowie die Kanäle sind bis zum Kraftwerksnullniveau wasserundurchlässig ausgeführt. Die Rohr- und Kabeldurchführungen zu den Gebäuden sind ebenfalls wasserundurchlässig ausgeführt.

3.1.2.3 Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld wurde als Standort an einem Fluss gegen die Hochwasserabflüsse ausgelegt. Für Binnenstandorte ist gemäß KTA 2207 als Aus-

gangsgröße zur Ermittlung des Bemessungswasserstandes ein Hochwasserabfluss im Gewässer mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ anzusetzen. Hieraus ergeben sich folgenden Maßnahmen:

Permanente und temporäre Hochwasserschutzmaßnahmen

Eine permanente Hochwasserschutzmaßnahme ist das aufgeschüttete Gelände. Dadurch ist eine Überflutung auch beim Bemessungshochwasser ausgeschlossen. Temporäre Hochwasserschutzmaßnahmen sind derzeit nicht für das KKG vorgesehen.

Hochwasserspezifische Vorsorgemaßnahmen

Hochwasserspezifische Vorsorgemaßnahmen sind im BHB unter dem Kapitel „Maßnahmen bei erhöhter Mainwasserführung, erhöhtem Laub- bzw. Sandanfall“ beschrieben: Diese beziehen sich auf eine mögliche erhöhte Schmutzfracht des Mains. Zudem wird im KKG ein Wasserfahrzeug (Hovercraft) vorgehalten, um auch bei Überflutung der Umgebung des Anlagengeländes zu den höher liegenden Kühlwassereinlaufbauwerken zu gelangen.

Überwachung der Mainwasserführung

Die Mainwasserführung wird durch das Schichtpersonal ständig überwacht. Bei einer Mainwasserführung $> 400 \text{ m}^3/\text{s}$ (Hochwasser) ist am „Pegel Trunstadt“ die ermittelte Durchflussgeschwindigkeit des einstündigen Mittelwertes abzufragen und über die Abflusstafel die entsprechende Mainwasserführung in $[\text{m}^3/\text{s}]$ zu ermitteln oder über telefonische Nachfrage beim Pumpspeicherkraftwerk Langenprozelten der Durchfluss abzufragen. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Mainwasserführung über den Abflussschlüssel für den Pegel Schweinfurt zu ermitteln.

Hochwassermeldung

Der Hochwassernachrichtendienst in Bayern setzt bei einem Mainpegel im „Schweinfurter Neuer Hafen“ von 350 cm eine Erstmeldung ab. Die Meldung erfolgt an die Warte / Schichtleiter. Nach der Erstmeldung informiert sich die Schichtleitung über weitere Warnungen / Entwarnungen.

Schutz der sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile und baulichen Anlagen im KKG gegen Hochwasser

Da sich die Gebäudezugänge auf dem Kraftwerksnull von +206,60 m über NN befinden, sind diese nicht von einer Überflutung bei einem Bemessungshochwasser betroffen. Die Zugänge des Notspeisenotstromgebäudes befinden sich 1,7 m höher als das Kraftwerksnull und sind somit von einer Überflutung ausgeschlossen.

Die Gebäude sowie die Kanäle sind bis zum Kraftwerksnullniveau wasserundurchlässig ausgeführt. Die Rohr- und Kabeldurchführungen zu den Gebäuden sind ebenfalls wasserundurchlässig ausgeführt.

3.1.2.4 Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage

Auslegungsgemäß ist die Anlage KKG mit permanenten Hochwasserschutzmaßnahmen ausgestattet. Danach sind auch bei einem Wasserstand von 206,60 m über NN auf dem Anlagengelände keine sicherheitstechnischen Beeinträchtigungen zu unterstellen. Organisatorische und administrative Maßnahmen für eine Hochwassersituation sind im Betriebshandbuch festgeschrieben. Der Zugang der Anlage ist auch bei Hochwasser gewährleistet (Zugang über den Maindeich - 206,2 m). Bereiche, die unterhalb des Bemessungswasserstandes liegen, werden überflutet sein. Im KKG wird ein Wasserfahrzeug (Hovercraft) vorgehalten, um auch bei Überflutung der Umgebung des Anlagengeländes zu den höher liegenden Kühlwassereinlaufbauwerken zu gelangen.

3.1.3 Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage

3.1.3.1 Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen

Zur Gewährleistung der Übereinstimmung des KKG 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 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 KKG 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“
- 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- 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 KKG. 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, erschließt eine Sicherheitskultur, die von allen verstanden und gelebt wird, alle Ebenen und Hierarchien des Kraftwerks.

Die Vorgaben des Managementsystems gelten für alle relevanten Prozesse im KKG, 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 sowie 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 Sicherheitspezifikationen und in der Sicherheitsdokumentation enthalten. Detaillierte Anforderungen an Überwachung, wiederkehrende Prüfungen und Inspektion sind nach KTA 1201 (Anforderungen an das Betriebshandbuch) im Betriebshandbuch des KKG und nach KTA 1202 (Anforderungen an das Prüfhandbuch) im Prüfhandbuch des KKG (im Betriebshandbuch enthalten) dargelegt. In der im Prüfhandbuch 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 den Betriebserfahrungen der eigenen sowie anderer Anlagen überprüft und erforderlichenfalls geändert. Aktualisierungen des Prüfhandbuches werden der Aufsichtsbehörde zur Zustimmung vorgelegt.

Bei Anlagenänderungen kommt ein gestuftes Verfahren zum Einsatz, welches der sicherheitstechnischen Bedeutung der Änderung Rechnung trägt und detailliert im BHB beschrieben ist. Wesentliche Änderungen 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 ih-

rer sicherheitstechnischen Bedeutung eingestuft. Hierbei wird im Kernkraftwerk Grafenrheinfeld unterschieden nach:

- Änderungen, die vor Ausführung einer Zustimmung durch die Aufsichtsbehörde bedürfen (Kategorie 1),
- Änderungen die vor Ausführung einer Anzeige an die Aufsichtsbehörde bedürfen (Kategorie 2) und erst nach Prüfung durch einen Sachverständigen ausgeführt werden dürfen
- Änderungen die vor Ausführung einer Anzeige an die Aufsichtsbehörde bedürfen (Kategorie 3) und erst nach Prüfung der korrekten Einstufung der Änderung durch einen Sachverständigen ausgeführt werden dürfen und
- Änderungen, die vom Betreiber eigenverantwortlich durchgeführt werden können (sonstige Änderungen).

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 organisatorisch/administrativen Vorgaben im Betriebshandbuch etabliert.

Hinsichtlich der Übereinstimmung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld 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 soll sichergestellt werden, 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

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

3.1.3.3 Festgestellte Abweichungen

Entsprechend der Regelungen im Betriebshandbuch werden Unregelmäßigkeiten, Störungen, Mängel und Schäden von jedem Mitarbeiter im Kraftwerk an das Schichtpersonal gemeldet. Die Erfassung in Form einer Störmeldung. 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, zul. Nichtverfügbarkeitszeiten usw.).

Gemäß der Verordnung über den Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV) hat der Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld 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 Hochwasser sind für KKG keine Abweichungen vom spezifizierten Zustand bekannt.

3.2 Bewertung von Auslegungsreserven

3.2.1 Abschätzung von Auslegungsreserven gegen Überflutung

Die Untersuchungen zum EVA - Ereignis Hochwasser für das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld zeigen, dass eine Überflutung des Anlagengeländes auf Grund der Höhenlage der Anlage und der Umgebung praktisch ausgeschlossen werden kann. Untersuchungen zeigen zunächst, dass eine Gefährdung auf Grund des Wasserspiegels bei einem 10.000-jährlichen Hochwasser ausgeschlossen werden kann, d. h. das Kraftwerksgelände liegt 0,7 m oberhalb des zu erwartenden Wasserstands. Höhere Wasserstände, die mit kleinerer Häufigkeit als $10^{-4}/a$ zu erwarten sind, werden in erster Linie durch die Maindeiche zurückgehalten. Darüber hinaus besteht eine Sicherheitsmarge der Eingangshöhe des Kraftwerks. Grobe konservative Abschätzungen und Plausibilitätsbetrachtungen zeigen, dass sogar bei einem Hochwasser der Eintrittshäufigkeit $10^{-5}/a$ mit keiner Überflutung sicherheitstechnisch wichtiger Anlagenteile zu rechnen ist. Durch den Pegelanstieg, gerade auch über die Deichkrone hinaus, erschließen sich enorme Ausbreitungsflächen, die sich mit jedem höheren Pegelniveau vergrößern. Somit ist eine Überflutung des Kernkraftwerks mit einer Eintrittshäufigkeit $< 10^{-5}/a$ zu erwarten, da zwischen dem zu erwartenden 10.000-jährlichen Pegel und der Eingangshöhe des Kraftwerks ca. 0,8 m Höhendifferenz liegen.

Auch bei einem auslegungsüberschreitenden Hochwasser mit einer Überflutung des Kraftwerksgeländes wird aufgrund der großen Auslegungsreserven sowie der ausreichenden Vorwarnzeiten und temporären Maßnahmen sichergestellt, dass die benötigten Systeme funktionstüchtig bleiben. Somit ist eine große Robustheit der Anlage gegen Hochwasser gegeben.

3.2.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung

Durch den hohen Robustheitsgrad und den hohen Auslegungstand der Anlage ist ein so großer Schutz gegenüber dem Hochwasser vorhanden, dass ein Versagen von sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten nicht zu erwarten ist (vgl. auch vorhergehendes Kapitel). Aufgrund der Standortwahl, dem vorhandenen Schutzkonzept der An-

lage 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 Kraftwerksanlage selbst ist gegen Hochwasser hauptsächlich durch permanente Hochwasserschutzmaßnahmen (bauliche Maßnahmen) geschützt. Hochwasserereignisse am Main stellen aufgrund der Gegebenheiten des Einzugsbereiches keine plötzlich eintretenden Ereignisse dar. Sie entwickeln sich abhängig von den Witterungsverhältnissen und den Niederschlagsmengen (z. B. Schneehöhe) des dem Ereignis vorgelegten Zeitraumes. Wahrscheinlichkeit und Ausmaß können somit mit einer gewissen Sicherheit und einem gewissen zeitlichen Vorlauf vorhergesagt werden. Über den „Hochwassernachrichtendienst“ des Landesamtes für Umwelt können rund um die Uhr aktuelle Durchflusswerte, Lageberichte, Pegel, Warnungen und Vorhersagen abgerufen werden. Für die Pegel „Trunstadt“ und „Schweinfurt Neuer Hafen“ gibt es zusätzlich eine telefonische Messwertansage. Bei einer Mainwasserführung > 400 m³/s (Hochwasser) sind gemäß BHB am Pegel „Trunstadt“ der Pegel sowie der Durchfluss stündlich zu ermitteln. Aus den Laufzeiten der Hochwasserwellen ergeben sich die Vorwarnzeiten für den tatsächlich zu erwartenden Pegel am Standort KKG. Diese Laufzeit beträgt bis Schweinfurt ab Trunstadt rund 12 Stunden.

Für betriebliche Schutzmaßnahmen bestehen ausreichende Vorwarnzeiten, um Entscheidungen für zusätzliche Schutzmaßnahmen zu treffen. Der Schichtleiter wird vom Landratsamt Schweinfurt über steigende Pegel informiert, sobald der Main-Pegel „Schweinfurt Neuer Hafen“ einen Wert von 350 cm überschritten hat.

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 Kernkraftwerk Grafenrheinfeld 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

Die Kühlwasserentnahmestellen sind mit Eisabweisern versehen. Zur Eisfreihaltung der Kühlwasserentnahmebauwerke zweigt eine Warmwasserrückführung von den beiden Rücklaufleitungen des gesicherten Nebenkühlwassersystems vor dem Sammelbauwerk ab. Die durch das Personal einzuleitenden Maßnahmen (u. a. Bestimmung der nötigen Auftauleistung, notwendige Schalthandlungen zur Bereitstellung der Wärmeleistung) sind in den Betriebsunterlagen beschrieben.

Der Auslegung für die Sicherheitseinrichtungen liegt eine abdeckend hohe Nebenkühlwassertemperatur von 26 °C zugrunde. Eine Annäherung an diesen Wert wäre rechtzeitig absehbar, so dass entsprechende Vorsorgemaßnahmen getroffen werden können. Nachbewertungen haben gezeigt, dass die Sicherheit des KKG auch bei Maintemperaturen bis 28 °C bzgl. der durch das gesicherte Nebenkühlwasser-System abzuführenden Wärmemengen gegeben ist.

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 Druckdifferenzüberwachung an den Kühlwasserreinigungsanlagen im Nebenkühlwasserbauwerk. Weiter besitzen die Kühlwasserreinigungsanlagen ausreichend Reserven, die auch bei starkem Biomasseanfall einen minimalen Wasserzulauf ermöglichen.

Sollte es dennoch zum Erreichen von Grenzwerten kommen werden automatische und administrative Maßnahmen zur Reinigung der Rechen und Siebbandmaschinen durchgeführt. Weiter erfolgt eine Abschaltung von Nebenkühlwasserpumpen zur Reduzierung des Ansaugstroms.

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 der elektrischen Einrichtungen gegen Blitzschlag/Blitzeinwirkungen erfüllen die Anforderungen gemäß KTA 2206 "Auslegungen von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen".

Generell verfügen die Gebäude auf dem Gelände des Kernkraftwerkes über einen wirksamen KTA-konformen äußeren Blitzschutz.

Des Weiteren wurden die Gebäude der Blitzschutzzone 1, in denen sich sicherheitstechnisch wichtige elektrische Systeme befinden, so ertüchtigt, dass die Schirmdämpfung eine Zerstörung elektrischer Komponenten verhindert. Als Schutz gegen die leitungsgebundenen Einkopplungen wurde gemäß KTA 2206 ein innerer Blitzschutz installiert.

Durch das äußere und innere Blitzschutzsystem des Kraftwerks wird eine unzulässige Beeinträchtigung (Brand, Überspannung, unzulässige Spannungseinkopplungen usw.) von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen bei Blitzeinwirkungen sicher verhindert.

Niedrigwasser

Die Überwachung und Protokollierung der Mainwasserführung sowie Betriebseinschränkungen bei Unterschreiten eines Grenzwertes für den Niedrigwasserabfluss sind im BHB geregelt.

Mögliche Auswirkungen durch Niedrigwasser oder durch lang anhaltende Trockenheit im Hinblick auf einen Wassermangel im Leistungsbetrieb der Anlage wurden anlagenspezifisch untersucht und bewertet. Entsprechende Schutzkonzeptmaßnahmen liegen anlagenspezifisch vor (s. a. Betriebshandbuch). Die Anlage KKG ist gegen den „gefallenen Stau“ durch eine entsprechend tiefe Kühlwasserentnahme aus dem Vorfluter ausgelegt.

Das dann für die Sicherheitssysteme noch benötigte Kühlwasser steht in ausreichender Menge am Standort der Anlage zur Verfügung.

Im Weiteren Verlauf ist die Betrachtung zu Einwirkungen von Niedrigwasser durch das Ereignis „Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser“ abgedeckt (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 Betriebs- und Störfälle bei Maintemperaturen von 28 °C sowie bei Umgebungslufttemperatur von 40 °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 Grafenrheinfeld liegt in einer klimatisch gemäßigten Zone, so dass extreme Wetterbedingungen sehr selten sind. Die Auslegung der sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile des KKW Grafenrheinfeld 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 Kernkraftwerks Grafenrheinfeld 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.

Für die kernkraftwerkspezifischen naturbedingten Einwirkungen wie Erdbeben und Hochwasser sind die Überlagerungsvorschriften der KTA 2201.1 und KTA 2207 auslegungsrelevant und wurden bzw. werden beachtet.

Der Ausschluss von weiteren Kombinationen erfolgte da sich daraus keine neuen zu betrachtenden, Phänomene ergaben. Alle denkbaren Kombinationen führen maximal zum Ereignis Notstromfall.

4.1.1.5 Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen

Aufgrund der Auslegung auf der Basis konventioneller Baunormen und des kerntechnische Regelwerk 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 Baunormen 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 u. ä.), einer Zerstörung des Nebenkühlwassersystems (z. B. durch Flugzeugabsturz u. ä.) oder einer Zerstörung/Ausfall der Netzanbindung bzw. der Notstromdiesel (z. B. durch großflächige Brände, Netzininstabilitäten, Flugzeugabsturz u. 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 Grafenrheinfeld (KKG) verfügt über drei Netzanschlüsse: den Hauptnetzanschluss (400 kV), den Reservenetzanschluss (110 kV) und den dritten erdverlegten Netzanschluss (20 kV).

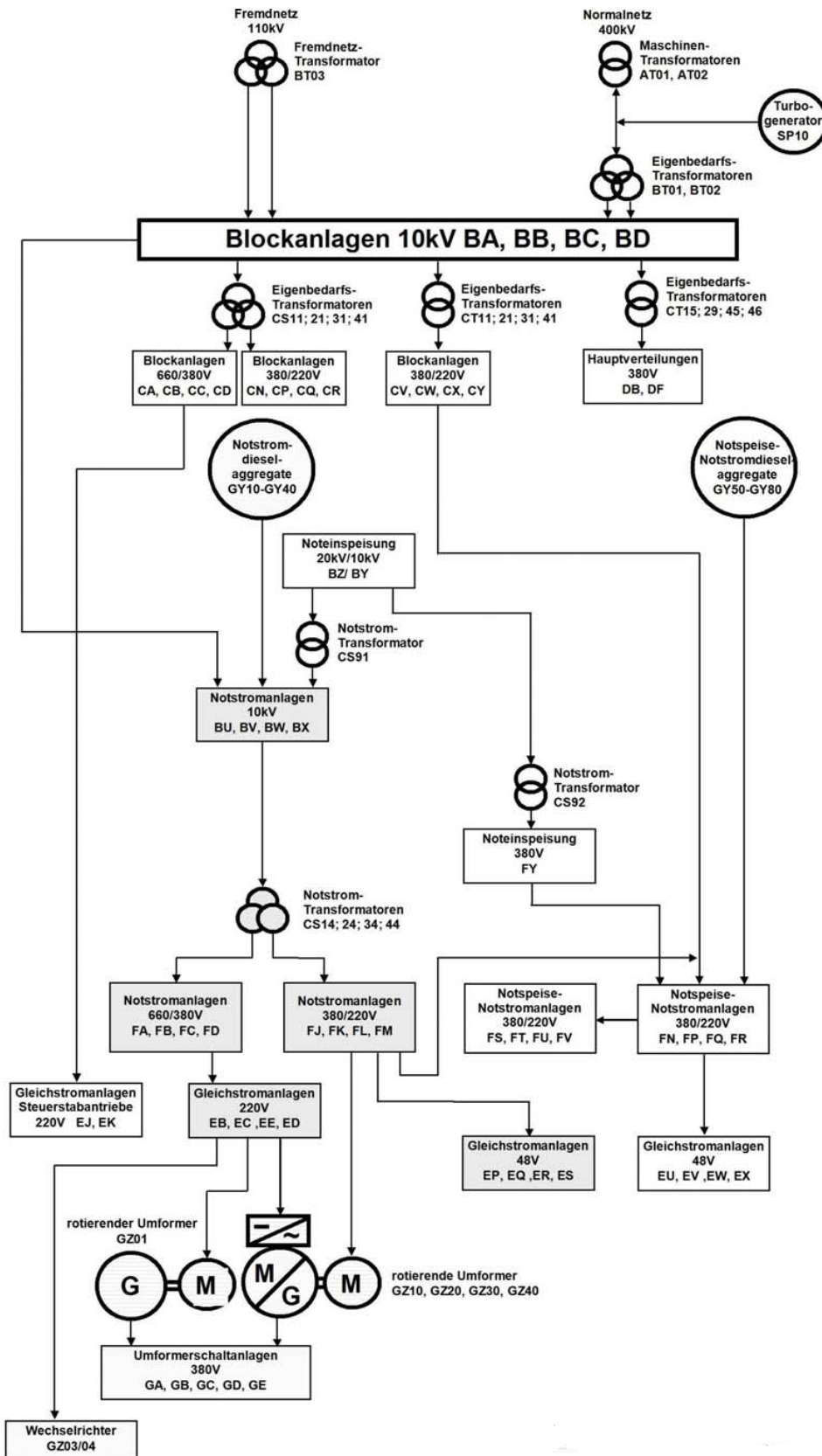


Abb. 5.1: E-Übersichtsplan KKG

Es stehen folgende Einrichtungen zur Verfügung:

- 2 Maschinentransformatoren zum Verbundnetz (400 kV)
- 1 Reservenetztransformator mit Anbindung an das 110 kV-Reservenetz
- 1 Generator mit 2 Eigenbedarfstransformatoren (27/10 kV)
- 4 Notstromdiesel, NSDA1 (10 kV)
- 4 Notspeisenotstromdiesel, NSDA2 (380 V)
- 3. Netzeinspeisung (20 kV)

Darstellung der gestaffelten Energieversorgung:

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

2. Lastabwurf auf Eigenbedarf

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

3. Umschaltung auf Reservenetz

Durch Störungen an der Haupteinspeisung oder an einem der Maschinen- oder Eigenbedarfstransformatoren wird der Netz- oder der Blockschutz aktiviert. Der Netzschutz öffnet beide 400 kV-Netzschalter und die Anlagenleistung wird auf Eigenbedarfsleistung abgesenkt. Erst wenn dieser Lastabwurf auf Eigenbedarf nicht gelingt, erfolgt ein Umschalten der Eigenbedarfseinspeisung 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 gestartet und versorgen nach dem Hochlauf die Notstromredundanzen.

5. Notspeisenotstromfall-Ausfall NSDA1

Der Notspeisenotstromfall wird bei Unverfügbarkeit der Notspeisenotstromdiesel durch Spannungsabfall oder Frequenzabfall für einen definierten Zeitraum an den Notstromschienen erkannt. Die Notspeisenotstromdiesel NSDA2 werden gestartet und versorgen nach dem Hochlauf die Notspeisenotstromredundanzen.

6. 3. Netzeinspeisung

Nach Ausfall der Eigenbedarfs-Versorgung und der kompletten Energieversorgung der NSDA1 und NSDA2 - Netze kann die Stromversorgung aus dem 3. Netzanschluss hergestellt werden. Hierbei können ausgewählte Verbraucher von 2v4 Notstromschienen und der zugehörigen Notspeisenotstromschienen versorgt werden.

5.1.1 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss⁵

5.1.1.1 Auslegung der Anlage

1. Im Falle eines Ausfalls der externen Stromversorgung aus dem Hauptnetz (LOOP) ist gemäß Betriebshandbuch im ersten Schritt vorgesehen, die Anlage im Eigenbedarf mit dem Hauptgenerator zu fangen. In diesem Zustand ist eine langfristige elektrische Versorgung des Eigenbedarfs sichergestellt d. h. die elektrische Eigenbedarfsversorgung erfolgt über den Turbinengenerator (27/10kV). Gelingt dies nicht, z. B. aufgrund eines Nichtleistungsbetriebes, und

⁵ 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.

ist das Reservenetz nicht verfügbar (LOOP), werden die NSDA1 automatisch vom Reaktorschutz gestartet. Der Betrieb ist aufgrund der gemäß der Regel KTA3702 vorgeschriebenen Kraftstoffreserven für mindestens 72 h Volllast je Redundanz abgesichert.

2. Vier redundanz-zugeordnete Notstromdieselaggregate (NSDA1), über die alle Komponenten versorgt werden, die für ein betriebliches Abfahren der Anlage erforderlich sind und der Schutzzielerreichung

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

dienen.

3. Bei (postuliertem) Ausfall der NSDA1 wird gemäß der Definition der IAEA-TECDOC-332 der Zustand „Station Blackout“ erreicht. Vier redundanz-zugeordnete Notspeisenotstromdieselaggregate (NSDA2) werden betrieben, über die alle vitalen Komponenten versorgt werden, die der Schutzzielerreichung

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

dienen.

4. Bei (postuliertem) Ausfall der NSDA1 und NSDA2 steht eine 3. verkabelte Netzanbindung zur Verfügung, die im Rahmen vorgesehener Notfallmaßnahmen mit hinterlegten Prozeduren im Notfallhandbuch aufgeschaltet werden kann, um die Nachwärmeabfuhr aufrecht zu erhalten. Damit kann ebenfalls die Einhaltung der o. g. Schutzziele gewährleistet werden.
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 vorgesehen, so dass unter Verwendung vorhandenen leichten Gerätes die Nachwärmeabfuhr gemäß Notfallhandbuch 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 gegen Flugzeugabsturz gesichert und gebunkert sind.

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

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

- ständigen Vorhaltung von Kraftstoff- bzw. Heizölmengen in auf den Anlagen vorhandenen Behältern (Hilfskesseltanks)

- dauerhaften Vorhaltung möglichst hoher Füllstände in den Behältern durch Nachtanken in kurzen Abständen (große abgesicherte Vorräte)
- Bereitstellung/Vorhaltung von mobilen 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 langfristige Versorgung über 72 h hinaus sichergestellt.

Gelingt der Lastabwurf auf Eigenbedarf nicht, ist der Betrieb der Notstromdiesel- (NSDA1) und Notspeisenotstromdieselaggregate (NSDA2) unter der Randbedingung des Volllastbetriebes für 72 h abgesichert. Im Teillastbetrieb ergeben sich Zeiträume > 72 h.

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

1. Kühlwasser NSDA1+2 Kraftstoffvorrat NSDA1

Die Regel KTA 3702 fordert einen Kraftstoff- und Ölvorrat, der einen Betrieb der NSDA1 von mindestens 72 h garantiert.

Bei einem gleichzeitigen Betrieb der 4 Notstromdiesel und gleichzeitigem Betrieb aller Nachkühlstränge ist ein Betrieb von mindestens 72 Stunden sichergestellt. Es werden für die ersten 72 Stunden in Summe ca. 247 m³ Kraftstoff benötigt.

Der gesicherte Vorrat für die 4 Notstromdiesel beträgt 4 x 30 m³ im Notstromgebäude sowie 150 m³ Reserve in den Kraftstoffvorratsbehältern für die Hilfskesselanlage; d. h. es sind mindestens ca. 270 m³ dauerhaft auf der Anlage vorhanden. Die Kraftstoffnachspeisung erfolgt über feste Rohrleitungsverbindungen. Die Prozeduren sind im Betriebshandbuch beschrieben. Diese Vorräte ermöglichen einen Betrieb von 78 h.

Das minimale Bestellniveau für die Kraftstoffvorratsbehälter der Hilfskesselanlage beträgt 180 m^3 ; d. h. es ist eine zusätzliche gesicherte Reserve von ca. 30 m^3 auf der Anlage verfügbar. Diese 30 m^3 liefern bei nicht reduziertem Verbrauch nochmals für ca. 8 h Betriebszeit den erforderlichen Kraftstoff.

In der Regel sind die Kraftstoffvorratsbehälter für die Hilfskesselanlage mit ca. 370 m^3 Kraftstoff gefüllt, so dass eine betriebliche Reserve von nochmals ca. 55 h bei nicht reduziertem Verbrauch vorhanden ist.

Somit sind im Regelfall für mindestens 5 Tage Kraftstoffvorräte auf der Anlage vorhanden.

Zusätzlich kann durch gezieltes Abschalten von nicht dringend benötigten Verbrauchern der Kraftstoffverbrauch gesenkt und damit die Betriebsdauer erhöht werden.

2. Schmierölvorrat NSDA1

Die Notstromdieselaggregate sind so ausgelegt, dass der Schmierölverbrauch über das Volumen der Ölwannen für einen 10 h Betrieb sicher abgedeckt ist. In der Praxis bedeutet dies, dass eine Kontrolle des Ölstandes nach 10 h durchgeführt werden kann, aber ein Nachfüllen nicht zwingend damit verbunden ist, da eine automatische Schmierölergänzung aus einem 650 l-Vorratstank vorhanden ist. Erforderliche Schmierölnachfüllmengen sind somit mindestens für einen 72 h-Betrieb vorgehalten.

Gemäß Betriebshandbuch werden auf der Anlage dauerhaft 4 m^3 Schmieröl vorgehalten.

Bei einem gleichzeitigen Betrieb der 4 Notstromdiesel und gleichzeitigem Betrieb aller Nachkühlstränge werden in 72 Stunden in Summe ca. $2,2 \text{ m}^3$ Schmieröl benötigt.

Damit sind für einen längerfristigen Betrieb aller Notstromdieselaggregate ausreichend Schmierölreserven auf der Anlage vorhanden.

3. Kraftstoffvorrat NSDA2

Im Notspeisenotstromfall werden bei 4 in Betrieb befindlichen Notspeisenotstromdieseln in 24 h ca. 12,7 m³ Kraftstoff benötigt. Im Notspeisegebäude werden 4 x 5 m³, d. h. 20 m³ bevorratet.

Bei dem unterstellten Verbrauch von 12,7 m³ in 24 h reicht die in den Kraftstoffvorratsbehältern für die Hilfskesselanlage vorgehaltene Reserve von 150 m³ für einen alleinigen NSDA2-Betrieb ca. 280 h.

4. Schmierölvorrat NSDA2

Die Notspeisenotstromdiesel sind so ausgelegt, dass der Schmierölverbrauch über das Volumen der Ölwannen für einen 10 h Betrieb sicher abgedeckt ist.

Gemäß BHB werden auf der Anlage dauerhaft 4 m³ Schmieröl vorgehalten. Bei einem gleichzeitigen Betrieb der 4 Notspeisenotstromdiesel werden in 24 Stunden in Summe ca. 0,075 m³ Schmieröl benötigt.

5. Kühlwasser NSDA1+2

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

1. 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 gemäß Regel KTA 3702 bei Unterschreitung des minimal abzusichernden Füllstandes im Vorratsbehälter entspre-

chend den Vorgaben in den Betriebshandbuch-Kapiteln Maßnahmen zur Ergänzung der Kraftstoffvorräte einzuleiten.

Diese Handmaßnahmen implizieren auch die Ergänzungsbeschaffung von Betriebsmitteln. Damit werden deutlich vor Ablauf der zu garantierenden Betriebsdauer von 72h die entsprechenden Anforderungen an die zuverlässigen Standard-Lieferanten herausgegeben. Je nach Dauer des erforderlichen Notstrombetriebes werden diese Anforderungen zyklisch wiederholt, so dass sich daraus keine Begrenzungen des Aggregatbetriebes ergeben.

Die Nachtankaktionen sind geübte Praxis und benötigen eine entsprechende Anlagenwärterkompetenz. Die notwendigen Einrichtungen sind vorhanden und verfügbar, ebenso der notwendige Umfang an Reserveteilen für die Aggregate. Die Maßnahmen sind im Betriebshandbuch beschrieben.

2. 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 dargestellten 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, werden durch die Auslegung beherrscht. 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 wird durch einen eventuellen Einfluss von im Brandfall auftretenden Rauchgasen auf die Verbrennungsluftzufuhr nicht beeinträchtigt, sofern sich der Brand zumindest wenige Meter von den Lüftungslamellen entfernt befindet.

Zur Absicherung eines langandauernden Notstromfalls sind Vorkehrungen getroffen worden zur:

- ständigen Vorhaltung von Kraftstoff- bzw. Heizölmengen in auf den Anlagen vorhandenen Behältern (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 langandauernde Brandbekämpfungen zu überbrücken.

Maßnahmen / Regelungen für externe Beschaffung und Personalverfügbarkeit

Auf dem Kraftwerksgelände des KKG befinden sich vier NSDA1 sowie weitere vier NSDA2. Die Auslegung dieser Systeme beträgt 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 Notstromdieselmotors oder eines Notspeisenotstromdieselmotors können diese gegen die 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 KKG getroffenen Vorkehrungen und der damit verbundenen erst langfristig erforderlichen externen Unterstützung ist die Anlage KKG 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. Darüber hinaus bleiben die Batteriekapazitäten des NSDA1-Netzes bestehen. Danach sind gemäß

Betriebshandbuch Handmaßnahmen zur Nachbetankung erforderlich. Dazu stehen auf der Anlage in den Vorratsbehältern 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.

Hierzu stehen gemäß Betriebshandbuch Maßnahmen zur Nachfüllung zur Verfügung. Darüber hinaus sind weitere Maßnahmen zur Nachspeisung während eines Notfalls in der Betriebsdokumentation beschrieben.

Ein Betrieb der NSDA2 unter Berücksichtigung der additiven Batterielaufzeiten ist somit über einen Zeitraum von 72 h hinaus sichergestellt. Ein Nachtanken erfolgt gemäß der bestehenden Prozeduren entsprechend des angenommenen Szenarios.

Mit verfügbaren NSDA2 Dieseln ist sowohl die Spannungsversorgung als auch über die Notspeisepumpen die sekundärseitige Bespeisung und die damit verbundene Wärmeabfuhr dauerhaft gegeben. Die Abfuhr der Nachzerfallsleistung ist langfristig sichergestellt. Kern- bzw. BE-Schäden werden bei nicht verfügbaren Notstromdieseln des NSDA1-Netzes verhindert. Ebenso ist die 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 Stunden nur aus den Batterien versorgt werden können. Jede Scheibe des Batteriesystems deckt die benötigte elektrische Leistung zur Versorgung der sicherheitstechnisch wichtigen Systeme eines Stranges ab. Zusätzlich wurde bei den 220 V-Batterien die erhöhte Gleichstromleistung auf Grund des Gebäudeabschlusses berücksichtigt.

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

Gemäß der RSK-Empfehlung wurde für KKG der Nachweis für die 24 V- und 220 V-Batterien erbracht, dass die Batterien des Notstromversorgungsnetzes (NSDA1) mindestens 2 – 3 Stunden verfügbar sind. Durch die Pufferung der 4-fach redundanten 24 V- Batterien des Notspeisesystems über die Notspeisenotstromdiesel (NSDA2) (Nutzung der auf der Anlage ausreichende Vorratsmengen für deren Betrieb von > 72 h) ergibt sich eine Verfügbarkeit der Batterien von über 76 Stunden.

Vorkehrungen zur Vermeidung einer Tiefentladung und Verfahrensweisen sind im Betriebshandbuch beschrieben.

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 vorgesehen, 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 bis 3 Stunden nur aus den Batterien versorgt werden können. Jede Scheibe des Batteriesystems deckt die benötigte

elektrische Leistung zur Versorgung der sicherheitstechnisch wichtigen Systeme eines Stranges ab. Zusätzlich wurde bei den 220V Batterien die erhöhte Gleichstromleistung auf Grund des Gebäudeabschlusses berücksichtigt.

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

Gemäß der RSK-Empfehlung wurde für KKG der Nachweis für die Batterien erbracht, dass die 4-fach redundanten 24 V-Batterien der Notstromversorgung und die 4-fach redundanten 220 V-Batterien der Notstromversorgung mindestens 2 Stunden und 4-fach redundanten 24 V-Batterien der Notstandsnotstromsysteme über 4 Stunden 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 vorgesehener Notfallmaßnahmen mit hinterlegten Prozeduren im Notfallhandbuch aufgeschaltet werden kann, um die Nachwärmeabfuhr aufrecht zu erhalten.

Grundsätzlich werden Vorkehrungen getroffen, die darauf abzielen, die Gleich- und Wechselstromversorgung aufrecht zu erhalten, um damit die vitalen Komponenten betreiben zu können. Parallel dazu existieren Prozeduren und leichte Geräte, um das Schutzziel „Kühlung der Brennelemente“ einzuhalten. Dazu zählen:

- Verbrennungsmotor betriebene mobile Pumpen, verfügbare Wasservorräte/-quellen und sonstiges Hilfsgerät
- mobiles Notstromaggregat für NSDA2 Netz
- Laufwasserkraftwerk Garstadt über 20 kV Netzanschluss

Neben Notfallmaßnahmen und den Maßnahmen zur Wiederherstellung der Notstromerzeuger NSDA1 und Notspeisenotstromerzeuger NSDA2 wird zusätzlich mit dem Ver-

sorgungsnetzbetreiber 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. Parallel sind Notfallmaßnahmen vorgesehen, so dass unter Verwendung vorhandenen leichten Gerätes die Nachwärmeabfuhr wiederhergestellt werden kann.

Dieser Anlagenzustand wird bislang postuliert für eine Dauer von 2 h. Verfahrenstechnisch stehen in dieser Phase neben der Leittechnik diejenigen aktiven Komponenten noch zur Verfügung, die über Batterie gepufferte unterbrechungsfreie Schienen versorgt werden. Dies sind im Wesentlichen Armaturen aus dem Bereich der primärseitigen und sekundärseitigen Ventilstationen und aus dem Bereich der Systemabgrenzungen und der Gebäude- und Lüftungsabschlüsse.

Damit ist einer ersten Phase nach Beginn des Zustandes die Nachwärmeabfuhr gesichert. Die entsprechenden Vorgehensweisen sind in den Notfallhandbüchern hinterlegt.

Folgende Notfallmaßnahmen sind zur Beherrschung der Situation im Notfallhandbuch vorgesehen:

- Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (SDE)
- Primärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (PDE)
- Zuschalten der 3. Netzeinspeisung

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 Eigenbedarfsversorgung einschließlich der Notstromdiesel und der

Notspeisenotstromdiesel nach Ablauf der Überwachungszeit. Bei Gelingen des Zuschaltens der 3. Netzeinspeisung ist die Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten u. Bespeisen (SDE)“ nicht mehr erforderlich. Bei Nichtverfügbarkeit der 3. Netzeinspeisung wird bei Erreichen 4v4 DE-Füllstände $< \text{min.}$ mit SDE und parallel mit den vorbereitenden Maßnahmen für PDE begonnen. Gelingt die SDE-Maßnahme, ist bei einer DE-Bespeisung mit der mobilen Pumpe aus den Deionatbehältern und der Wärmeabfuhr über einen offenen FD-Abblasepfad die Abfuhr der Nachzerfallsleistung langfristig sichergestellt.

Das Einleitungskriterium für PDE ist der RDB-Füllstand $< \text{min.}$ 3 oder die Brennelementaustrittstemperatur $> \text{max.}$ (SDE-Maßnahme war nicht erfolgreich). Zielsetzung ist dann den Primärdruck soweit abzusenken, dass die Druckspeicher den Primärkreis wieder auffüllen und die Kernaufheizung verzögert wird.

Die Unterkritikalität wird durch die Einspeisung von Borwasser aus den Druckspeichern und durch die eingefallenen Steuerstäbe sichergestellt. Die Durchführung/Wirksamkeit der Notfallmaßnahmen ist abhängig vom Zerstörungsumfang der Anlage, wenn gleichzeitig Einwirkung von Außen unterstellt wird.

Somit sind für KKG geplante Notfallmaßnahmen (sekundärseitiges Bleed & Feed) einzuleiten, die eine alternative Bespeisung der Dampferzeuger ermöglichen. Durch Anschluss von zusätzlichen Pumpen über installierte Schlauchanschlüsse an die Einspeisesysteme können ausreichende Speisewassermengen in einen oder mehrere Dampferzeuger zur Nachwärmeabfuhr im Niederdruckbereich eingespeist werden. Für diesen Zustand ist die Bespeisung eines Dampferzeugers ausreichend. Als Pumpen können handelsübliche auf dem Kraftwerksgelände vorgehaltene Feuerwehrpumpen, mobil oder in Fahrzeugen, verwendet werden.

Zur Einleitung und Durchführung dieser Maßnahmen ist der Zugang zum Notspeisegebäude/Notstandsgebäude erforderlich, um dort Handmaßnahmen vorzusehen. In den Notfallprozeduren ist der Zeit- und Personalbedarf so abgesichert, dass dies aus der vorhandenen Schichtbesetzung heraus bestritten werden kann. Hierbei sind die Fußwege einkalkuliert, gezielte besondere Transportmittel sind nicht zwingend erforderlich. Im Falle unterstellter Hochwassersituationen sind die vorgehaltenen Boote (1 Hovercraft und 1 Motorboot) dazu verwendbar.

Für KKG ist bei Aufrechterhaltung der alternativen sekundärseitigen Bespeisung die Unterkritikalität auf Basis der vorangegangenen Reaktorschnellabschaltung unabhängig von der Batterieverfügbarkeit über Handeingriffsmöglichkeiten dauerhaft abgesichert.

BE-Beckenkühlung

Die Nachzerfallsleistung der im BE-Becken eingelagerten Brennelemente kann in diesem Fall durch Verdampfungskühlung innerhalb des Sicherheitsbehälters abgeführt werden. Zur Ergänzung der Verdampfungsverluste steht unter Berücksichtigung von einer Nachzerfallsleistung direkt nach BE-Wechsel eine Karenzzeit von größer 100 Stunden bis zum Absinken des BE-Beckenfüllstands auf Kernoberkante zur Verfügung. Allerdings sind frühzeitig, aufgrund der zu erwartenden Umgebungsbedingungen, vorbereitende Maßnahmen für Notfallprozeduren am BE-Becken nötig.

externes Gerät

Hilfsorganisationen aus der Krisenstabsorganisation (THW, KHG, Bundeswehr etc.) werden angefordert, um notwendige Transportmittel (Raupenfahrzeuge, geländegängige Fahrzeuge) und Räumgeräte zur Verfügung zu stellen.

Nahegelegene Kraftwerke

Das KKG verfügt über drei Netzanschlüsse. Den Hauptnetzanschluss (400 kV), den Reservenetzanschluss (110 kV) und den dritten erdverlegten Netzanschluss (20 kV). Im Falle eines großflächigen Netzausfalls sowie dem Ausfall der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel ist die Wiederversorgung der E.ON Kernkraftwerke mit dem Übertragungsnetzbetreiber vertraglich geregelt. Dabei ist es das Ziel des Übertragungsnetzbetreibers, prioritär 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.

Die Versorgung erfolgt über das eng vermaschte Netz. Schwarzstartfähige Einheiten können dabei in durchaus unterschiedliche Netzebenen einspeisen (z. B. auch in das 20 kV Netz an dem auch der 3. Netzanschluss angeschlossen ist).

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.

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

Dieser Anlagenzustand wird bislang postuliert für eine Dauer von 2 h unter anderem aufgrund der vertraglich vereinbarten Wiederversorgung über das Versorgungsnetz.

Verfahrenstechnisch stehen in dieser Phase neben der Leittechnik diejenigen aktiven Komponenten noch zur Verfügung, die über Batterie gepufferte unterbrechungsfreie Schienen versorgt werden. Dies sind im Wesentlichen Armaturen aus dem Bereich der primärseitigen und sekundärseitigen Ventilstationen und aus dem Bereich der Systemabgrenzungen und der Gebäude- und Lüftungsabschlüsse.

Damit ist einer ersten Phase nach Beginn des Zustandes die Nachwärmeabfuhr gesichert. Die entsprechenden Vorgehensweisen sind in den Notfallhandbüchern hinterlegt. (siehe Kapitel 5.1.3.2)

Über einen mobilen Diesel oder über das 20 kV Netz (3. Netzanschluß) werden die vitalen Funktionen für die Überwachung des Anlagenzustandes durch Nachladen der Batterien aufrechterhalten.

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 angemessener Schutz gegen den Verlust der Stromversorgung.

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

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 – siehe „Management schwerer Unfälle“.

Darüber hinaus sind auf Basis der vorgenannten Gesamtheit der Maßnahmen zur Sicherstellung eines dauerhaften NSDA-Betriebes, ergänzender Bereitstellung und Vorhaltung von Geräten bei postuliertem Ausfall aller NSDA, 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.

In den vorgehenden Kapiteln wird die Robustheit der Anlage beschrieben und ausgeführt. Die Überlegungen zu Konzepten und den anzulegenden Rahmenbedingungen werden unter Berücksichtigung des neuen Atomgesetzes derzeit neu überdacht.

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

Die Entnahme von Kühlwasser erfolgt unmittelbar am Mainufer durch die beiden 40 m voneinander entfernten Kühlwasser-Entnahmebauwerke. Die beiden, ebenfalls räumlich getrennten Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerke sind in ca. 500 m Entfernung von den Kühlwasser-Entnahmebauwerken angeordnet. In jedem Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerk sind jeweils zwei nukleare Nebenkühlwasserpumpen, eine Notnebenkühlwasserpumpe, eine konventionelle Nebenkühlwasserpumpe sowie eine Feuerlöschpumpe untergebracht. Die Sohle der Kühlwasser-Entnahmebauwerke ist so ausgebildet, dass auch bei Ausfall der Staustufe Garstadt die Versorgung der Nebenkühlwasserpumpen sichergestellt ist.

Die beiden Rücklaufleitungen der gesicherten Nebenkühlwasserstränge vereinigen sich im Rücklaufsammelbauwerk N3.

Ausfall beider Pumpenbauwerke

Bei Ausfall der beiden Einlaufbauwerke kommt eine Notfallmaßnahme zur Anwendung. Diese sieht vor, mit einer im Kraftwerk vorhandenen Feuerlöschpumpe aus dem Rück-

laufsammelbauwerk N3 anzusaugen und über eine Schlauchverbindung in die Feuerlöschnetz-Ringleitung einzuspeisen. Im Ringraum gelangt das Feuerlöschwasser über drei B-Schlauchverbindungen zu den jeweiligen Kühlern des nuklearen zwischenkühl-systems. Mit dieser Maßnahme wird die BE-Becken- und ggf. Nachkühlung in Redun-danz 10 oder 40 bis zur Wiederverfügbarkeit der gesicherten Nebenkühlwasser-Einspeisung sichergestellt.

Bei Durchführung der Notfallmaßnahme nach NHB kann ein längerfristiger Betrieb durch Ansaugung aus dem Bauwerk N3 und Rückförderung in den Main sichergestellt werden. Die Förderleistung der Feuerlöschpumpe ist zur Abfuhr der Nachzerfallslei-stung bzw. der Wärmeabfuhr aus dem BE-Becken völlig ausreichend.

Ausfall des Vorfluters

Ein Ausfall des Vorfluters ist, aufgrund der Auslegung der Kühlwasserentnahme-Bauwerke gegen den Ausfall der Staustufe Garstadt, sehr unwahrscheinlich. Zusätzlich besteht bei Ausfall des Vorfluters die Möglichkeit, mit der o. g. Feuerlöschpumpe aus der Hauptkühlwasser-Zulaufkammer im M8 anzusaugen. Dadurch ist das Wasserin-ventar beider Kühlturm-tassen von ca. 30.000 m³ verfügbar. Bei einem Verbrauch von ca. 100 kg/s kann dieser Betrieb für ca. 83 h durchgeführt werden. Die Förderleistung der Feuerlöschpumpe von ca. 100 kg/s ist zur Abfuhr der Nachzerfallsleistung bzw. der Wärmeabfuhr aus dem BE-Becken völlig ausreichend.

Die Ergänzung der Vorräte im M8 kann weiterhin über die Nachbarfeuerwehren aus dem "Alten Main" erfolgen (grundwassergespeist, ca. 50 m vom Kraftwerk-gelände ent-fernt).

Ausfall des Kühlwasserrücklaufs

Ein Ausfall des Kühlwasserrücklaufes hätte keine gravierenden Auswirkungen auf den Kühlwasserkreislauf, da in diesem Fall immer noch das nach oben offene Nebenkühl-wasser-Sammelbecken N3 verfügbar wäre. Von dort aus würde der steigende Wasser-spiegel zu einem freien Ablauf über das Kraftwerksgelände zu tiefer liegenden Berei-chen und damit letztlich zurück in den Main führen. Der Förderstrom der Nebenkühl-

wasserpumpen würde sich gemäß der Pumpenkennlinie an den erhöhten Gegendruck im Rücklauf anpassen.

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, Frischdampfabblassestation, 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:

Wärmeabfuhr aus dem Reaktor

Ausfall während Leistungsbetrieb

Grundsätzlich ist zu sagen, dass bei Ausfall des Nebenkühlwassers die Wärmeabfuhr aus dem Reaktor sichergestellt bleibt. Folgende Möglichkeiten bestehen:

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.
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, keine weitere Deionatproduktion möglich, jedoch Ergänzung der Speisewasservorräte aus den gelagerten Vorräten der Vollentsalzungsanlage, dem Trinkwassersystem, dem Feuerlöschsystem oder über

Tankwagen möglich. Ergänzung des Treibstoffes für die 10 kV-Notstromdiesel über das Heizöltanklager oder über Tankwagen.

3. Bei Ausfall der vier 10 kV-Notstromdiesel:
Spannungsversorgung 380 V über vier Notspeisenotstromdiesel, Bespeisung der Dampferzeuger über Notspeisepumpen, Wärmeabfuhr über FD-Abblasestation, keine Deionatproduktion möglich, jedoch Ergänzung der Notspeisewasservorräte aus den gelagerten Vorräten der Vollentsalzungsanlage, dem Trinkwassersystem, dem Feuerlöschsystem oder über Tankwagen möglich. Ergänzung des Treibstoffes für die vier 380V-Notspeisenotstromdiesel aus dem Notstromdieselgebäude, dem Heizöltanklager oder über Tankwagen.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass bei Ausfall des Nebenkühlwassers die Bespeisung der Dampferzeuger mit dem Notspeisesystem sichergestellt ist, das unabhängig von der Hauptwärmesenke und damit dem Nebenkühlwasser ist. Da auch ausreichende Wasservorräte (Deionatbehälter, Feuerlöschsystem, Trinkwassersystem, Kühlturmtasse, Tankwagen) vorhanden sind, ist eine langfristige Sicherstellung der Wärmeabfuhr gewährleistet. Belastungen und Infrastruktur entsprechen der EVA-Auslegung.

Ausfall während Nichtleistungsbetrieb

1. Geschlossener Primärkreis:
Bei geschlossenem Primärkreis sind während des Betriebs des Nachkühlsystems immer noch mindestens zwei Dampferzeuger betriebsbereit. Damit sind alle Maßnahmen anwendbar, die unter "Ausfall während Leistungsbetrieb" beschrieben sind.
2. RDB-Deckel nicht mehr verspannt
In diesem Zustand kann sich kein wesentlicher Überdruck mehr im RDB aufbauen (ca. 0,7 bar), so dass die Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger nicht mehr möglich ist. Deshalb kommt das BHB „Ausfall der Nachkühlung bei 3/4-Loop und offenem RKL" zur Anwendung. In dem Handbuch ist die Flutung des RDB und des Abstellraumes mittels Nach- bzw. Beckenkühlpumpen, falls diese unverfügbar sind mittels Druckspeicher, Volumenregelsystem- und/oder Zusatzboriersystem-Pumpen beschrieben.

Durch Anwendung des BHB „Ausfall der Nachkühlung bei $\frac{3}{4}$ -Loop und offenem RKL" wird der Reaktorraum geflutet. Ab diesem Zeitpunkt gelten die gleichen Bedingungen wie unter "Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken" beschrieben.

3. Offener Primärkreis:

Es gelten die gleichen Bedingungen wie unter "Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken" beschrieben, d. h. unabhängig vom Füllungsgrad des Reaktorraumes sind entsprechende Maßnahmen durchführbar.

Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken

Die Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken kann alternativ über Verdampfungskühlung erfolgen, da selbst bei Temperaturen von 100 °C noch nicht mit relevanten Leckagen infolge von Schäden am BE-Becken zu rechnen ist. Folgende Nachspeisemöglichkeiten sind vorhanden:

1. Nachspeisung von Deionat mit luftgekühlter Deionatpumpe (notstromgesichert).
2. Nachspeisung von borierterem Kühlmittel aus den Flutbehältern mit luftgekühlter Beckenreinigungspumpe.
3. Nachspeisung von borierterem Kühlmittel aus den Flutbehältern durch kurzzeitigen Betrieb der Pumpen ohne Kühlwasserversorgung durch das Nebenkühlwassersystem.

Mögliche Zeiten zur Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken über Verdampfungskühlung aufgrund der vorhandenen Nachspeisemöglichkeiten ohne Füllstandsabfall im BE-Becken:

1. Nachspeisung von Deionat mit luftgekühlter Deionatpumpe (notstromgesichert).

2. Nachspeisung von boriertem Kühlmittel aus den Flutbehältern mit luftgekühlter Beckenreinigungspumpe.
3. Nachspeisung von boriertem Kühlmittel aus den Flutbehältern durch kurzzeitigen Betrieb der Pumpen ohne Kühlwasserversorgung durch das Nebenkühlwassersystem, Umpumpen der Flutbehälter mit Nachkühlpumpe in Flutbehälter.

Die Maßnahmen können durch das anwesende Schichtpersonal mit den auf der Anlage vorgehaltenen Hilfsmitteln durchgeführt werden.

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

Wie bereits oben beschrieben wird der Ausfall des gesicherten Zwischenkühlwassers durch die NSDA1 und NSDA2 auslegungsgemäß für mindestens 24 h kompensiert. Durch einzuleitende Notfallmaßnahmen kann das Zeitfenster beliebig verlängert werden (Nachspeisung von Deionat, Löschwasser oder auch Flusswasser sowie Ergänzung der Betriebsmittel erforderlich).

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

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 Notfallstab geeignete Ersatzmaßnahmen fest.

Durch im NHB beschriebenen Notfallmaßnahmen wird

- der Ersatz des nuklearen Zwischenkühlwassers durch mobile Einspeisung bzw.
- der Ersatz des gesicherten Nebenkühlwassersystems durch mobile Einspeisung

vorgenommen.

Zusätzlich können auch Feuerwehren aus den Nachbarorten zur Unterstützung bereitgestellt werden.

Die Versorgung mit Treibstoff für die Notstromdiesel ist aufgrund der vorhandenen Vorräte auf dem Anlagengelände erst langfristig (> 5 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.

Entsprechend den obigen Ausführungen sind keine externen Mittel notwendig, d. h. zur langfristigen Gewährleistung einer Wärmesenke sind alle notwendigen Systeme und Komponenten vor Ort. Auch für die Durchführung von Notfallmaßnahmen sind die erforderlichen Mittel bereits am Standort.

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 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

Aufgrund der Robustheit der Anlage mit den aufgeführten Redundanz- und Diversitätsgraden sind derzeit 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 im KKG 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 infolge der TECDOC-Definition 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. 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 Re-

dundanzen notwendig. Es wird aus der jeweiligen Redundanz das Deionat aus den Deionatbecken in die Dampferzeuger eingespeist.

In der Betriebsphase Nichtleistungsbetrieb stellt das Notspeisesystem die notwendige elektrische Energie zum Betrieb der Nachkühlkette bereit.

Der Betrieb der automatisch gestarteten Notspeisenotstromdiesel ist ohne Handmaßnahme für mindestens 24 Stunden gewährleistet. Situationsbedingt könnten durch Umpumpen nicht genutzter Dieselmotorkraftstoffvorräte ungenutzte Ressourcen verfügbar gemacht werden. Möglich wäre auch die Nutzung von Vorräten aus dem vorhandenen Heizöllagerbehälter.

Die Ergänzung der Notspeisewasservorräte erfolgt aus den gelagerten Vorräten auf dem Anlagengelände. Ergänzung des Treibstoffes für die vier 380 V-Notspeisenotstromdiesel aus dem Notstromdieselgebäude oder dem Heizöltanklager.

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 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:

Wärmeabfuhr aus dem Reaktor

Ausfall während Leistungsbetrieb

1. Bei zusätzlichem Ausfall der vier Notspeisenotstromdiesel Durchführung der Notfallmaßnahme SDE gemäß NHB „Sekundärseitiges Druckentlasten und

Bespeisen infolge Station Black-out“ mit Bespeisung der Dampferzeuger über mobile Feuerlöschpumpe

2. Falls die Maßnahme SDE nicht verfügbar wäre; Durchführung der Notfallmaßnahme PDE gemäß NHB „Primärseitiges Druckentlasten u. Bespeisen infolge Station Black-out“. In beiden Fällen ist die Versorgung eines Nachkühlstranges mit Nebenkühlwasser über die Notfallmaßnahme NHB „Versorgung der Nebenkühlwasser-Kühlstellen mit dem Feuerlöschsystem“ möglich.

Entsprechende Brennelementschäden sind erst nach mehr als 2 h zu erwarten. Die Notfallmaßnahme SDE ist entsprechend NHB „Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen infolge Station Black-out“ bereits nach 50 min durchführbar.

Die Notfallmaßnahme PDE ist entsprechend NHB „Primärseitiges Druckentlasten u. Bespeisen infolge Station Black-out“ spätestens 95 min. nach Ereigniseintritt durchführbar.

Ausfall während Nichtleistungsbetrieb

Geschlossener Primärkreis

Bei geschlossenem Primärkreis sind auch bei Betrieb des Nachkühlsystems immer noch mindestens zwei Dampferzeuger betriebsbereit. Damit sind je nach Anlagenzustand auch Maßnahmen anwendbar, die für den Fall "A. Ausfall während Leistungsbetrieb" gelten. Aufgrund des Nichtleistungsbetriebes muss nach Ereigniseintritt eine wesentlich niedrigere Nachzerfallsleistung als im Fall "Ausfall während Leistungsbetrieb" abgeführt werden. Die Zeiten bis zum Eintreten von Brennelementschäden sind deshalb länger als unter Fall "A. Ausfall während Leistungsbetrieb" angegeben.

Offener Primärkreis

Es gelten die gleichen Maßnahmen wie sie für den Fall "Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken" beschrieben sind, d. h. unabhängig vom Füllungsgrad des Reaktorraumes sind entsprechende Maßnahmen durchführbar.

Die kürzeste Zeit ergibt sich im Anlagenzustand $\frac{3}{4}$ -Loop. Bei der theoretisch maximalen abzuführenden Wärmeleistung von 22 MW (Nachzerfallsleistung 56 h nach RESA) ergibt sich aufgrund des vorhandenen Wasservorrates von ca. 65 m³ ein Zeitraum von ca. 2 h bis der Füllstand auf Oberkante der Brennelemente abgefallen ist. Brennelementschäden sind erst nach weiterem Füllstandsabfall im RDB zu erwarten.

Die maximale Zeit ergibt sich im Anlagenzustand Reaktorgrube und Abstellraum geflutet. 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 auf Oberkante der Brennelemente abgefallen ist. Brennelementschäden sind erst nach weiterem Füllstandsabfall im RDB zu erwarten.

Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken

Folgende Möglichkeiten bestehen:

1. Notfallkühlung durch Versorgung des nuklearen Zwischenkühlers über NHB „Versorgung der Nebenkühlwasser-Kühlstellen mit dem Feuerlöschsystem“, Betrieb der BE-Beckenkühlung.
2. Notfallverdampfungskühlung durch im Bereich des BE-Beckenkühlkreises vorhandene Feuerlöschanschlüsse, die für die Ergänzung der Verdampfungsverluste genutzt werden können. Die Versorgung des Feuerlöschnetzes kann mit den stationären Feuerlöschpumpen oder mit einer mobilen Feuerlöschpumpe erfolgen.

Bei der theoretisch maximalen abzuführenden Wärmeleistung von 18 MW aus dem BE-Lagerbecken (Kernvollausladung 90 h nach RESA) dauert es aufgrund des vorhandenen Wasservorrates von ca. 1000 m³ ca. 31,5 h, bis der Füllstand im BE-Lagerbecken von Normalfüllstand auf Oberkante der Brennelemente abgefallen ist. Brennelementschäden sind erst nach weiterem Füllstandsabfall im Brennelementbecken zu erwarten.

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 auch im Fall eines vollständigen Ausfalls der Drehstromversorgung durch das anwesende Schichtpersonal durchführbar. Der Notfallstab muss vom SL einberufen werden, sodass 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 Notfallstab. Die benötigten Hilfsmittel für die beschriebenen Maßnahmen sind auf der Anlage vorhanden. Bei Zerstörungen an der Infrastruktur legt der Notfallstab 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 Schutzziele 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 saugseitig mit den Deionatvorratsbehältern und druckseitig mit dem Speisewassersystem 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 situa-

tions- 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

Die hier insgesamt beschriebenen Optionen sowohl des sekundärseitigen oder primärseitigen Druckentlastens und Bespeisens, oder auch der zuvor zu ergreifenden Möglichkeiten wie der Einsatz des NSDA2 oder die 3. Netzeinspeisung, die alle dem Ziel der Nachwärmeabfuhr dienen, zeigen das hohe Maß der technischen Absicherung zur Gewährleistung des Schutzziels hinsichtlich der Wärmeabfuhr, so dass keine weiteren Gegenmaßnahmen notwendig sind.

Dementsprechend sind zurzeit weder Maßnahmen beantragt noch umgesetzt. Sollte sich im Lichte der Ereignisse in Japan weiterer Bedarf ergeben, so werden hierzu entsprechende Umsetzungsmaßnahmen eingeplant.

6 Management schwerer Unfälle

6.1 Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen

Die anlageninterne Notfallschutzplanung des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld (KKG) 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 KKG 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 KKG über die erforderliche Organisationsstruktur und hält die notwendigen technischen, organisatorischen und personellen Ressourcen vor.

KKG 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 KKG verpflichtet, bei einem Ereignis mit radioaktiven Freisetzungen in der Zentralzone um die Anlage und in der Mittelzone (2 -10 km) im hauptbeaufschlagten Gebiet Messungen und Probenahmen durchzuführen und die Ergebnisse an die Behörde weiterzuleiten.

Zu den organisatorischen Voraussetzungen gehört ein betrieblicher Notfallstab, der neben dem Einsatzleiter mindestens Mitglieder für die Funktionen Betrieb, M-Technik, E-Technik und Strahlenschutz enthält. Der Notfallstab wird von weiterem Einsatzpersonal aus der Betriebsmannschaft unterstützt und ist innerhalb einer Stunde (Notfallstab) bzw. zwei Stunden (Einsatzeinheiten) nach Alarmierung einsatzbereit.

Der betriebliche Notfallstab wird von extern unterstützt durch den Unternehmenskrisenstab der Zentrale, den Herstellerkrisenstab AREVA sowie externe Dienstleister wie den Kerntechnischen Hilfsdienst.

Alarmierungspläne und Übergang auf die Notfallorganisation sind im Betriebshandbuch festgelegt. Die Notfallorganisation selbst und einzelne zu ergreifende technische Maß-

nahmen 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 Betriebshandbuch des KKG ist für den Leistungs- wie auch für den Nichtleistungsbetrieb eine Mindestbesetzung sowohl für die Schicht, als auch für die Warte festgelegt.

6.1.1.2 Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement

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

Bei einem Notfall im KKG gilt die Notfallorganisation. Sie besteht aus dem Notfallstab und den Einsatzeinheiten.

Die Bildung der KKG - Notfallorganisation erfolgt abhängig von den Kriterien für die Empfehlung externer Alarme gemäß Betriebshandbuch.

Über ein Alarmierungsverfahren ist die Besetzung sämtlicher Funktionen der Notfallorganisation vorgesehen. Aufgabe des Notfallstabes ist es, ggf. frühzeitig weiteres Personal zu ordern und das verfügbare Personal entsprechend den zu erwartenden Bedingungen und Gefährdungen geeignet aufzuteilen. Hierzu gehören radiologische Erwägungen genauso wie die Frage einer Ablösung, um die dauerhafte Besetzung der einzelnen Positionen im Notfallstab abzusichern. Für Tätigkeiten unter Berücksichtigung erhöhter Strahlenexposition ist ggf. Personal von anderen Anlagen bzw. Fremdpersonal anzufordern.

Die Notfallorganisation für den Notfallstab und für die Einsatzeinheiten besteht aus geschulten KKG-Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, welche außerhalb der Arbeitszeit über ein automatisches Alarmierungssystem gemeinsam oder gestaffelt alarmiert werden können.

Mögliche personelle Engpässe können ggf. durch eine angepasste Personal- und Schichtplanung aufgefangen werden.

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 verfügbar.

6.1.1.4 Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen

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

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

Zur Unterstützung stehen folgende Institutionen, Firmen zur Verfügung:

- Unternehmenskrisenstab
- EKK-Unternehmensleitung
- Führungsgruppe Katastrophenschutz
- KHG (Kerntechnischer Hilfsdienst GmbH)
- AREVA Krisenstab
- Öffentliche Hilfsdienste (Polizei, Feuerwehr, andere Hilfsdienste)

Zusammen mit dem bei KHG vorhandenen Gerät bestehen folgende Unterstützungsfunktionen für den KKG Notfallstab:

Infrastruktur

- Kommunikation zwischen KHG und Betreiber-Einsatzleitung
- Transport der Geräte und Einrichtungen
- Elektrizitätsversorgung der eingesetzten Kräfte

Strahlenschutz

- Strahlenschutzüberwachung von Einsatzpersonal
- Strahlenschutzmessungen innerhalb und außerhalb der Anlage
- Ausrüsten von Einsatzpersonal mit Atemschutzgerät und Schutzkleidung

Dekontamination

- Dekontamination von Einsatzpersonal, Geräten und Räumen
- Abluftfilterung mit mobilen Anlagen
- Übernahme von leicht radioaktivem Abwasser

Fernhantierungstechnik

- Inspektion und Arbeiten an Orten hoher Dosisleistung mit fernbedienten Manipulatorfahrzeugen
- Bergen von stark radioaktivem Material

Kurzfristige Hilfsmöglichkeiten sind in dem im Auftrag des BMU von der GRS betreuten „Katalog Hilfsmöglichkeiten“, zu dessen Zugriff KKG über das Internet zugelassen ist, enthalten.

6.1.1.5 Verfahren, Ausbildung und Übungen

Eine ausreichende Qualifikation und gezielte Ausbildung der vorgesehenen Mitglieder des Notfallstabes und der Leiter der Einsatzeinheiten im Hinblick auf fachliche Qualifikation und übergreifende notfallspezifische Kenntnisse werden entsprechend dem

Ausbildungshandbuch sowie durch Notfallübungen sichergestellt. Dabei ist das Personal der Einsatzeinheiten angemessen berücksichtigt.

KKG beübt jährlich seine Notfallschutzorganisation im Rahmen einer Vollübung. Alle vier Jahre findet eine unangekündigte behördliche Notfallschutzübung statt. 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 dokumentiert, 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 KKG 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 des ereignisorientierten oder schutzzielorientierten BHBs nicht eingehalten werden können. [6-10]

Bei der Durchführung von Maßnahmen des Notfallhandbuches wird grundsätzlich zustandsorientiert vorgegangen und stellt somit eine kontinuierliche Fortsetzung des Schutzziel-BHBs dar. [6-10]

Zu folgenden Themenkomplexen sind im Notfallhandbuch detaillierte Maßnahmen beschrieben, die unter Nutzung der vorhandenen Ausrüstung möglich sind:

- Unterkritikalität
- Kernkühlung
- Aktivitätsrückhaltung

- Schutzzielübergreifende Versorgungsfunktion

6.1.2.1 Nutzung externer mobiler Geräte

Bei Nichtverfügbarkeit der vorhandenen fest installierten Speisewasser-, An- und Abfahr-, sowie Notspeisepumpen, können mittels mobiler verbrennungsmotorgetriebenen Feuerlöschpumpen Notfallmaßnahmen wie z. B. das sekundärseitige Bleed & Feed durchgeführt werden. Alternativ zu den auf der Anlage vorhandenen Pumpen können handelsübliche Feuerlöschpumpen, z. B. von Feuerwehren oder Katastrophenschutz verwendet werden. Diese sind je nach Zugangsmöglichkeit zur Anlage zeitnah verfügbar.

Darüber hinaus ist auf dem KKG-Anlagengelände ein mobiles Notstromaggregat mit einer Leistung von 1 MVA stationiert, das flexibel einsetzbar ist (z. B. elektrische Versorgung einer kompletten Notnackkühlkette).

6.1.2.2 Regelungen für und Management von Betriebs- und Hilfsmitteln

Die Maßnahmen zur Beschaffung, Anlieferung und Anschluss von Betriebsstoffen sind ein Routinevorgang, der im Betriebshandbuch bzw. in den Ausführungsanweisungen des Betrieblichen Organisationshandbuchs (BOHB) geregelt ist.

Für diese Vorgänge werden in Abhängigkeit möglicher Zerstörungen der Infrastruktur situations- und zeitabhängig von der Notfallorganisation 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 auf der Anlage verfügbar bzw. bei Nichtverfügbarkeit oder Unzugänglichkeit des Lagers innerhalb von 24 h vom Hersteller beschaffbar. Hierfür und zur Mobilisierung von Technikern und Monteuren des Hersteller-Service besteht eine vertraglich abgesicherte 24h-Rufbereitschaft mit abgesicherter Erreichbarkeit (Satelliten-Telefon). Angefordertes Personal ist aufgrund ausreichender räumlicher Nähe kurzfristig auf der Anlage verfügbar. Im Falle eingeschränkter Zugänglichkeit können auch diese Personen über Kri-

senhilfskräfte (THW, KHG, Bundeswehr) unterstützt werden. Die Lieferung von Betriebsstoffen setzt in der Regel eine intakte Infrastruktur außerhalb der Anlage voraus. Allerdings kann auch in Fällen mit eingeschränkter Zugänglichkeit in der Regel durch die Unterstützung von Krisenhilfskräften die Versorgung sichergestellt werden.

Für die Notstromdieselaggregate sind entsprechend den Anforderungen der Regel KTA 3702 (Kap. 3.9.3 (6) Kraftstoff- und Schmierölvorräte auf der Anlage für einen 72h-Betrieb vorgehalten. Grundsätzlich besteht die Anforderung, gemäß Regel KTA 3702 (Kap. 3.9.3 (5) und Anhang A, Pos. 3.5) bei Unterschreitung des minimal abzusi-chernden Füllstandes im Vorratsbehälter entsprechend den Vorgaben im BHB Maß-nahmen 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 Anforde-rungen an die zuverlässigen Standard-Lieferanten herausgegeben. Je nach Dauer des erforderlichen Notstrombetriebes werden diese Anforderungen zyklisch wiederholt, so dass sich daraus keine Begrenzungen des Aggregatebetriebes ergeben.

Die Nachtankaktionen, Kontrolle des Schmierölfüllstandes sowie des Kühlwasserfüll-standes sind geübte Praxis. Das zusätzlich zu dem auf der Anlage anwesende Perso-nal wird durch das gerufene Bereitschaftspersonal ergänzt.

Die notwendigen Einrichtungen sind vorhanden und verfügbar, ebenso der notwendige Umfang an Reserveteilen für die Aggregate. Die Maßnahmen sind im BHB beschrie-ben.

6.1.2.3 Management des Strahlenschutzes

In der Notfallorganisation werden Verfahren und Hilfsmittel für eine systematische La-geanalyse und -darstellung sowie zur Maßnahmenearbeitung, -umsetzung und -verfolgung eingesetzt. Dazu gehören:

- Checklisten zur Aufnahme und zur Analyse des aktuellen Anlagenzustands
- Verfahren/Hilfsmittel zur Analyse und Darstellung des prognostizierten Anlagenzu-stands 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.

Für die Ermittlung der Strahlenexposition ist die Strahlenschutzleitung zuständig. Der Einsatzleiter des Notfallstabes entscheidet, ob die Ausweichstelle zu besetzen ist.

Bei einer Aktivitätsfreisetzung wird diese entweder über die Kamininstrumentierung oder bei bodennaher Freisetzung durch die ODL-Messsonden auf dem Kraftwerksge-
lände festgestellt.

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

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

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

Die Messstrategie für die Umgebungsüberwachung ist mit den übrigen Institutionen der Umgebungsüberwachung 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

Zur reibungslosen Planung, Abstimmung und Durchführung von Maßnahmen im Notfall ist die enge Zusammenarbeit zwischen dem KKG 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 KKG eingeschalteten Firmen und Organisationen
- Öffentlichkeit und Informationsmedien.

Die Kooperations- und Kommunikationsbeziehungen sind im Betriebshandbuch beschrieben.

Eine Lageübermittlung (Lageberichte) erfolgt per Fax und ggf. elektronisch.

Zusätzlich können Prozessanlagenbilder an AREVA (Herstellerkrisenstab) sowie an den Unternehmenskrisenstab in der EKK Zentrale online übermittelt werden

Die Pflicht zur Information der Öffentlichkeit hat die zuständige Katastrophenschutzbehörde.

Für die Erstmeldung wird ein vorbereitetes Formblatt verwendet.

Für die Kommunikation stehen sowohl Telefone (normale Netzanbindung), Notfalltelefone (Anbindung an ein anderes Ortsnetz) Mobiltelefone, Satellitentelefone, Betriebsfunk sowie Faxgeräte zur Verfügung. Zum Teil sind diese Einrichtungen notstromgesichert oder können mit Batterien versorgt werden.

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

Auf dem Kraftwerksgelände werden verschiedene Geräte vorgehalten, welche auch in der Lage sind, Trümmerteile bzw. Schneemassen wegzuräumen. Hierzu gehören unter anderem Gabelstapler in verschiedenen Größen (bis 16 Tonnen), Schwerlastanhänger, ein Schlepper mit Räumschild und ein Mobilkran-LKW (bis 9 Tonnen).

Darüber hinaus 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 incl. THW oder Einheiten der Bundeswehr, die schweres Räumgerät verfügbar hat (z. B. Pionierbrückenlege- und -räumpanzer oder sonstige Pionier-Feldarbeitsgeräte).

Technische Hilfeleistungen im kleineren Umfang sind mit den Gerätschaften der Werkfeuerwehr des KKG möglich.

Über die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG) wird die Unterstützung mit notfall-spezifischem 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. Siehe auch Abschnitt 6.1.1.4.

Die Anlagendokumentation (Betriebshandbuch, Notfallhandbuch, etc.) beinhaltet sämtliche im EVA-Fall erforderlichen Regelungen und Informationen für die Zusammenarbeit mit externen Organisationen, wie z. B. Kerntechnischer Hilfsdienst GmbH (KHG),

AREVA, Zulieferfirmen wie Armaturen- und Pumpenhersteller und andere Kernkraftwerke.

Ausführungen zu Internen und externen Kommunikations- und Informationsmittel sind im Abschnitt 6.1.2.4 enthalten.

6.1.3.2 Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen

Nach Ausfall aller Telefon-, Fax- und E-mail- Einrichtungen kann das KKG per Satellitentelefon die Katastrophenschutzleitung (KatSL) erreichen. Das KKG kann der KatSL des Landkreises Schweinfurt bei Bedarf ein Satellitentelefon zur Verfügung stellen.

Neben der Satellitenkommunikation besteht auch die Möglichkeit, Leitstellen, Feuerwehren und technische Hilfsdienste mit Richtfunkverbindungen sowie Funkgeräten (4 m 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 in den Einsatzräumen kann unterstellt werden, wenn die Einsatzräume aufgrund der Ausbreitungsrichtung unterhalb einer Abluffahne liegen.

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

Die Hauptwarte verfügt über eine mobile Unfallfilteranlage. Damit ist die Sicherstellung eines uneingeschränkten Aufenthaltes im Wartebereich gegeben.

Einsatzraum der Notfallorganisation:

Die Einsatzräume der Notfallorganisation verfügen nicht über mobile Unfallfilteranlagen. Daher werden bei einer Freisetzung radioaktiver Stoffe vom Strahlenschutz die Dosisleistung und die Aktivitätskonzentration in der Atemluft in den Einsatzräumen der Notfallorganisation mit mobilen Messgeräten/Probenahmen fortlaufend ermittelt und vom Strahlenschutzbeauftragten bewertet. Abhängig von der Ausbreitungsrichtung/Wettersituation werden unter Berücksichtigung der Strahlenschutzverordnung maximale Aufenthaltszeiten für das Personal der Notfallorganisation in den Einsatzräumen festgelegt.

Falls ein Betreten oder ein Verbleib auf der Anlage nicht möglich ist, steht für den Notfallstab eine Ausweichstelle in Schweinfurt zur Verfügung. Die Ausweichstelle befindet sich auf dem Gelände einer Schaltanlage. Sie besteht aus einem großen Arbeitsraum mit ca. 76 m² sowie einem zusätzlichen Schreibbüro.

Die Ausweichstelle ist mit der erforderlichen Infrastruktur für die Kommunikation und die Arbeit des Notfallstabes ausgerüstet.

Durch Wiederkehrende Prüfungen ist sicher gestellt, dass die Unterlagen auf dem aktuellen Stand und die Geräte einsatzbereit sind.

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

Je nach Szenario muss das Auftreten explosionsfähiger Gase betrachtet werden.

Für das Schaltanlagegebäude (mit Warte) und Notspeisegebäude wird aufgrund der Auslegung (automatische bzw. manuelle Lüftungstechnische Isolation der Gebäude oder permanenter Umluftbetrieb) keine Eindringmöglichkeit für explosionsfähige Gase unterstellt.

Für das Schaltanlagegebäude erfolgen die Detektion explosionsfähiger Gase und ein automatischer Lüftungsabschluß. Zusätzlich wird das Eindringen von Rauchgasen in das Schaltanlagegebäude erkannt, auf der Warte signalisiert und durch das Betriebspersonal der Lüftungsabschluß ausgelöst.

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

Die Einsatzräume der Notfallorganisation verfügen nicht über mobile Unfallfilteranlagen. Daher sind bei einer Freisetzung radioaktiver Stoffe vom Strahlenschutz die Dosisleistung und die Aktivitätskonzentration in der Atemluft in den Einsatzräumen der Notfallorganisation mit mobilen Messgeräten/Probenahmen fortlaufend ermittelt und vom Strahlenschutzbeauftragten bewertet. Abhängig von der Ausbreitungsrichtung/Wettersituation werden unter Berücksichtigung der Strahlenschutzverordnung maximale Aufenthaltszeiten für das Personal der Notfallorganisation in den Einsatzräumen festgelegt.

Falls ein Betreten oder ein Verbleib auf der Anlage nicht möglich ist, steht für den Notfallstab eine Ausweichstelle in Schweinfurt zur Verfügung. Die Ausweichstelle befindet sich auf dem Gelände einer Schaltanlage. Sie besteht aus einem großen Arbeitsraum mit ca. 76 m² sowie einem zusätzlichen Schreibbüro.

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.

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 Notfallstabes entsprechend der jeweiligen Anlagensituation geeignete Notfallmaßnahmen eingeleitet.

Die Notfallmaßnahmen werden in der Regel nur durch das anwesende Schichtpersonal durchgeführt. Für einzelne Notfallmaßnahmen, deren Einsatz erst nach mehreren Stunden erforderlich ist, wird zusätzliches Hilfspersonal benötigt. Die zur Durchführung der Notfallmaßnahmen vorgesehene Infrastruktur wird in Gebäuden vorgehalten, die gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt sind.

Maßnahmen zur Beherrschung des Ausfalls von hochwasserspezifischen Vorsorge- maßnahmen

Derzeit sind zur Beherrschung des Ausfalls von hochwasserspezifischen Vorsorge-
maßnahmen keine Maßnahmen vorgesehen, da selbst beim 100.000-jährigen Hoch-
wasser keine Überflutung des Kraftwerknullpunktes zu erwarten ist.

Alle im KKG vorhandenen Notfalleinrichtungen sind gegen das Bemessungshochwas-
ser bzw. den Bemessungswasserstand ausgelegt.

6.1.3.7 Unverfügbarkeit der Stromversorgung

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

Unterstellt man den Ausfall aller Spannungsversorgungen incl. Ausfall der Batteriean-
lagen, ist weiterhin das sekundärseitige Bleed & Feed mit Hilfe einer externen mobilen
Pumpe möglich.

Im Weiteren ist die die Vorgehensweise zur Inbetriebnahme der 3. Netzeinspeisung
über das 20-kV-Netz ebenfalls im Notfallhandbuch beschrieben.

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.

Die Störfallinstrumentierung liefert nach Spannungsausfall und -wiederkehr Messdaten zur Identifikation des Anlagenzustandes in die Warte und die Notsteuerstelle, da die Messtechnik nach Spannungswiederkehr selbsttätig anläuft und für Umgebungsbedingungen mit erhöhter Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Strahlenbelastung ausgelegt ist. Im Jahre 1997 wurde am Beispiel Biblis A/B eine Untersuchung zur Temperaturbelastung verschiedener Messungen beim auslegungsüberschreitenden Störfall angefertigt.

Über das störfallfeste Probenahmesystem ist es möglich, Erkenntnisse über die Zustände im RSB zu gewinnen. Es ist nach existierendem NHB für die Bestimmung von Aerosolen und Jod vorgesehen und dient einer Entscheidungsfindung bzgl. der gefilterten Druckentlastung.

Da der Zeitraum bis zur Entscheidungsfindung bzgl. des Anlagenzustands bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen (z. B. RSB-Zustand nach RDB-Versagen, Detektion einer Schmelze-Beton-Wechselwirkung über Nachweis von Kohlenmonoxid in der RSB-Atmosphäre) im Bereich von Tagen liegt (vgl. deterministische Unfallablaufrechnungen im Rahmen der PSA der Stufe 2), ist es möglich, zusätzliche chemische Untersuchungen (z. B. mit Gaschromatographen) beispielsweise extern durchzuführen.

Weitergehende Maßnahmen können im Rahmen der noch zu erstellenden SAMGs betrachtet und festgehalten werden.

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. den beiden Hochdosisleistungsmessstellen, teilweise durch weitere Notfallstabsmittel kompensiert. Beispielsweise können über die Messsonden und Messstellen in der Umgebung und dem KKG-eigenen Messfahrzeug zur Umgebungsüberwachung

neben der Messung der Ortsdosisleistung auch nuklidspezifische Auswertungen durchgeführt werden. Mit der nuklidspezifischen Auswertung ist grundsätzlich auch eine Aussage über eventuelle Kernschäden möglich (z. B. Nuklide in der Umgebung nach Venting).

6.1.3.9 Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld ist eine Einzelblockanlage. In der Nachbarschaft liegt keine weitere kerntechnische Anlage.

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 KKG 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 KKG 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 Verhinderung bzw. zur Eindämmung 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 denen, 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 KKG 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 nach Eintritt eines Kernschadens in Abhängigkeit von der eingetretenen Lage eingeleitet werden, ein weites Spektrum von Ereignisabläufen abzudecken. Bei der Entscheidungsfindung zur Durchführung einer Maßnahme ist stets der Nutzen gegen die möglichen nachteiligen Auswirkungen abzuwägen.

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 Schutzziele gegliedert und beschreiben.

Maßnahmen zur Sicherstellung

- der Unterkritikalität

- der Kernkühlung
 - Primärseitiger Wärmetransport
 - Sekundärseitige Wärmesenke
 - Dampferzeugerbespeisung

- der Aktivitätsrückhaltung

- der schutzzielübergreifenden Versorgungsfunktionen.

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 Raumbe-reichen und Reparaturmaßnahmen. Entsprechende Aussagen werden im Rahmen der Ausführungen zu den einzelnen Maßnahmen und Anlagenteilen 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 Notfallstab 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 KKG erkannt und berücksichtigt und wird in den zusätzlich zum NHB in Erstellung befindlichen SAMG weitergehend betrachtet.

6.2.3 Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters

Die weitergehenden vorhandenen Notfallmaßnahmen nach einem möglichen Versagen des Reaktordruckbehälters dienen der Einhaltung des Schutzzieles „Integritätserhalt des Reaktorsicherheitsbehälter (RSB)“. Die Integrität des RSB ist sicherzustellen, um eine Rückhaltung radioaktiver Stoffe im RSB zu gewährleisten. Die PSA der Stufe 2 hat unter Berücksichtigung des aktuellen Stands von Wissenschaft und Technik gezeigt, dass schon die bestehenden Anlagenstrukturen erhebliche Rückhaltepotenziale bieten (DWR: robustes Volldruckcontainment). Weitere Notfallmaßnahmen werden im Rahmen der SAMG erarbeitet.

Weitere Robustheitsreserven bzw. Maßnahmen werden unter den Abschn. 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 die präventiven Notfallmaßnahmen zur Druckabsenkung im RDB zum Einsatz. Das Notfallhandbuch gibt Prioritäten für die Durchführung der einzelnen Maßnahmen vor.

Sofern ein hoher Druck im RDB die Folge eines vollständigen Ausfalls der Drehstromversorgung ist, ist es im KKG möglich, weitere Netzeinspeisemöglichkeiten zu nutzen. Die Vorgehensweise zur Nutzung dieser Einspeisemöglichkeiten mittels mobilen Stromaggregats wird derzeit mit einer entsprechenden Anweisung beschrieben (Spannungsversorgung der Notspeisenotstromschienen im Notspeisegebäude).

6.3.1.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Die im Kap. 6.1 dargestellte Notfallorganisation legt abhängig von Anlagenzustand die Durchführung der im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen fest. Darüber hinaus können von der Notfallorganisation 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 KKG existieren verschiedene Systeme, um die Wasserstoffkonzentration im RSB zu bestimmen, die Atmosphäre zu durchmischen, um partiell unzulässig hohe Wasser-

stoffkonzentrationen zu verhindern und die Wasserstoffkonzentration zu verringern. Letzteres geschieht zum einen mit Hilfe der aktiven Rekombinatoren des Abgassystems und des Wasserstoffabbausystems, 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 $> 400\text{ °C}$ ausgelegt.

Das im KKG vorhandene Wasserstoffabbausystem mittels autokatalytischer Rekombinatoren besteht daher aus 60 Rekombinatoren, die im Reaktorsicherheitsbehälter verteilt sind, eine unterschiedliche Größe aufweisen und in unterschiedlichen Höhen angebracht sind. Großräumige kritische Verbrennungsvorgänge im RSB sind durch die installierten passiven autokatalytischen Rekombinatoren praktisch ausgeschlossen.

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. Die Verteilung von H_2 bzw. dessen Konzentration im RSB und im Reaktorgebäude-Ringraum wird in den Analysen repräsentativer Kernschmelz Szenarien unter Berücksichtigung der Wirkung der vorhandenen passiven Wasserstoffrekombinatoren bei der Erstellung der SAMG ermittelt. Zusätzliche Maßnahmen zur Vermeidung kritischer Werte werden in den SAMG aufgeführt. Wasserstoffansammlungen im Reaktorgebäude-Ringraum sind infolge der (Auslegungs-) Leckage des RSB praktisch ausgeschlossen.

Bei auslegungsgemäßigem Betrieb werden die Leckagen aus dem RSB über die Ringraumabsaugung abgesaugt, eine Anreicherung ist daher kaum möglich. Auch bei nicht verfügbarer Ringraumabsaugung ist infolge von Konvektion kontinuierlich eine hohe Verdünnung des aus dem RSB kommenden Gases gegeben. Maßnahmen dazu werden in den Strategien der SAMG enthalten sein. Außerdem sammelt sich H_2 oben im

RSB, wo es keine Durchdringungen gibt. Dies reduziert wiederum die Gefahr einer Wasserstoffansammlung im Ringraum.

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. Die im Kap. 6.1 dargestellte Notfallorganisation 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.

Das Filtersystem besteht aus einer Kombination eines Venturiwäschers mit integriertem Metallfaserfilter zur Filterung von Jod und Aerosolen. Der Metallfaserfilterteil besteht aus einem Vorfilter/Wasserabscheider und Hauptfilter. 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 Notfallorganisation 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.

Das Lagergestell im BE-Lagerbecken im KKG besteht 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 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 Notfallorganisation legt abhängig von Anlagenzustand die Durchführung der im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen fest. Darüber hinaus können von der Notfallorganisation weitere, der Situation angemessene Maßnahmen veranlasst werden.

Maßnahmen zur Notfallkühlung des Brennelementlagerbeckens können in Erweiterung des bisherigen SAMG-Umfangs erarbeitet 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 mit behandelt.

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 ein Wasserzutritt erfolgen. Eine Flutung der Reaktorgrube zur Stabilisierung einer Kernschmelze im unteren Plenum des RDB muss mittels einer Risikobetrachtung bewertet werden.

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.

Derzeit sind keine Maßnahmen zur Kühlung der Kernschmelze vorgesehen. Eine Flutung der Reaktorgrube zur Stabilisierung einer Kernschmelze im unteren Plenum des RDB muss mittels einer Risikobetrachtung bewertet werden. Das Durchschmelzen des RDB kann über den Druckabfall im RDB und eine Temperatur oder Niveauänderung im Reaktorgebäudesumpf detektiert werden.

Weitergehende Maßnahmen zur Wasserbedeckung werden im Rahmen der zu erstellenden SAMG betrachtet. Die PSA der Stufe 2 haben gezeigt, dass ein großflächiges Versagen aufgrund der Robustheit und Größe des RSB auch während der RDB-Versagensvorgänge sehr unwahrscheinlich ist.

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 Notfallorganisation 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.

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 KKG die im NHB aufgeführten ergänzenden Notfallprozeduren, deren Wirksamkeit insbesondere auf eine vereinfachte Kernkühlung und übergreifende Versorgungsfunktionen ausgerichtet sind.

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

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld ist eine Einzelblockanlage. In der Nachbarschaft liegt keine weitere kerntechnische Anlage.

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 Raumbe-
reichen und Reparaturmaßnahmen. Entsprechende Aussagen werden im Rahmen Ausführungen zu den einzelnen Maßnahmen und Anlagenteilen gegeben. (Erläuterungen zu möglichen Wasserstoffansammlungen werden in Abschn. 6.3.3 gegeben.)

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

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. Damit ergibt sich eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit für die Maßnahme der gefilterten Druckentlastung, die ein Versagen des RSB vermeidet. Dies wird durch die Ergebnisse der PSA der Stufe 2 für KKG 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 KKG 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

Ein spontanes Versagen des gesamten RSB ist aufgrund der Konstruktion nicht zu unterstellen. Sollte der RSB 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 Notfallorganisation kann weitere, der Situation angemessene Maßnahmen festlegen.

6.4.2 Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken

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

Die sich im Lagerbecken befindlichen Brennelemente sind im Normalbetrieb von einer etwas 8 m hohen Wasserschicht überdeckt. Je nach unterstelltem Szenario kann eine einsetzende Verdampfung im Lagerbecken unterstellt werden, die zu einem Füllstandsabsinken und damit zu einer Verschlechterung der Abschirmwirkung führt.

6.4.2.3 Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementeschäden im Brennelementlagerbecken

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

Nach Störfalleintritt ist ein Zugang zum Reaktorgebäude ggf. nicht mehr möglich. Notfallmaßnahmen werden in diesem Fall durch die Notfallorganisation erarbeitet und umgesetzt.

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 6.3.10 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 Le-

ckagen 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.

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 Warmluft sichergestellt werden.