

Kernkraftwerk Isar 1



Abschlussbericht für den Europäischen Stresstest

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung	12
0.1	Begriffsverständnis.....	14
0.1.1	Verständnis zu "Cliff-Edge Effekt"	14
0.1.2	Verständnis zu „Robustheit“	15
0.2	Auslegungsphilosophie deutscher Kernkraftwerke	17
0.2.1	Gestaffeltes Sicherheitskonzept und Schutzziele	18
0.2.2	Sicherheitsebenen	19
0.2.3	Konsequenzen der Auslegungsphilosophie	21
0.2.4	Weiterentwicklungen in Deutschland	22
0.3	Kurzbeschreibung des Kernkraftwerks Isar 1.....	25
0.4	Erdbeben.....	27
0.5	Hochwasser	29
0.6	Extreme Wetterbedingungen	31
0.7	Verlust der Stromversorgung	32
0.8	Verlust der primären Wärmesenke.....	33
0.9	Verlust der primären Wärmesenke bei Station Blackout.....	34
0.10	Management schwerer Unfälle	35
0.11	Notfallmaßnahmen zur Kernkühlung, zum Erhalt der Integrität des Sicherheitsbehälters sowie zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung	38
1	Standort und Hauptmerkmale der Anlagen	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	60
1.3	Probabilistische Sicherheitsbewertungen.....	60
2	Erdbeben.....	66

2.1	Auslegungsgrundlage	66
2.1.1	Erdbeben, gegen welches die Anlage ausgelegt ist.....	66
2.1.1.1	Charakteristik des Bemessungserdbebens.....	66
2.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungserdbebens	68
2.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung	69
2.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage vor dem Bemessungserdbeben...	69
2.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	69
2.1.2.2	Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten.....	71
2.1.2.3	Folgewirkungen des Erdbebens.....	72
2.1.2.3.1	Nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegte Strukturen, Systeme und Komponenten.....	72
2.1.2.3.2	Ausfall der externen Stromversorgung.....	73
2.1.2.3.3	Situation außerhalb der Anlage.....	73
2.1.2.3.4	Andere Folgewirkungen	73
2.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage	74
2.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	74
2.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen.....	78
2.1.3.3	Festgestellte Abweichungen	78
2.2	Bewertung von Auslegungsreserven	79
2.2.1	Abschätzung der zu schweren Kernschäden führenden Erdbebenstärke	79
2.2.2	Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses	79
2.2.3	Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens.....	79
2.2.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben.....	80
3	Hochwasser	81
3.1	Auslegungsgrundlage	81
3.1.1	Hochwasser, gegen welches die Anlage ausgelegt ist	81

3.1.1.1	Höhe des Bemessungshochwassers	81
3.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungshochwassers	81
3.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung	83
3.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage gegen Bemessungshochwasser..	84
3.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	84
3.1.2.2	Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser	86
3.1.2.3	Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser	86
3.1.2.4	Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage	86
3.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage	87
3.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	87
3.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen.....	90
3.1.3.3	Festgestellte Abweichungen	91
3.2	Bewertung von Auslegungsreserven	91
3.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen Überflutung	91
3.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung.....	92
4	Extreme Wetterbedingungen	94
4.1	Auslegungsgrundlage	94
4.1.1	Bewertung der für die Auslegung verwendeten Wetterbedingungen.....	94
4.1.1.1	Verifizierung der Wetterbedingungen, welche bei der Auslegung von Systemen, Strukturen und Komponenten verwendet wurden	94
4.1.1.2	Annahmen für extreme Wetterbedingungen, falls diese nicht bereits in der Auslegung berücksichtigt waren	98
4.1.1.3	Bewertung der zu erwartenden Häufigkeit von unterstellten extremen Wetterbedingungen.....	98
4.1.1.4	Berücksichtigung der möglichen Überlagerungen von Wetterbedingungen.....	98

4.1.1.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen.....	99
4.2	Bewertung von Auslegungsreserven	99
4.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen.....	99
4.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen.....	99
5	Ausfall der Stromversorgung und Ausfall der primären Wärmesenke	100
5.1	Ausfall der Stromversorgung.....	100
5.1.1	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss	103
5.1.1.1	Auslegung der Anlage.....	103
5.1.1.2	Vorkehrungen für einen lang andauernden Ausfall des Haupt- und Reservenetzanschlusses ohne externe Unterstützung.....	105
5.1.2	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle	109
5.1.2.1	Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption	109
5.1.2.2	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung ..	109
5.1.3	Notstromfall und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle und Ausfall anderer diversitärer Einrichtungen zur Drehstromversorgung.....	110
5.1.3.1	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung ..	110
5.1.3.2	Vorgesehene Maßnahmen zur Wiederherstellung einer Drehstromversorgung mit mobilen oder speziellen externen Einrichtungen	110
5.1.3.3	Erforderliches Schicht- oder Fachpersonal für elektrischen Anschluss ..	115
5.1.3.4	Zur Verfügung stehende Zeit zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung und damit der Kernkühlung	115
5.1.3.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust der Stromversorgung	116
5.1.3.6	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust der Stromversorgung	116

5.2	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser.....	116
5.2.1	Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung.....	117
5.2.2	Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	120
5.2.2.1	Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke	120
5.2.2.2	Mögliche zeitliche Einschränkungen für die Verfügbarkeit der alternativen Wärmesenke und Möglichkeiten für weitere zeitliche Reserven	121
5.2.3	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser und der alternativen Wärmesenke.....	122
5.2.3.1	(Externe) Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden.....	122
5.2.3.2	Zeit zur Wiederherstellung verlorener Wärmesenken oder für externe Maßnahmen	122
5.2.4	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	122
5.2.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	123
5.3	Ausfall der primären Wärmesenke mit Station Blackout	124
5.3.1	Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern Leistungsbetrieb.....	124
5.3.2	Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden	126
5.3.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers mit Station Blackout.....	126
6	Management schwerer Unfälle	128
6.1	Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen.....	128
6.1.1	Notfallschutzorganisation des Genehmigungsinhabers	129
6.1.1.1	Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb	130
6.1.1.2	Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement	130

6.1.1.3	Maßnahmen für optimalen Personaleinsatz.....	131
6.1.1.4	Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen .	131
6.1.1.5	Verfahren, Ausbildung und Übungen	132
6.1.2	Nutzung vorhandener Ausrüstung	133
6.1.2.1	Nutzung externer mobiler Geräte.....	134
6.1.2.2	Regelungen für das Management von Betriebs- und Hilfsmitteln	134
6.1.2.3	Management des Strahlenschutzes	136
6.1.2.4	Interne und externe Kommunikations- und Informationsmittel.....	137
6.1.3	Ermittlung von Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können	138
6.1.3.1	Weitgehende Zerstörung der Infrastruktur oder Überflutung in der Standortumgebung, welche den Zugang zum Kraftwerksgelände behindert	138
6.1.3.2	Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen	140
6.1.3.3	Erschwerende radiologische Randbedingungen.....	140
6.1.3.4	Auswirkungen auf den Zugang und die Nutzbarkeit der Hauptwarte und Notsteuerstelle sowie Gegenmaßnahmen	141
6.1.3.5	Auswirkungen auf die von der Notfallorganisation genutzten Räume und/oder Einrichtungen	142
6.1.3.6	Durchführbarkeit und Wirksamkeit für Notfallmaßnahmen unter den Randbedingungen Erdbeben oder Hochwasser	143
6.1.3.7	Unverfügbarkeit der Stromversorgung	145
6.1.3.8	Potenzial für den Ausfall von Instrumentierungen.....	146
6.1.3.9	Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock	148
6.1.4	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Organisation für das Notfallmanagement	149
6.1.5	Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements	150
6.2	Verfügbare präventive Notfall-Maßnahmen in den verschiedenen Phasen eines Szenarios „Verlust der Kernkühlfunktion“	150

6.2.1	Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter	150
6.2.2	Mitigative Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter	152
6.2.3	Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters	152
6.3	Verfügbare Notfall Maßnahmen zur Erhaltung „Integrität Sicherheitsbehälter“	153
6.3.1	Vermeidung von Brennelementschäden/-schmelzen bei hohem Druck..	153
6.3.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	153
6.3.1.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	154
6.3.2	Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters	154
6.3.2.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Bewertung der Angemessenheit unter Berücksichtigung von Wasserstoffproduktionsrate und –menge	155
6.3.2.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	156
6.3.3	Vermeidung von Sicherheitsbehälterüberdruck	156
6.3.3.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Hilfsmittel zur Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe bei erforderlicher Druckentlastung	156
6.3.3.2	Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen.....	157
6.3.4	Vermeidung von Rekritikalität	157
6.3.4.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	157
6.3.4.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	158
6.3.5	Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte	158
6.3.5.1	Potenzielle Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption zur Rückhaltung der Kernschmelze im Reaktordruckbehälter	158
6.3.5.2	Potenzielle Vorkehrungen zur Kühlung der Kernschmelze im Sicherheitsbehälter nach Versagen des Reaktordruckbehälters	158
6.3.5.3	Cliff-Edge-Effekte innerhalb des Zeitraums zwischen Reaktorabschaltung und Kernschmelze.....	159

6.3.6	Notwendigkeit von Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters	159
6.3.6.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	159
6.3.6.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	159
6.3.7	Erforderliche Instrumentierung zum Schutz der Containmentintegrität...	160
6.3.8	Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort.....	160
6.3.9	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit der Systeme und Komponenten für den Schutz des Sicherheitsbehälters	160
6.3.10	Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen.....	160
6.4	Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.....	161
6.4.1	Aktivitätsfreisetzung nach Verlust der Sicherheitsbehälterintegrität.....	161
6.4.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	161
6.4.1.2	Vorkehrungen der Betriebsführung	162
6.4.2	Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken	162
6.4.2.1	Wasserstoffmanagement	164
6.4.2.2	Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung	164
6.4.2.3	Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken.....	164
6.4.2.4	Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls	165
6.4.2.5	Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte	165
6.4.3	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Vorkehrungen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung.....	165

Abkürzungsverzeichnis

ADE	automatische Druckentlastung
AtG	Atomgesetz
AtSMV	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung
ÄEV	Regeländerungsentwurf in Vorbereitung
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
DDA	Durchdringungsabschluss (Sicherheitsbehälter)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V. (s. a. http://www.din.de/)
DFU	Druckführende Umschließung
DK	Druckkammer
DWR	Druckwasserreaktor
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
FüGK	Führungsgruppe Katastrophenschutz
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

KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (s. a. www.khgmbh.de)
KK	Kondensationskammer
KKW	Kernkraftwerk
KKI	Kernkraftwerk Isar
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)
MSK	Medwedew-Sponheuer-Karnik-Skala
ND	Niederdruck
NHB	Notfallhandbuch
NN	Normal Null (Bezugsfläche für Höhen über dem Meeresspiegel)
NSDA	Notstromdiesel
ODL	Ortsdosisleistung
OHSAS	Occupational Health- and Safety Assessment Series
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
PSGA	Probabilistischen Seismischen Gefährdungsanalyse
RDB	Reaktordruckbehälter
Red.	Redundanz
RSK	Reaktorsicherheitskommission (s. a. http://www.rskonline.de/)
SAMG	Severe Accident Management Guidelines
SAR	Steuerstabantriebsraum
S/E	Sicherheits- und Entlastungs-(ventil)
SHB	Sicherheitsbehälter
SWR	Siedewasserreaktor
TECDOC	Technical Documentation (IAEA Dokument)
TEST	Teilsteuereinrichtung (Notsteuerstelle)
THW	Technisches Hilfswerk
TK	Telekommunikation
TMI	Three Mile Island (Reaktor in den USA)
VGB	VGB Powertech e.V.: Europäischer Fachverband für Strom- und Wärme- zeugung mit Sitz in Essen (früher Verband der Großkraftwerksbetreiber)
WBS	Warten-, Betriebs- und Schaltanlagengebäude

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 Bayrischen 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 (conclusions) wird inhaltlich vollständig durch die Zusammenfassung abdeckt. Zur Unterstützung des Erfahrungsaustausches in Europa sowie des Peer Review Prozesses im Rahmen der Europäischen Sicherheitsüberprüfung werden wir diese Zusammenfassung auch in englischer Sprache zur Verfügung stellen. Da einige der von ENSREG verwendeten Begrifflichkeiten nicht einheitlich definiert sind, haben wir in der Zusammenfassung auch das der Untersuchung zugrunde gelegte Verständnis dieser Begriffe dargelegt.

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

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

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

Wir haben aus unserem Betreiberverständnis, die nukleare Sicherheit auch international zu unterstützen, freiwillig bereit erklärt, an der Europäischen Sicherheitsüberprüfung teilzunehmen. Wir haben deshalb auch beschlossen, den vollständigen Untersuchungsumfang auch für die Anlagen durchzuführen, welche aufgrund der 13. Novelle des Atomgesetzes (AtG) in Deutschland dauerhaft abgeschaltet bleiben.

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 Schutzzielen 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 Schutzzielen 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 resultierenden 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

ten 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 Schutzziele 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 Wärmeerzeugung 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 (anomaler 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 Stö-

rungsbeherrschung 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 Dampferzeuger-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 Sicherheitsbehälters, 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 Isar 1

Das Kernkraftwerk Isar besteht aus zwei Kraftwerksblöcken und liegt am Isarufer bei Flusskilometer 61 westlich der Staustufe Niederaichbach im Landkreis Landshut in Niederbayern, Gemeinde Essenbach, Gemarkung Ohu (Bundesland Bayern). Es befindet sich etwa 14 Kilometer flussabwärts von Landshut. Am Kraftwerksstandort Isar kommen zwei vollständig unterschiedliche Kraftwerkstypen zum Einsatz, ein Siedewasserreaktor der Baulinie 69 (Kernkraftwerk Isar 1) und ein Druckwasserreaktor der Konvoi-Baulinie (Kernkraftwerk Isar 2). Die Sicherheitseinrichtungen beider Blöcke arbeiten unabhängig voneinander, so dass keine Wechselwirkungen auftreten können. Aufgrund der signifikanten Unterschiede behandelt dieser Bericht nur das Kernkraftwerk Isar 1 (KKI 1).

Bei dem Kernkraftwerk Isar 1 handelt es sich um einen Siedewasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union, jetzt AREVA NP) der Baulinie 69 mit einem Reaktorkern aus 592 Brennelementen. Wesentliche Merkmale des Siedewasserreaktors sind 4 Frischdampf- und Speisewasserleitungen, 8 Sicherheits- und Entlastungsventile sowie 3 diversitäre Druckbegrenzungsventile, 4 Not- und Nachkühlsysteme, ein dampfgetriebenes Hochdruckeinspeisesystem, ein Hochdruck-Nachspeisesystem und ein Kernflutsystem, vier Notstromschienen die von 4 Notstromdieseln gespeist werden. Die thermische Reaktorleistung beträgt 2575 MW, aus denen über ein Hochdruck- und zwei Niederdruckturbinenteile brutto 912 MW elektrische Energie erzeugt wird (netto 878 MW). Die Kühlwasserversorgung von KKI 1 erfolgt durch den Fluss Isar und kann über eine zuschaltbare Zellenkühleranlage vor der Rückgabe in die Isar zusätzlich rückgekühlt werden.

Das Reaktorgebäude von KKI 1 umschließt die sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile. Innerhalb des Reaktorgebäudes befinden sich das Lagerbecken für (abgebrannte) Brennelemente und der aus mehrere Zentimeter dickem Stahl ausgeführte Sicherheitsbehälter. Der Reaktordruckbehälter sowie Druck- und Kondensationskammer sind im Sicherheitsbehälter untergebracht, der während des Betriebes mit Stickstoff inertisiert ist.

Der Reaktor hatte am 20.11.1977 seine erste selbsterhaltende Kettenreaktion (erste Kritikalität) und das Kernkraftwerk nahm seinen kommerziellen Leistungsbetrieb am 21.03.1979 auf und hat seitdem über 200 Mrd. kWh elektrischer Energie erzeugt (zum Vergleich: Stromverbrauch der Bundesrepublik Deutschland 2010 ca. 538 Mrd. kWh). Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerks Isar 1 ist die E.ON Kernkraft GmbH.

Die bisher im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) entsprechend dem BMU-Leitfaden durchgeführte Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) weist für KKI 1 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 KKI 1. Die Ergebnisse der Stufe 2-PSA (Ermittlung der Freisetzungen mit ihren Häufigkeiten) zeigen, dass sich für KKI 1 sehr niedrige Häufigkeiten für gravierende

Spaltproduktfreisetzungen ergeben; so ist die Häufigkeit großer Freisetzungen kleiner als $1 \cdot 10^{-8}/a$. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der PSA der Stufe 1 und 2, dass das KKI 1 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 bis VII (6,25 EMS/MSK). Unter Berücksichtigung der KTA 2201.1 ist für den Standort entsprechend der Bemessungsintensität von 6,25 EMS/MSK und den seismotektonischen Bedingungen ein Bodenantwortspektrum mit den zugehörigen Starrkörperbeschleunigungen (maximale Bodenbeschleunigungen bzw. „peak ground acceleration“) bestimmt worden (vgl. Bild 2-1).

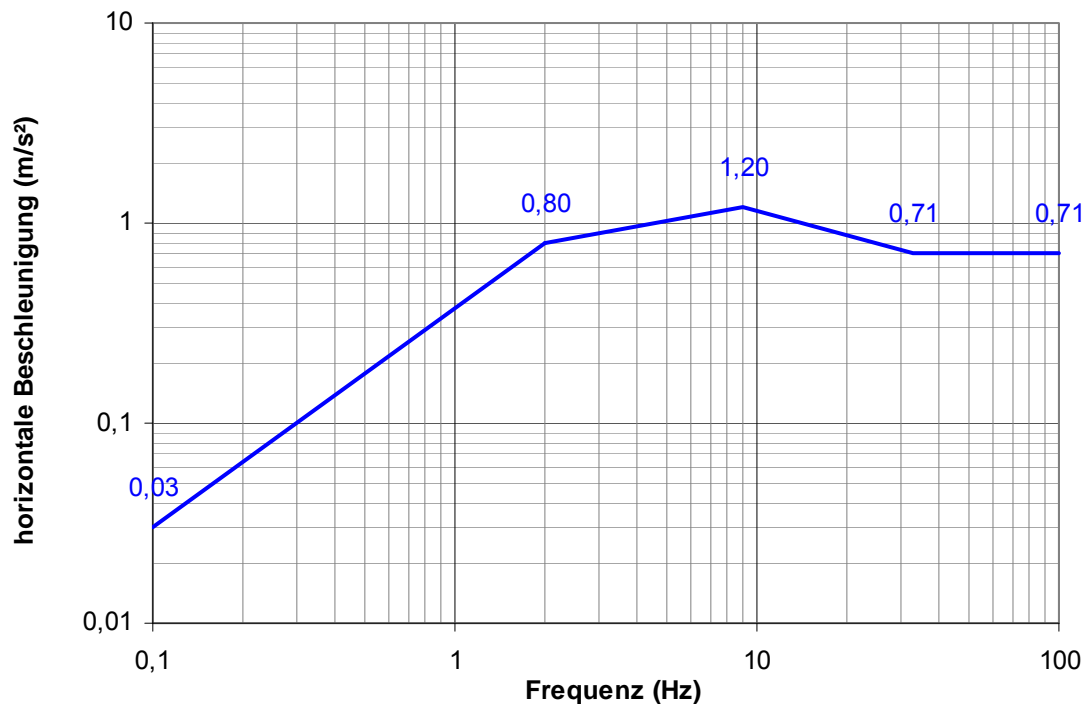


Bild 2-1 Bemessungsspektrum (Horizontalkomponente)

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. 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 Auslegungsreserven auf. Zudem ist das Kraftwerk auch für eine Einwirkungskombination von Erdbeben und Hochwasser ausgelegt.

Wie Erdbeben-PSAen in deutschen Kernkraftwerken, die vergleichbar zu KKI 1 sind, zeigen, liefern auch bei größeren unterstellten Erdbeben als dem Bemessungserdbeben

ben 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. Bei der Auslegung der Bauwerke ist von folgenden Höhenkoten ausgegangen worden: Der maximale Wasserstand beim 10.000-jährlichen Hochwasser beträgt 374,32 m ü. NN (Bemessungshochwasserstand). Da die Höhenlage aller Kraftwerkseingänge 375,5 m ü. NN beträgt, ist die Beherrschung des Auslegungshochwassers dauerhaft gegeben.

Die Kraftwerksanlage selbst ist gegen Hochwasser durch permanente Hochwasserschutzmaßnahmen (bauliche Maßnahmen) geschützt. Temporäre Schutzmaßnahmen sind bei Bemessungshochwasser nicht erforderlich und entsprechend nicht vorgesehen.

Für den Binnenstandort wurden zunächst die Hochwasserabflüsse ermittelt, aus denen dann die Bemessungswasserstände mit adäquaten Verfahren (Schlüsselkurven) abgeleitet werden. Zur Ableitung einer Aussage hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit verschiedener Hochwasserstände am Standort Isar ist als Bezugspegel der Datenbestand von Landau für die gemessenen Abflüsse zwischen 1926 bis 1990 ausgewertet worden. Hinsichtlich der Folgerung der Abflüsse für die Station Isar aus diesen Daten wurde mit dem Faktor 0,968 gerechnet. Auf Basis der Jahresreihe zwischen 1926 und 1958 ist der Abfluss über HQ_{1000} linear extrapoliert worden bis zur Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /a. Hierfür ergibt sich ein Abfluss von 4200 m³/s, was einem Pegel von 374,32 m ü. NN entspricht. Somit liegt die Anlage mehr als 1 m über dem Niveau des definierten Bemessungswasserstands, so dass das hohe Kraftwerksgelände

(375,4 m ü. NN) bzw. die erhöhte Anordnung einen ausreichenden Schutz der Gebäude und Anlagenteile bietet.

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.

Durch die Festlegung der Gebäudekote auf 375,5 m ü. NN ist ein permanenter Hochwasserschutz gegeben, da die hochwasserfreien Gebäudeteile sicherheitstechnisch wichtiger Bauwerke nachweislich höher als der nach KTA 2207 ermittelte Überflutungswasserstand auf dem Gelände liegen. Ein Hochwasser infolge Dammbrechens hat keine Auswirkungen auf die Anlagensicherheit und ist durch die Auslegung abgedeckt. Zum Schutz vor Überflutung wurde das Kraftwerksgelände zudem auf +375,40 m ü. NN angehoben.

Bei Bemessungshochwasser ist zwar die Kraftwerksplanie zugänglich, nicht aber große Teile des umliegenden Isartales. In diesem Fall ist die Versorgung der Anlage mit notwendigen Betriebsmitteln unter Inanspruchnahme technischer Hilfsmittel, z. B. aus der Luft, möglich. Auch die Ablösung des Personals kann auf diesem Wege bewerkstelligt werden. Durch das allmähliche Anlaufen der Hochwasserwelle ist für diese Maßnahme ein zeitlicher Vorlauf vorhanden.

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 Anlage gegen Hochwasser und entsprechender Reserven sind keine Folgeereignisse eines auslegungsüberschreitenden Hochwasserereignisses zu erwarten, die nicht schon Gegenstand der Betrachtungen des zu erwartenden Bemessungswasserstandes waren. Sämtliche Zugänge zu nuklearen Anlagenteilen liegen auf 375,50 m ü. NN. Für diese Hochwasserstände wurden aufgrund der äußerst geringen Eintrittswahrscheinlichkeit keine Überschreitungswahrscheinlichkeiten errechnet. Aufgrund des großen Abstandes zwischen dem zu erwartenden Bemessungswasserstand und dem Ausle-

gungswasserstand ist eine signifikante Auslegungsreserve vorhanden. Darüber hinaus können wegen der langen Vorwarnzeiten angemessene Maßnahmen auch bei einem drohenden auslegungsüberschreitenden Hochwasser umgesetzt werden. Somit ist eine große Robustheit der Anlage gegen Hochwasser gegeben.

0.6 Extreme Wetterbedingungen

Bei der Auslegung wurden Lasten aus folgenden Wetterbedingungen berücksichtigt:

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

Dabei wurden sowohl konventionelle Baunormen als auch das kerntechnische Regelwerk berücksichtigt. Darüber hinaus liegen der Auslegung wesentlich höhere abdeckende Lasten zum Schutz gegen andere Einwirkungen von außen (EVA) wie Erdbeben, Hochwasser, Explosionsdruckwelle oder auch Flugzeugabsturz zu Grunde, so dass bei den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden mehr als ausreichend Auslegungsreserven bezüglich extremer Wetterbedingungen vorhanden sind. Hinsichtlich der Kombination extremer Wittersituationen 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 Isar1 besitzt ein gestaffeltes Konzept zur automatischen Sicherstellung der Drehstromversorgung der betrieblichen und sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten, bestehend aus Hauptnetzanschluss, Reservenetz, Notstromversorgung und einer direkten erdverlegten Kabelverbindung zum Wasserkraftwerk Niederaichbach. 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 werden 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 Komplettversagen der Notstromversorgung wird zusätzlich durch die exklusive Verbindung zum Wasserkraftwerk Niederaichbach aufgefangen. Darüber können die vitalen Funktionen der Anlagen zur Nachwärmeabfuhr sichergestellt werden. Gemäß geltendem Regelwerk ist die Notstromversorgung 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 Komplettversagen der in der Anlage installierten Drehstrom- und Notstromanlagen 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 exklusiven Verbindung zum Wasserkraftwerk Niederaichbach und 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 Reaktorkühlkreislaufintegrität 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 und des Anlagenzustandes derzeit neu überdacht.

0.8 Verlust der primären Wärmesenke

Der Verlust der primären Wärmesenke durch Ausfall des Vorfluters auf Grund eines Damm- oder Wehrbruchs ist auszuschließen, da mit zwei vom Kühlwasserentnahmebauwerk räumlich getrennten notstromversorgten Hilfskühlwasserpumpen Flusswasser aus dem natürlichen Flusslauf der Isar in das Sammelbecken des Kühlwassereinlaufbauwerks gefördert werden kann.

Darüber hinaus sind für die möglichen Ausfälle von Kühlwassereinlauf und –rücklauf sowie des Pumpenbauwerks Lösungsmöglichkeiten zur Wärmeabfuhr vorhanden. Dies gilt auch bei einem unterstellten vollständigen Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung für die alternativen Wärmesenken bezüglich der Brennelementlagerbeckenkühlung o-

der der Wärmeabfuhr aus dem Sicherheitsbehälter. Letztere wird über die Sicherheitsbehälter-Druckentlastung vorgenommen. Ansonsten bestehen Möglichkeiten zusätzlicher Einspeisung etwa von Feuerlöschwasser oder Trinkwasser.

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.

Ungeachtet dessen sind zur Erhöhung der Anlagensicherheit weitere Maßnahmen geplant bzw. beantragt. Die Errichtung eines neuen Notstromdieselgebäudes mit Einbau eines neuen, luftgekühlten, diversitären Notstromdieselaggregats ist in zweifacher Ausführung vorgesehen.

Hinsichtlich einer vom Kühlwasserentnahmebauwerk und dem Vorfluter unabhängigen Kühlwasserversorgung ist eine redundante Kühlwasserversorgung geplant.

0.9 Verlust der primären Wärmesenke bei Station Blackout

Im Falle eines Station Blackout sind die Eigenbedarfsversorgung und die Notstromdiesel nicht verfügbar. Es steht in KKI 1 in diesem Fall die unterbrechungsfreie Stromversorgung aus den Batterien zur Verfügung. Da der Reaktorschutz von der unterbrechungsfreien Stromversorgung versorgt wird, werden die Reaktorschutzmaßnahmen ausgelöst. Die Kernkühlung ist mittels des Einspeisesystems gesichert, solange die Batteriespannung aufrechterhalten werden kann.

Wird im Verlauf eines Station Blackout erkennbar, dass eine Nachspeisung der Batterien mit einer Reihe von möglichen Notfallmaßnahmen nicht erfolgen kann, wird zeitnah eine gezielte Druckabsenkung des Reaktordruckbehälters bei einer gleichzeitigen Füllstandshaltung durch das Einspeisesystem vorgenommen. Der Antrieb der Pumpe des Einspeisesystems erfolgt durch die mit Reaktordampf betriebene Turbine des Einspeisesystems. Mit diesen Maßnahmen ist die Wärmeabfuhr aus dem Kern durch die

automatisch ablaufenden Maßnahmen zunächst für einen Zeitraum von mehreren Stunden sichergestellt.

Eine Reihe von Maßnahmen ermöglicht über das Feuerlöschsystem die Einspeisung von Isarwasser in den Reaktordruckbehälter (RDB) und in das Brennelementlagerbecken, so dass auch ohne Wiederherstellung der Batterieversorgung langfristig die Kernkühlung bei einem Station Blackout sichergestellt werden kann.

Für den Nichtleistungsbetrieb existieren ebenfalls Notfallmaßnahmen, die der Stromversorgung und der Wassereinspeisung in den RDB sowie der Nachspeisung des Lagerbeckens dienen.

Eine Notfallmaßnahme dient der Wiederherstellung der Stromversorgung durch die (externe) Verbindung mit dem Wasserkraftwerk Niederaichbach. Außerdem können über das vor Ort befindliche mobile Notstromaggregat hinaus externe Aggregate angefordert werden. Ansonsten gilt, dass Hilfsmittel, die zur Durchführung von Notfallmaßnahmen notwendig sind, anforderungsgerecht vor Ort zur Verfügung stehen.

Insgesamt ist festzustellen, dass eine Reihe von Maßnahmen zur Gewährleistung der Nachwärmeabfuhr existieren, die die Robustheit der Anlage auch im Station Blackout belegen. Dennoch sind zwei neue Notstromdieselgebäude sowie der Einbau je eines neuen, luftgekühlten, diversitären Notstromdieselaggregats als Ersatz für das bestehende wassergekühlte Notstromdieselaggregat geplant.

0.10 Management schwerer Unfälle

Im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung des Kernkraftwerkes Isar 1 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 verhindern, bzw. in ihrem Umfang erheblich 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 und über Telefon. 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 für die Durchführung von Notfallprozeduren erforderliche Ausrüstung wird grundsätzlich auf der Anlage vorgehalten. Sofern zusätzliche Ausrüstung erforderlich ist, handelt es sich um handelsübliche Komponenten, die auch bei Feuerwehren und Hilfsdiensten zum Einsatz kommen. Dadurch können schwerwiegende Ereignisse nahezu vermieden und im Falle ihres Auftretens in ihrem Ablauf deutlich verlangsamt werden, wodurch zusätzliche Reserven für das Heranschaffen von Personal und technischem Gerät geschaffen werden.

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 radiologisch relevanten 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 von 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 Brennelement-lagerbeckenkühlung von der teilgebunkerten Teilsteuerstelle aus durchgeführt werden, welche sich in räumlicher Distanz zur Hauptwarte innerhalb des Warten- und Schaltanlagengebäudes befindet.

Explosive Gase werden automatisch detektiert und die Lüftung des Warten- und Schaltanlagengebäudes und der Teilsteuerstelle kann manuell auf Umluftbetrieb geschaltet werden. Die Notfallschutzorganisation nimmt ihre Arbeit in diesem Fall in der Ausweichstelle auf, welche sich auf dem Gelände des Wasserkraftwerks Altheim 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 Durch-

führung 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 vollständigem Stromausfall zur Verfügung. Darüber hinaus wurden im KKI 1 zusätzliche Systeme installiert, die auch bei auslegungsüberschreitenden Störfällen nutzbar sind, Beispiele sind die Aktivitätsüberwachung für das Druckentlastungssystem des Sicherheitsbehälters sowie das System zur Probenahme aus dem Sicherheitsbehälter.

Da sich die Notfallmaßnahmen nicht explizit einem Ereignis zuordnen lassen, haben Maßnahmen, die nach Eintritt eines Kernschadens durchgeführt werden, ein breites Spektrum an Ereignisabläufen abzudecken. Aus diesem Grund hat EKK im September 2010 für alle deutschen EKK-betriebsgeführten Anlagen mit AREVA ein SAMG-Konzept (Severe Accident Management Guidelines) erstellt und ein „Handbuch für mitigative Notfallmaßnahmen“ beauftragt, in dem anlagenspezifisch SAMGs 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 beschrieben. Sollte ein hoher Druck nach Ausfall der Kernkühlung im Reaktorkühlkreislauf herrschen, werden durch die automatische Druckentlastung (ADE) und das dafür vorgesehene Druckbegrenzungs- und Druckentlastungssystem, der Druck und die Temperatur im Kühlkreislauf abgesenkt, um ein Einspeisen mit Niederdruck-Systemen sicherzustellen.

Zusätzlich zur automatischen Druckentlastung kann eine Druckentlastung von Hand ausgelöst werden.

Bei nicht erfolgreicher Druckabsenkung stehen Hochdruckeinspeisesysteme zur Füllstandshaltung im Reaktordruckbehälter zur Verfügung.

Das dampfbetriebene Einspeisesystem kann ebenfalls zur Druckabsenkung des RDB-Druckes genutzt werden.

Bei niedrigem Druck im Reaktorkühlkreislauf sind Notfallmaßnahmen zur Bespeisung mit Hilfe einer mobilen Feuerlöschpumpe zeitlich unbefristet und auch bei vollständigem Ausfall der Eigenbedarfsversorgung inklusive Ausfall der Batterieversorgung durchführbar, gleiches gilt für die gefilterte Druckentlastung des Sicherheitsbehälters.

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 Notfallmaßnahmen zur Herstellung einer Spannungsversorgung mittels eigenständigem erdverlegtem Kabel über das Wasserkraftwerk Niederaichbach.

Die vorstehend beschriebenen Notfallmaßnahmen können auch nach dem Eintritt von Kernschädigungen durchgeführt werden und sind geeignet, den Kernzerstörungsprozess zu beenden oder zumindest die Karenzzeit bis zur Erfordernis weiterer Maßnahmen deutlich zu Erhöhen.

Wird im Falle einer Kernschmelze ein Versagen des Reaktordruckbehälters angenommen, wird die Schmelze, verzögert durch die Strukturen im Steuerstabantriebsraum und die Sicherheitsbehälterhülle, in den Liningraum gelangen. Dort würde die Schmelze mit Beton in Kontakt kommen. Bei vielen Szenarien ergibt sich eine kühlbare Konfiguration, so dass eine weitere Penetration des Betonfundaments vermieden oder beendet werden kann. Untersuchungen hinsichtlich der Folgen vollständiger Penetration des Reaktorgebäudefundaments haben gezeigt, dass sich die Freisetzung von Spalt-

produkten 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 das H_2 zu Wasser rekombiniert.

Etwaige Leckagen von Wasserstoff aus dem Sicherheitsbehälter in Richtung des 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 Sicherheitsbehälter (SHB) kommen, kann mit Hilfe des Ventingsystems 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. Der Gleitdrucknaßwäscher des Druckentlastungssystems ist dafür ausgelegt die Jod- und Aerosolfreisetzung erheblich zu reduzieren. Die freigesetzte Aktivität wird durch eine spezielle Messeinrichtung 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 Begebarkeitsstudie nachgewiesen.

Wird ein Versagen des Sicherheitsbehälters unterstellt, so erfolgt eine Freisetzung zunächst in Richtung des Reaktorgebäudes. Bei intakter Ringraumabsaugung gelangt die luftgetragene Aktivität gefiltert in den Abluftkamin. Sollte, je nach Versagensart des Sicherheitsbehälters, ein schneller Druckanstieg im Reaktorgebäude, Maschinenhaus

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 Isar 1 haben jedoch gezeigt, dass aufgrund der robusten und konservativen Auslegung des Sicherheitsbehälters erst bei Drücken oberhalb der Größenordnung des doppelten Auslegungsdrucks mit einem Versagen zu rechnen ist.

Zur Sicherstellung der Unterkritikalität werden bei einer Reaktorschnellabschaltung alle Steuerstäbe hydraulisch in den Reaktor eingefahren und gleichzeitig das Nachfahren aller Steuerstabantriebsmuttern angeregt. Die redundante Maßnahme zum Erreichen der Unterkritikalität ist das elektrische Einfahren der Steuerstäbe mit dem Abschalten der Zwangsumlaufpumpen. Als zusätzliche Maßnahme ist eine Abschaltung durch das Vergiftungssystem vorgesehen. Hierzu wird eine Pentaboratlösung in den Reaktor gefördert.

Die Abschaltreaktivität ist so bemessen, dass nach dem Abschalten des Reaktors durch die Steuerelemente auch unter Berücksichtigung negativer Temperaturkoeffizienten der Reaktor dauerhaft unterkritisch bleibt.

Die Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken erfolgt mit Deionat. Aufgrund der Geometrie der Lagergestelle sowie des verwendeten Borstahls ist die Unterkritikalität gewährleistet. Im Normalbetrieb sind die Brennelemente mehrere Meter von Wasser überdeckt. Sollte Verdampfung im Lagerbecken auftreten, so kommt es zu einem langsamen Füllstandsabfall. Mit Hilfe beschriebener Prozeduren kann der Füllstand im Lagerbecken durch Einspeisen von Deionat, Reinwasser oder mit Hilfe mobiler Feuerlöschpumpen wieder angehoben werden. Diese Prozeduren sind ebenfalls geeignet, um bereits eingetretene Kernschädigungen zu beenden oder zu mildern. Räumlich befindet sich das Brennelementlagerbecken innerhalb des Reaktorgebäudes, welches sowohl gegen das Bemessungserdbeben als auch das Bemessungshochwasser ausgelegt ist.

1 Standort und Hauptmerkmale der Anlagen

1.1 Standort und Genehmigungsinhaber

Das Kernkraftwerk Isar liegt am linken Isarufer bei Flusskilometer 61 westlich der Staustufe Niederaichbach im Landkreis Landshut in Niederbayern, Gemeinde Essenbach, Gemarkung Ohu. Es befindet sich etwa 16 Kilometer flussabwärts von Landshut. Das Isartal verläuft in diesem Abschnitt in Ost-Nord-Ost-Richtung, der ebene Talgrund ist etwa 4 km breit. Der Stausee Niederaichbach der Wasserkraftwerkstreppe Altheim-Dingolfing mit einer Größe von 140 ha begrenzt das Standortgelände im Süden. Die mittlere Geländehöhe des Standorts beträgt 375,4 m ü. NN.

Etwa 2 km flussaufwärts bis 3,5 km flussabwärts vom Standort treten bewaldete Höhenzüge dicht bis an das gegenüberliegende rechte Isarufer heran. Sie bilden ein Steilufer, das in ein Hügelgelände übergeht, das den Standort teilweise um mehr als 100 m überragt. Die Höhenzüge im Nordwesten des Standortes beginnen dagegen erst in einer Entfernung von 4 km und erreichen nicht die Höhe derer auf der rechten Isar-Seite.

Die nächstgelegenen Orte sind

- Niederaichbach (ca. 1,5 km in Richtung Ost)
- Wörth a d. Isar (ca. 3,5 km in Richtung Nord-Ost)

sowie die zur Gemeinde Essenbach gehörenden Ortsteile

- Unterahrain (ca. 1,2 km n Richtung West-Nord-West)
- Oberahrain (ca. 3 km n Richtung West)
- Ohu (ca. 4,2 km in Richtung West-Süd-West)

Etwa 10 km südwestlich des Standortes beginnt die geschlossene Bebauung der Stadt Landshut.

Auf dem Kraftwerksgelände befinden sich 2 Kernkraftwerke, die Anlagen KKI Block 1 (SWR Baulinie 69) und KKI Block 2 (DWR Baulinie Konvoi).

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 Isar 1 ist ein Siedewasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union) der Baulinie 69 mit einem Reaktorkern aus 592 Brennelementen. Wesentliche Merkmale des Siedewasserreaktors sind 4 Frischdampf- und Speisewasserleitungen, 8 Sicherheits- und Entlastungsventile sowie 3 diversitäre Druckbegrenzungsventile, 4 Not- und Nachkühlsysteme, ein dampfgetriebenes Hochdruckeinspeisesystem, ein Hochdruck-Nachspeisesystem und ein Kernflutsystem, vier Notstromschienen die von 4 Notstromdieseln gespeist werden. Der Reaktordruckbehälter sowie Druck- und Kondensationskammer sind in einem Sicherheitsbehälter untergebracht, der während des Betriebes inertisiert ist. Das Lagerbecken für (abgebrannte) Brennelemente ist innerhalb des Reaktorgebäudes untergebracht und hat Lagerpositionen für maximal 2088 Brennelemente.

Die Kühlwasserversorgung erfolgt durch den Fluss Isar. Das Kühlwasser kann über eine zuschaltbare Zellenkühleranlage vor der Rückgabe in die Isar zusätzlich rückgekühlt werden.

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

Datenzusammenstellung:

Antragstellung:	25.06.1971
erste Kritikalität:	20.11.1977
Erste Synchronisation:	03.12.1977
Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs:	21.03.1979
Thermische Leistung:	2575 MWth
Installierte Leistung (brutto, elektrisch):	912 MW

Installierte Leistung (netto, elektrisch):	878 MW
Erzeugte Arbeit seit erster Synchronisation bis 31.12.2010	
Brutto :	205.024.285 MWh
Netto:	196.249.919 MWh

1.1.2 Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme

Im Reaktordruckbehälter (RDB) wird durch thermische Neutronen herbeigeführte Kernspaltung Wärme erzeugt. Dadurch wird das Kühlmittel Wasser auf Siedetemperatur erhitzt, wobei ein Teil verdampft. Dieser Sattedampf verlässt den Reaktor mit einer Temperatur von 286 °C und dem zugehörigem absoluten Druck von 70,6 bar und wird direkt dem zweiflutigen Hochdruckteil der Turbine zugeführt. Nach dem Hochdruckteil strömt der teilweise entspannte Dampf durch die beiden Zwischenüberhitzer und anschließend durch die beiden jeweils zweiflutigen Niederdruckteile der Turbine. Der nun völlig entspannte Abdampf wird zu Wasser kondensiert und über den Speisewasserbehälter mittels Pumpen dem Reaktor zur erneuten Dampferzeugung wieder zugeführt.

Hauptauslegungsdaten:

Nukleares Dampferzeugersystem:

Kühlmittel-Kerndurchsatz	10361 kg/s
Dampfdurchsatz am RDB-Austritt	1392 kg/s
Kerneintrittsenthalpie des Kühlmittels	1226 kJ/kg
Kerneintrittstemperatur des Kühlmittels	278 °C
Speisewassertemperatur am RDB-Eintritt	215 °C
Reaktorüberdruck im RDB-Dom	69,6 bar

Reaktorkern:

Mittlere Leistungsdichte im Kern	50,4 MW/m ³
Anzahl der Brennelemente	592 Stück
Aktive Kernhöhe	3710 mm
Äquivalenter Kerndurchmesser	4187 mm
Anzahl der Steuerstäbe	145 Stück

Mittenabstand der Steuerstäbe	305 mm
Absorbermaterial	Borkarbid u. Hafnium

Reaktordruckbehälter (RDB):

Lichte Höhe	ca. 21000 mm
Innendurchmesser	5850 mm
Betriebsüberdruck	69,6 bar
Auslegungsüberdruck (zylindrischer Teile)	86,3 bar

Zwangsumwälzpumpen:

Pumpenanzahl	8 Stück
Pumpenbauart	axial
Nennförderstrom	6463 m ³ /h
Nenndrehzahl	1830 min ⁻¹

Sicherheitsbehälter:

Kugeldurchmesser	27000 mm
Durchmesser der Bodenwanne	8200 mm
Durchmesser Lining	27200 mm
Prüfüberdruck	4,36 bar
Auslegungsüberdruck	3,40 bar

Dampfturbine:

Typ	Sattdampf-Kondensationsturbine
Nennleistung	912 MW
Nenndrehzahl	25 1/s
Hochdruckteil	1 (doppelflutig)
Niederdruckteil	2 (doppelflutig)
Kondensatoranzahl	2

Generator:

Typ	4-poliger Drehstromsynchron-generator
Leistung	1070 MVA
Leistungsfaktor cos phi	0,85

Spannung	27kv
Frequenz	50 Hz
Kühlung des Rotors	Wasser
Kühlung des Stators	Wasser und Wasserstoff

Kraftwerksanlage

Die Hauptzufahrt zum Kraftwerksgelände und seinen Bauanlagen erfolgt aus nördlicher Richtung.

Der Kernkraftwerksblock ist in raumsparender Kompaktbauweise innerhalb einer Ringstraße angeordnet. Parallel zur nördlichen Seite des Reaktorgebäudes und Maschinenhauses ist das Warten-, Betriebs- und Schaltanlagegebäude (WBS-Geb.) angebaut. Hierdurch ergeben sich kurze Kabelwege zu den wichtigsten elektrischen Verbrauchern. An der östlichen Außenwand des Schaltanlagegebäudes befindet sich der Anbau des CO₂- Gasflaschenlagers. An der westlichen Längsseite des Reaktorgebäudes ist das Feststofflager- und Dekontanlagegebäude angeordnet. Die zwei Notstromdieselgebäude stehen räumlich getrennt voneinander. Das Dieselgebäude der Redundanz 1 baut an der freien Stirnseite des Maschinenhauses an. Das Gebäude der Redundanz 2 liegt eingebettet zwischen Feststofflager- und Dekontanlagegebäude und dem Betriebsmittelgebäude. Im südlichen Bereich befinden sich die Bauwerke zur Kühlwasserbereitstellung, der Kühlwasserablaufkanal, das Kühlwasserrückgabebauwerk, die der Zellkühleranlage zugehörigen Kanäle sowie das Schaltanlagegebäude für die Kühlturmanlage. Im nördlichen Bereich, getrennt durch die Ringstraße, liegen die konventionellen Kraftwerkshilfsanlagenbauwerke, die Bereitstellungshalle und die Verwaltungsgebäude.

Wesentliche Gebäude:

Von den Gebäuden des KKI 1:

- Reaktorgebäude mit Sicherheitsbehälter
- Maschinenhaus
- Feststofflager und Dekontgebäude

- Schaltanlagegebäude mit Teilsteuerstelle
- Notstromdieselgebäude Redundanz 1 und 2
- Kühlwasserentnahme- und Kühlwasserpumpenbauwerk
- Kühlturmpumpenbauwerk
- Hilfskühlwasserpumpenbauwerk
- Fortluftkamin
- Werkstatt- und Lagergebäude

werden nachfolgend die Wesentlichen kurz beschrieben.

Reaktorgebäude

Das Reaktorgebäude besitzt einen rechteckigen Grundriss von 57 m x 31 m und zählt zum Kontrollbereich der Anlage.

Mit Kontrollbereich wird im Kernkraftwerk ein Bereich mit kontrolliertem Zugang bezeichnet, der alle Bereiche umfasst, in denen gemäß Definition in der Strahlenschutzverordnung an einzelnen Stellen 6 mSv/a überschritten werden könnten.

Den Kern des Reaktorgebäudes bildet der stählerne Sicherheitsbehälter (SHB), der unter anderem den Reaktordruckbehälter beinhaltet. Die Höhe des Gebäudes (57 m) wird hierdurch und durch den zur Durchführung des Brennelementwechsels erforderlichen Raum bestimmt. Im Reaktorgebäude befinden sich neben weiteren Anlagenteilen zur nuklearen Wärmeerzeugung im Wesentlichen die Nachwärmeabfuhrsysteme, das Brennelement-Lagerbecken mit Flutraum, die Reaktorhilfssysteme, Lüftungsanlagen und die nukleare Abwasseraufbereitungsanlage.

Das Gebäude ist eine Stahlbetonkonstruktion. Die Gebäudelasten werden mittels einer massiven Stahlbeton-Fundamentplatte auf den Baugrund übertragen. Die Außenwände wurden so luftdicht ausgebildet, dass durch die Be- und Entlüftungsanlagen ein leichter Unterdruck im Gebäude aufrechterhalten werden kann.

Maschinenhaus

Das Maschinenhaus hat eine Grundfläche 45 m x 77,50 m und eine Höhe von ca. 38 m. Das Gebäude umschließt Anlagen des konventionellen Wärmekreislaufes einschließlich des Turbosatzes. Im Kellergeschoss sind im Wesentlichen die Zu- und Abführungen der Haupt- und Nebenkühlwasserleitungen, die Hauptkondensatleitungen und die Kondensatrückspeisebehälter untergebracht.

In den darüberliegenden Ebenen befinden sich weitere Anlagen des Wärmekreislaufes wie Kondensator und Kondensatreinigung, Umleitstation, Speisewasserbehälter, Vorwärmer, Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer, Turbine und der Generator sowie die Zwischenkühlwasserpumpen der Betriebskühlkreisläufe. Ebenso sind die zur Aufrechterhaltung des Wärmeflusses notwendigen Pumpen wie Speisewasserpumpen und Hauptkondensatpumpen etc. im Maschinenhaus angeordnet.

SWR-spezifisch ist das gesamte Maschinenhaus als Kontrollbereich ausgewiesen, es wurde daher in einer sehr massiven Stahlbetonkonstruktion errichtet.

Feststofflager und Dekontgebäude

Das Feststofflager- und Dekontanlagengebäude mit einer Länge von 60 m und einer Breite von 13 m wird für die Dekontaminierung und Reparatur sowie für die Lagerung von aktiven Anlagenteilen verwendet.

Das Gebäude besteht aus zwei Untergeschossen bei Kote - 4,00 m und - 8,00 m und einem Erdgeschoss bei Kote $\pm 0,00$ m. Die Untergeschosse dienen der Kompaktierung und Lagerung der radioaktiven Abfallstoffe, wobei die stärker aktiven Teile auf der Ebene - 8,00 m gelagert sind. Im Erdgeschoss befinden sich das Feststofflager und die Einrichtungen zur Dekontamination.

Auf einer Gitterrost-Zwischenbühne ist die Lüftungsanlage angeordnet. Das Gebäude ist in Stahlbetonskelettbauweise ausgeführt und zählt zum Kontrollbereich der Anlage.

Schaltanlagegebäude

Die Abmessungen des Gebäudes einschließlich des Betriebsgebäudes betragen ca. 113 m in der Länge, 22 m in der Breite und 13 m (Vollgeschosse) in der Höhe. Das Schaltanlagegebäude hat fünf Geschosse.

Das Kellergeschoss dient vor allem zur Aufnahme von Kabeln und deren Verteilung. Darüber hinaus ist dort die besonders geschützte Notsteuerstelle (TEST) untergebracht.

Im Erdgeschoss befindet sich neben weiteren Stromverteilungsräumen der Kontrollbereichszugang I, über den das Reaktorgebäude, das Maschinenhaus, die heißen Labors sowie das Feststofflager- und Dekontanlagegebäude erreicht werden können.

Die Rangierverteiler, 6 kV-Kabelböden und Batterieräume befinden sich auf Kote + 4,00 m. Die Kote + 8,00 m nimmt die 6 kV / 10 kV-Anlage, Wechselrichter, Rechner- und Elektronikräume sowie die Hauptwarte auf. In der obersten Ebene (Kote + 12,0 m, Teilgeschoss) sind die Lüftungsanlagen für das WBS Gebäude untergebracht.

Die Konstruktion besteht aus einem Stahlbetonskelettbau mit zum Teil ausgemauerten oder betonierten Zwischenwänden. Die Decken sind aus Stahlbeton.

Notstromdieselgebäude Redundanz 1 und 2

Es existieren zwei Notstromdieselgebäude (Red. 1 u. Red. 2), die sich an der südöstlichen Ecke im Anschluss an das Maschinenhaus (Red. 1) bzw. integriert zwischen Betriebsmittelgebäude und Feststofflager- und Dekontanlagegebäude (Red. 2) befinden. Der Abstand beträgt ca. 120 m.

Der Zugang erfolgt in beiden Fällen von außen auf Höhenkote $\pm 0,00$ m. Beide Gebäude haben zwei Vollgeschosse sowie je ein Halbgeschoss. In jedem Notstromdieselgebäude sind zwei Dieselgeneratoren, räumlich voneinander getrennt durch eine Wand bzw. Brandschutztüren, untergebracht.

Innerhalb der jeweiligen Redundanz ist der Anlagenaufbau weitgehend identisch. Zwischen den Redundanzen bestehen jedoch gebäudetechnische Unterschiede. So befindet sich östlich im Anschluss an die Redundanz 1 das Gasflaschenlager und auf Höhenkote - 4,50 m die Sprühflutanlage für die benachbarte Trafoanlage.

Das Dieselgebäude der Red. 1 besteht aus einem Stahlbetonskelettbau, während das Dieselgebäude der gesicherten Red. 2 wegen erweiterter Anforderungen hinsichtlich äußerer Einwirkungen in Massivbauweise erstellt wurde.

Kühlwasserentnahme- und Kühlwasserpumpenbauwerk

Das Kühlwasserentnahme- und Pumpenbauwerk befindet sich südlich vom Reaktorgebäude am Ufer des Vorfluters der Isar. Zu diesem Gebäude gehören im Wesentlichen:

- Kühlwassereinlaufbauwerk mit Kühlwasserkanälen und mechanische Reinigungsvorrichtungen
- 4 Hauptkühlwasserpumpen zur Kühlung der Turbinenkondensatoren
- baulich getrennte, redundanzzugeordnete Pumpenkammern im Raumbereich unterhalb der Hauptkühlwasserleitungen mit den

nuklearen Nebenkühlwasserpumpen

Nebenkühlwasserpumpen für die Wärmeabfuhr der Betriebskühlkreise

und Feuerlöschpumpen

Das Gebäude ist in Stahlbetonskelettbauweise ausgeführt.

Wesentliche Sicherheitssysteme

Sicherheitsumschließung und Druckabbausystem

Die Hauptaufgabe der Sicherheitsumschließung ist es, die bei einem Kühlmittelverluststörfall (KMV) aus der Druck führenden Umschließung (DFU) austretenden radioaktiven Spaltprodukte einzuschließen und somit eine unkontrollierte Ausbreitung dieser Stoffe zu verhindern. Dies wird mit dem Sicherheitsbehälter und dem Druckabbausystem realisiert. Der bei diesen Störfällen auftretende Druckaufbau im Sicherheitsbehälter wird durch das Druckabbausystem begrenzt. Das Druckabbausystem besteht aus Druckkammer, Kondensationskammer und den Kondensationsrohren, die beide Kammern verbinden.

Sicherheitsbehälter

Der Sicherheitsbehälter (SHB) befindet sich im Reaktorgebäude. Der SHB besteht aus einer stählernen Kugelschale mit 27 m Durchmesser und einer Wandstärke zwischen 21 und 30 mm mit angesetzter Bodenwanne mit einem Durchmesser von 8,2 m. Die Bodenwanne (Steuerstabantriebsraum) wird nach unten durch einen Klöpperboden abgeschlossen. Eine zweite Dichthaut, das sogenannte Lining umgibt den SHB.

Der SHB ist in zwei Kammern unterteilt, die Druckkammer (DK) mit Steuerstabantriebsraum und die Kondensationskammer (KK).

Der SHB ist mit einer Personen-, einer Neben- und einer Materialschleuse ausgestattet. Außer den angeführten Schleusen sind im SHB Montageöffnungen vorgesehen, die bei Betrieb verschlossen sind. Darüber hinaus sind diverse Rohr- und Kabeldurchführungen vorhanden. Im Falle eines Kühlmittelverluststörfalles (KMV) werden die Rohrdurchführungen durch den sogenannten Durchdringungsabschluss abgesperrt, um die Integrität des SHB zu gewährleisten.

Bei Störfällen mit KMV entweicht durch Radiolyse bzw. Zirkon / Wasserreaktion entstandener Wasserstoff in DK und KK des SHB. Der damit verbundenen Gefahr von Zündungen bis hin zu Explosionen wurde unter anderem dadurch begegnet, dass sowohl DK als auch die KK im Normalbetrieb mit Stickstoff inertisiert gehalten werden.

Zur Minderung der Folgen von auslegungüberschreitenden Ereignissen ist die Anlage KKI 1 mit einem System zur gefilterten Druckentlastung des Sicherheitsbehälters (Ventingsystem) nachgerüstet worden. Das Öffnen der erforderlichen Absperrarmaturen erfolgt von Hand bei einem Druck oberhalb des SHB-Auslegungsüberdruckes von 3,40 bar.

Druckkammer und Kondensationskammer (Druckabbausystem)

Druckkammer (DK) und Kondensationskammer (KK) haben zusammen mit dem vorher beschriebenen SHB vor allem sicherheitstechnische Aufgaben.

So wird bei Störfällen mit Kühlmittelverlust (KMV) der größte Teil des austretenden Dampfes in die Wasservorlage der KK geleitet und dort kondensiert (Druckabbausystem).

Bei Störungen, bei denen die Hauptwärmesenke nicht zur Verfügung steht, wird die vom Reaktor erzeugte Dampfmenge über das Druckbegrenzungs- und Entlastungssystem ebenfalls in die KK zur Kondensation abgeführt. Weiter kommt der KK die Aufgabe zu, bei Störfällen mit KMV die erforderliche Wassermenge für die Einspeisung der Not- und Nachkühlsysteme in den Reaktordruckbehälter bereitzustellen.

Die DK umschließt den RDB mit seinen anschließenden Rohrleitungen jeweils bis zur Durchdringung durch die SHB-Wand. Innerhalb der DK mit Steuerstabantriebsraum befinden sich unter anderem auch die Steuerstabantriebe, die Antriebsmotoren für die Zwangsumwälzpumpen und die Umluftkühlanlage. Der Steuerstabantriebsraum kann lüftungstechnisch von der restlichen DK getrennt werden. Der größte Teil der DK ist zur Stahlhülle hin mit Splitterschutzbeton ausgekleidet, der RDB ist von dem zylindrischen biologischen Schild zur Strahlungsabschirmung umgeben.

Die KK ist ringförmig und - etwa in Höhe des Äquators der Sicherheitsbehälterkugel in diese integriert - um den mittleren Teil der DK herum angeordnet. Sie ist etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Von der Decke der KK ragen 76 Kondensationsrohre (14 davon verschlossen) in die Wasservorlage hinein. Sie verbinden so die DK mit der KK. Der Gasraum der KK ist mit der DK über vier Rückschlagklappen in der KK-Decke verbunden. Sie öffnen bei einem Überdruck der KK gegenüber der DK von 0,1 bar nach ei-

nem KMV damit nicht kondensierbare Gase in die DK zurückfließen können. In einer dieser vier Rückschlagklappen sitzt eine kleine Rückschlagklappe mit Stellungsanzeige, die bei einem geringen Überdruck von 15 mbar KK zu DK öffnet.

Die Kombination aus DK und KK, verbunden durch in die Wasservorlage eintauchenden Kondensationsrohre, dient für den Fall eines Kühlmittelverluststörfalles (KMV) im SHB als wirksame Einrichtung zur Begrenzung des Druckes im SHB.

Die bei KMV aus dem Leck in die DK ausströmende Wasser-/Dampfmenge mischt sich mit dem Gas in der DK-Atmosphäre und erhöht dort den Druck. Dadurch wird das in den abgetauchten Kondensationsrohren befindliche Wasser ausgeschoben und ein Gas-/Dampfgemisch mit eventuell mitgerissenen Wassertropfen fließt danach durch die Kondensationsrohre in die Wasservorlage.

Der Wasserdampf kondensiert dort vollständig und nur das Gas gelangt in den Atmosphärenbereich der KK. Da der Gasraum der KK über Rückschlagklappen mit der DK verbunden ist, baut sich auch hierdurch ein in der Auslegung berücksichtigter Überdruck im SHB auf.

Schnellabschaltsystem

Das Schnellabschaltsystem ist ein ruhendes Bereitschaftssystem. Es hat die Aufgabe, im Anforderungsfall, unabhängig von externen Energiequellen, den Reaktor durch hydraulisches Einschießen aller Steuerstäbe aus jeder Position heraus und gegen jeden Reaktordruck innerhalb von max. 6 s sicher abzuschalten.

Neben dem hydraulischen Einschießen der Steuerstäbe mittels des Schnellabschaltsystems, besteht mit dem Steuerstabantriebssystem die Möglichkeit, die Steuerstäbe motorisch durch das Sammeleinfahren bzw. betriebliches Einfahren (einzeln oder in Gruppen) in den Kern einzufahren. Nach einer Reaktorschnellabschaltung erfolgt ein Nachlaufen der Kugelumlaufmutter um ein Absetzen der Hohlkolben und somit der Steuerstäbe zu ermöglichen. Zur Regelung der Reaktorleistung und zur Kompensierung des Brennstoffabbrandes müssen die Steuerstäbe feinstufig verfahren werden. Dies geschieht auf elektromechanischem Wege, mit dem Steuerstabantriebssystem

indem ein Elektromotor über eine Spindel und eine Kugelumlaufmutter den Steuerstab verfährt.

Das Schnellabschaltsystem besteht im Wesentlichen aus drei zylindrischen Behältern, den Schnellabschalttanks, die über Rohrleitungen hydraulisch mit den Antrieben der 145 Steuerstäbe verbunden sind.

In diesen Tanks mit je 100 % Abschaltkapazität ist die Antriebsenergie für eine Schnellabschaltung in einem auf 160 bar komprimierten Stickstoffpolster gespeichert. Es drückt auf ein Treibwasservolumen, welches zum hydraulischen Einschließen der Steuerstäbe dient. In den Tankleitungen (Zuleitungen zu den Ringleitungen) befinden sich je ein Schnellöffnungsventil und ein Tankschließventil.

Vergiftungssystem

Mit dem Vergiftungssystem kann durch Boreinspeisung der Reaktor aus jedem stationären Betriebszustand in den unterkritischen Zustand gebracht werden, ohne dass dabei die zulässigen Betriebsgrenzwerte des Kernes überschritten werden. Es stellt eine von den Steuerstäben unabhängige zweite Abschaltmöglichkeit dar.

Das Vergiftungssystem ist ein diversitäres aber langsam wirkendes Abschaltssystem und wird nur administrativ von Hand eingesetzt. Für den Fall, dass die Vollabschaltung mit Abfahren in den unterkritischen, kalten und xenonfreien Zustand des Reaktorkerns mittels der Steuerstäbe nicht mehr durchführbar ist, kommt das Vergiftungssystem mit der Boreinspeisung zum Einsatz.

Das System besteht im Wesentlichen aus dem mit Natrium-Pentaborat gefüllten Vergiftungslösungsbehälter mit elektrischer Heizung und Rührwerk, den beiden redundanten Hochdruckkolbenpumpen und den dazugehörigen Rohrleitungen und Armaturen.

Not- und Nachkühlsysteme

Einspeisesystem

Das Einspeisesystem ist ein Hochdrucksystem und soll bei Störfällen ohne Kühlmittelverlust sowie bei kleinen Lecks, bei denen der Reaktordruck nicht absinkt, den Füllstand im Reaktordruckbehälter halten.

Das Einspeisesystem besteht im Wesentlichen aus einer Hochdruckkesselspeisepumpe mit einer mechanisch gekuppelten Gegendruckturbine und den zugehörigen Rohrleitungen. Für den Antrieb der Turbine dient Primärdampf, der innerhalb SHB der Frischdampfleitung 1 entnommen wird. Der entspannte Dampf wird in der Kondensationskammer niedergeschlagen. Der Pumpe fließt Wasser aus der Kondensationskammer zu, das druckseitig über zwei Speisewasserleitungen in den Reaktordruckbehälter gelangt.

Die Steuerung und Regelung des dampfturbinengetriebene Einspeisesystems sowie die zum Betrieb erforderlichen Hilfskomponenten und Armaturen werden von den unterbrechungsfreien, batteriegepufferten Schienen versorgt. Mit diesen Maßnahmen ist die Wärmeabfuhr aus dem Kern durch die automatisch ablaufenden Maßnahmen zunächst für einen Zeitraum von mehreren Stunden sichergestellt.

Nachspeisesystem

Das Nachspeisesystem erfüllt sicherheitstechnische Aufgaben, ist jedoch kein Bestandteil des Sicherheitssystems.

Das Nachspeisesystem verhindert beim Ausfall der Speisewasserversorgung ein Absinken des RDB-Füllstandes und hält beim Abfahren der Anlage ohne Hauptwärmesenke den RDB-Füllstand. Während des Normalbetriebes der Anlage befindet sich das System in Bereitschaftsstellung. Beim KMV-Störfall wird das Nachspeisesystem zwar angeregt, ist jedoch nicht in der Wasserbilanz der Störfallbetrachtung berücksichtigt und liefert in diesem Fall eine zusätzliche Einspeisereserve. Das Nachspeisesystem ist notstromversorgt

Kernflutsystem

Das Kernflutsystem zählt mit den vier Strängen des Nachkühlsystems zum Niederdrucknotkühlsystem. Bei Störfällen übernimmt das Flutsystem im Niederdruckbereich die Kernkühlung durch Fluten des Reaktordruckbehälters.

Das System ist einsträngig aufgebaut. Die notstromversorgte Flutpumpe fördert Wasser aus der Kondensationskammer über eine Druckleitung, die sich im Sicherheitsbehälter in zwei Stichleitungen aufteilt, direkt in den Reaktordruckbehälter.

Nachkühlsystem

Das Nachkühlsystem ist ein Niederdrucknot- und Nachkühlsystem und hat zusammen mit dem nachgeschalteten Zwischenkühlwasser- und Nebenkühlwassersystem sicherheitstechnische und betriebliche Aufgaben.

Das Nachkühlsystem führt betrieblich nach dem Abschalten des Reaktors die System- und Nachzerfallswärme ab und kühlt das Kondensationskammerwasser. Im Normalbetrieb befindet sich das Nachkühlsystem in Bereitschaftsstellung. Bei Störfällen hat das System die sicherheitstechnische Aufgabe den Reaktordruckbehälter (RDB) zu fluten, die Kondensationskammer zu kühlen und das Wasser aus der Druckkammerbodenwanne in die Kondensationskammer zurückzuführen.

Das Nachkühlsystem besteht aus vier getrennten, voneinander unabhängigen Strängen und befindet sich im Reaktorgebäude. In zwei Strängen sind die Motoren der Nachkühlpumpen und der Zwischenkühlkreislaufpumpen überflutungssicher ausgeführt.

Alle vier Stränge des Nachkühlsystems einschließlich des jeweilig zugehörigen Zwischen- und Nebenkühlwasserkreises sind an die Notstromversorgung angeschlossen.

Zwischenkühlkreis für das Nachkühlsystem

Der Zwischenkühlkreis für das Nachkühlsystem besteht aus vier unabhängigen getrennten Strängen. Jeder der vier Zwischenkühlkreise ist ein geschlossener Kreislauf, der Wärme vom Zwischenkühlkreis an das Nebenkühlwasser (Isar) abgibt. Die sicher-

heitstechnischen Aufgaben bestehen darin, Radioaktivitätsaustritte in das Flusswasser aus den mit aktiven Medien beaufschlagten Komponenten zu verhindern, die Nachzerfallwärme auf das Nebenkühlwasser zu überführen und die Versorgung der Komponenten mit Zwischenkühlwasser nach Störfällen zu gewährleisten. Der Zwischenkühler stellt die zweite Materialbarriere zur Verhinderung von Radioaktivitätsaustritten aus den Komponenten in das Flusswasser dar. Der Zwischenkühlkreis wird durch Radioaktivitäts-, Temperatur-, Druck- und Durchflussmessungen überwacht.

Notstromversorgung

Die Notstromversorgung mit der unterbrechungsfreien Drehstrom- und Gleichstromversorgung ist Bestandteil des Sicherheitssystems des KKI 1.

Im bestimmungsgemäßen Betrieb (Leistungsbetrieb, Anfahr- und Abfahrvorgänge, betrieblicher Stillstand bzw. Revisionen) wird ihre Versorgung durch den Generator oder Haupt- bzw. Fremdnetzanschluss gewährleistet. Zur Sicherstellung der elektrischen Versorgung bei Ausfall dieser Versorgungsmöglichkeiten stehen 4 x 6 kV-Notstromdieselaggregate sowie Batterien zur Verfügung. Weiterhin steht ein 6 kV-Notstromnetzanschluss aus dem Wasserkraftwerk Niederaichbach über ein erdverlegtes Kabel zur Verfügung.

Die Notstromversorgung mit den unterbrechungsfreien Notstromschienen besteht aus nachstehenden Spannungsebenen: 6 kV-Ebene (gespeist im Notstromfall durch die Notstromdieselaggregate) dient zur Versorgung direkter 6 kV-Verbraucher wie Nachkühlpumpen, Nachspeisepumpe, Kernflutpumpe etc. und der nachgeordneten Notstromschienen. Die 400 V-Ebene (nicht batteriegepuffert) dient zur Versorgung der wesentlichen 400 V Verbraucher wie Zwischenkühl- und Nebenkühlwasserpumpen für Nachkühlkreisläufe sowie weiterer Unterverteilungen, Gleichrichter und Wechselrichter bei Netzumgehung sowie den Verbrauchern nach Schienenbelegungsliste.

Die 220 V / 400 V-Ebene (batteriegepuffert) dient aufgrund der Batteriepufferung der unterbrechungsfreien, gesicherten Drehstromversorgung für sicherheitstechnisch wichtige Verbraucher durch statische Wechselrichter und rotierende Umformer.

Die 24 V / 220 V-Gleichstromverteilung (batteriegepuffert) dient aufgrund der Batteriepufferung der unterbrechungsfreien elektrischen Versorgung der Gleichstromantriebe, Steuerstromkreise, Hubmagnete und aller leittechnischen Einrichtungen für die auch bei Ausfall der Haupt und Fremdnetzversorgung eine unterbrechungsfreie Stromversorgung gewährleistet sein muss.

Reaktorschutzsystem

Das Reaktorschutzsystem hat die Aufgabe, die für die Sicherheit der Reaktoranlage und der Umgebung wesentlichen Prozessvariablen zu überwachen und zu verarbeiten um im Anforderungsfall

- den Reaktor in einen unterkritischen sicheren Zustand abzufahren und dort zu halten,
- die Nachwärmeabfuhr des Reaktors sicherzustellen,
- den Durchdringungsabschluss des Sicherheitsbehälters zu bewirken.

Die Auslösung des Reaktorschutzsystems erfolgt automatisch bei Betriebszuständen mit Abweichungen vom normalen Betriebszustand, die aber noch keine unmittelbare Gefahr für die Anlage bedeuten.

Das Reaktorschutzsystem umfasst sämtliche Einrichtungen für die automatische Auslösung der Sicherheitsmaßnahmen wie z. B. Reaktorschnellabschaltung, Notkühlung, Durchdringungsabschluss des Sicherheitsbehälters.

Kennzeichnend für die Auslegung des Reaktorschutzsystems ist, dass der Aufbau dreisträngig ausgeführt ist, d. h. es sind drei redundante und räumlich getrennte Teilsysteme vorhanden.

Zum Schutz gegen Einwirkung von außen sind Komponenten der Redundanz 2 des Reaktorschutzsystems einschließlich der notwendigen Steuer- und Versorgungseinrichtungen im gesicherten Bereich des Schaltanlagegebäudes in der TEST untergebracht.

Ein und dieselbe Prozessvariable wird durch drei voneinander unabhängige Messstellen erfasst. Erreichen zwei dieser Messstellen einen festgelegten Reaktorschutzgrenzwert, so wird über den Reaktorschutz eine Schutzaktion bzw. Schutzteilaktionen ausgelöst (2 von 3 Konzeption).

In der Regel werden Anregungen zu Maßnahmen aus zwei diversitären physikalischen Größen gewonnen. Wenn dies nicht möglich ist, sind die Anregungen in höherer Wertung als 2 v. 3 aufgebaut.

Zur Realisierung dieser Aufgaben ist das Reaktorschutzsystem von KKI 1 folgendermaßen aufgebaut:

Anregeebene

Die Logikebene des Reaktorschutzsystems besteht aus einem dynamischen und einem statischen Logikteil. Im dynamischen Logikteil erfolgen die Bildung der Grenzsingnale und der Anregekriterien sowie ein Teil der logischen Verknüpfungen. Charakteristisch für den dynamischen Logikteil des Reaktorschutzsystems ist, dass Ausfälle ein auslösegerichtetes Verhalten zur Folge haben, wodurch Fehler nicht unentdeckt bleiben.

Relaisteil zur Bildung der Reaktorschutzauslösesignale

Im statischen Logikteil werden die Reaktorschutzsignale soweit erforderlich gespeichert, zeitlich verzögert, begrenzt und verknüpft und als Reaktorschutzauslösesignale an die Steuerebene weitergeleitet. Der statische Logikteil ist in Relaistechnik aufgebaut. Die Signalverarbeitung erfolgt teils im Ruhestromprinzip teils im Arbeitsstromprinzip. Da in diesem Logikteil passive Fehler, d. h. Fehler, die beim ungestörten Anlagenbetrieb nicht erkannt werden, auftreten können, werden wiederkehrende sog. „scharfe und unscharfe Funktionsprüfungen“ in unterschiedlichen Zyklen durchgeführt.

Steuerebene

Bildung der Auslösesignale zur Ansteuerung der einzelnen Antriebe

1.2 Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede

Dieses Kapitel ist in die Gliederung für den EU-Stresstest eingefügt worden, um bei Mehrblockstandorten der gleichen Reaktorgeneration sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede gleicher Anlagen an einem Standort zu beschreiben, wie diese aufgrund eines zeitlich gestaffelten Baus oder unterschiedlich realisierten Nachrüststandes existieren können. Beim Kraftwerksstandort Isar handelt es sich jedoch um einen Standort, bei dem vollständig unterschiedliche Kraftwerkstypen zum Einsatz gekommen sind. Das Kernkraftwerk Isar 1 eine SWR Anlagen der Baulinie 69, das benachbarte Kernkraftwerk Isar 2 ist ein Druckwasserreaktor der Konvoi-Baulinie. Die Sicherheitseinrichtungen beider Blöcke arbeiten unabhängig voneinander, so dass keine Wechselwirkungen auftreten können. Aufgrund der grundlegend anderen Bau- und Betriebsweise ist eine Beschreibung der sicherheitstechnischen Unterschiede nicht sinnvoll. Es wurde daher ein Bericht für jedes KKW erstellt.

1.3 Probabilistische Sicherheitsbewertungen

Einordnung der PSA:

Die Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) für das KKI 1 wurde im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) für das KKI 1 durchgeführt. Die aktuelle PSÜ für das KKI 1 wurde Ende 2004 fristgerecht eingereicht. Sicherheitsüberprüfungen sind gemäß §19a AtG alle 10 Jahre durchzuführen und umfassen neben einer Anlagenbeschreibung die analysierenden Teile

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

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

Die PSA der Stufe 2 wurde im Nachgang zur PSÜ durchgeführt und im Juli 2010 bzw. (ergänzende Unterlagen) im Januar 2011 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 Stufe 1 wurde entsprechend den Vorgaben des zu Beginn der Bearbeitung gültigen BMU-Leitfadens zur PSA und seiner Anhänge durchgeführt

- Leitfaden Probabilistische Sicherheitsanalyse, Stand 12/96
- Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, Stand: Dezember 1996
- Daten zur Quantifizierung von Ereignisablaufdiagrammen und Fehlerbäumen, Stand: März 1996

Die PSA Stufe 2 wurde entsprechend den Vorgaben des zu Beginn der Bearbeitung gültigen 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 KKI 1. Es wurde ein für KKI 1 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:

- Transienten
- Kühlmittelverluststörfälle
- Leckstörfälle außerhalb des Sicherheitsbehälters
- Übergreifende auslösende Ereignisse (interne Überflutung und Brand)
- Einwirkungen von außen

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 Ausfahren der Steuerstäbe 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)	$(3,9 \cdot 10^{-6}/a)^{12}$
davon:	
interne Ereignisse (nicht übergreifend)	$(2,5 \cdot 10^{-6}/a)$
interne Brände (Gefährdungszustandshäufigkeit ³)	$3,6 \cdot 10^{-7}/a$
interne Überflutungen (Gefährdungszustandshäufigkeit)	$(6,6 \cdot 10^{-7}/a)$

¹ Zur Ermittlung der Kernschadenshäufigkeit aus Ereignissen im Leistungsbetrieb wurden – wie in der PSA-Dokumentation – die Gefährdungszustandshäufigkeiten der übergreifenden und der externen Ereignisse konservativ als Kernschadenshäufigkeiten verwendet.

² Werte in Klammer resultieren aus stark konservativer Modellierung, s. a. nachfolgende Erläuterung

³ Gefährdungszustand: Endzustand ohne Berücksichtigung von Notfallmaßnahmen, dieser Endzustand wurde gemäß PSA-Leitfaden angewandt; da Notfallmaßnahmen vorhanden und grundsätzlich anwendbar sind, ist zu erwarten, dass die Kernschadenshäufigkeit erheblich kleiner wäre

Gefährdungszustandshäufigkeit ⁴ aus externen Ereignissen:	$2 \cdot 10^{-7}/a$
davon:	
Hochwasser	vernachlässigbar ⁵
Extreme Wetterbedingungen	vernachlässigbar
Erdbeben	vernachlässigbar
Wehrbruch (Gefährdungszustandshäufigkeit)	$1,9 \cdot 10^{-7}/a$

Die Modellierung, die die o. g. Ergebnisse erbrachte, ist allerdings stark konservativ. Dies wurde im Rahmen der Stufe 2-PSA festgestellt, nachdem zahlreiche Konservativitäten in der Stufe 1-Modellierung beseitigt worden waren. Die realistische Neuquantifizierung für den Ereignisumfang, der zuvor den Hauptbeitrag erbracht hatte, ergab eine weitaus niedrigere Kernschadenshäufigkeit, die das Sicherheitsniveau wesentlich besser widerspiegelt als die o. g. konservativen Werte:

Kernschadenshäufigkeit aus Ereignissen im Leistungsbetrieb $9,5 \cdot 10^{-8}/a$
(im Rahmen der Stufe 2-PSA, nur interne Ereignisse im Leistungsbetrieb, ohne Brand)

Kernschadenshäufigkeit aus Ereignissen im Nichtleistungsbetrieb $1,4 \cdot 10^{-6}/a$
(gemäß PSA-Leitfaden: interne Ereignisse)

davon:	
interne Ereignisse (nicht übergreifend)	$1,4 \cdot 10^{-6}/a$
interne Brände	vernachlässigbar
interne Überflutungen	vernachlässigbar

Die für KKI 1 ermittelte Kernschadenshäufigkeit (auch die mit konservativer Modellierung, s. o.) liegt mit deutlichem Abstand unter dem von der IAEA genannten Zielwert⁶

⁴ Gefährdungszustand: Endzustand ohne Berücksichtigung von Notfallmaßnahmen, dieser Endzustand wurde gemäß PSA-Leitfaden angewandt; da Notfallmaßnahmen vorhanden und grundsätzlich anwendbar sind, ist zu erwarten, dass die Kernschadenshäufigkeit erheblich kleiner wäre

⁵ Vernachlässigbar heißt hier: wesentlich kleiner als die Gesamt-Kernschadenshäufigkeit und damit deutlich kleiner als $1 \cdot 10^{-7}/a$ (Aussage auf der Basis qualitativer oder grob-quantitativer Betrachtungen)

⁶ 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)

für in Betrieb befindliche Anlagen ($< 1 \cdot 10^{-4}/a$) und befindet sich bereits im Bereich der für evolutionäre Reaktoren empfohlenen Werte ($1 \cdot 10^{-5}/a$). Damit bestätigt die Stufe 1-PSA, dass im KKI 1 für alle relevanten Ereignisse zuverlässige Einrichtungen vorhanden sind, um Kernschadenzustände zu verhindern.

Die ermittelten Ergebnisse zeigen außerdem die Ausgewogenheit der System- und Anlagentechnik des KKI 1, 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“ ⁷ Freisetzungen	$6,3 \cdot 10^{-10}/a$
Häufigkeit „großer“ Freisetzungen	$4,7 \cdot 10^{-9}/a$

Die Häufigkeiten „großer, früher“ und „großer“ Freisetzungen aus internen Ereignissen im Leistungsbetrieb liegen um mehrere Größenordnungen unter den IAEA-Zielwerten für bestehende Anlagen und für neu zu errichtende Anlagen von $1 \cdot 10^{-5}/a$ bzw. $1 \cdot 10^{-6}/a$. Entsprechend den oben angegebenen Häufigkeiten führen nur 0,7 % der in der Stufe 2-PSA zugrunde gelegten Kernschadenfälle zu „großen, frühen“ und nur 5 % zu „großen“ Freisetzungen.

Die PSA der Stufe 2 für KKI 1 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 KKI 1 über ein ausgewogenes Sicherheitskonzept verfügt und ein sehr hohes Sicherheitsniveau besitzt.

⁷ „große“ Freisetzung: mind. 1% des Cs-Kerninventars, „frühe“ Freisetzung: bis 10h 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.

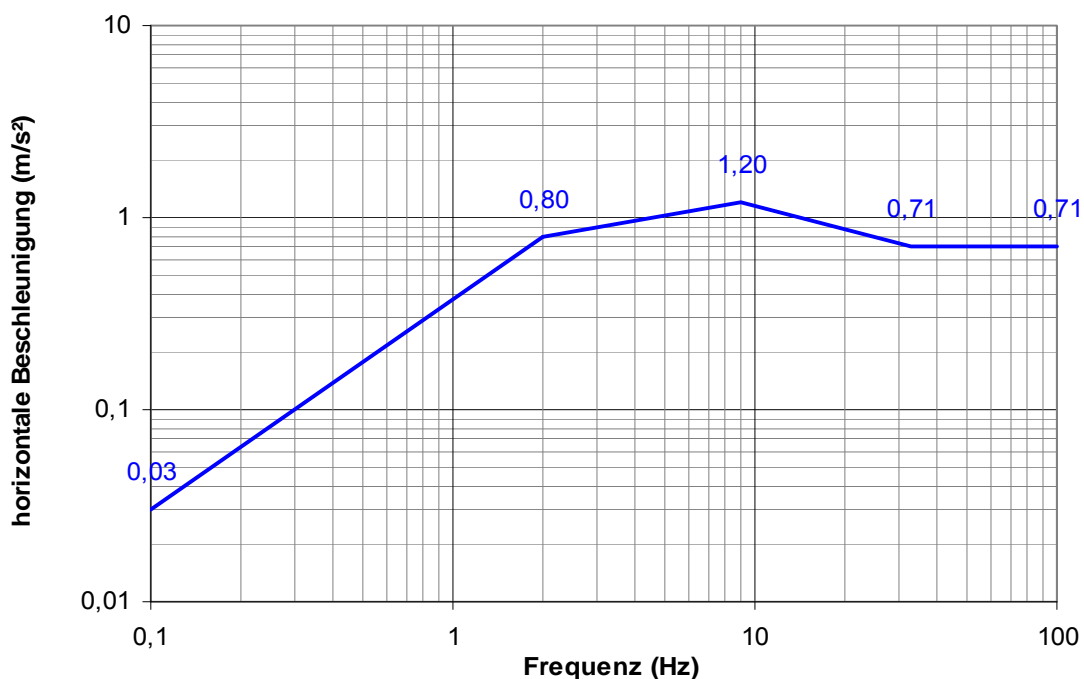


Bild 2-1 Bemessungsspektrum (Horizontalkomponente)

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).

Für den Standort ergibt sich bei einer Überschreitenswahrscheinlichkeit $< 1 \cdot 10^{-5} / a$ eine Standortintensität von VI bis VII (6,25 EMS/MSK).

Standort	Standortintensität I(EMS) / I(MSK)	Überschreitens- wahrscheinlichkeit
KKI 1	6,25	$1,1 \cdot 10^{-5} / a$

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
KKI 1	6,25	5,0	Freifeld

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 an dem 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).

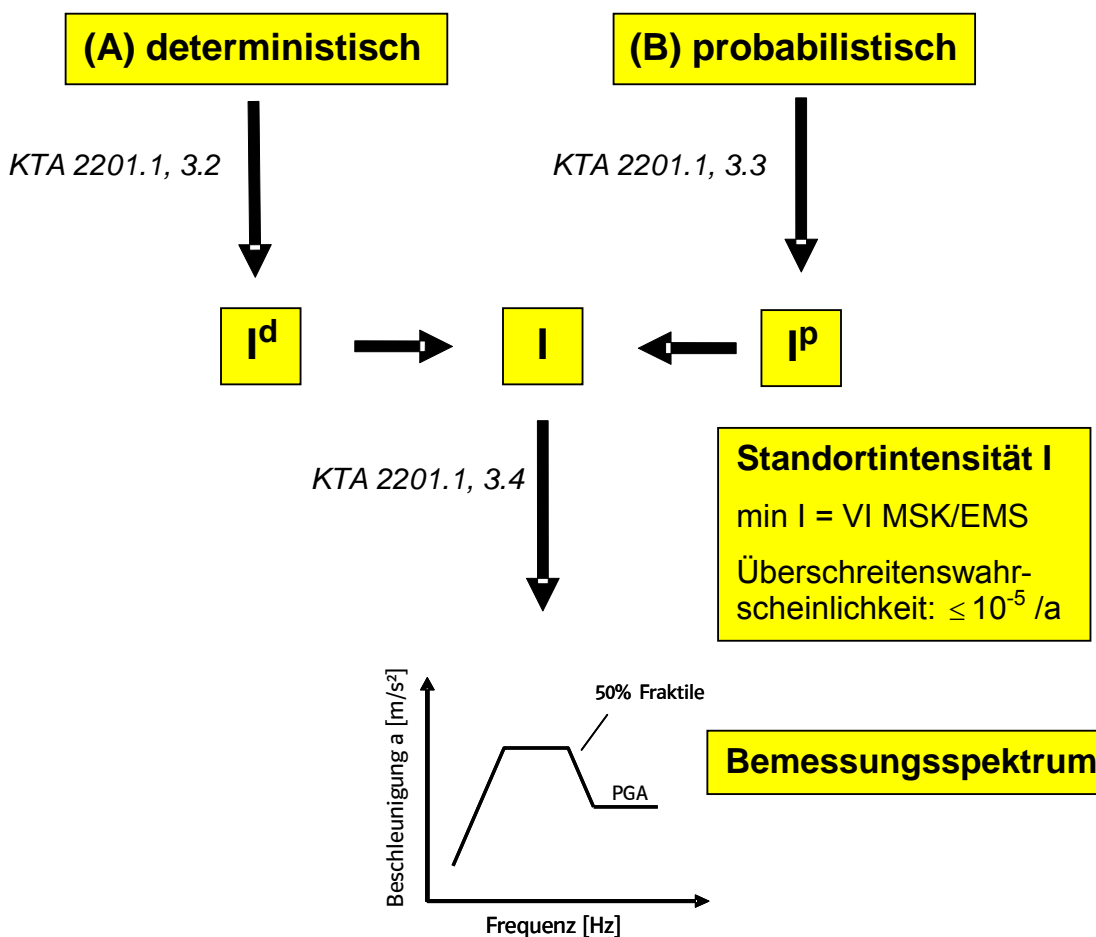


Bild 2-2: Festlegung des Bemessungserdbebens nach KTA 2201.1 (2009-09 bzw. 2010-11)

Bei der probabilistischen Bestimmung des Bemessungserdbebens sind mittels einer Probabilistischen Seismischen Gefährdungsanalyse (PSGA) die jährlichen Überschreitenswahrscheinlichkeiten seismischer Einwirkungen am Standort sowie die Unsicherheiten dieser Angaben zu bestimmen. Die Überschreitenswahrscheinlichkeit ist kleiner als $1 \cdot 10^{-5}$ /a anzusetzen. Bild 2-2 verdeutlicht die Vorgehensweise.

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

2.1.1.3 Angemessenheit der Auslegung

Die für das Spektrum notwendigen ingenieurseismologischen Kenngrößen des standortspezifischen Bemessungserdbebens wurden durch ein seismologisches Gutachten ermittelt und durch einen von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde bestellten seismologischen Gutachter bewertet. Darüber hinaus erfolgt im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfungen, 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 die Einhaltung der oben genannten Schutzziele zu erfüllen. 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.	Bauwerk
1	Reaktorgebäude
2	Abluftkamin auf dem Reaktorgebäude
3	Sicherheitstechnisch wichtige Kanäle im Maschinenhaus
4	Schaltanlagegebäude
5	Teilsteuerstelle mit Kanal und Lüftungsschacht
6	Notstromdieselgebäude der Redundanzen 1 + 2
7	Kühlwasserentnahme- u. Pumpenbauwerk (<377 m ü. NN)
8	Hilfskühlwasserpumpenhaus
9	Maschinenhaus
10	Dekontgebäude mit Feststofflager
11	Staustufe Wasserkraftwerk Niederaichbach (Wehrpfeiler, Schütze, seitlicher Damm)

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

Nr.	System
1	Schnellabschaltsystem, Steuerstabantriebssystem
2	Vergiftungssystem
3	Sicherheitsbehälter
4	Reaktorwasserreinigungssystem
5	Lagerbeckenkühlsystem

Nr.	System
6	Nachspeisesystem
7	Einspeisesystem
8	Flutsystem
9	Nachkühlsystem
10	Zwischenkühlkreis
11	Nebenkühlwasserkreis
12	Einrichtungen zum Brennelementwechsel: Brennelementwechselbühne, Lagergestelle, Flutkompensator
13	Speisewassersystem (teilweise)
14	Frischdampfsystem, S/E Ventile, DDA-Armaturen
15	Betriebskühlkreis 2
16	Betriebskühlkreis 1 im Einlaufbauwerk
17	Feuerlöschsystem (teilweise)
18	Hilfskühlwassersystem
19	Abwasseraufbereitung: aktivitätsführende Behälter
20	Konzentrataufbereitung: aktivitätsführende Behälter
21	Abgasaufbereitung: aktivitätsführende Behälter
22	Spülluftanlage, Lüftung Reaktorgebäude teilweise, Umluftkühler Reaktorgebäude
23	Ringspaltabsaugung
24	Sicherheitstechnisch wichtige Schränke der Leittechnik Reaktorschutz
25	Reaktorgebäudekran
26	Notstromversorgung Diesel und Batterie (6 kV, 380 V, 220 V, 24 V)
27	Reaktor mit Einbauten

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

Die Auslegungsreserven der Systeme sind in Kapitel 2.2 dargestellt.

2.1.2.2 Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten

Alle sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile und baulichen Anlagen wie z. B. Warte, Notsteuerstelle oder Teilsteuereinstelle 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 erfolgte Nachrüstungen in der Anlage ist ein Folgebrand nach Erdbeben gemäß KTA 2101 nicht anzusetzen.

Die Auslegung der Anlage berücksichtigt zudem, dass nach einem Erdbeben die Eigenbedarfsversorgung sicherheitstechnisch wichtiger Systeme, die zur Einhaltung der Schutzziele erforderlich sind, über die kraftwerksinterne redundante Notstromversorgung 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 Ausfall dieser Komponenten zu einer Gefährdung einer EK I-Komponente führt, so wird diese Komponente als EK IIa-Komponente klassifiziert und es wird sichergestellt, dass

diese Komponente im Erdbebenfall nicht zu einem Ausfall oder einer Beschädigung einer EK I-Komponente führt.

Ein Versagen einer nicht gegen Erdbeben ausgelegten Struktur, Systems oder Komponente führt somit nicht zu unzulässigen Auswirkungen 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 vier Notstromdiesel zur Verfügung. Weiterhin befindet sich ein mobiles Notstromaggregat am Standort.

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 KKI 1 nicht unterstellt werden. Zur Verdeutlichung der Intensitäten und ihrer Auswirkungen sei auf folgende Tabelle verwiesen.

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

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

2.1.3 Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage

2.1.3.1 Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen

Zur Gewährleistung der Übereinstimmung des KKI 1 mit der aktuellen Genehmigungsgrundlage besteht einerseits ein Betreiber eigenes Managementsystem für beide Blöcke und andererseits ein gestuftes atomrechtliches Verfahren unter Hinzuziehung von unabhängigen Sachverständigen durch die Behörden.

Beim Anlagenbetrieb sind die Vorschriften des Atomgesetzes (AtG) und die 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 KKI ein blockübergreifendes integriertes Managementsystemeingeführt, 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“
- DIN EN ISO 14001 „Umweltmanagementsystem Anforderungen“
- OHSAS 18001 „Arbeits- und Gesundheitsschutzmanagementsysteme Anforderungen“
- EMAS – „Eco Management and Audit Scheme“ (EG 1221/2009)
- BMU-Leitfaden „Grundlagen zur Bewertung von Sicherheitsmanagementsystemen in Kernkraftwerken“
- IAEA Safety Guide GS-R-3.1 „The Management System for Facilities and Activities“
- VGB Leitfaden zum Sicherheitsmanagementsystem

umgesetzt und die verschiedenen Aspekte u. a. zum Sicherheits-, Qualitäts-, Umwelt-, Arbeitssicherheits- und Gesundheitsschutzmanagement in einem Managementsystem

integriert. Das Alterungsmanagement gemäß KTA 1403 ist als Bestandteil des Hauptprozesses „Instandhaltung“ im Managementsystem integriert.

Das integrierte Managementsystem umfasst auch die sicherheitsrelevanten Prozesse zum Sicherheitsmanagement. Höchste Priorität bei der Einordnung der verschiedenen Unternehmensziele hat der sichere Betrieb beider Blöcke des KKI. Deshalb nehmen das Sicherheitsmanagementsystem und die Sicherheitskultur einen besonderen Stellenwert ein. Während das Sicherheitsmanagementsystem integraler Bestandteil dieses Managementsystems ist, erschließt eine von allen verstandene und gelebte Sicherheitskultur alle Ebenen und Hierarchien des Kraftwerks.

Die Vorgaben des Managementsystems gelten blockübergreifend für alle relevanten Prozesse im KKI, 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 die Managementprozesse Produktion, Instandhaltung, Modifikation und 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 KKI und nach KTA 1202 (Anforderungen an das Prüfhandbuch) im Prüfhandbuch des KKI 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 so z. B. wiederkehrend Halterungssichtprüfungen von Rohrleitungen und Komponenten entsprechend des o. g. Reglements durchgeführt. Die Festlegungen zur Durchführung der Prüfungen werden unter Berücksichtigung der Betriebserfahrungen der eigenen sowie anderer Anlagen 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 Kondensationskammer, Mindestverfügbarkeiten der Stromversorgung, etc.). Diese Anforderungen werden mit Meldungen der Klasse 1 auf der Warte bei Unter-/Überschreiten von festgelegten Grenzwerten ständig überwacht, bzw. regelmäßig überprüft, z. B. während des Wiederauffahrens nach einem Brennelementwechsel, bei Störung von Systemen, Auftreten von entsprechenden Meldungen, wiederkehrenden Prüfungen.

Bei Anlagenänderungen kommt ein gestuftes Verfahren zum Einsatz, welches der sicherheitstechnischen Bedeutung der Änderung Rechnung trägt und detailliert im Betriebshandbuch beschrieben ist. Wesentliche Änderungen, die die bestehende Genehmigung ändern oder einer Genehmigung bedürfen, werden im Rahmen eines atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens nach §7 AtG durchgeführt. Dabei werden erneut alle Genehmigungsvoraussetzungen des AtG sowie unterlagerter Verwaltungsvorschriften geprüft und sofern von der Änderung tangiert, auch die Anforderungen zur Beherrschung des 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 Isar 1 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 Isar 1 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 Isar 1 allein über auslegungsgemäße Maßnahmen sichergestellt, so dass keine mobilen Einrichtungen, Notfallmaßnahmen oder externe Geräte benötigt werden. Trotzdem stehen am Standort ein mobiles Notstromaggregat und mehrere netzunabhängige mobile Feuerlöschaggregate zur Verfügung.

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, welches eine Erfassung in Form einer Störmeldung durchführt. Der Schichtleiter sichtet und beurteilt die Störmeldung u. a. hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Minderung der Anlagensicherheit sowie auf Abweichungen und Auswirkungen in Bezug auf bestehende Auflagen bzw. Festlegungen im Betriebshandbuch (z. B. Meldekriterien, zulässige Nichtverfügbarkeitszeiten usw.).

Gemäß der Verordnung über den Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV) hat der Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerkes Isar 1 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. Festgestellte Abweichungen werden sicherheitstechnisch bewertet und entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung erfolgt anschließend dann die Bearbeitung der Abweichung.

Hinsichtlich Erdbeben sind für KKI 1 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 (keiner Erdbebenzone entsprechend DIN 4149 bzw. Eurocode 8 zugeordnet, für konventionelle Gebäude keine Erdbebenauslegung erforderlich ist). Mit der Auslegung gegen das Bemessungserdbeben mit der Überschreitenswahrscheinlichkeit von höchstens $1 \cdot 10^{-5} / a$ ist eine sehr große Vorsorge getroffen worden. Darüber hinaus bieten die Strukturen große Auslegungsreserven. Dies wird auch durch 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.

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.

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 Auslegungs-

reserven 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 Erdbeben-PSAen in deutschen Kernkraftwerken, die vergleichbar zu KKI 1 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.

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.

Bei der Auslegung der Bauwerke ist von folgenden Höhenkoten ausgegangen worden: Der maximale Wasserstand beim 10.000-jährlichen Hochwasser beträgt 374,32 m ü. NN (Bemessungshochwasserstand).

Der Hochwasserabfluss beträgt hierbei 4200 m³/s. Bei dieser Abflussmenge tritt das Wasser im oberstromigen Bereich des Stauraumes über die Isar-Seitendämme. Das hat zur Folge, dass nicht mehr der Gesamtabfluss über das Wehr, sondern eine Abflussaufteilung auf Flussschlauch und Vorland stattfindet.

Da die Höhenlage aller Kraftwerkseingänge 375,5 m ü. NN beträgt, ist die Beherrschung des Auslegungshochwassers dauerhaft gegeben.

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 Ermitt-

lung 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.

Zur Ableitung einer Aussage hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit verschiedener Hochwasserstände am Standort Isar ist als Bezugspegel der Datenbestand von Landau für die gemessenen Abflüsse zwischen 1926 bis 1990 ausgewertet worden. Hinsichtlich der Folgerung der Abflüsse für die Station Isar aus diesen Daten wurde mit dem Faktor 0,968 gerechnet.

1959 wurde der Sylvensteinstausee für den Hochwasserschutz im Isartal fertig gestellt. Bei der statistischen Auswertung der Daten wurden die Daten in die Phasen 1926 bis 1958 und 1959 bis 1990 aufgeteilt, um den dämpfenden Einfluss des Sylvensteinspeichers zu berücksichtigen.

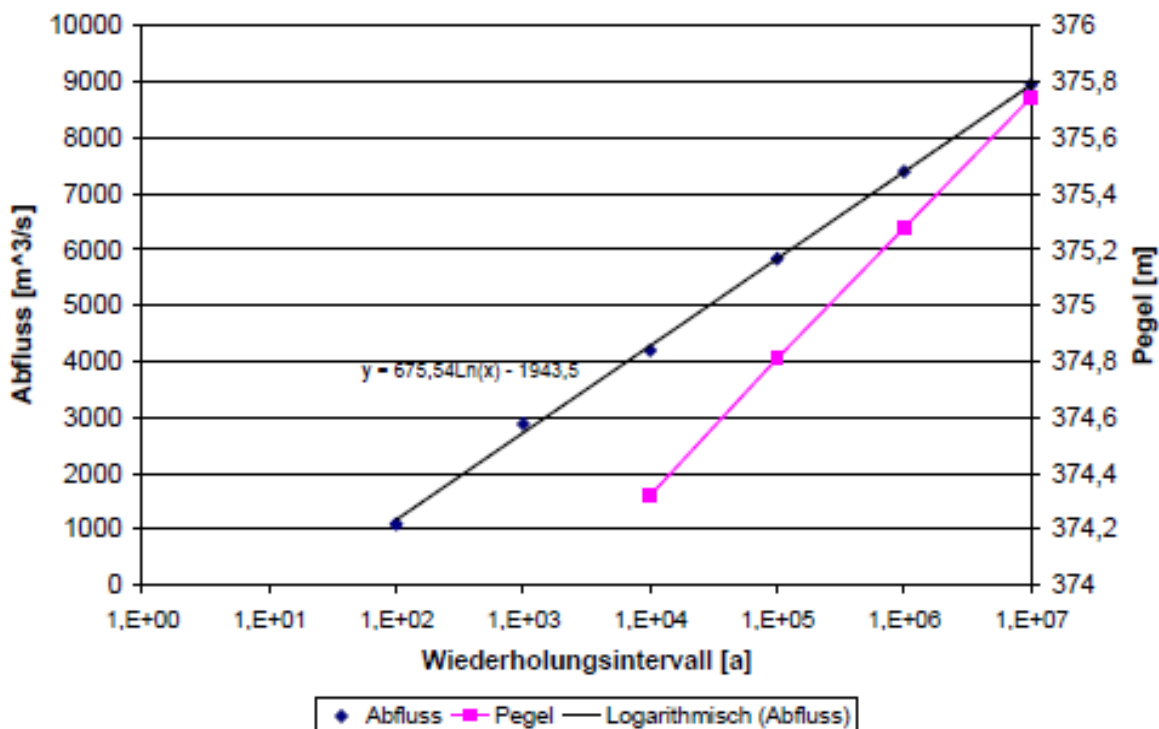
Es wurde angenommen, dass die Retentionsfähigkeit nach einem bis 1996 geplanten Ausbau des Speichers bis zum hundertjährlichen Hochwasser HQ_{100} wirksam ist. Bei den Hochwasserpegeln $HQ_{1.000}$ und seltener ist eine Retentionswirkung des Speichers nicht mehr gegeben, da der Speicher schon mit dem Anlaufen der Hochwasser-Welle aufgefüllt wird.

Auf Basis der erwähnten Jahresreihe zwischen 1926 und 1958 ist der Abfluss über $HQ_{1.000}$ linear extrapoliert worden bis zur Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10-4/a. Hierfür ergibt sich ein Abfluss von 4200 m³/s, was einem Pegel von 374,32 m ü. NN entspricht. Somit liegt die Anlage mehr als 1 m über dem Niveau des definierten Bemessungswasserstands, so dass das hohe Kraftwerksgelände (375,4 m ü. NN) bzw. die erhöhte Anordnung einen ausreichenden Schutz der Gebäude und Anlagenteile bietet. Ist die Abflussmenge größer als diejenige des 10.000-jährlichen Hochwassers, wird ein Dammbbruch im oberstromigen Bereich des Stauraumes angenommen. In Folge dessen findet der Gesamtabfluss nicht mehr über das Wehr der Staustufe Niederrachbach (Stauziel 375,5 m ü. NN) statt, sondern teilt sich auf Flussschlauch

(2400 m³/s) und Vorland (1800 m³/s) auf. Auf Grund dieser Untersuchungen kann daher geschlossen werden, dass selbst bei Anwendung einer „abdeckenden“ Verteilung (nach Pearson-III) eine Überschreitenswahrscheinlichkeit des Hochwasserpegels von 10⁻⁴ /a keine Beeinträchtigung der Anlage mit sich bringt. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich entsprechend der folgenden Tabelle zusammenfassen.

Wiederholungsintervall	Abfluss [m³/s]
HQ ₁₀₀	1089
HQ ₁₀₀₀	2880
HQ ₁₀₀₀₀	4200

Tab. 3-1: Abflussraten der Hochwässer im entsprechenden Wiederholungsintervall



Tab. 3-2: Abflussraten und Pegelstände der Hochwässer in Bezug zum Wiederholungsintervall

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 Sicher-

heitsüberprüfung 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

Zur Herstellung eines sicheren abgeschalteten Zustandes, zur Sicherstellung der Kühlwasserversorgung und zur Sicherstellung der Notstromversorgung sind die in Tabelle 3-2 angegebenen Bauwerke gegen das Bemessungshochwasser ausgelegt, so dass ein Eindringen von Wasser beim Bemessungshochwasserstand ausgeschlossen ist.

Nr.	Bauwerk
1	Reaktorgebäude mit Sicherheitsbehälter
2	Warten,- Betriebs- und Schaltanlagengebäude mit Teilsteuerstelle
3	Maschinenhaus
4	Notstromdieselgebäude 1
5	Notstromdieselgebäude 2
6	Kühlwasserentnahmebauwerk
7	Hilfskühlwasserpumpenbauwerk

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

Ein Versagen von Systemen kann bei einem Hochwasser ausgeschlossen werden, wenn die Bauwerke, in denen Sie untergebracht sind, gegen das Hochwasser ausge-

legt sind. Die folgenden Systeme (Tabelle 3-3), 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	Druckführende Umschließung
2	Reaktorschutz
3	Reaktorschnellabschaltung
4	Druckabbausystem und Gebäudeabschluss
5	Lagerbeckenkühl- und Reinigungssystem
6	Nachkühlsystem
7	Einspeisesystem
8	Flutsystem
9	Nachspeisesystem
10	Vergiftungssystem
11	Nebenkühlwasser und Zwischenkühlwasser des Betriebskühlkreis II
12	Nebenkühlwasser und Zwischenkühlwasser der Nachkühlkreisläufe
13	Durchdringungsabschluss der Hilfssysteme
14	Notstromversorgung, unterbrechungsfreie Drehstromversorgung, Gleichstromversorgung
15	Speisewassersystem
16	Frisch- und Hilfsdampfsystem
17	Nebenkühlwasser und Zwischenkühlwasser des Betriebskühlkreis I

Tab. 3-3: Systeme, die gegen das Bemessungshochwasser ausgelegt sind

3.1.2.2 Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser

Das Kernkraftwerk Isar 1 (KKI 1) wurde als Standort an einem Fluss gegen die Hochwasserabflüsse ausgelegt.

Durch die Festlegung der Gebäudekote auf 375,5 m ü. NN ist ein permanenter Hochwasserschutz gegeben, da die hochwasserfreien Gebäudeteile sicherheitstechnisch wichtiger Bauwerke nachweislich höher als der nach KTA 2207 ermittelte Überflutungswasserstand auf dem Gelände liegen.

Zur Sicherstellung eines sicheren Anlagenbetriebes sind gezielte Maßnahmen bei Hochwasser durchzuführen. Diese werden bei hoher Isarwasserführung und stark steigender Schmutzfracht eingeleitet.

Ein Hochwasser infolge Dambruch hat keine Auswirkungen auf die Anlagensicherheit und ist durch die Auslegung abgedeckt.

Zum Schutz vor Überflutung wurde das Kraftwerksgelände zudem auf +375,40 m angehoben.

3.1.2.3 Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser

Auslegungsgemäß ist die Anlage KKI 1 mit permanenten Hochwasserschutzmaßnahmen ausgestattet. Danach sind auch bei einem Wasserstand von 374,32 m ü. NN auf dem Anlagengelände keine sicherheitstechnischen Beeinträchtigungen zu unterstellen. Organisatorische und administrative Maßnahmen für eine Hochwassersituation sind im Betriebshandbuch festgeschrieben.

3.1.2.4 Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage

Bei Bemessungshochwasser ist zwar die Kraftwerksplanie zugänglich, nicht aber große Teile des umliegenden Isartales. In diesem Fall ist die Versorgung der Anlage mit

notwendigen Betriebsmitteln unter Inanspruchnahme technischer Hilfsmittel, z. B. aus der Luft, möglich. Auch die Ablösung des Personals kann auf diesem Wege bewerkstelligt werden. Durch das allmähliche Anlaufen der Hochwasserwelle ist für diese Maßnahme ein zeitlicher Vorlauf vorhanden.

3.1.3 Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage

3.1.3.1 Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen

Zur Gewährleistung der Übereinstimmung des KKI 1 mit der aktuellen Genehmigungslage besteht einerseits ein Betreiber eigenes Managementsystem für beide Blöcke und andererseits ein gestuftes atomrechtliches Verfahren unter Hinzuziehung von unabhängigen Sachverständigen durch die Behörden.

Beim Anlagenbetrieb sind 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 KKI ein integriertes Managementsystem für beide Blöcke, 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“
- DIN EN ISO 14001 „Umweltmanagementsystem Anforderungen“
- OHSAS 18001 „Arbeits- und Gesundheitsschutzmanagementsysteme Anforderungen“
- EMAS – „Eco Management and Audit Scheme“ (EG 1221/2009)
- BMU-Leitfaden „Grundlagen zur Bewertung von Sicherheitsmanagementsystemen in Kernkraftwerken“

- IAEA Safety Guide GS-R-3.1 „The Management System for Facilities and Activities“
- VGB Leitfaden zum Sicherheitsmanagementsystem

umgesetzt und die verschiedenen Aspekte u. a. zum Sicherheits-, Qualitäts-, Umwelt-, Arbeitssicherheits- und Gesundheitsschutzmanagement in einem Managementsystem integriert. Das Alterungsmanagement gemäß KTA 1403 ist als Bestandteil des Hauptprozesses „Instandhaltung“ im Managementsystem integriert.

Das integrierte Managementsystem umfasst auch die sicherheitsrelevanten Prozesse zum Sicherheitsmanagement. Höchste Priorität bei der Einordnung der verschiedenen Unternehmensziele hat der sichere Betrieb beider Blöcke des KKI. Deshalb nehmen das Sicherheitsmanagementsystem und die Sicherheitskultur einen besonderen Stellenwert ein. Während das Sicherheitsmanagementsystem integraler Bestandteil dieses Managementsystems ist, erschließt eine von allen verstandene und gelebte Sicherheitskultur alle Ebenen und Hierarchien des Kraftwerks.

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

Hinsichtlich der Instandhaltung von genehmigten Anlagenteilen müssen gemäß der BMU Sicherheitskriterien *„alle Anlageteile ... so beschaffen und angeordnet sein, dass sie entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung oder Aufgabe vor ihrer Inbetriebnahme und danach in regelmäßigen Zeitabständen in hinreichendem Umfang geprüft und gewartet werden können.“* Der Genehmigungsinhaber (s. Kap. 1) wird mit der Genehmigung u. a. rechtlich verpflichtet, regelmäßig durch wiederkehrende Prüfungen nachzuweisen, dass die für die Sicherheit der Anlage wesentlichen Anlagenmerkmale sowie Sicherheits- und Barrierefunktionen gegeben sind und die Qualität und Wirksamkeit der sicherheitstechnischen Maßnahmen und Einrichtungen gewährleistet sind. Die entsprechenden Bestimmungen sind in den Genehmigungen, in Sicherheitsspezifikationen und in der Sicherheitsdokumentation enthalten. Detaillierte Anforderungen an

Überwachung, wiederkehrende Prüfungen und Inspektion sind nach KTA 1201 (Anforderungen an das Betriebshandbuch) im Betriebshandbuch des KKI und nach KTA 1202 (Anforderungen an das Prüfhandbuch) im Prüfhandbuch des KKI 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 der Betriebserfahrungen der eigenen sowie anderer Anlagen überprüft und erforderlichenfalls geändert. Aktualisierungen des Prüfhandbuchs 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 Betriebshandbuch beschrieben ist. Wesentliche Änderungen, die die bestehende Genehmigung ändern oder einer Genehmigung bedürfen, werden im Rahmen eines atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens nach §7 AtG durchgeführt. Dabei werden erneut alle Genehmigungsvoraussetzungen des AtG sowie unterlagerter Verwaltungsvorschriften geprüft und sofern von der Änderung tangiert, auch die Anforderungen zur Beherrschung des 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 Isar 1 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 Isar 1 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 Isar 1 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, welches eine Erfassung in Form einer Störmeldung durchführt. Der Schichtleiter sichtet und beurteilt die Störmeldung u. a. hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Minderung der Anlagensicherheit sowie auf Abweichungen und Auswirkungen in Bezug auf bestehende Auflagen bzw. Festlegungen im Betriebshandbuch (z. B. Meldekriterien, zulässige Nichtverfügbarkeitszeiten usw.).

Gemäß der Verordnung über den Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV) hat der Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerkes Isar 1 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. Festgestellte Abweichungen werden sicherheitstechnisch bewertet und entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung erfolgt anschließend dann die Bearbeitung der Abweichung.

Hinsichtlich Hochwasser sind für KKI 1 keine Abweichungen vom spezifizierten Zustand bekannt.

3.2 Bewertung von Auslegungsreserven

3.2.1 Abschätzung von Auslegungsreserven 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 Anlage gegen Hochwasser und entsprechender Reserven sind keine Folgeereignisse eines auslegungsüberschreitenden Hochwasserereignisses zu erwarten, die nicht schon

Gegenstand der Betrachtungen des zu erwartenden Bemessungswasserstandes waren.

Unterstellt man das 1.000.000-jährliche Hochwasser mit einem Wasserabfluss von 7389 m³/s, würde sich ein maximaler Wasserspiegel von 375,28 m ü. NN einstellen. Das Kraftwerksniveau insgesamt weist eine Höhenkote von 375,4 m ü. NN auf, so dass alle gegen Hochwasser geschützten Gebäude - einschließlich der darin befindlichen sicherheitstechnisch wichtigen Systeme - auch in diesem ungünstigen Fall weiterhin verfügbar blieben. Eine Beeinträchtigung von Vitalfunktionen tritt nur ein, wenn die Höhe des Hochwassers die Zugänge der sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude erreicht oder sogar übersteigt. Sämtliche Zugänge zu nuklearen Anlagenteilen liegen auf 375,50 m ü. NN.

Für diese Hochwasserstände wurden aufgrund der äußerst geringen Eintrittswahrscheinlichkeit keine Überschreitungswahrscheinlichkeiten errechnet.

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

3.2.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung

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

Der Standort Isar ist in den Hochwasserwarndienst einbezogen, so dass sich die Vorwarnzeiten im Tagebereich bewegen, da sich ein Hochwasser vom Oberlauf her entwickelt. Im Bericht des Landesamts für Umwelt „Endbericht Hochwasser August 2005“ (http://www.hnd.bayern.de/ereignisse/hw220805/hw200508_endbericht.pdf) ist ersichtlich, dass sich Hochwasser am Oberlauf der Isar bis zum Standort KKI stark verzögert auswirkt.

Zum einen dient der Sylvensteinspeicher als Zwischenpuffer für die sich aufstauenden Wassermassen, zum anderen dauert es mindestens 24h bis das Pegelmaximum das Kraftwerk erreicht.

Die Vorwarnzeiten sind so bemessen, dass ausreichend Zeit für die Durchführung der Maßnahmen zur Verfügung steht.

Temporärer Hochwasserschutz

Sollte auf Grund des Pegelstandes ein Eindringen von Wasser in sicherheitstechnisch relevante Gebäude nicht ausgeschlossen werden können, stehen zusätzliche sicherheitstechnische Maßnahmen zur Verfügung wie etwa das Abdichten von vorhandenen Türen und Öffnungen, Maßnahmen zur Verminderung des statischen Drucks auf die geschlossenen Öffnungen oder etwa die Ableitung des eindringenden Wassers durch Lenzen.

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 Isar 1 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 Ge-

bäude bieten Schutz vor fliegenden Trümmern, Auslegung gegen Explosionsdruckwelle bietet Schutz vor Druck- und Zugwirkung).

In der Anlage KKI 1 sind sicherheitsrelevante Einrichtungen in massiven Bauwerken angeordnet und somit vor der Einwirkung von Windlasten geschützt. Durch Sturm losgelöste, umherfliegende Teile können aufgrund ihrer geringen Masse an Bauwerken, in denen sicherheitsrelevante Einrichtungen angeordnet sind und aufgrund der Ausführung dieser Bauwerke und der Ausführung der Verschlüsse von Bauwerksöffnungen keine relevanten Schäden anrichten.

Extreme Temperaturen

Hohe und Niedrige Umgebungstemperaturen

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

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

Hohe und Niedrige Kühlwassertemperaturen

Zur Eisfreihaltung der Kühlwasserentnahmebauwerke gibt es eine Auftaueinrichtung (Warmwasserrückführung) die bei Flusstemperaturen $< + 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ gemäß Betriebshandbuch in Betrieb genommen wird. Zudem besteht bereits durch den Wärmeeintrag der Anlage im Betrieb und damit der thermischen Vorbelastung des Flusses keine Gefährdung für die Kühlwasserversorgung.

Der Auslegung für die Sicherheitseinrichtungen lag eine Nebenkühlwassertemperatur von $23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ zugrunde. Aufgrund vorhandener Auslegungsreserven wurde nachgewie-

sen, dass die Beherrschung aller Betriebs- und Störfälle bei Isartemperaturen von 29 °C gegeben ist. Eine Annäherung an diesen Wert ist rechtzeitig absehbar, so dass das vorsorgliche Abfahren der Anlage gemäß BHB eingeleitet wird.

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 oder 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

Die Kühlwasserentnahme für Nebenkühlwasser erfolgt über zwei getrennte Nebenkühlwasserkammern, mit jeweils eigenen, notstromversorgten Kühlwasserreinigungsanlagen. Die Strömungsgeschwindigkeiten in den Nebenkühlwasserkammern sind relativ gering, so dass verhältnismäßig wenig Schmutzfracht aus dem Stausee angesaugt wird.

Die Fernüberwachung der Kühlwasserreinigungsanlage erfolgt über Meldung auf der Hauptwarte. Vor Ort erfolgt die Überwachung durch einen dafür abgestellten Mitarbeiter. Bei Bedarf wird Treibgut mit dem Portalkran oder Bagger vor dem Einlaufbauwerk entfernt.

Bei außergewöhnlichem Schmutzanfall besteht die Möglichkeit, die Kühlwasserreinigungsstraßen des Hauptkühlwassers mit zu nutzen. Weiter stehen auf dem Kraftwerksgelände zusätzliche Wasserreserven zur Verfügung.

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

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

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

Niedrigwasser

Der Standort KKI liegt im Bereich der Staustufe Niederaichbach mit einem zulässigen Absenkziel von 375,00 m ü. NN. Somit steht am Standort die in den BMI-Bewertungsdaten vom Vorfluter geforderte Mindestwassermenge zur Verfügung. Bei einem Bruch des Damms der Stauhaltung oder bei Versagen eines Wehrverschlusses der Staustufe Niederaichbach und entsprechendem Absinken des Wasserspiegels unter die Einlaufschwelle des Entnahgebauwerks, erfolgt die Wasserentnahme für das Hilfskühlwassersystem über dem Vorboden und damit an der tiefsten Stelle des Stausees. Die entsprechenden Maßnahmen sind im Betriebshandbuch dargestellt.

In weiteren postulierten Fällen 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

Die unter 4.1.1.1 dargestellten Wetterbedingungen wurden bereits in der Auslegung der Anlage berücksichtigt, daher sind hier keine weiteren Darstellungen erforderlich.

4.1.1.3 Bewertung der zu erwartenden Häufigkeit von unterstellten extremen Wetterbedingungen

Der Standort Isar liegt in einer klimatisch gemäßigten Zone, so dass extreme Wetterbedingungen sehr selten sind. Die Auslegung der sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile des KKW Isar 1 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 Kernkraftwerk Isar 1 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 kerntechnischen Regelwerks sowie der Berücksichtigung wesentlich höherer abdeckender Lasten aus anderen externen naturbedingten (Erdbeben, Hochwasser) oder zivilisatorischen Ereignissen (Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz) bei den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden sind mehr als ausreichend Auslegungsreserven vorhanden. Die Anlage ist gegen extreme Wetterbedingungen sehr robust ausgelegt.

4.2 Bewertung von Auslegungsreserven

4.2.1 Abschätzung von Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen

Extreme Wetterbedingungen sind grundsätzlich durch konventionelle 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 Isar 1 verfügt über drei Netzanschlüsse. Der Hauptnetzanschluss (400 kV), der Reservenetzanschluss (110kV) und den dritten erdverlegten Netzanschluss (20 kV-Ringnetz) über den 6 KV-Notstromnetzanschluss, der über das schwarzstartfähige Wasserkraftwerk Niederaichbach realisiert ist.

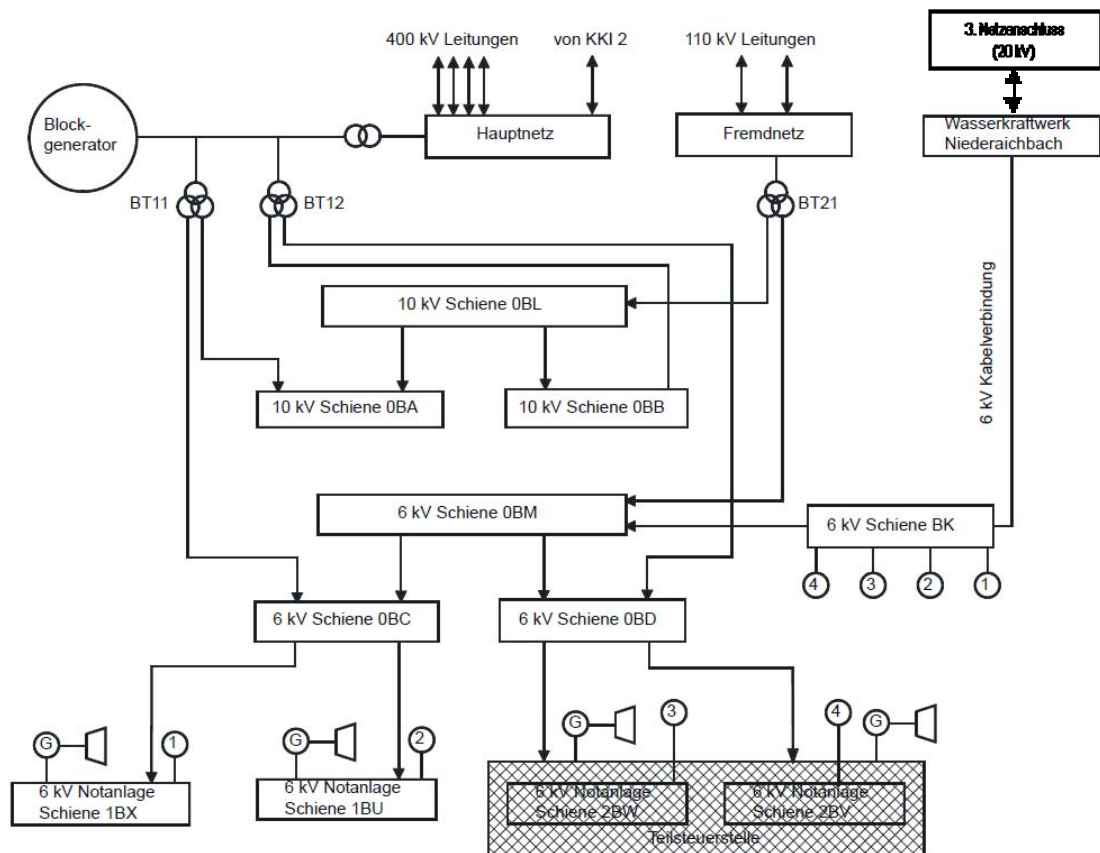


Abb. 5.1: Eigenbedarfsversorgung KKI 1 (vereinfachte Darstellung)

Es stehen folgende Einrichtungen zur Verfügung:

- 1 Maschinentransformator zum Verbundnetz (400 kV)
- 1 Reservenetztransformator mit Anbindung an das 110 kV-Reservenetz
- Generator mit 2 Eigenbedarfstransformatoren (27/10/6 kV)
- 4 Notstromdiesel, NSDA (6 kV)
- Dampfturbinengetriebenes Einspeisesystem
- 3. Netzeinspeisung (20 kV-Ringleitung): Anbindung über 6 kV-Notstromnetzanschluss und das schwarzstartfähige Wasserkraftwerk Niederaichbach
- mobiles Notstromdieselaggregat auf dem Gelände von KKI

Darstellung der gestaffelten Energieversorgung:

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

2. Lastabwurf auf Eigenbedarf

Der Lastabwurf auf Eigenbedarf wird durch KKI 1 beherrscht. Hierbei wird der 400 kV-Leistungsschalter geöffnet. Der 27 kV-Generatorschalter bleibt geschlossen. Es erfolgt keine Eigenbedarfsumschaltung, die Eigenbedarfsschienen werden weiterhin über die beiden Eigenbedarfstransformatoren vom Generator mit Spannung versorgt.

3. Umschaltung auf Reservenetz

Durch Störungen an der Haupteinspeisung oder am Maschinen- oder den Eigenbedarfstransformatoren wird der Netz- oder der Blockschutz aktiviert. Der Netzschutz öffnet den 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 an den Notstromschienen für einen definierten Zeitraum erkannt. Die Notstromdiesel NSDA werden gestartet und versorgen nach dem Hochlauf die zugehörigen Notstromschienen.

5. 3. Netzeinspeisung (20 kV-Ringleitung): Anbindung über 6 kV-Notstromnetzanschluss und das schwarzstartfähige Wasserkraftwerk Niederaichbach.

Nach Ausfall der kompletten Energieversorgung durch das Notstromnetz und der Eigenbedarfsversorgung kann die Stromversorgung aus dem 3. Netzanschluss hergestellt werden. KKI 1 ist über den 6kV-Notstromnetzanschluss und dem darüber direkt verbundenem schwarzstartfähigen Wasserkraftwerk Niederaichbach an den 3. Netzanschluss angebunden werden. Zur Versorgung steht

das schwarzstartfähige Wasserkraftwerk Niederaichbach und der 3. Netzanschluss (20kV-Ringnetz) zur Verfügung, welche zur Versorgung genutzt werden.

5.1.1 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss⁸

5.1.1.1 Auslegung der Anlage

Lastabwurf auf Eigenbedarf

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 ist das Reservenetz nicht verfügbar (LOOP), werden die NSDA 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 redundanzzugeordnete Notstromdieselaggregate (NSDA), über die alle Komponenten versorgt werden, die zur Störfallbeherrschung und der Schutzzeleinhaltung
 - Kontrolle der Reaktivität,
 - Kühlung der Brennelemente,
 - Einschluss der radioaktiven Stoffe,
 - Begrenzung der Strahlenexposition.

⁸ 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.

erforderlich sind.

3. Bei (postuliertem) Ausfall aller NSDA wird gemäß der Definition der IAEA-TECDOC-332 der Zustand Station Blackout erreicht. Für den Fall Station Blackout steht für die Reaktorbespeisung das dampfturbinengetriebene Einspeisesystem zur Verfügung. Es hält in diesem Fall den Reaktorfüllstand bis zur Wiederherstellung einer Stromversorgung für andere Systeme in einem zulässigen Bereich. Dazu werden die für den Betrieb des Systems maßgeblichen Verbraucher (Ölpumpen, Druckschieber, Reaktorschutz und Regelung) von batteriegesicherten Schienen versorgt. Aufgrund der Batteriekapazität ist ein mindestens 2-stündiger Betrieb des dampfgetriebenen Einspeisesystems gewährleistet.
4. Bei (postuliertem) Ausfall der NSDA besteht eine 6 kV-Kabelverbindung zum schwarzstartfähigen Wasserkraftwerk Niederaichbach und darüber ein Anschluss an das 20 kV Ringnetz. Diese können im Rahmen vorgesehener Notfallmaßnahmen mit hinterlegten Prozeduren im Notfallhandbuch aufgeschaltet werden, um die Nachwärmeabfuhr aufrecht zu erhalten.
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 von vorhandenem leichtem Gerätes die Bespeisung des Reaktors erfolgen kann.
6. Darüber hinaus ist auf dem Werksgelände von KKI ein mobiles Notstromaggregat stationiert, das im Anforderungsfall nur auf dem Werksgelände zum Einspeisepunkt transportiert werden muss.

Die Notstromanlage NSDA 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 Aggre-

gate in separaten Kammern angeordnet, um gegenseitige Beeinflussungen auszuschließen.

Die Notstromdiesel verfügen über je zwei Luftansaugöffnungen. Zusätzlich sind die zwei Notstromgebäude mit ausreichendem Abstand voneinander errichtet. Durch diese räumliche Trennung ist ein gleichzeitiger Ausfall beider NSDA-Redundanzen durch EVA-Einwirkung nicht zu unterstellen.

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

- dauerhaften Vorhaltung möglichst hoher Füllstände in den Behältern durch Nachtanken in kurzen Abständen (große abgesicherte Vorräte)
- Bereitstellung/Vorhaltung von mobilen Pumpen und Schläuchen zum Nachtanken aus zusätzlichen Vorratsbehältern (Heizöltanks)

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 Notstromdieselaggregate (NSDA) 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 in der KTA 3702 geregelt.

1. Kraftstoffvorrat NSDA

Die KTA 3702 fordert einen Kraftstoff- und Ölvorrat, der einen Betrieb der NSDA von mindestens 72h garantiert. Mit den auf der Anlage KKI 1 bevorrateten Kraftstoff- (Heizölbehälter der Hilfskessel) und Ölvorräte ergeben sich Betriebszeiten, die deutlich über

den von der KTA 3702 geforderten liegen. Zusätzlich kann durch gezieltes Abschalten von nicht (dringend) benötigten Verbrauchern der Kraftstoffverbrauch gesenkt und damit die Betriebsdauer erhöht werden.

Bei Unterschreiten eines festgelegten Mindestfüllstands in einem der Kraftstoffvorratsbehälter werden sämtliche auf der Anlage befindlichen Dieselvorräte mithilfe eines Tanklastzuges ergänzt.

Der zusätzlich zu den in den Tageskraftstoff- und Kraftstoffvorratsbehältern der Notstromdiesel vorhandene Kraftstoff in den beiden Heizölbehältern der Hilfskessel kann mittels eines auf der Kraftwerksanlage vorhandenen Tankwagens zum Nachbetanken der NSDA verwendet werden.

2. Schmierölvorrat NSDA

Zusätzlich zu dem in der Ölwanne der NSDA vorhandenen Schmieröl wird für einen längerandauernden Notstromfall die entsprechende Schmierölmenge EVA-gesichert in den Notstromgebäuden aufbewahrt. Darüber hinaus werden in einem abgegrenzten Lagerbereich Block 1 sowie im Lager Block 2 ausreichende Mengen an Schmieröl vorgehalten.

3. Kühlwasser NSDA

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 NSDA steht die Nebenkühlwasserversorgung zur Verfügung. Zudem können die NSDA über Notfallmaßnahmen mit Trinkwasser oder Feuerlöschwasser rückgekühlt werden.

Die Rückkühlung der Notstromdiesel erfolgt auslegungsgemäß über verschiedene Stränge / Pumpen der Nebenkühlwassersysteme von der Isar. Bei Ausfall dieser Kühlmöglichkeiten können die Notstromdiesel mit im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen mit Trinkwasser oder auch mit Feuerlöschwasser gekühlt werden.

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 72h-Betrieb vorgehalten. Grundsätzlich besteht die Anforderung gemäß Regel KTA 3702 bei Unterschreitung des minimal abzusichernden Füllstandes im Vorratsbehälter entsprechend 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 Aggregatebetriebes ergeben.

Die Nachtankaktionen sind geübte Praxis. Die notwendigen Einrichtungen sind vorhanden und verfügbar, ebenso der notwendige Umfang an Reserveteilen für die Aggregate. Die Maßnahmen sind Betriebshandbuch bzw. in entsprechenden Anweisungen 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, Boote) 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 auf Funktion bei Erdbeben ausgelegt. Unterstellte Folgeereignisse für die Notstromversorgung, die in kausalem Zusammenhang mit einem Erdbeben stehen können, sind deshalb nicht zu unterstel-

len. Dies gilt sowohl für Hochwasser als auch für Brände auf dem Gelände. Die Notstromdieselgebäude und deren Zugänge sind geodätisch entsprechend hoch gelegen. Die Aggregate sind baulich getrennt, um gegenseitige Beeinflussungen auszuschließen. Gleiches gilt auch für die Teilsteuerstelle KKI 1, die gegen Flugzeugabsturz gesichert und gebunkert ist.

Der Dieselbetrieb ist bei Ansaugung von Rauchgasen über die Verbrennungsluftzufuhr nicht beeinträchtigt, sofern der Brandherd wenige Meter von den Lüftungslamellen entfernt liegt.

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 zum Nachtanken aus den Heizöltanks
- Bereitstellung/Vorhaltung von Löschsystemen, Brandbekämpfungseinrichtungen, 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 KKI 1 befinden sich vier Notstromdiesel. 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 Notspeisediesel besteht eine vertraglich abgesicherte 24 h-Rufbereitschaft.

In den Fachabteilungen ist entsprechend ausgebildetes Personal verfügbar, das Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten bis zur Wartungsstufe W5 erledigen kann. 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 Notstromdiesel 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 (Straße oder Schiene). Eine alternative Anlieferung / Anreise per Hubschrauber oder ggf. per Boot ist möglich. Ein Hubschrauberlandeplatz ist vorhanden.

5.1.2 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle

5.1.2.1 Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption

In der vorliegenden Anlagenkonzeption sind keine anderen diversitären Einrichtungen zur Drehstromversorgung vorgesehen, so dass sich der gleiche Anlagenzustand einstellt wie er unter Kapitel 5.1.3 beschrieben wird.

5.1.2.2 Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung

Siehe Kapitel 5.1.3.2

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

5.1.3.1 Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung

Gemäß der RSK-Empfehlung wurde für KKI 1 der Nachweis für die 24 V- und 220 V-Batterien erbracht, dass die Batterien mindestens 2 Stunden verfügbar sind. Das Batteriesystem besteht aus 4 Strängen die 2 Redundanzen zugeordnet sind.

Bei der Ermittlung der vorgenannten Zeiten und Reserven der Gleichstromanlagen wurde angenommen, dass keine Handmaßnahmen zur Verlängerung der Entladezeiten durch Abschaltung nicht benötigter Verbraucher durchgeführt wurden. Dies wird jedoch bei einem längerandauernden Station Blackout insbesondere zur weiteren Verfügbarkeit des dampfturbinenbetriebenes Einspeisesystems und zur Aufrechterhaltung der leittechnischen Einrichtungen zur Anlagenüberwachung auf jeden Fall verfolgt.

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

Bei (postuliertem) Ausfall der externen Netzversorgung (Haupt- und Reservenetz), der Notstromversorgung NSDA 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.

Ist das Drittnetz (20 kV) nicht verfügbar steht eine direkte exklusive Verbindung zum schwarzstartfähige Wasserkraftwerk Niederaichbach zur Verfügung, das im Rahmen vorgesehener Notfallmaßnahmen mit hinterlegten Prozeduren im Notfallhandbuch auf die 6 kV Notstromschiene aufgeschaltet werden kann, um die Nachwärmeabfuhr aufrecht zu erhalten. Mit verfügbarem schwarzstartfähigem Wasserkraftwerk Niederaichbach ist die Spannungsversorgung und damit der Betrieb eines Nachkühlstranges gewährleistet. Die Abfuhr der Nachzerfallsleistung ist somit langfristig sichergestellt. Kern- bzw. BE-Schäden werden dann trotz nicht verfügbarer Notstromdiesel des Notstromnetzes verhindert. Ebenso ist die Lagerbeckenkühlung sichergestellt.

Neben den Notfallmaßnahmen zur Wiederherstellung des Notstromnetzes, die in den Notfallhandbüchern beschrieben sind, wird dem Versorgungsnetzbetreiber die aktuelle Versorgungssituation kommuniziert. Die kurzfristige (< 2 Stunden) Spannungsversorgung durch den Netzbetreiber wird eingefordert. Hierzu hat der Netzbetreiber Vorkehrungen im Rahmen seines Netzwiederaufbaukonzeptes getroffen.

Wird weiterhin postuliert, dass auch die Versorgungsmöglichkeit über den Drittnetzanschluss nicht verfügbar ist, wird ein Zustand erreicht, in dem dann noch die Batteriekapazitäten für einen Mindestzeitraum von 2h zur Verfügung stehen. Parallel sind Notfallmaßnahmen vorgesehen, so dass unter Verwendung vorhandenen leichten Gerätes die Bespeisung des Reaktorkerns (z. B. mit Feuerlöschwasser über die verbrennungsmotorgetriebene Feuerlöschpumpe) fortgesetzt werden kann, um Kernschäden zu verhindern.

Dieser Anlagenzustand wird bislang postuliert für eine Dauer von 2h. Verfahrenstechnisch stehen in dieser Phase neben der Leittechnik diejenigen aktiven Komponenten noch zur Verfügung, die über batteriegepufferte unterbrechungsfreie Schienen versorgt werden. Dies sind im Wesentlichen Armaturen aus dem Bereich Druckbegrenzung und Druckentlastung des RDB und aus dem Bereich der Systemabgrenzungen

Mit dem dampfbetriebenen Einspeisesystem ist in der ersten Phase nach Beginn des Zustandes die Füllstandshaltung im RDB gesichert. Die entsprechenden Vorgehensweisen sind im Notfallhandbuch sowie im Betriebshandbuch hinterlegt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der RDB-Bespeisung mit einer verbrennungsmotorgetriebenen Feuerlöschpumpe.

Folgende Notfallmaßnahmen sind zur Beherrschung der Situation vorgesehen:

- Dampfturbinengetriebenes Einspeisesystem
- Nutzung eines in KKI vorhandenen mobilen Dieselaggregates zur Unterstützung und Nachladung der Batteriesätze
- passive Wassereinspeisung in den RDB aus dem Speisewasserbehälter ohne Speisewasserpumpen
- Wassereinspeisung in den RDB mit dem Feuerlöschsystem

Die Randbedingungen (Personalbedarf/systemtechnische Voraussetzungen und ggf. Nachalarmierung von Einsatzpersonal) sind im jeweiligen Notfallhandbuch-Kapitel genannt. Während dieser Zeitspanne wird der RDB-Druck über die S/E-Ventile mit den batteriegesicherten Vorsteuerarmaturen begrenzt und der Füllstand im RDB bei Unterschreitung eines festgelegten Grenzwert durch die Einspeisung mit dem dampfturbinengetriebenen Einspeisesystem im zulässigen Bereich gehalten. Die Steuerung und Regelung des dampfturbinengetriebene Einspeisesystems sowie die zum Betrieb erforderlichen Hilfskomponenten und Armaturen werden von den unterbrechungsfreie Schienen versorgt. Mit diesen Maßnahmen ist die Wärmeabfuhr aus dem Kern durch die automatisch ablaufenden Maßnahmen zunächst für einen Zeitraum von mehreren Stunden sichergestellt. Die Nachzerfallswärme wird dabei in der Kondensationskammer gespeichert. Nach Versuchen und Berechnungen stehen bis zum Erreichen einer Kondensationskammertemperatur von 100° C mehr als 6 h zur Verfügung. Der durch den Ausfall des Notstromsystems verursachte Ausfall der Ölkühlung des Schmier- und Steuerölsystems der dampfgetriebene Turbine ist zulässig, ohne dass die Funktion des Systems in einem Zeitbereich von ≤ 5 h gefährdet ist.

Durch die Maßnahme Wassereinspeisung in den RDB mit dem Feuerlöschsystem kann nach einer Druckentlastung des RDB mit

- der stationären verbrennungsmotorgetriebenen Feuerlöschpumpe
- der Verbindungsleitung zum Feuerlöschsystem KKI Block 2,
- weiteren auf der Anlage vorhandener mobiler Pumpen oder
- der Unterstützung durch externe Feuerwehren

Isarwasser in das Feuerlöschsystem eingespeist und über die Leitungen des Nachkühlstrangs und die Speisewasserleitung direkt in den Reaktor gefördert werden. Durch die Einspeisemenge wird langfristig die Kernkühlung auch ohne Wiederherstellung der Batterieversorgung sichergestellt.

Zur Durchführbarkeit der Maßnahme muss das Feuerlöschsystems mit einer der vorgenannten Bespeisungsmöglichkeiten verfügbar und der Zugang zum Reaktorgebäude möglich sein. Die erforderliche Personalkapazität ist durch die vorhandene Schichtbesetzung abgedeckt. Der Zeitbedarf zur Durchführung der Maßnahme beträgt nach Notfallhandbuch weniger als 1 h.

BE-Beckenkühlung

Im Normalbetrieb erfolgt die Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken mit dem Lagerbeckenkühlsystem. Bei dessen Ausfall wird die Lagerbeckenkühlung von zwei Strängen des notstromgesicherten Nachkühlsystems übernommen. Stehen auch diese Kühlmöglichkeiten nicht zur Verfügung, bestehen aufgrund der verhältnismäßig geringen Nachzerfallsleistung und dem großen Wasserinventar im Lagerbecken und der daraus resultierenden langen Karenzzeiten weitere Möglichkeiten der Wärmeabfuhr aus dem BE-Becken:

- a. Installation und Inbetriebnahme einer zusätzlichen Kühlwasserversorgung für die Lagerbeckenkühleinrichtung mittels Feuerlöschwasser
- b. Kühlung des BE-Beckens durch Wasseraustausch
- c. Wärmeabfuhr aus dem BE-Becken durch Verdampfung bei Erreichen des Siedezustands und Nachspeisung von Wasser (z. B. Feuerlöschwasser). Bis zum Erreichen der Siedetemperatur im BE-Becken steht eine Karenzzeit von ca. 6 Tagen zur Verfügung. Bis zum Eintreten von BE-Schäden müsste zusätzlich noch das gesamte Wasserinventar im BE-Becken oberhalb der Brennelemente verdampfen.

Geräte am Standort

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, welches eine Versorgung der Batterien ermöglicht

externes Gerät

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

Zudem ist der Anschluss von mobilen Notstromaggregaten möglich. Mobile externe Notstromaggregate können unter anderem beim Netzbetreiber, bei den Katastrophenschutzkräften und beim Technischen Hilfswerk angefordert werden. Im südlichen Versorgungsgebiet (E.ON-Bayern) werden in Summe 72 mobile Notstromaggregate vorgehalten, wobei 26 dieser Aggregate elektrische Leistungen von 400 kVA bis 1000 kVA haben. Die Standorte und Verfügbarkeiten der mobilen Notstromaggregate sind mithilfe eines elektronischen Auftragsbuchs zeitnah festzustellen. Darüber hinaus ist derzeit auf dem Werksgelände von KKI ein mobiles Notstromaggregat stationiert.

Nahegelegene Kraftwerke

Das KKI 1 verfügt über drei Netzanschlüsse. Der Hauptnetzanschluss (400 kV), der Reservenetzanschluss (110 kV) und den erdverlegten 6 kV Kabelanschluss an das WKW Niederaichbach. Im Falle eines Ausfalls der Notstromdiesel und einem großflächigen Netzausfall, 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 Netzinseln
- 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 unterschiedliche Netzebenen einspeisen (z. B. über den dritten Netz-

anschluss (20 kV), der über die 6 kV Notstromschiene und das Wasserkraftwerk Niederaichbach realisiert 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 bzw. die exklusive Anbindung an das schwarzstartfähige Wasserkraftwerk Niederaichbach 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 2h. Verfahrenstechnisch stehen in dieser Phase neben der Leittechnik diejenigen aktiven Komponenten noch zur Verfügung, die über batteriegepufferte unterbrechungsfreie Schienen versorgt werden. Dies sind im Wesentlichen Armaturen aus dem Bereich Druckbegrenzung und Druckentlastung des RDB und aus dem Bereich der Systemabgrenzungen

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 Wasserkraftwerk Niederaichbach können die vitalen Funktionen für die Überwachung des Anlagenzustandes durch Nachladen der Batterien für KKI 1 aufrechterhalten werden.

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 Notstromdieseln (NSDA) 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 Integrität der Druckführenden Umschließung 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 und des Anlagenzustandes derzeit neu überdacht.

5.2 Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser

Die in der Anlage zur Verfügung stehenden Wärmesenken werden über das Haupt- oder Nebenkühlwassersystem gekühlt. Es sind sechs verschiedene Systemgruppen zu unterscheiden:

- Das Hauptkühlwassersystem
- Der Betriebskühlkreis I, bestehend aus einem geschlossenen Zwischenkühlkreis und einem zugehörigen Nebenkühlwassersystem.
- Der Betriebskühlkreis II, bestehend aus einem geschlossenen Zwischenkühlkreis und einem zugehörigen Nebenkühlwassersystem.
- Die Nachkühlkreise, bestehend aus vier völlig voneinander unabhängigen Zwischenkühlkreisen. Jedem dieser Zwischenkühlkreise ist ein eigenes Nebenkühlwassersystem zugeordnet.
- Das Hilfskühlwassersystem, das bei Dambruch die Kühlwasserversorgung sicherstellt.
- Einlaufbauwerk, Auslaufkanäle

Während das Hauptkühlwasser der Kühlung der Hauptwärmesenke über die Kondensatoren dient, wird die über die Zwischenkühlkreise aufgenommene Wärme an die Nebenkühlwassersysteme abgegeben. Das Kühlwasser wird über das gegen EVA ausgelegte Kühlwasserentnahme- und Pumpenbauwerk der Isar oberwasserseitig entnommen. Es beinhaltet die 4 Hauptkühlwasserpumpen sowie 2 baulich getrennte Nebenkühlwasserkammern mit den Nebenkühlwasser- und Feuerlöschpumpen.

Das in das Kühlwassersammelbecken eingeleitete, erwärmte Kühlwasser kann bedarfsweise über Zellenkühler rückgekühlt werden, bevor es in die Isar zurückgeleitet wird.

5.2.1 Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung

Möglichkeiten der Kühlwasserversorgung bei Ausfall des Vorfluters

Bei Ausfall des Vorfluters bestehen folgende Möglichkeiten für die Kühlwasserversorgung von sicherheitstechnisch wichtigen Systemen:

- Kühlwasserversorgung durch zwei notstromversorgte Hilfskühlwasserpumpen, die Flusswasser aus dem natürlichen Flusslauf der Isar in das Sam-

melbecken des Kühlwassereinlaufbauwerks fördern. Der natürliche Flusslauf bleibt auch nach einem Damm- bzw. Wehrbruch mit Wasser gefüllt. Das Hilfskühlwassersystem ist erdbebensicher ausgeführt und die Hilfskühlwasserpumpen sind räumlich getrennt vom Kühlwasserentnahmebauwerk aufgestellt.

- Um bei Ausfall der notstromversorgten Hilfskühlwasserpumpen noch eine Wärmesenke zur Verfügung zu haben, ist vorgesehen, das zu kühlende Nebenkühlwasser in die Tasse des Zellenkühlers zu leiten, in der das Wasser abkühlt, mit kaltem Feuerlöschwasser vermischt und anschließend über die Nebenkühlwasserpumpen wieder den sicherheitstechnisch wichtigen Kühlstellen zugeführt wird.
- Zusätzlich zu den vorgenannten Maßnahmen ist die Kühlung der Notstromdiesel entsprechend den Vorgaben im Betriebshandbuch unabhängig von der Isar durch Zumischen von Brunnenwasser über die Druckhaltepumpe des Feuerlöschsystems oder die Querverbindung zu Block 2 möglich.
- Auch im Notfallhandbuch ist eine Notfallmaßnahme zur Kühlung der Notstromdiesel mit Trinkwasser vorgesehen.

Ausfall Pumpenbauwerk

Die Nebenkühlwasserpumpen der Nachkühlstränge und der Betriebskühlkreise sind im Kühlwasserentnahmebauwerk in den Nebenkühlwasserredundanzen 1 und 2 baulich getrennt in 2 Pumpenkammern aufgestellt. Das Kühlwasserentnahmebauwerk wurde gemäß Betriebsgutachten unterhalb der Kote +377,00 m ü. NN. u. a. gegen folgende Lasten ausgelegt:

- Maximalerdbeben
- spezifizierte Druckwelle durch chemische Explosion
- Trümmerschutz gegen Bauteile, die bei Zerstörung des Bauwerkes oberhalb dieser Kote auf die Decke herabfallen

Die beiden baulich getrennten Pumpenkammern der Nebenkühlwasserredundanzen sind darüber hinaus gegen Flugzeugabsturz gemäß den zum Zeitpunkt der Projektierung der Anlage festgelegten Lastannahmen ausgelegt.

Die Nebenkühlwasserpumpen der beiden Nachkühlstränge einer Redundanz sind im Jahre 1980 gegen überflutbare Tauchmotorpumpen ausgetauscht worden. Damit ist ein vollständiger Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung hinreichend unwahrscheinlich.

Sollte es trotz der vorgenannten Auslegungen und Vorsorgemaßnahmen zu dem unwahrscheinlichen Ereignis eines vollständigen Ausfalls des Kühlwasserentnahmebauwerks mit den Pumpenkammern der Nebenkühlwasserredundanzen kommen, besteht weiterhin die Möglichkeit der Kühlwasserversorgung von sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten durch Kühlung der Notstromdiesel mit Trinkwasser oder mit Feuerlöschwasser gemäß NHB.

Ausfall Kühlwasserrücklauf

Die beiden Kühlwasserauslaufkanäle sind aus Stahlbeton gefertigt und leiten das Kühlwasser nach Aufnahme der abzuführenden Wärme aus den Wärmetauschern zur Isar zurück. Je nach unterstelltem Szenario, das zum Ausfall des Kühlwasserrücklaufs führen könnte, gibt es folgende Möglichkeiten zum Abfluss des Kühlwassers und somit zur Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr ohne sicherheitstechnisch wichtige Komponenten und Gebäude zu gefährden:

- bei einem Rückstau im Kühlwasserrücklauf kann das Nebenkühlwasser aus dem nach oben offenen Kühlwassersammelbecken über das Kraftwerksgelände abfließen.
- bei einer Zerstörung des Auslaufkanals könnte das Nebenkühlwasser aus der freiwerdenden Öffnung austreten und über das Kraftwerksgelände abfließen.
- bei einem fehlerhaften Schließen der Auslaufschütze kann das Nebenkühlwasser durch Öffnen von Schützen in den Kühlwasserkanälen wahlweise in die Kühlturmtasse, zurück vor das Einlaufbauwerk oder in den Seitengraben

geleitet werden. Die Kühlturmtasse selbst ist wieder nach oben offen, wodurch das Nebenkühlwasser über das Kraftwerksgelände abfließen kann.

5.2.2 Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers

5.2.2.1 Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke

Wärmeabfuhr aus dem SHB durch SHB-Druckentlastung (Venting)

Da bei einem unterstellten vollständigen Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung die in die Kondensationskammer eingeleitete Wärme aus dem Reaktor nicht ausreichend aus dem Sicherheitsbehälter abgeführt werden kann, kommt es aufgrund des Temperaturanstiegs des Kondensationskammerwassers zu einem stetigen Druckaufbau im Sicherheitsbehälter. Bei Erreichen eines festgelegten Grenzwerts wird eine SHB-Druckentlastung nach NHB eingeleitet. Diese bietet die Möglichkeit durch die gefilterte Ableitung von Gas oder Dampf aus dem Gasraum der Kondensationskammer den Druck im Sicherheitsbehälter zu begrenzen und abzusenken.

Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken

Bei einem unterstellten vollständigen Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung steht die bestimmungsgemäße Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken nicht mehr zur Verfügung. In diesem Fall stehen folgende Kühlmöglichkeiten zur Verfügung:

- Installation und Inbetriebnahme einer zusätzlichen Kühlwasserversorgung für die Lagerbeckenkühleinrichtung mittels Feuerlöschwasser. Hierzu wird dem Feuerlöschsystem Wasser entnommen und dem Lagerbeckenkühler zugeführt. Im Rücklauf des Kühlers wird das erwärmte Wasser über die Hauptkühlwasserleitung in den Kühlwasserauslauf zurückgegeben. Aufgrund der Verbindungsleitung zum Feuerlöschsystem Block 2 bleibt auch bei einem Ausfall des Vorfluters bzw. des Pumpenbauwerks das Feuerlöschsystem verfügbar. Die benötigte Pumpe des Lagerbeckenkühlkreises ist notstromversorgt.

- Kühlung des BE-Lagerbeckens durch Wasseraustausch (Variante A):
Das erwärmte Lagerbeckenwasser kann in den Abwassertank und Puffertank abgelassen und über diesen Weg der Abwasseraufbereitungsanlage zugeführt werden. Die Wassernachspeisung kann aus den Deionatbecken mit den notstromversorgten Deionatpumpen oder aus dem Kondensatvorratsbehälter mit den Spülwasserpumpen erfolgen.
- Kühlung des BE-Lagerbeckens durch Wasseraustausch (Variante B):
Das erwärmte Lagerbeckenwasser kann wie vorstehend beschrieben der Abwasseraufbereitungsanlage zugeführt werden. Die Nachspeisung erfolgt mit Wasser aus dem Feuerlöschsystem. Diese Fahrweise kann in Anlehnung an die Notfallmaßnahme zur Wassereinspeisung in den RDB mit dem Feuerlöschsystem mit geringen Anpassungen durchgeführt werden. Die Verfügbarkeit des Feuerlöschsystems ist durch die Verbindungsleitung zum Feuerlöschsystem Block 2 sichergestellt.
- Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken durch Verdampfung bei Erreichen des Siedezustands und Nachspeisung durch eine der oben genannten Fahrweisen.

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

Die SHB-Druckentlastung über das Ventingsystem ist mehrfach wiederholbar. Die Löschwasserversorgung für Block 2 wird aus dem natürlichen Isarbett entnommen. Damit ist auch im Falle eines Dammbrechens die Verfügbarkeit der Löschwasserversorgung über die Querverbindung für Block 1 sichergestellt und die oben beschriebenen Maßnahmen bleiben langfristig verfügbar.

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

Entsprechend den obigen Ausführungen sind keine externen Mittel zwingend notwendig, d. h. zur langfristigen Gewährleistung einer Wärmesenke sind alle notwendigen Systeme und Komponenten vor Ort. Zusätzlich können aber auch Feuerwehren und das THW aus den Nachbarorten zur Unterstützung herangezogen werden.

Eine zusätzliche externe Absicherung bietet die Möglichkeit der Zuschaltung der 3. Netzeinspeisung über das Wasserkraftwerk Niederaichbach, um die elektrische Versorgung von Notstromverbrauchern wiederherzustellen.

Darüber hinaus ist auf dem Werksgelände von KKI ein mobiles, luftgekühltes Notstromaggregat mit einer Leistung von 1 MVA stationiert, das im Anforderungsfall nur auf dem Werksgelände zum Einspeisepunkt transportiert werden muss.

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

Folgende Maßnahmen sind bereits beantragt bzw. befinden sich in der Planung (Stand 30.06.2011), um für den langfristigen Leistungsbetrieb der Anlage die Sicherheitsreserven im Ereignisfall zu erhöhen.

Errichtung eines neuen Notstromdieselgebäudes sowie Einbau eines neuen, luftgekühlten, diversitären Notstromdieselaggregats

Nach Fertigstellung und Einbindung des luftgekühlten, diversitären Notstromdieselaggregats in die Notstromanlage wird zukünftig aufgrund der Luftkühlung eine von der Rückkühlung durch die Isar unabhängige Möglichkeit der Notstromerzeugung zur Verfügung stehen.

Errichtung eines neuen Notstromdieselgebäudes sowie Einbau eines neuen, luftgekühlten, diversitären Notstromdieselaggregats

Im Rahmen der bereits konzipierten zukunftssichernden Maßnahmen (ZUSI) ist die Errichtung eines weiteren Notstromdieselgebäudes mit dem Einbau eines weiteren luftgekühlten und damit diversitären Notstromdieselaggregats als Ersatz für den bisherigen wassergekühlten Notstromdiesel vorgesehen.

Redundante Nebenkühlwasserversorgung

Für Block 1 ist geplant, eine vom Kühlwasserentnahmebauwerk und dem Vorfluter (Stausee Niederaichbach) unabhängige Kühlwasserversorgung zu errichten. Hierzu soll eine Nebenkühlwasserpumpe in die freie Pumpenkammer des Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerks 2 von KKI2 ausgelagert werden. Das Kühlwasser wird dabei über einen vorhandenen Kanal aus dem Unterlauf der Isar entnommen und vom Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerks 2 von KKI2 über eine neu zu verlegende Rohrleitung in die Vorlaufleitung eines der bestehenden Nebenkühlwasserstränge gefördert werden.

Es handelt sich bei den vorgenannten Einrichtungen um Systeme zur auslegungsgemäßen Störfallbeherrschung und nicht um Notfalleinrichtungen.

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 verstanden.

5.3.1 Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern Leistungsbetrieb

Als einzige Energieversorgung steht bei einem Station Blackout zunächst ausschließlich die unterbrechungsfreie Stromversorgung aus den Batterien zur Verfügung, die für eine Zeit von mindestens 2 Stunden ausgelegt ist. Da der Reaktorschutz von der unterbrechungsfreie Stromversorgung versorgt wird, werden die Reaktorschutzmaßnahmen ausgelöst.

Wird im Verlauf eines Station Blackout erkennbar, dass eine Nachspeisung der Batterien mit einer Reihe von möglichen Notfallmaßnahmen nicht erfolgen kann, wird zeitnah eine gezielte Druckabsenkung des Reaktordruckbehälters bei einer gleichzeitigen Füllstandshaltung durch das Einspeisesystem vorgenommen. Der Antrieb der Pumpe des Einspeisesystems erfolgt durch die mit Reaktordampf betriebene Turbine des Einspeisesystems. Mit diesen Maßnahmen ist die Wärmeabfuhr aus dem Kern durch die automatisch ablaufenden Maßnahmen zunächst für einen Zeitraum von mehreren Stunden sichergestellt. Die Nachzerfallswärme wird dabei in der Kondensationskammer gespeichert. Bis zum Erreichen einer Kondensationskammertemperatur von 100°C, bis zu der eine Bespeisung mit den HD-Systemen möglich ist, stehen viele Stunden zur Verfügung. Der durch den Station Blackout verursachte Ausfall der Ölkühlung des Schmier- und Steuerölsystems der Turbinenanlage des Einspeisesystems ist zulässig, ohne dass die Funktion des Systems in einem Zeitbereich von ≤ 5 h gefährdet ist.

Insgesamt ist festzustellen, dass mittels des Einspeisesystems die Kernkühlung gesichert ist, solange die Batteriespannung aufrechterhalten werden kann.

Zur Aufrechterhaltung der Batteriespannung sind folgende Notfallmaßnahmen vorgesehen:

- Sicherstellung der Stromversorgung der 6 kV-Notstromschienen über das Wasserkraftwerk Niederaichbach
- Start der Notstromdiesel von Hand
- Einspeisen mit einem mobilen Notstromdieselaggregat

In Punkt 5.2.3.1 wird auf das auf dem Anlagengelände stationierte mobile Notstromdieselaggregat verwiesen und die entsprechenden Maßnahmen erläutert. Ziel dieser Maßnahmen ist unter Anderem die Sicherstellung eines langfristigen Betriebes des Einspeisesystems durch das Nachladen und Stützen der Batteriesätze zu gewährleisten.

Parallel dazu werden die Maßnahmen des Notfallhandbuchs zur Wassereinspeisung in den RDB für den Niederdruckbereich eingeleitet. Im Fall ohne Wiederherstellung der Batterieversorgung steht insbesondere folgende Möglichkeit zur Bespeisung des Reaktors zur Verfügung:

Wassereinspeisung in den RDB mit dem Feuerlöschsystem

Durch diese Maßnahme kann mit

- der stationären verbrennungsmotorgetriebenen Feuerlöschpumpe
- der Verbindungsleitung zum Feuerlöschsystem KKI Block 2,
- weiteren auf der Anlage vorhandenen mobilen Pumpen oder
- der Unterstützung durch externe Feuerwehren

Isarwasser in das Feuerlöschsystem eingespeist und bevorzugt über die Leitungen des Nachkühlstrangs und die Speisewasserleitung direkt in den Reaktor gefördert werden. Auf diese Weise kann langfristig die Kernkühlung bei einem Station Blackout auch ohne Wiederherstellung der Batterieversorgung sichergestellt werden.

Ist das Einspeisesystem nicht verfügbar, kann auch nach erfolgter Anlagendruckentlastung optional die ND-Einspeisung aus dem Speisewasserbehälter erfolgen, sofern der Druck im RDB kleiner demjenigen im Speisewasserbehälter ist.

Nichtleistungsbetrieb

Bei Nichtleistungsbetrieb sind die Notfallmaßnahmen gemäß Notfallhandbuch analog zum Leistungsbetrieb grundsätzlich weiterhin gültig und wirksam. Ausgenommen davon sind die Einspeisemöglichkeit mit der Einspeiseturbine und die passive Wassereinspeisung aus dem Speisewasserbehälter ohne Speisewasserpumpen.

5.3.2 Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden

Durch die Notfallmaßnahmen ist die Stromversorgung mindestens eines Stranges der Notstromschienen über eine vorbereitete Verbindung mit dem Wasserkraftwerk Niederaichbach wieder herzustellen.

Mobile externe Notstromaggregate können unter anderem beim Netzbetreiber, bei den Katastrophenschutzkräften und beim Technischen Hilfswerk angefordert werden. Die Standorte und Verfügbarkeiten der mobilen Notstromaggregate sind mithilfe eines elektronischen Auftragsbuchs zeitnah festzustellen. Darüber hinaus ist auf dem Werks-gelände von KKI ein mobiles Notstromaggregat mit einer Leistung von 1 MVA stationiert.

Ansonsten gilt, dass Hilfsmittel, die zur Durchführung von Notfallmaßnahmen notwendig sind, anforderungsgerecht vor Ort zur Verfügung stehen.

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

Verbesserungsmaßnahmen gegen den Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers sind bereits in 5.2.5 genannt worden.

Mit den dazu ergänzenden hier insgesamt beschriebenen Optionen sowohl des Einsatzes des in KKI 1 vorgehaltenen mobilen Notstromaggregats, den zur Verfügung stehenden mobilen Pumpen als auch der Möglichkeit der 3. Netzeinspeisung, die alle dem Ziel der Stromversorgung bzw. der Nachwärmeabfuhr dienen, wird das hohe Maß der

technischen Absicherung zur Gewährleistung des Schutzziels hinsichtlich der Wärmeabfuhr gezeigt.

6 Management schwerer Unfälle

6.1 Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen

Die anlageninterne Notfallschutzplanung des Kernkraftwerkes Isar 1 (KKI 1) 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 in den schutzzielorientierten BHB-Kapiteln 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 KKI 1 sollen in ihrer Anwendung ausgefallene oder nichtverfügbare Sicherheitseinrichtungen ersetzen oder die Aufrechterhaltung von Rückhaltefunktionen hinsichtlich des Aktivitätsinventars gewährleisten. 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 KKI 1 über die erforderliche Organisationsstruktur und hält die notwendigen technischen, organisatorischen und personellen Ressourcen vor.

KKI 1 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 KKI 1 verpflichtet, bei einem Ereignis mit radioaktiven Freisetzungen im Nahbereich um die Anlage und im höchstbetroffenen Sektor Messungen und Probenahmen durchzuführen und die Ergebnisse an die zuständige Behörde weiterzuleiten.

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

Der betriebliche Notfallstab wird extern unterstützt durch den Unternehmenskrisenstab der Zentrale, den Hersteller Notfallstab AREVA, durch externe Dienstleister wie dem Kerntechnischen Hilfsdienst (KHG) sowie durch Hilfeleistung der Kernkraftwerke untereinander.

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

Ein betreiberübergreifender Erfahrungsaustausch erfolgt in VGB-Arbeitskreisen.

6.1.1.1 Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb

Im Betriebshandbuch des KKI 1 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 KKI 1 beinhaltet u. a. die Bildung von Organisationseinheiten und die Vorhaltung technischer Einrichtungen, die eine effektive Koordination der Notfallmaßnahmen, eine umfassende Information der Öffentlichkeit und die Unterstützung der Behörden bei der Entscheidung über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung gewährleisten.

Bei einem Notfall im KKI 1 die Notfallorganisation einberufen. Sie besteht aus dem Notfallstab und den Einsatzeinheiten. Die Bildung der KKI 1 - Notfallorganisation erfolgt entsprechend den jeweiligen Festlegungen des Notfallhandbuches.

Über ein automatisches Alarmierungsverfahren wird die Besetzung sämtlicher Funktionen der Notfallorganisation sichergestellt. Aufgabe des Notfallstabs ist es, ggf. frühzeitig weiteres Personal zu ordern und das verfügbare Personal entsprechend den zu erwartenden Bedingungen und Gefährdungen geeignet aufzuteilen und unterzubringen. 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.

Der Standort Isar bietet auf Grund der Doppelblockanlage ein erhöhtes Potenzial an fach- und sachkundigem Personal mit vor Ort-Kenntnissen, welches innerhalb der Anlagen flexibel eingesetzt werden kann. Damit ist sichergestellt, dass auch langfristig fachkundiges Einsatzpersonal zur Verfügung steht.

Zusätzlich besteht ein Bereitschaftsdienst für wesentliche Funktionsträger der Notfallorganisation. Sofern die Situation vom Bereitschaftshabenden selbst erkannt wird, kommt dieser unaufgefordert zum Kraftwerk.

6.1.1.3 Maßnahmen für optimalen Personaleinsatz

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

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

6.1.1.4 Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen

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

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

Zur Unterstützung stehen folgende Institutionen, Firmen zur Verfügung:

- EKK-Unternehmenskrisenstab
- 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 KKI Notfallstab:

Infrastruktur

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

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

Weitere Hilfsmöglichkeiten sind in dem im Auftrag des BMU von der GRS betreuten „Katalog Hilfsmöglichkeiten“, zu dessen Zugriff KKI 1 über das Internet zugelassen ist, enthalten.

6.1.1.5 Verfahren, Ausbildung und Übungen

Eine ausreichende fachliche Qualifikation wird durch eine gezielte Ausbildung der vorgesehenen Mitglieder der Notfallorganisation anhand der Festlegungen des Ausbildungshandbuches sowie durch weitere praktische Notfallübungen sichergestellt. Dabei wird auch das Personal der Einsatzeinheiten angemessen berücksichtigt.

KKI 1 beübt bei Leistungsbetrieb jährlich seine Notfallschutzorganisation im Rahmen einer Vollübung. Alle vier Jahre findet eine unangekündigte behördliche Notfallschutzübung mit Beteiligung eines externen Gutachters 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 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 KKI 1 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 BHB's nicht eingehalten werden können. Bei der Durchführung von Maßnahmen des Notfallhandbuches wird grundsätzlich zustandsorientiert vorgegangen. Dies stellt somit eine kontinuierliche Fortsetzung des Schutzziel-BHB's dar.

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

- Wassereinspeisung in den RDB
- Wassereinspeisung in den SHB
- Druckabbau im RDB
- Sicherstellung der SHB-Integrität
- Maßnahmen gegen Einwirkung von Außen

- Sicherstellung der Stromversorgung
- Schutzzielübergreifende sonstige Maßnahmen
- Probenahmen

6.1.2.1 Nutzung externer mobiler Geräte

Mobile Feuerlöschpumpen und Schlauchverbindungen sind mehrfach an unterschiedlichen Lagerorten vorhanden. Alternativ zu den auf der Anlage vorhandenen Pumpen können handelsübliche Feuerlöschpumpen, z. B. von externen Feuerwehren oder Katastrophenschutzeinrichtungen verwendet werden. Diese sind je nach Zugangsmöglichkeit zur Anlage zeitnah verfügbar.

Darüber hinaus ist auf dem KKI Anlagengelände ein mobiles Notstromaggregat mit einer Leistung von 1 MVA stationiert, das im Anforderungsfall nur auf dem Werksgelände zum Einspeisepunkt transportiert werden muss.

Der Anschluss und die Inbetriebnahme der mobilen Notstromaggregate an den Notstromtransformatoren sind mit einem geringen zeitlichen und personellen Aufwand möglich.

6.1.2.2 Regelungen für das 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 für wichtige Komponenten auf der Anlage verfügbar. Sofern Reserveteile nicht am Standort verfügbar sind, können diese vom Hersteller kurzfristig beschafft werden.

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

Kraftstoff

Eine Kraftstoffnachbestellung erfolgt bei Unterschreiten von festgelegten Mindestbeständen in den Vorratsbehältern. Ist absehbar, dass ein Notstromfall länger andauern wird, werden frühzeitig Bestellungen von Kraftstoff veranlasst. Der Kraftstoff wird für KKI 1 üblicherweise von einem Lieferanten in unmittelbarer Umgebung des Kraftwerks geliefert. Telefonnummern der jeweiligen Ansprechpartner für Notfälle außerhalb der Geschäftszeiten liegen auf der Anlage vor.

Motorkühlwasser

Das Kühlwasser des motorinternen Kühlkreislaufs stellt kein Betriebsmittel dar, das einem Verbrauch unterliegt. Ergänzungen von Kühlwassermengen sind für den Dauerbetrieb grundsätzlich nicht erforderlich. Eine externe manuelle Nachspeisung (Deionat oder Trinkwasser) ist aber grundsätzlich möglich. Korrosionsschutzmittel muss bei diesen Kleinmengen nicht nachgefüllt werden, ist aber als Lagerbestand vorhanden.

Motoröl

In einem separat abgegrenzten Lagerbereich (Sperrlager) sind 10 Schmierölfässer (je 208 Liter) für den Betrieb der Notstromaggregate gelagert.

Darüber hinaus ist räumlich getrennt im Lager Block 2 das für den Betrieb und die Wartung der Notstromdieselmotoren Block 1 und 2 erforderliche Motoröl gelagert. Bei Erreichen des Lagermindestbestands wird vom Lagerverwaltungssystem automatisch eine Nachbeschaffung angelegt. Für das anzuliefernde Motoröl ist ein Herstellerzertifikat erforderlich. Beim Wareneingang wird dieses Zertifikat von der Chemie geprüft. Eine Verwendung des Motoröls ist erst nach der Freigabe durch die Chemie zulässig.

Ersatzteile

Die erforderlichen Ersatzteile für Wartung, Instandhaltung und Störungsbeseitigung sind im Teilelager KKI eingelagert. Bei Bedarf können über den MTU – Ersatzteil-schnelldienst telefonisch Ersatzteile angefordert werden. Es gibt von der Abteilung Maschinen-technik eine für die Wartung erforderlichen und nicht im KKI lagernden Teile eine MTU Jahresbestellung.

Bei Erreichen des Lagermindestbestands wird vom Lagerverwaltungssystem automatisch eine Nachbeschaffung angelegt.

Instandhaltungs- und Montagepersonal

Im KKI ist in den Fachabteilungen entsprechend ausgebildetes Personal verfügbar, das Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten bis zur Wartungsstufe W5 erledigen kann. Bei Firma MTU gibt es Montagepersonal mit KKI Ortskenntnissen, die per Telefon (Jahresauftrag) abrufbar sind.

Für die Anlieferung von Ersatzteilen, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie für die Anreise von Personal (Eigen- und Fremdpersonal) muss die Zufahrt zum Kraftwerksstandort gegeben sein. Die Anlieferung von Frachtgut kann alternativ mittels eines Hubschraubers erfolgen. Personal kann über den Luftweg oder mittels eines Bootes das Anlagengelände erreichen. Ein Hubschrauberlandeplatz ist vorhanden.

6.1.2.3 Management des Strahlenschutzes

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

- Checklisten zur Aufnahme und zur Analyse des aktuellen Anlagenzustands,
- Verfahren/Hilfsmittel zur Analyse und Darstellung des prognostizierten Anlagenzustands und der daraus folgenden wahrscheinlichen Quellterme,
- Verfahren/Hilfsmittel zur systematischen Ermittlung bestehender Handlungsoptionen, Abwägung der sich jeweils ergebenden Risiken und daraus resultierender Maßnahmenentscheidungen sowie der Maßnahmenverfolgung,

- Checklisten zur Aufnahme und Analyse radiologischer Daten, die innerhalb und außerhalb der Anlage erhoben werden,
- Verfahren/Hilfsmittel zur Ermittlung und Beurteilung der radiologischen Auswirkungen des Ereignisablaufs.

Für die Ermittlung der Strahlenexposition ist die Strahlenschutzleitung zuständig. Der Notfallstab 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 KKI 1 ein Messwagen mit den notwendigen Mess- und Analyseeinrich-
tungen 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 KKI 1 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 KKI 1 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 KKI 1 eingeschalteten Firmen und Organisationen
- Öffentlichkeit und Informationsmedien.

Die Kooperations- und Kommunikationsbeziehungen sind im Notfallhandbuch beschrieben.

Eine Lageübermittlung (Lageberichte) erfolgt per Fax und über Email elektronisch. Außerdem stehen vier spezielle Telefonverbindungen zum dauerhaften Austausch mit FüGK, Aufsichtsbehörde, dem Unternehmenskrisenstab und dem AREVA-Krisenstab zur Verfügung. 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.

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

Es sind verschiedene Geräte am Standort vorhanden, die nach EVA für eine Räumung der Verkehrswege genutzt werden können. Hierzu gehören:

- mehrere Gabelstapler mit verschiedenen Antrieben
- Transportwagen
- Schwerlastanhänger
- Mobilkran

- Zweiwege-Unimog
- Kehrmachine
- Schrott-Schere
- Schneepflug
- Unimog mit Kran
- Schlepper mit Frontlader
- zwei Feuerwehrgerätewagen mit je einer 7 kVA Travel-Power-Anlage

Der Vorhalt von schwerem Gerät auf dem Anlagengelände ist bei einem Flugzeugabsturz auf die Anlage wegen der Beschädigungsgefahr nicht sinnvoll. In solchen Fällen greifen spezielle Katastrophenschutzmaßnahmen, die über die Katastrophenschutzbehörden bei Vorliegen von Voralarm oder Katastrophenalarm angefordert werden können. Die Katastrophenschutzbehörde hat in diesen Fällen Zugriff auf sämtliche Krisenabwehrorganisationen incl. THW oder Einheiten der Bundeswehr, die schweres Räumgerät verfügbar hat (z. B. Pionierbrückenlege- und -räumpanzer oder sonstige Pionierfeldarbeitsgeräte).

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

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

Betriebshandbuch und Notfallhandbuch beinhalten die erforderlichen Regelungen und Informationen für die Zusammenarbeit mit externen Organisationen.

6.1.3.2 Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen

Sollten die externen Kommunikationseinrichtungen unverfügbar sein, besteht eine feste Drahtverbindung und zusätzlich eine Satellitenverbindung zur Polizei. Darüber hinaus besteht eine für acht Stunden schwarzfallfeste Telefonverbindung zur Netzleitstelle. Für die Kommunikation mit der Werkfeuerwehr steht BOS-Funk zur Verfügung (Sicherungszentrale und Notfallschutzräume).

Zusätzlich verfügt KKI über sechs Satellitentelefone (zwei für jeden Block, eines in der Ausweichstelle Altheim, ein Gerät für die Verbindungsperson zur Katastrophenschutzbehörde), die temporär unabhängig von der externen Stromversorgung funktionieren. Diese werden standardmäßig ständig geladen bzw. befinden sich in der Ladeerhaltung. Außerdem sind geladene Ersatzakkus für die Satellitentelefone vorhanden. Somit ist eine mehrstündige Kommunikation auch unter extremen Situationen auch mit der Katastrophenschutzbehörde gewährleistet.

Zudem gibt es eine interne Anweisung, in der festgelegt ist, dass die Bereitschaftshabenden bei jeglichen Ausfällen von Kommunikationsnetzen sofort eine Kontaktaufnahme zum Kraftwerk durchzuführen haben. Misslingt diese, haben sich die Bereitschaftshabenden unverzüglich auf die Anlage zu begeben.

6.1.3.3 Erschwerende radiologische Randbedingungen

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

Bei einer Anlagenstörung mit verbundener Freisetzung von radioaktiven Stoffen ist die Dosisleistung in den Einsatzräumen der Notfallorganisation u. a. mittels mobiler Strahlungsmessgeräte vom Strahlenschutz zu ermitteln und von der Strahlenschutzleitung Strahlenschutzbeauftragten zu bewerten. Im Notfallhandbuch sind gestaffelte Schutzmaßnahmen für das Personal auf der Anlage bei großen Aktivitätsfreisetzungen festgelegt. In der Schutzmaßnahme Stufe 4 des Notfallhandbuches entscheidet der Notfallstab, ob die Notfallstabsräume des Nachbarblockes oder die Außenstelle Altheim zu besetzen ist.

Die Räume des KKI 1-Notfallstabs sind wie die Warte über die Notfallmaßnahme „Zuluftfilterung Warte / Notfallstabsräume“ geschützt. Die Aufgabe der notstromversorgten Zuluftfilterung für die Hauptwarte und die Notfallräume ist die Sicherstellung eines uneingeschränkten Aufenthaltes in diesen Bereichen für den Fall, dass der Eintrag von luftgeführter Aktivität in das WBS-Gebäude zu besorgen ist.

Die Ersatz-Notfallstabsräume des KKI 1 befinden sich innerhalb des Schaltanlagegebäudes Block 2. Dort wird eine sehr hohe Abschirmwirkung durch die umgebenden massiven Betonstrukturen erreicht. Für die Aufenthaltsbereiche werden vom Strahlenschutz die tatsächlichen Aktivitätskonzentrationswerte in der Atemluft mittels mobiler Probenahme fortlaufend ermittelt und vom Strahlenschutzbeauftragten bewertet. Grundlage der Bewertung ist die Strahlenschutzverordnung, insbesondere die §§ 55 und 59 in Verbindung mit dem Minimierungsgebot des § 6.

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

Wenn infolge einer Anlagenstörung größere Aktivitätsabgaben erfolgen oder notwendig werden, wird bei verfügbarer Notstromversorgung der Betrieb der Notfallfilteranlage eingesetzt, um einen längerfristigen Aufenthalt des Betriebspersonals in der Warte und den Notfallstabsräumen gewährleisten zu können. Ziel ist es, den Eintrag von luftgeführter Aktivität in das Schaltanlagegebäude zu vermeiden. Hierzu wird entsprechend Notfallhandbuch die im Schaltanlagegebäude angesaugte Luft über Schwebstoff-Filter (Aerosolaktivität) und Aktivkohlefilter (Jodaktivität) ausreichend gefiltert und anschließend der Warte und den Notfallstabsräumen zugeführt. Zur Vermeidung von Einwärtsleckagen wird ein leichter Überdruck im Gebäude gefahren. Die Notsteuerstelle befindet sich im Keller des Schaltanlagegebäudes.

Im speziellen Fall eines Station Blackout wird durch den Ausfall der Zu- und Abluftventilatoren die Eintrittsluftmenge in die Gebäude vermindert und somit mitgeführte Aktivität auf ein Minimum reduziert. Darüber hinaus werden in den Notfallschränken im Wartebereich, im Sammelraum und in der Teilsteuerstelle neben den allgemeinen Hilfsmitteln und Schutzausrüstungen auch einsatzbereite Atemschutzgeräte vorgehalten.

Unter erschwerten radiologischen Bedingungen kann die Hauptwarte auf normalem Wege mit Atemschutzgeräten begangen werden. Die Notsteuerstelle kann ebenfalls mit Atemschutzgeräten über das Schaltanlagegebäude sowie den außerhalb des Gebäudes befindlichen, verbunkerten Zugang betreten werden.

Auf der Anlage werden zudem geeignete Geräte vorgehalten, um den Zugang zu Gebäuden etc. wieder zu ermöglichen. Einzelheiten hierzu sind im Abschnitt 6.1.3.1 dargestellt.

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

Wenn infolge einer Anlagenstörung größere Aktivitätsabgaben erfolgen oder notwendig werden, wird bei verfügbarer Notstromversorgung der Betrieb der Notfallfilteranlage eingesetzt, um einen längerfristigen Aufenthalt des Betriebspersonals in der Warte und den Notfallstabsräumen gewährleisten zu können. Ziel ist es, den Eintrag von luftgeführter Aktivität in das Schaltanlagegebäude zu vermeiden. Hierzu wird entsprechend Notfallhandbuch die im Schaltanlagegebäude angesaugte Luft über Schwebstoff-Filter (Aerosolaktivität) und Aktivkohlefilter (Jodaktivität) ausreichend gefiltert und anschließend der Warte und den Notfallstabsräumen zugeführt. Zur Vermeidung von Einwärtsleckagen wird ein leichter Überdruck im Gebäude gefahren.

Ist ein gefahrloser Zugang zum Gesamtstandort KKI nicht mehr möglich oder eine komplette Räumung erforderlich, sammelt sich der Notfallstab im Notfallstabsraum des Wasserkraftwerkes Altheim. Die Ausweichstelle Altheim befindet sich ca. 10 km außerhalb des Anlagengeländes und nicht in der Hauptwindrichtung. Einrichtungen des Wasserkraftwerkes Altheim werden vom zugehörigen Wasserkraftwerk versorgt. Dort befinden sich die wesentlichen Unterlagen von KKI 1 und weitere Hilfsmittel (Schutzbekleidung, Strahlenmessgeräte, Jodtabletten). Anlagenmessdaten liegen dort nicht vor. Die Ausweichstelle besitzt eine eigene TK-Anlage mit Fax und Anbindung an das externe Telefonnetz sowie ein Satellitentelefon zur Kommunikation beim Ausfall des Telefonnetzes. Die Ausweichstelle im Wasserkraftwerk Altheim ist auf Grund der Entfernung als hinreichend benutzbar anzusehen.

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 Teilsteuereinrichtung 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 grundsätzlich in Gebäuden vorgehalten, die gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt sind.

Maßnahmen zur Beherrschung des Ausfalls von Vorsorgemaßnahmen aufgrund eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens

Der Störfall Erdbeben wird ereignisbezogen gemäß Betriebshandbuch behandelt. Kommen zusätzliche Störungen oder abweichende Abläufe hinzu, die eine auslegungsgemäße Beherrschung des Störfalles nicht ermöglichen, so greift das Betriebspersonal gemäß Störfalleitschema auf Maßnahmen des zustandsorientierten BHB bzw. des Notfallhandbuches zurück. Hierdurch wird es ermöglicht, mit angemessenen Mitteln auf auslegungsüberschreitende Störfallabläufe zu reagieren. Das Handlungskonzept orientiert sich an der Einhaltung von Schutzzielen, unabhängig vom Eintritt bestimmter Ereignisse. Somit können die in der Anlage vorhandenen Systeme flexibel zur Beherrschung auslegungsüberschreitender Ereignisse und Ereigniskombinationen eingesetzt und somit auch weitere Sicherheitsreserven ausgeschöpft werden. Hierbei sind fundierte Kenntnisse zu einsetzbaren Mitteln, Fahrweisen und übergeordneter Zusammenhänge von großer Bedeutung.

Für den Standort sind die Notfallmaßnahmen beider Blöcke zu betrachten. Diese können ggf. durch den Notfallstab koordiniert, blockübergreifend flexibel eingesetzt werden.

Lagebezogen sind die weiteren vorhandenen, nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegten Notfalleinrichtungen und -maßnahmen auf Verfügbarkeit zu prüfen, einzusetzen und ggf. durch Provisorien zu ergänzen.

Die Notfallmaßnahmen sind so ausgelegt, dass die Einhaltung der Schutzziele auch ohne kurzfristige Unterstützung von außen gewährleistet werden kann. Unter Beachtung des Zerstörungsgrades der Anlage und der Verfügbarkeit von Systemen, Komponenten und äußeren Randbedingungen, kann hier nur situationsbedingt vorgegangen werden. Konkrete Zeitabschätzungen für erforderliche externe Hilfe erscheinen hier nur unter dem Aspekt Kraftstoff für die Notstromversorgung sinnvoll. Die Kraftstoffbevorratung ist für mindestens 72h Dieselmotorbetrieb sichergestellt und kann bei optimierter Fahrweise verlängert werden. Zusätzlich sind pro Notstromdiesel 16 Kanister (a 20l) Motoröl vor Ort gelagert.

Maßnahmen zur Beherrschung des Ausfalls von hochwasserspezifischen Vorsorgemaßnahmen

Aufgrund des vorhandenen Freibords, ist ein permanenter Hochwasserschutz vorhanden. Es sind dadurch keine zusätzlichen hochwasserspezifischen Vorsorgemaßnahmen

men erforderlich. Es ist ein Freibord von > 1,00 m ausgewiesen. Dies ist mehr als ausreichend, um auf temporäre Hochwasserschutzmaßnahmen zu verzichten (s.a. Kap. 3 Hochwasser).

Bei Bemessungshochwasser erfolgt keine Überflutung des Anlagengeländes. Zum Schutz gegen Hochwasser wurde das Gelände im Kraftwerksbereich auf Kote 375,40 m ü. NN aufgefüllt. Die Eingänge zu den sicherheitstechnisch wichtigen Gebäuden befinden sich auf Kote 375,50 m ü. NN. Aufgrund der gesicherten Insellage des gesamten Standortes sind alle Notfallmaßnahmen bei Bemessungshochwasser durchführbar.

Im Notfall werden Erstmaßnahmen durch das auf der Anlage befindliche Personal durchgeführt. Alle dazu erforderlichen Hilfsmittel befinden sich am Standort vorrätig und sind zugänglich. Im Rahmen des Notfalls werden Mitarbeiter der Notfallorganisation auf die Anlage gerufen. Dies muss abhängig von der nutzbaren bzw. vorhandenen Infrastruktur geschehen.

Bei Bemessungshochwasser ist zwar die Kraftwerksplanie zugänglich, nicht aber große Teile des umliegenden Isartales. In diesem Fall ist die Versorgung der Anlage mit notwendigen Betriebsmitteln unter Inanspruchnahme technischer Hilfsmittel z. B. aus der Luft möglich. Auch die Ablösung des Personals kann auf diesem Wege bewerkstelligt werden. Durch das allmähliche Anlaufen der Hochwasserwelle ist für diese Maßnahme ein zeitlicher Vorlauf vorhanden.

6.1.3.7 Unverfügbarkeit der Stromversorgung

Folgende anlageninterne Maßnahmen sind auch ohne Spannungsversorgung durchführbar:

Die Bespeisung mit dem dampfbetriebenen Einspeisesystem unter Ausnutzung der vorhandenen Batteriekapazitäten erfolgt nach Vorgaben des zustandsorientierten Betriebshandbuches. Weitere Maßnahmen erfolgen gemäß Notfallhandbuch:

- Wassereinspeisung in den RDB
- Wassereinspeisung in den SHB

- Druckentlastung SHB
- Sicherstellung der SHB Integrität

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 kraftwerksspezifischen Festlegungen sind in der Genehmigungsunterlage „Störfallklassifizierungsmatrix von Komponenten und Messungen der Maschinen-, E- und Leittechnik im Reaktorgebäude“ aufgeführt.

In der KTA 3502 ist u. a. explizit festgelegt, welche Messdaten (auch radiologische Messdaten) auf der Warte und der Notsteuerstelle darzustellen sind. Die Anforderungen der KTA 3502 sind in KKI 1 umgesetzt. Darüber hinaus sind die Anforderungen an die radiologische Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre in der KTA 1508 „Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre“ festgeschrieben und im KKI 1 umgesetzt. Ebenso sind die Anforderungen aus der KTA 1503 „Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe“ insbesondere im Teil 2: „Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei Störfällen“ festgeschrieben und im KKI 1 umgesetzt.

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

Alle hier angesprochenen Messungen sind batteriegepuffert und stehen somit auch nach Ausfall der Notstromversorgung für den projektierten Zeitraum uneingeschränkt zur Verfügung.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von relevanten Messdaten nach zwischenzeitlichem Verlust von Spannungen oder Hilfsmedien, ist in der KTA 1503 „Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe“ klar geregelt, dass nach einer Stromunterbrechung alle Strahlungs- und Aktivitätsüberwachungssysteme einschließlich der peripheren Geräte selbsttätig wieder anlaufen müssen. Bei den übrigen Geräten der Störfallinstrumentierung ist der selbsttätige Anlauf nach einer Stromunterbrechung aufgrund der im KKI 1 eingesetzten Gerätetechnik sichergestellt.

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

Ergänzend wurden im KKI 1 zusätzlich Systeme zum Einsatz bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen im Rahmen des atomrechtlichen Aufsichtsverfahrens installiert und funktionell umgesetzt. Hierbei handelt es sich im Speziellen um die Systeme, die jeweils dadurch gekennzeichnet sind, dass sie für die entsprechenden Randbedingungen bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen dimensioniert sind:

Die Anzeige der Hochdosisleistungsmessstelle im SHB erfolgt auf der Warte und in der Teilsteuerstelle. Aufgrund der Auslegung erfolgt ein selbständiger Wiederanlauf nach Wiederherstellung der Spannungsversorgung.

Über das störfallfeste Unfallprobenahmesystem zur Probeentnahme und Messung der Edelgase, Aerosole und des Jods aus dem Sicherheitsbehälter (SHB), sind Rückschlüsse auf den Zustand des Kerns auch bei komplettem Ausfall der Instrumentierung möglich. Es dient zur Entscheidungsfindung bezüglich der Einleitung der gefilterten Druckentlastung.

Da der Zeitraum bis zur Entscheidungsfindung bezüglich des Anlagenzustandes bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen (z. B. SHB-Zustand nach RDB-Versagen) im Bereich von Tagen liegt (Vergleich deterministische Unfallablaufrechnungen im Rahmen der PSA der Stufe 2), ist es möglich zusätzlich chemische Untersuchungen (z. B. mit Gaschromatographen) beispielsweise extern durchzuführen.

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

Mit Hilfe des störfallfesten Unfallprobenahmesystems kann in der Druckkammer des Sicherheitsbehälters und in der Kondensationskammer eine Bestimmung des Wasserstoffgehaltes vorgenommen werden. Dies liefert wichtige Informationen zum Zustand des Kerns.

Die im KKI 1 nachgerüsteten Temperaturmesslanzen im Kern erlauben auch eine Beurteilung des Kernzustandes nach einem Ausfall der Kernkühlung und einer fortgeschrittenen Aufheizung der Brennelemente.

6.1.3.9 Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock

Am Standort Isar befinden sich zwei Kernkraftwerksblöcke, die SWR-Anlage Isar 1 und die DWR-Anlage Isar 2. Die beiden Blöcke liegen ca. 300 m auseinander.

Als ein möglicher Einfluss kann eine mögliche Strahlenexposition des Personals einerseits durch den Durchzug der radioaktiven Wolke (Jod, Aerosole, Edelgas) in der Freisetzungsphase bzw. andererseits durch Direktstrahlung (erhöhte Dosisleistung) aus den radioaktiven Kontaminationen auf den Kraftwerksgebäuden und Freiflächen unterstellt werden. Für beide Annahmen sind mit dem Katastrophenschutz vergleichbare Schutzvorkehrungen für das auf dem Kraftwerksgelände befindliche Personal zu treffen. Es gilt die Strahlenexposition weitestgehend zu minimieren bzw. zu begrenzen. Falls erforderlich werden auf Anordnung des Strahlenschutzes Jodtabletten ausgegeben. Das nicht unmittelbar benötigte Personal ist schnellstmöglich vom Kraftwerksgelände zu evakuieren. Das verbleibende Personal hat Schutz in den Gebäuden zu suchen.

Das KKI - Konzept zur Strahlenexposition des Personals „Schutzmaßnahmen für das Personal auf der Anlage bei großen Aktivitätsfreisetzungen“ kommt zur Anwendung. Zur Vermeidung einer Kontaminationsverschleppung der inneren Kraftwerksbereiche sind Vorkehrungen eines kontaminationsfreien Zugangs zu treffen. Es ist ebenfalls mit erhöhten Anzeigen von Aktivitätsmessstellen zu rechnen.

Das nicht havarierte Kernkraftwerk wird ebenfalls das Umgebungs- Störfallmessprogramm einleiten. Es wird soweit möglich dem benachbarten havarierten Kernkraftwerk personelle und technische Unterstützung gewähren.

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 KKI 1 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 KKI 1 sind die einzuleitenden Maßnahmen so beschrieben, dass bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen situationsgerecht ein flexibles Handeln des gesamten Einsatzpersonals ermöglicht wird.

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

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

Für den Notfallschutz in Kernkraftwerken sind neben den BMI/BMU-Empfehlungen zur Planung von Notfallmaßnahmen durch Betreiber die Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission von Bedeutung. Die BMI/BMU-Empfehlungen wurden bereits bei der Erstellung des Notfallschutzkonzeptes für das KKI 1 zugrunde gelegt und vollständig umgesetzt (BANz Nr. 58 vom 05.03.1993 - Empfehlung der RSK „Positionspapier der RSK zum anlageninternen Notfallschutz“ Ergebnis der 273. RSK-Sitzung am 06.12.1992).

6.1.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements

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

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

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

6.2.1 Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelements Schadens im Reaktordruckbehälter

Folgende anlagentechnische Notfallmaßnahmen im Bereich der Sicherheitsebene 4, die der Verhinderung von Kernschäden bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen dienen, sind im behördlich genehmigten Notfallhandbuch beschrieben und grundsätzlich personal- und hardwaretechnisch umsetzbar:

- Wassereinspeisung in den RDB
- Wassereinspeisung in den SHB
- Druckabbau im RDB
- Sicherstellung der SHB-Integrität

- Inbetriebnahme eines zusätzlichen Systems zur RDB-Bespeisung als Notfallmaßnahme

Die Bespeisung des RDB ist in KKI 1 ebenfalls durch von der Anlage unabhängige Pumpen bzw. Systeme möglich. Dafür gelten die folgenden Randbedingungen.

Als Voraussetzung für eine erfolgreiche und dauerhafte RDB-Bespeisung mittels Notfallmaßnahmen mit mobilen Pumpen ist eine Druckentlastung des RDB auf niedrige Drücke erforderlich. Diese Druckentlastung des RDB ist bei KKI 1 aufgrund des hohen Redundanzgrades und der Diversität der Druckentlastungseinrichtungen mit extremer Zuverlässigkeit sichergestellt.

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. (Erläuterungen zu möglichen Wasserstoffansammlungen werden in Abschn. 6.3.2 gegeben.)

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

Weitere Aktionen, die über das im Notfallhandbuch bereits Vorhandene hinausgehen, werden durch den 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 präventiven Maßnahmen auch nach beginnendem Kernschaden fortgesetzt bzw. eingeleitet werden, um den Kernzerstörungsprozess zu beenden oder abzumildern (vgl. TMI-Szenario, bei dem die verspätete Kühlung des teilzerstörten Kerns erfolgreich war). Aufgrund der damit verbundenen längeren Karenzzeiten für die Maßnahmen besteht eine zusätzliche Erfolgswahrscheinlichkeit für eine Rückhaltung im RDB. Dies wurde in der PSA der Stufe 2 erkannt und berücksichtigt und wird in den zusätzlich zum NHB in Erstellung befindlichen SAMG weitergehend betrachtet.

Der Erhalt der Integrität des Reaktordruckbehälters, als wesentlicher Bestandteil der Rückhaltung der Aktivität im Kern, ist das oberste Ziel der mitigativen Notfallmaßnahmen zur Bespeisung des RDB. Eine Wasserstoffentwicklung durch eine Zirkon-Wasser-Reaktion wurde im Rahmen der Auslegung zur gefilterten Druckentlastung explizit betrachtet und hinsichtlich der Auswirkungen einer gefilterten Druckentlastung auch radiologisch bewertet. Bei diesen Betrachtungen wurde auch die vollständige Reaktion des gesamten Zirkoninventars im Kern als Grenzbetrachtung vorgenommen.

Somit kann festgestellt werden, dass der Erhalt der Integrität des RDB gegenüber einer erhöhten Wasserstoffentwicklung eine klare Priorität besitzt. Diese Aussage soll durch die laufenden Untersuchungen im Rahmen der Erstellung der SAMGs für KKI 1 bestätigt werden.

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 Sicherheitsbehälters (SHB)“. Die Integrität des SHB ist sicherzustellen, um eine

Rückhaltung radioaktiver Stoffe im SHB zu gewährleisten. Die hierzu notwendigen Maßnahmen sind im NHB beschrieben.

Durch Anwendung des „Druckkammersprühens“ kann ein Druckabbau erreicht werden und damit die Zeit bis zum Venting verlängert werden.

Da die Integrität des SHB hauptsächlich durch Druckaufbau infolge fehlender Wärmeabfuhr oder zusätzlicher Gasbildung (H_2) gefährdet ist, ist eine entsprechende Maßnahme im NHB beschrieben.

Die PSA der Stufe 2 haben unter Berücksichtigung des aktuellen Stands von Wissenschaft und Technik gezeigt, dass schon die bestehenden Anlagenstrukturen erhebliche Rückhaltepotentiale bieten (z. B. Kondensationskammer).

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

Als Voraussetzung für eine erfolgreiche und dauerhafte RDB-Bespeisung mittels NHB-Maßnahmen mit mobilen Pumpen ist eine Druckentlastung des RDB auf niedrige Drücke erforderlich. Diese Druckentlastung des RDB ist bei KKI 1 aufgrund des hohen Redundanzgrades und der Diversität der Druckentlastungseinrichtungen mit extremer Zuverlässigkeit sichergestellt.

Zur Verhinderung von Brennelementschäden bei hohem Druck greift einerseits die automatische Druckentlastung (ADE) über die S/E-Ventile andererseits ist eine Auslösung der Druckentlastung von Hand möglich und vorgesehen. Die Vorsteuerventile werden alle über batteriegesicherte Schienen versorgt. Die diversitären Druckbegrenzungsventile können bei intakter Spannungsversorgung von Hand in der Warte geöffnet werden und bleiben bei Spannungslosigkeit im geöffneten Zustand.

Zusätzlich zu den S/E-Ventilen sind diversitäre motorbetriebene Druckbegrenzungsventile verfügbar, die ebenfalls unterbrechungsfrei spannungsversorgt sind.

Sofern ein hoher Druck im RDB die Folge eines vollständigen Stromausfalls ist, sind weitere Netzeinspeisemöglichkeiten (3. Netzeinspeisung) vorgesehen. Die Vorgehensweise zur Nutzung von Einspeisemöglichkeiten mittels mobiler Stromaggregate wird derzeit mit einer entsprechenden Anweisung beschrieben.

6.3.1.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

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

6.3.2 Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters

Alle H₂-Quellen innerhalb des SHB sind in den Maßnahmen zur Beherrschung des Wasserstoffs zugrunde gelegt worden. Während bei der präventiven Störfallbeherrschung nur der Radiolysewasserstoff von Bedeutung ist, ist dieser bei schweren Störfällen im Vergleich zu den Mengen, die im Zuge der Aufheizung der Brennstoffhüllrohre durch dessen Oxidation erzeugt werden, vernachlässigbar.

Im Rahmen der PSA Level 2 für KKI 1 wurden physikalische Phänomene während eines Kernschmelzunfalls im SWR untersucht. Dazu zählen u. a. die Zirkon-Wasser-Reaktion und die Schmelze-Beton-Wechselwirkungen (Berücksichtigung von Freisetzung Kohlenmonoxid), wobei sich die Schmelze-Beton-Wechselwirkungen erst nach Versagen des SHB einstellen würden.

Daraus abzuleitende Maßnahmen werden in den geplanten SAMGs umgesetzt.

Im Rahmen der PSA Level 2 für das KKI 1 wurde ebenfalls eine Strukturanalyse des SHB durchgeführt, mit dem Ziel potentielle Versagensstellen, Versagensdruck, Versagensquerschnitte und Versagensart zu ermitteln.

Die Druckentlastung des SHB wird gemäß Notfallhandbuch eingeleitet und weist dadurch ausreichend Reserven bzgl. SHB-Undichtigkeiten auf. Damit ist nicht mit H₂-Freisetzungen über unkontrollierte Wege zu rechnen.

Der SHB ist während des Leistungsbetriebes grundsätzlich in inertisiertem Zustand und somit eine H₂-Verbrennung ausgeschlossen. Primär wird die SHB-Integrität aufrechterhalten. Dadurch erfolgt kein Austritt von H₂ in angrenzende Raumbereiche.

Durch die notstromversorgten Lüftungsanlagen des Reaktorgebäudes ist eine ausreichende Spülung der Reaktorgebäude Räume sichergestellt. Dadurch ist bei dennoch unterstellten Leckagen aus dem SHB eine unzulässige Aufkonzentration von Radiolysegasen im Reaktorgebäude ausgeschlossen.

Weitere Ausführungen insbesondere zum Venting siehe nachfolgendes Kapitel.

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

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

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

6.3.2.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Weiterführende mildernde Maßnahmen im SHB sowie ggf. erforderliche weitere Maßnahmen im Reaktorgebäude werden im Rahmen der SAMG festgelegt. Weitere Ausführungen, insbesondere zum Venting, folgen unter 6.3.1. Die im Kap. 6.1 dargestellte Notfallschutzorganisation kann abhängig von Anlagenzustand weitere, der Situation angemessene Maßnahmen veranlassen.

6.3.3 Vermeidung von Sicherheitsbehälterüberdruck

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

Das KKI 1 verfügt über ein System zur gefilterten Druckentlastung des SHB. Die SHB-Druckentlastung bietet die Möglichkeit, durch die gefilterte Ableitung von Gas oder Dampf aus dem Gasraum der Kondensationskammer den Druck im SHB zu begrenzen und abzusenken.

Eine Druckentlastung des Sicherheitsbehälters ist erforderlich, wenn ein auslegungsüberschreitender Störfall vorliegt, der die Integrität des Sicherheitsbehälters durch Überdruck gefährdet.

Dieser Zustand kann eintreten bei

- Ausfall der Nachwärmeabfuhr aus dem Sicherheitsbehälter bei gleichzeitigem Ausfall der Hauptwärmesenke
- unzureichender Bespeisung des Reaktordruckbehälters.

Die Entstehung nicht kondensierbarer Gase (z. B. H₂) bei Schädigung des Kerns sowie die Ausdampfung des Wasserinventars können zum Druckanstieg im SHB führen. Das SHB-Druckentlastungssystem besteht im Wesentlichen aus der im Dampf- bzw. Gas-

bereich der Kondensationskammer angebrachten Abströmleitung, die im Gleitdrucknasswäscher in einer Flüssigkeitsvorlage mündet.

Im Gleitdrucknasswäscher ist ein Filter angebracht, der Jodverbindungen und Aerosole bindet. Aus dem Dampfdom des Gleitdrucknasswäschers verläuft die Reingasleitung zum Abluftkamin.

6.3.3.2 Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen

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

6.3.4 Vermeidung von Rekritikalität

6.3.4.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Die Erfordernis einer Borierung des eingespeisten Wassers wird situationsbedingt (sofern die Unterkritikalität nicht sichergestellt ist) durch den Notfallstab festgelegt. Gemäß der Vorgaben im NHB ist beim Einsatz des Vergiftungssystems zum Zweck der Wassereinspeisung in den RDB vorrangig der Inhalt des Vergiftungsbehälters einzuspeisen und erst dann auf Deionatansaugung umzustellen. Die Notfallmaßnahme zur Boreinspeisung in das Reaktordruckgefäß zur Absicherung der Unterkritikalität bei teilzerstörtem Reaktorkern befindet sich in Planung.

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

6.3.4.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

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

6.3.5 Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte

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

Mit der Notfallmaßnahme „Wassereinspeisung in den SHB mit dem Feuerlöschsystem in den SHB-Sumpf“ kann Wasser in den Steuerstabantriebsraum eingespeist werden. Dies kann unter anderem auch mit einer verbrennungsmotorbetriebenen Pumpe durchgeführt werden.

Nach Auffüllen des Steuerstabantriebsraums erfolgt ein Übertritt des Wassers in die Druckkammer des Sicherheitsbehälters. Dadurch wird Wasser in den Bereich Biologisches Schild / Reaktordruckgefäß geführt.

Die Druckkammer kann bis zum Überlauf des Wassers über die Kondensationsrohre mit Wasser geflutet werden. Dadurch ist der RDB von außen bis über die Oberkante des Kerns von Wasser umgeben.

Die Auswirkungen einer Flutung des SHB und die dabei zu beachtenden Randbedingungen sollen im Rahmen der Erstellung der SAMG's für KKI 1 durch AREVA untersucht werden.

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

Grundsätzlich ist eine Flutung des SHB-Sumpfes möglich. Mit der Notfallmaßnahme „Wassereinspeisung in den SHB mit dem Feuerlöschsystem in den SHB-Sumpf“ kann

Wasser in den Steuerstabsantriebsraum und darüber hinaus in die Druckkammer oberhalb des Steuerstabantriebsraums (SAR) eingespeist werden.

Die Auswirkungen einer Flutung des SHB und die dabei zu beachtenden Randbedingungen sollen im Rahmen der Erstellung der SAMG's für KKI 1 durch AREVA untersucht werden.

Grundsätzlich ist nach einem Durchschmelzen des SHB mit nachfolgender Verlagerung der Schmelze in den Liningraum und ihrer flächigen Ausbreitung im Liningraum sowie in die horizontal angrenzenden Räume eine Kühlbarkeit der Anordnung durch eine sehr wahrscheinliche Wasserüberdeckung möglich.

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

Die Notwendigkeit von Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters ist im Abschn. 6.2.1 beschrieben.

6.3.6.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

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

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 KKI 1 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 des SHB-Druckes erforderlich und vorhanden, da dieser das Einleitungskriterium für die erforderliche Notfallprozedur darstellt.

6.3.8 Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort

Siehe 6.1.3.9

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

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

6.3.10 Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen

Aufgrund der konservativen Auslegung des Sicherheitsbehälters ist mit einem Integritätsverlust des Sicherheitseinschlusses erst deutlich (Größenordnung doppelter Auslegungsdruck) oberhalb des SHB-Auslegungsdrucks zu rechnen. Zusätzlich wird der

Druckanstieg durch das freie Volumen und die große Wärmekapazität der Strukturen und Komponenten innerhalb des SHB verzögert.

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

6.4 Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung

6.4.1 Aktivitätsfreisetzung nach Verlust der Sicherheitsbehälterintegrität

6.4.1.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Primär wird die SHB-Integrität aufrechterhalten. Im Rahmen der PSA Level 2 wurde eine Strukturanalyse des SHB durchgeführt, mit dem Ziel potentielle Versagensstellen, Versagensdruck, Versagensquerschnitte und Versagensart zu ermitteln. Dabei zeigte sich, dass mit einem SHB-Versagen aufgrund der konservativen Auslegung erst deutlich oberhalb des SHB-Auslegungsdrucks (Größenordnung doppelter Auslegungsdruck) zu rechnen ist. Die Druckentlastung des SHB wird gemäß Notfallhandbuch eingeleitet und zeigt dadurch ausreichend Reserven.

Die PSA der Stufe 2 haben unter Berücksichtigung des aktuellen Stands von Wissenschaft und Technik gezeigt, dass schon die bestehenden Anlagenstrukturen erhebliche Rückhaltepotentiale bieten (z. B. Kondensationskammer).

Um eine Rückhaltung radioaktiver Stoffe im SHB zu gewährleisten, ist die Integrität des SHB sicherzustellen. Zur Sicherstellung der SHB-Integrität gibt es entsprechende Notfallmaßnahmen.

Durch Anwendung des „Druckkammersprühens“ kann ein Druckabbau erreicht werden und damit die Zeit bis zum Venting verlängert werden.

Da die Integrität des SHB hauptsächlich durch Druckaufbau infolge fehlender Wärmeabfuhr oder zusätzlicher Gasbildung (H_2) gefährdet ist, ist eine Wassereinspeisung in den SHB mit dem Feuerlöschsystem in den SHB- Sumpf vorgesehen.

Weitere Maßnahmen zur Begrenzung einer Freisetzung nach Versagen des SHB (beispielsweise optimierter Betrieb der Lüftungsanlagen, Freisetzung über Kamin) werden im Rahmen der zu erstellenden SAMG festgehalten.

6.4.1.2 Vorkehrungen der Betriebsführung

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

6.4.2 Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken

In KKI 1 befindet sich das BE-Lagerbecken außerhalb des SHB, weshalb der Kontrolle etwaiger austretender Aktivitäten besondere Bedeutung beigemessen wird. Im Normalbetrieb beträgt der Aufheizgradient des ungekühlten BE-Lagerbeckens konservativ 0,5 K/h, so dass ausgehend von 30 °C Lagerbeckentemperatur während des Normalbetriebs ca. 6 Tage vergehen, bis die Siedetemperatur erreicht wird. Aufgrund der langen Karenzzeiten sowie den konstruktiven Gegebenheiten (Kompaktlager) ist ein Brennstabschaden im BE-Lagerbecken nicht zu postulieren.

Im KKI 1 wurden Notfallmaßnahmen zur Bespeisung des RDB über externe, mobile Pumpen implementiert. Diese Bespeisung erfolgt durch eine Einspeisung in einen Stutzen des Not- und Nachwärmeabfuhrsystems und über entsprechend durchgeschaltete Armaturen in den RDB. Da das Not- und Nachwärmeabfuhrsystem zwecks Nachwärmeabfuhr auch mit dem BE-Becken verbunden ist, kann über eine zur RDB-Bespeisung analoge Notfallmaßnahme auch das Lagerbecken wieder durch externe, mobile Pumpen gefüllt werden.

Da im KKI 1 das BE-Becken als Kompaktlager ausgeführt ist und im Regelbetrieb nicht boriertes Wasser enthält, ist eine Rekritikalität durch eine externe Einspeisung in das BE-Becken ausgeschlossen.

Die Absorberwirkung infolge Borabbrands aufgrund des in der Lageranordnung vorhandenen, äußerst geringen Neutronenflusses wird praktisch nicht verringert.

Für den Fall, dass Beschädigungen des Kompaktlagers vorhanden sind, kann mit den mobilen Feuerlöschpumpen der Werkfeuerwehr eine einfach zu realisierende Notfallmaßnahme zur Nachspeisung mit beigemischter Borsäure durchgeführt werden.

Bereits 1981 wurde im KKI 1 die Möglichkeit geschaffen, den Beckenkühler mit Feuerlöschwasser zu versorgen.

Aufgrund der langen Karenzzeiten beim Ausfall der Beckenkühlung kann diese Maßnahme ausreichend schnell installiert werden. Die erforderlichen Materialien sind mit Ausnahme der benötigten Feuerwehrschräume alle bereits im Reaktorgebäude bzw. im Maschinenhaus an den vorgesehenen Einbaustellen gelagert.

Im Falle eines Ausdampfens des Lagerbeckens schließen Brandschutzklappen die Treppenhäuser, welche im Brandfall als Rettungswege fungieren, vom Beckenflur ab. Damit ist auch in diesem Falle eine weitere Begehbarkeit bzw. Erreichbarkeit weiterer Teile des Gebäudes sichergestellt.

Falls es zu einer signifikanten Beschädigung der Brennelemente im Lagerbecken kommt, kann der Beckenflur geräumt und über die Betriebsfilteranlage und / oder über die Spülluftanlage gefiltert abgesaugt werden. Erst bei Beginn einer massiven Spaltproduktfreisetzung aus dem Lagerbecken ist mit einer Unzugänglichkeit des Beckenflures oder angrenzender Räume des Reaktorgebäudes zu rechnen.

Der Reaktorunfall in Fukushima zeigt jedoch, dass selbst bei massiven äußeren Einwirkungen hinreichend große Karenzzeiten bis zu einem Ausdampfen bzw. Auslaufen des Brennelementelagerbeckens vorhanden sind, um selbst bei starker Beschädigung des Gebäudes eine (externe) Bespeisung des Lagerbeckens wiederherzustellen, oder um bis dahin alle notwendigen Maßnahmen innerhalb des Gebäudes abzuschließen.

6.4.2.1 Wasserstoffmanagement

Da bei ausgefallener Kühlung und fehlender Kühlmittelergänzung eine Karenzzeit im Bereich von Tagen vorliegt, sind Notfallmaßnahmen zur Wiederherstellung der Wärmeabfuhr bzw. zur Kühlmittelergänzung realistisch.

Das Betongebäude, welches den Beckenflur nach außen abschließt, wirkt in diesem Falle als letzte Barriere zur Spaltproduktfreisetzung. Um einen Druckaufbau im Gebäude nach Möglichkeit zu vermeiden, können austretende Gase über die gefilterten Abluftsysteme der Spülluft- und der Betriebsfilteranlage abgeführt werden. Ferner kann durch einen Umluftbetrieb, der im Beckenflur anfallende Dampf, innerhalb des Gebäudes an kalten Strukturen niedergeschlagen werden. Entsprechende Fahrweisen der Lüftungsanlage sind, soweit nicht schon abgedeckt durch die zustandsorientierte Störfallbehandlung im BHB, Gegenstand der SAMG.

Durch die notstromversorgten Lüftungsanlagen des Reaktorgebäudes kann eine ausreichende Spülung der Reaktorgebäuderäume sichergestellt werden. Dadurch kann bei unterstellten Wasserstofffreisetzungen aus dem Brennelement-Lagerbecken eine unzulässige Aufkonzentration von Wasserstoff im Reaktorgebäude vermieden werden.

6.4.2.2 Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung

Die verfügbaren Notfall-Maßnahmen zur „BE-Beckenkühlung“ sind zusammenfassend im oben stehenden Abschn. 6.4.2 dargestellt.

6.4.2.3 Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken

Die verfügbaren Notfall-Maßnahmen zur „BE-Beckenkühlung“ sind zusammenfassend im oben stehenden Abschn. 6.4.2 dargestellt.

6.4.2.4 Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls

Informationsgewinnung zur radiologischen Situation in der Umgebung der Anlage ist durch ein Störfallmessprogramm geregelt.

Die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung lassen bei möglicherweise bereits erfolgter Freisetzung in die Umgebung Rückschlüsse auf den Zustand der Brennelemente zu.

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

6.4.2.5 Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte

Siehe 6.1.3.3 „Erschwerende radiologische Randbedingungen“

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 inertisierte SHB-Atmosphäre) ein Versagen ausgeschlossen werden, solange keine Schmelzeverlagerung in den SHB-Sumpf erfolgt. Sollte der SHB dennoch Leckagen aufweisen, erfolgt eine Freisetzung in den Ringraum. Durch die Ringraumabsaugung erfolgt eine gefilterte Abgabe über den Abluftkamin. Im Falle eines Versagens des Ringraums erfolgt eine Freisetzung in das Reaktorgebäude. Zusätzlich zu den Ablagerungen in RDB, Reaktorkühlkreislauf, SHB und Reaktorgebäude ist mit erheblichen Ablagerungen von Aktivität auf dem weiteren Freisetzungspfad über die Druckausgleichsklappen zum und im Maschinenhaus zu rechnen.

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