

Kernkraftwerk Isar 2



Abschlussbericht für den Europäischen Stresstest

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung	13
0.1	Begriffsverständnis.....	15
0.1.1	Verständnis zu "Cliff-Edge Effekt"	15
0.1.2	Verständnis zu „Robustheit“	16
0.2	Auslegungsphilosophie deutscher Kernkraftwerke	18
0.2.1	Gestaffeltes Sicherheitskonzept und Schutzziele	19
0.2.2	Sicherheitsebenen	20
0.2.3	Konsequenzen der Auslegungsphilosophie	22
0.2.4	Weiterentwicklungen in Deutschland	23
0.3	Kurzbeschreibung des Kernkraftwerks Isar 2.....	26
0.4	Erdbeben.....	28
0.5	Hochwasser	30
0.6	Extreme Wetterbedingungen	32
0.7	Verlust der Stromversorgung	33
0.8	Verlust der primären Wärmesenke.....	34
0.9	Verlust der primären Wärmesenke bei Station Blackout.....	35
0.10	Management schwerer Unfälle	36
0.11	Notfallmaßnahmen zur Kernkühlung, zum Erhalt der Integrität des Sicherheitsbehälters sowie zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.....	39
1	Standort und Hauptmerkmale der Anlagen	43
1.1	Standort und Genehmigungsinhaber	43
1.1.1	Hauptmerkmale der Anlage	44
1.1.2	Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme	45
1.2	Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede	66
1.3	Probabilistische Sicherheitsbewertungen.....	67
2	Erdbeben.....	72

2.1	Auslegungsgrundlage	72
2.1.1	Erdbeben, gegen welches die Anlage ausgelegt ist.....	72
2.1.1.1	Charakteristik des Bemessungserdbebens.....	72
2.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungserdbebens	74
2.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung	75
2.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage vor dem Bemessungserdbeben...	75
2.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	75
2.1.2.2	Wesentliche sicherheitsrelevante Schadensmöglichkeiten.....	78
2.1.2.3	Folgewirkungen des Erdbebens.....	78
2.1.2.3.1	Nicht gegen Bemessungserdbeben ausgelegte Strukturen, Systeme und Komponenten.....	79
2.1.2.3.2	Ausfall der externen Stromversorgung.....	79
2.1.2.3.3	Situation außerhalb der Anlage.....	79
2.1.2.3.4	Andere Folgewirkungen	80
2.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage	80
2.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	80
2.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen.....	84
2.1.3.3	Festgestellte Abweichungen	84
2.2	Bewertung von Auslegungsreserven	85
2.2.1	Abschätzung der zu schweren Kernschäden führenden Erdbebenstärke	85
2.2.2	Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses	86
2.2.3	Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens.....	86
2.2.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben.....	87
3	Hochwasser	88
3.1	Auslegungsgrundlage	88
3.1.1	Hochwasser, gegen welches die Anlage ausgelegt ist	88

3.1.1.1	Höhe des Bemessungshochwassers	88
3.1.1.2	Methodik bei der Festlegung des Bemessungshochwassers	88
3.1.1.3	Angemessenheit der Auslegung	90
3.1.2	Vorkehrungen zum Schutz der Anlage gegen Bemessungshochwasser..	91
3.1.2.1	Darlegung der wichtigsten Strukturen, Systeme und Komponenten.....	91
3.1.2.2	Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser	93
3.1.2.3	Wesentliche Vorkehrungen in der Betriebsführung der Anlage gegen Hochwasser	94
3.1.2.4	Auswirkungen der Situation außerhalb der Anlage	95
3.1.3	Einhaltung der geltenden Genehmigungsgrundlage	95
3.1.3.1	Prozess hinsichtlich erforderlicher Systeme, Komponenten und Strukturen.....	95
3.1.3.2	Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen.....	99
3.1.3.3	Festgestellte Abweichungen	99
3.2	Bewertung von Auslegungsreserven	100
3.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen Überflutung	100
3.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Überflutung.....	101
4	Extreme Wetterbedingungen	102
4.1	Auslegungsgrundlage	102
4.1.1	Bewertung der für die Auslegung verwendeten Wetterbedingungen.....	102
4.1.1.1	Verifizierung der Wetterbedingungen, welche bei der Auslegung von Systemen, Strukturen und Komponenten verwendet wurden	102
4.1.1.2	Annahmen für extreme Wetterbedingungen, falls diese nicht bereits in der Auslegung berücksichtigt waren	105
4.1.1.3	Bewertung der zu erwartenden Häufigkeit von unterstellten extremen Wetterbedingungen.....	105
4.1.1.4	Berücksichtigung der möglichen Überlagerungen von Wetterbedingungen.....	106

4.1.1.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen.....	106
4.2	Bewertung von Auslegungsreserven	107
4.2.1	Abschätzung von Auslegungsreserven gegen extreme Wetterbedingungen.....	107
4.2.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen.....	107
5	Ausfall der Stromversorgung und Ausfall der primären Wärmesenke	108
5.1	Ausfall der Stromversorgung.....	108
5.1.1	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss	111
5.1.1.1	Auslegung der Anlage.....	111
5.1.1.2	Vorkehrungen für einen lang andauernden Ausfall des Haupt- und Reservenetzanschlusses ohne externe Unterstützung.....	114
5.1.2	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle	118
5.1.2.1	Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption	118
5.1.2.2	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung ..	119
5.1.3	Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle und Ausfall anderer diversitärer Einrichtungen zur Drehstromversorgung.....	120
5.1.3.1	Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung ..	121
5.1.3.2	Vorgesehene Maßnahmen zur Wiederherstellung einer Drehstromversorgung mit mobilen oder speziellen externen Einrichtungen	121
5.1.3.3	Erforderliches Schicht- oder Fachpersonal für elektrischen Anschluss ..	126
5.1.3.4	Zur Verfügung stehende Zeit zur Wiederherstellung der Drehstromversorgung und damit der Kernkühlung	126
5.1.3.5	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust der Stromversorgung	127

5.1.3.6	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust der Stromversorgung	127
5.2	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser.....	128
5.2.1	Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung.....	128
5.2.2	Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	129
5.2.2.1	Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke	129
5.2.2.2	Mögliche zeitliche Einschränkungen für die Verfügbarkeit der alternativen Wärmesenke und Möglichkeiten für weitere zeitliche Reserven.....	131
5.2.3	Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser und der alternativen Wärmesenke.....	132
5.2.3.1	(Externe) Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden	132
5.2.3.2	Zeit zur Wiederherstellung verlorener Wärmesenken oder für externe Maßnahmen	132
5.2.4	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit des Schutzes gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	133
5.2.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers	133
5.3	Ausfall der primären Wärmesenke mit Station Blackout	133
5.3.1	Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern	133
5.3.2	Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden	135
5.3.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers mit Station Blackout.....	135
6	Management schwerer Unfälle	136
6.1	Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen.....	136
6.1.1	Notfallschutzorganisation des Genehmigungsinhabers	137
6.1.1.1	Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb	137

6.1.1.2	Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement	138
6.1.1.3	Maßnahmen für optimalen Personaleinsatz.....	139
6.1.1.4	Externe technische Unterstützung bei Notfall- und Schutzmaßnahmen .	139
6.1.1.5	Verfahren, Ausbildung und Übungen	140
6.1.2	Nutzung vorhandener Ausrüstung	141
6.1.2.1	Nutzung externer mobiler Geräte.....	142
6.1.2.2	Regelungen für und Management von Betriebs- und Hilfsmitteln.....	142
6.1.2.3	Management des Strahlenschutzes	143
6.1.2.4	Interne und externe Kommunikations- und Informationsmittel.....	144
6.1.3	Ermittlung von Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können	145
6.1.3.1	Weitgehende Zerstörung der Infrastruktur oder Überflutung in der Standortumgebung, welche den Zugang zum Kraftwerksgelände behindert	145
6.1.3.2	Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen	146
6.1.3.3	Erschwerende radiologische Randbedingungen.....	146
6.1.3.4	Auswirkungen auf den Zugang und die Nutzbarkeit der Hauptwarte und Notsteuerstelle sowie Gegenmaßnahmen	148
6.1.3.5	Auswirkungen auf die von der Notfallorganisation genutzten Räume und/oder Einrichtungen	149
6.1.3.6	Durchführbarkeit und Wirksamkeit für Notfallmaßnahmen unter den Randbedingungen Erdbeben oder Hochwasser	149
6.1.3.7	Unverfügbarkeit der Stromversorgung	150
6.1.3.8	Potenzial für den Ausfall von Instrumentierungen.....	151
6.1.3.9	Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock	153
6.1.4	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Organisation für das Notfallmanagement	154
6.1.5	Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements	155

6.2	Verfügbare präventive Notfall-Maßnahmen in den verschiedenen Phasen eines Szenarios „Verlust der Kernkühlfunktion“	156
6.2.1	Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter	156
6.2.2	Mitigative Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter	157
6.2.3	Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters.....	158
6.3	Verfügbare Notfall Maßnahmen zur Erhaltung „Integrität Sicherheitsbehälter“	159
6.3.1	Vermeidung von Brennelementschäden/-schmelzen bei hohem Druck..	159
6.3.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	159
6.3.1.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	159
6.3.2	Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters.....	159
6.3.2.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Bewertung der Angemessenheit unter Berücksichtigung von Wasserstoffproduktionsrate und –menge	159
6.3.2.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	161
6.3.3	Vermeidung von Sicherheitsbehälterüberdruck	161
6.3.3.1	Anlagentechnische Vorkehrungen einschließlich Hilfsmittel zur Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe bei erforderlicher Druckentlastung	161
6.3.3.2	Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen.....	162
6.3.4	Vermeidung von Rekritikalität	162
6.3.4.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	162
6.3.4.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	162
6.3.5	Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte	163
6.3.5.1	Potenzielle Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption zur Rückhaltung der Kernschmelze im Reaktordruckbehälter	163
6.3.5.2	Potenzielle Vorkehrungen zur Kühlung der Kernschmelze im Sicherheitsbehälter nach Versagen des Reaktordruckbehälters	163

6.3.5.3	Cliff-Edge Effekte innerhalb des Zeitraums zwischen Reaktorabschaltung und Kernschmelze.....	164
6.3.6	Notwendigkeit von Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters	164
6.3.6.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	164
6.3.6.2	Vorkehrungen in der Betriebsführung	165
6.3.7	Erforderliche Instrumentierung zum Schutz der Containmentintegrität...	165
6.3.8	Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort.....	165
6.3.9	Schlussfolgerungen zur Angemessenheit der Systeme und Komponenten für den Schutz des Sicherheitsbehälters	165
6.3.10	Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen.....	166
6.4	Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.....	166
6.4.1	Aktivitätsfreisetzung nach Verlust der Sicherheitsbehälterintegrität.....	166
6.4.1.1	Anlagentechnische Vorkehrungen	166
6.4.1.2	Vorkehrungen der Betriebsführung	167
6.4.2	Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken	167
6.4.2.1	Wasserstoffmanagement	167
6.4.2.2	Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung	167
6.4.2.3	Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken.....	167
6.4.2.4	Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls	168
6.4.2.5	Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte	168
6.4.3	Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Vorkehrungen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung.....	169

Abkürzungsverzeichnis

AtG	Atomgesetz
AtSMV	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung
ATWS	Anticipated Transients without Scram (Transienten ohne RESA)
ÄEV	Regeländerungsentwurf in Vorbereitung
BAnz	Bundesanzeiger
BAT	Brennelementaustrittstemperatur
BE	Brennelement
BHB	Betriebshandbuch
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (www.bmu.de/)
BMI	Bundesministerium des Inneren (s. a. http://www.bmi.bund.de) – früher für Reaktorsicherheit zuständig
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BOHB	Betriebliches Organisationshandbuch
DAKS	Digitaler Anlagen-Konferenz-Server
DE	Dampferzeuger
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V. (s. a. http://www.din.de/)
DWR	Druckwasserreaktor
EB	Eigenbedarf
EDW	Explosionsdruckwelle
EK	Erdbebenklasse
EKK	E.ON Kernkraft GmbH (s. a. www.eon-kernkraft.de)
EMAS	Eco Management and Audit Scheme
EMS	Europäische Makroseismische Skala
EN	Europäische Norm
ENSREG	European Nuclear Safety Regulator Group (s. a. http://www.ensreg.eu/)
EU	Europäische Union (s. a. www.europe.eu)
EVA	Einwirkungen von außen
FD	Frischdampf
FD-AA	Absperrarmatur
FD-AAV	Abblaseabsperrventil
FD-AVSIV	Absperrarmatur vor dem Sicherheitsventil

FD-SIV	Sicherheitsventil
FLAB	Flugzeugabsturz
FSA	Frischdampf-, Sicherheits- und Absperrarmaturen
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (s. a. www.grs.de)
HD	Hochdruck
HQ	Häufigkeit
HMN	Handbuch für mitigative Notfallmaßnahmen
IAEA	Internationale Atomenergiebehörde (s. a. http://www.iaea.org/)
ISO	Internationale Organisation für Normung
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (s. a. www.khgmbh.de)
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)
MIN	Minimum
MSK	Medwedew-Sponheuer-Karnik-Skala
ND	Niederdruck
NHB	Notfallhandbuch
NN	Normal Null (Bezugsfläche für Höhen über dem Meeresspiegel)
NSDA1	Notstromdiesel
NSDA2	Notspeisenotstromdiesel
ODL	Ortsdosisleistung
OHSAS	Occupational Health- and Safety Assessment Series
PDE	primärseitige Druckentlastung
PKL	Primärkreislauf
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
PSGA	Probabilistischen Seismischen Gefährdungsanalyse
RDB	Reaktordruckbehälter
RESA	Reaktorschnellabschaltung
RS	Reaktorschutz
RSB	Reaktorsicherheitsbehälter
RSK	Reaktorsicherheitskommission (s. a. http://www.rskonline.de/)

SAMG	Severe Accident Management Guidelines
SDE	sekundärseitige Druckentlastung
SWR	Siedewasserreaktor
SÜ	Sicherheitsüberprüfung
TECDOC	Technical Documentation (IAEA Dokument)
THW	Technisches Hilfswerk
TMI	Three Mile Island (Reaktor in den USA)
VGB	VGB Powertech e.V.: Europäischer Fachverband für Strom- und Wärme- zeugung mit Sitz in Essen (früher Verband der Großkraftwerksbetreiber)

0 Zusammenfassung

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

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

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

vorzulegen.

Zum 15.08.2011 wurde fristgerecht beim 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 (conclusion) wird inhaltlich vollständig durch die Zusammenfassung abdeckt. Zur Unterstützung des Erfahrungsaustausches in Europa sowie des Peer Review Prozesses im Rahmen der Europäischen Sicherheitsüberprüfung werden wir diese Zusammenfassung auch in englischer Sprache zur Verfügung stellen. Da einige der von ENSREG verwendeten Begrifflichkeiten nicht einheitlich definiert sind, haben wir in der Zusammenfassung auch das der Untersuchung zugrunde gelegte Verständnis dieser Begriffe dargelegt.

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

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

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

0.1 Begriffsverständnis

0.1.1 Verständnis zu "Cliff-Edge Effekt"

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

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

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

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

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

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

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

0.1.2 Verständnis zu „Robustheit“

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

1. Robustheit im Auslegungsbereich

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

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

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

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

2. Robustheit im auslegungsüberschreitenden Bereich

Die Robustheit bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen ergibt sich durch mehrere Aspekte:

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

- Reserven durch angewendete Nachweisverfahren: Ebenso wie die Verfahren zur Ermittlung der Bemessungsgrößen und zur Auslegung erhalten auch die Methoden zum Nachweis der Wirksamkeit der bestehenden Einrichtungen wesentliche Konservativitäten. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass Größen und resultierende Belastungen meist abdeckend angegeben werden. Unsicherheiten, die sich aus Modellbildung oder Verwendung von Korrelationen ergeben können, sind dabei konservativ zu berücksichtigen. Damit ergeben sich auch aus der Nachweismethodik selbst Reserven gegenüber real zu erwartenden Ereignisabläufen (z. B. können 4 x 50 %-Systeme bei realistischer Betrachtungsweise z. T. als 4 x 100 %-Systeme gewertet werden).
- Technische Vorkehrungen: Im Rahmen von Notfallmaßnahmen werden weitere technische Vorkehrungen getroffen, um bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen eine Beherrschung oder Abmilderung der Auswirkungen zu erreichen. Ein Beispiel für eine solche „weitere Reserve“ ist beispielsweise der Anschluss mobiler Pumpen zur Sicherstellung der Wärmeabfuhr.
- Durch weitgehende Analysen der deutschen Anlagen zu Einwirkungen aus Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle wurden weitere Reserven ausgewiesen.

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

0.2 Auslegungsphilosophie deutscher Kernkraftwerke

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

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

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

0.2.1 Gestaffeltes Sicherheitskonzept und Schutzziele

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

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

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

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

0.2.2 Sicherheitsebenen

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

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

Auf dieser Basis wurden in Deutschland vier Sicherheitsebenen definiert:

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

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

eine reglementierte Betriebsweise und der Einsatz fachkundigen Betriebspersonals.

Sicherheitsebene 2: Beherrschen von dennoch unterstellten Betriebsstörungen und damit Vermeiden von Störfällen durch begrenzende Maßnahmen (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 Störungsbeherrschung und damit zu einer wirksameren Störfallvermeidung (und zu höherer Verfügbarkeit) führen. Einen wesentlichen Beitrag zur Robustheit leisten z. B. das Konzept der Basissicherheit (Bruchausschluss), das Integritätskonzept für Dampfer-

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

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

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

1. Schutz und Optimierung von Sicherheitssystemen

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

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

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

2. Auslegung gegen interne, potenziell redundanzübergreifende Einwirkungen

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

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

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

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

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

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

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

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

0.3 Kurzbeschreibung des Kernkraftwerks Isar 2

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 2 (KKI-2).

Bei dem Kernkraftwerk Isar 2 handelt es sich um einen Druckwasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union, jetzt AREVA NP) der Konvoi Baulinie mit einem Reaktorkern aus 193 Brennelementen. Die Anlage ist eine 4 Loop-Anlage mit vier Dampferzeugern, viersträngigen, räumlich getrennten Sicherheitssystemen (d. h. z. B. vier Nachkühlsträngen, 4 Notstromdiesel) sowie vier zusätzlichen Notspeisenotstromdieseln (u. a. für die Beherrschung äußerer Einwirkungen). Die thermische Reaktorleistung beträgt 3950 MW, aus denen über ein Hochdruck- und drei Niederdruckturbinenteile brutto 1485 MW elektrische Energie erzeugt wird (netto 1410 MW). Die Kühlung von KKI-2 erfolgt über einen Naturzugkühlturm, die Kühlwasserversorgung aus dem Fluss Isar.

Das Reaktorgebäude von KKI-2 umschließt die sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile und ist in Stahlbetonbauweise (Stärke $\gg 1$ m) ausgeführt. Innerhalb des Reaktorgebäudes befindet sich der aus mehrere Zentimeter dickem Stahl ausgeführte Sicherheitsbehälter, der als Volldruckcontainment ausgeführt ist und den Primärkreis (bestehend u. a. aus dem Reaktor mit anbindenden Leitungen sowie den Hauptkühlmittelpumpen) mit den Dampferzeugern sowie das Lagerbecken für (abgebrannte) Brennelemente umschließt.

Der Reaktor hatte am 15.01.1988 seine erste selbsterhaltende Kettenreaktion (erste Kritikalität) und das Kernkraftwerk nahm seinen kommerziellen Leistungsbetrieb am 09.04.1988 auf und hat bis zum 30.06.2011 rund 265 Mrd. kWh elektrischer Energie erzeugt (zum Vergleich: Stromverbrauch der Bundesrepublik Deutschland 2010 ca. 538 Mrd. kWh). Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerks Isar 2 sind die E.ON Kernkraft GmbH und die Stadtwerke München GmbH.

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

Spaltproduktfreisetzungen ergeben; so ist Häufigkeit großer Freisetzungen kleiner als $1 \cdot 10^{-9}/a$. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der PSA der Stufe 1 und 2, dass das KKI-2 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 MSK/ESK). Unter Berücksichtigung der KTA 2201.1 ist für den Standort entsprechend der Bemessungsintensität von 7,25 MSK/ESK) und den seismotektonischen Bedingungen ein Bodenantwortspektrum mit den zugehörigen Starrkörperbeschleunigungen (maximale Bodenbeschleunigungen bzw. „peak ground acceleration“) bestimmt worden (vgl. Bild 2-1).

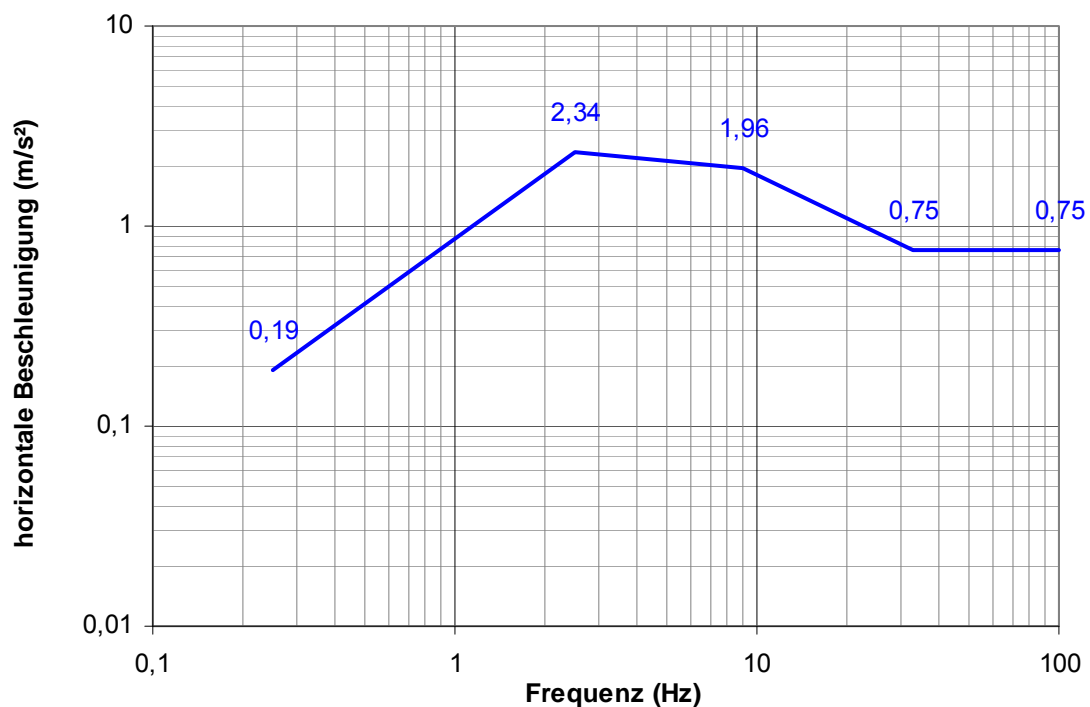


Bild 2-1 Bemessungsspektrum (Horizontalkomponente)

Die notwendigen ingenieurseismologischen Kenngrößen wurden durch ein seismologisches Gutachten ermittelt und durch einen von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde

bestellten seismologischen Gutachter bewertet. Darüber hinaus wurden zahlreiche Überprüfungen angestellt. Alle Überprüfungen belegen, dass das angewendete Bodenantwortspektrum gültig ist.

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

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

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

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

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

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

Das Kernkraftwerk ist für ein Erdbeben mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-5} / a$ und einem Hochwasser mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-4} / a$ gemäß KTA 2207 ausgelegt. Die Anlage weist darüber hinaus erhebliche 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 2 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 Einwirkungen von Außen (EVA), 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 wurde für den Standort Isar 1 zu 374,32 m ü. NN bestimmt. Konservativ wurde für KKI 2 (stromaufwärts gelegen) der maximale Wasserstand zu 374,93 m ü. NN (Bemessungshochwasserstand) angenommen. 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 $10^{-4}/a$.

scheinlichkeit von $10^{-4}/a$. Hierfür ergibt sich ein Abfluss von $4200 \text{ m}^3/\text{s}$, was einem Pegel von $374,93 \text{ m ü. NN}$ entspricht. Somit liegt die Anlage mehr als 1 m über dem Niveau des definierten Bemessungswasserstands, so dass das hohe Kraftwerksgelände ($375,4 \text{ m ü. NN}$) 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 $375,5 \text{ m ü. NN}$ 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 Dambruch hat keine Auswirkungen auf die Anlagensicherheit und ist durch die Auslegung abgedeckt. Zum Schutz vor Überflutung wurde das Kraftwerksgelände zudem auf $+375,40 \text{ m}$ 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. Aufgrund des großen Abstandes zwischen dem zu erwartenden Bemessungswas-

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

0.6 Extreme Wetterbedingungen

Bei der Auslegung wurden Lasten aus folgenden Wetterbedingungen berücksichtigt:

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

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

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

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

0.7 Verlust der Stromversorgung

Das KKW Isar 2 besitzt ein gestaffeltes Konzept zur automatischen Sicherstellung der Drehstromversorgung der betrieblichen und sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten, bestehend aus Hauptnetzanschluss, Reservenetz, Notstromversorgung, Notspeisenotstromversorgung. Die Drehstromversorgung wird über die vorgenannte Abfolge sequenziell bei Ausfällen von Netzebenen sichergestellt. Zusätzlich steht eine 3. Netzanbindung zur Verfügung.

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

Ein weiterhin unterstelltes Komplettversagen der Notstromversorgung wird durch die zusätzlich hinterlegte 4-fach redundante Notspeisenotstromversorgung aufgefangen. Darüber können die vitalen Funktionen der Anlagen zur Nachwärmeabfuhr sichergestellt werden. Gemäß geltendem Regelwerk ist die Notstromversorgung und Notspeisenotstromversorgung über die Dieselgeneratoreinheiten bzgl. technischer Ausrüstung und der vorgehaltenen Betriebsstoffe für 72 h gewährleistet. Eine zeitlich offene Verlängerung der Betriebsdauer kann durch ergänzende Bereitstellung von Betriebsstoffen mit leichtem Gerät < 72 h bzw. schwerem Gerät > 72 h hergestellt werden.

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

wiederherzustellen. Dies kann auch durch ein auf der Anlage KKI zur Verfügung stehendes mobiles Notstromaggregat geschehen.

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

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

Es bestehen Überlegungen zum Einsatz von zusätzlichen mobilen Dieselaggregaten, die ein Nachladen von Batterien ermöglichen. Die Überlegungen zu Konzepten und den anzulegenden Rahmenbedingungen werden unter Berücksichtigung des neuen Atomgesetzes derzeit neu überdacht.

0.8 Verlust der primären Wärmesenke

Der Verlust der primären Wärmequelle auf Grund eines unzulässigen Versperrens der Entnahmestellen ist auf Grund des Vorhandenseins von zwei räumlich getrennten Entnahmebauwerken, die sich darüber hinaus auf unterschiedlichen Wehrseiten befinden, und den dazugehörigen zwei Nebenkühlwasserpumpenbauwerken auszuschließen.

Kommt es zum Ausfall von Komponenten der notstromgesicherten Nachkühlkette, wird die Nachzerfallswärme über die dann zum Einsatz kommende Notnachkühlkette abgeführt. Die zwei Stränge des Notnachkühlsystems werden durch das gegen Einwirkungen von Außen gesicherte Notspeisenotstromnetz betrieben.

Bei Ausfall des Nebenkühlwassers mit gleichzeitigem Ausfall des Hauptkühlwassers erfolgt die Wärmeabfuhr sekundärseitig über die Frischdampfabblasestation. Zuerst kommt das Notspeisesystem zum Einsatz. Langfristig ist der Betrieb eines Notspeise-Notstromdiesels zum Betrieb einer Notnackkühlkette bzw. zur Dampferzeugerbespeisung ausreichend. Die Anlage kann in diesem Zustand ohne externe Unterstützung solange verbleiben, bis alle verfügbaren Öl- und Kraftstoffvorräte aufgebraucht sind. Damit ergibt sich eine sehr lange Laufzeit. Die Wassermengen der Deionatbecken müssen bei vollständigem Ausfall des Nebenkühlwassers durch Notfallmaßnahmen ergänzt werden. Die Nachspeisung erfolgt mittels mobiler Feuerlöschpumpen aus der Kühlturmtasse oder dem Isarseitengraben.

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

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

Die vorliegenden Ausführungen zeigen, dass die Anlage ein breites Spektrum an Maßnahmen zur Gewährleistung der Abfuhr der Nachzerfallsleistung aufweist.

Als weitere Verbesserung ist die Bereitstellung eines Notstromaggregats von 1 MVA in Planung.

0.9 Verlust der primären Wärmesenke bei Station Blackout

Im Falle eines Station Blackout sind die Eigenbedarfsversorgung und die Notstromdiesel (NSDA1) nicht verfügbar. Es stehen in KKI 2 aber noch die Notspeisenotstromdiesel (NSDA2) und die 3. Netzeinspeisung zu Verfügung, so dass zur Sicherstellung der Kühlmittelversorgung die Maßnahmen bezüglich Kap. 0.8 zum Einsatz kommen können. Bei einem Ereignis während des Leistungsbetriebs kann daher die Anlage mit Hilfe des Notspeisesystems in den Zustand unterkritisch heiß gefahren und die Nachwärmeabfuhr autark für einen bestimmten Zeitraum gewährleistet werden.

Werden die Notspeisenotstromdiesel und die 3. Netzeinspeisung nicht kreditiert, sind die Notfallmaßnahmen Sekundärseitige und Primärseitige Druckentlastung und Bespeisung durchzuführen. Bei der Sekundärseitigen Druckentlastung kann die DE-Bespeisung, sobald die Druckentlastung der Dampferzeuger erfolgt ist, mit dem Inventar der Speisewasserleitungen, des Speisewasserbehälters oder einer Feuerlöschpumpe erfolgen. Bei Annahme einer erfolgreichen Dampferzeugerdruckentlastung (nicht jedoch der Bespeisung) ist ein Zeitgewinn bis zur nachfolgenden Maßnahme Primärseitiges Druckentlasten und Bespeisen zu erzielen. Letztere verschafft mit Hilfe der Druckspeicher erneut einen Zeitpuffer, mit dem die Zuschaltung der 3. Netzeinspeisung oder die Zuschaltung der Eigenbedarfsschienen zu erreichen ist.

Abhängig von externen Maßnahmen sind sowohl die Verfügbarmachung der 3. Netzeinspeisung als auch ein längerfristiger Betrieb der mobilen Pumpen im Rahmen des Sekundärseitigen bzw. Primärseitigen Druckentlastens und Bespeisens durch Bereitstellung des notwendigen Kraftstoffs. Die Maßnahmen zur Beschaffung, Anlieferung und Anschluss von Betriebsstoffen sind generell ein Routinevorgang, der im Betriebshandbuch (BHB) bzw. in den Ausführungsanweisungen des betrieblichen Organisationshandbuches (BOHB) ausreichend geregelt ist.

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

0.10 Management schwerer Unfälle

Im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung des Kernkraftwerkes Isar 2 unter Berücksichtigung des fortschreitenden Standes von Wissenschaft und Technik wurden zahlreiche Maßnahmen etabliert, die ein Auftreten schwerer Unfälle verhindern oder, in dem äußerst unwahrscheinlichen Fall ihres Auftretens, die Auswirkungen auf die Anlage und die Umgebung zu verhindern, bzw. in ihrem Umfang stark zu begrenzen.

Im Falle eines auslegungsüberschreitenden Ereignisses sind durch den Betreiber zahlreiche organisatorische und technische Maßnahmen vorgesehen und Vorkehrungen getroffen worden, um das notwendige Personal und das notwendige technische Gerät vor Ort verfügbar zu machen. Aufgrund einer festgelegten Mindestbesetzung des

Schichtpersonals ist die Durchführbarkeit aller Notfallmaßnahmen, auch im Bereich der auslegungsüberschreitenden Ereignisse, zu jeder Zeit gewährleistet. Die Alarmierung der zur Bildung der Notfallschutzorganisation erforderlichen Personen erfolgt mit Hilfe von Betriebsfunkempfängern, erforderlichenfalls werden motorisierte Melder eingesetzt. Im Falle von personellen Engpässen besteht die Möglichkeit, Personal von anderen E.ON Standorten hinzuzuziehen. Durch regelmäßige Übungen ist die Funktionalität im Ernstfall gewährleistet.

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

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

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

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

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

Bei einer Störung mit unterstellter Aktivitätsfreisetzung kommt anlagenintern ein Stufenkonzept zum Einsatz, mit dessen Hilfe durch den Strahlenschutz für die Aufenthaltsbereiche tatsächliche Aktivitätskonzentrationen ermittelt und Maßnahmen festgelegt werden. Der Wartebereich 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 Brennelementbeckenkühlung von der Notsteuerstelle aus durchgeführt werden, welche sich in räumlicher Distanz zur Hauptwarte innerhalb des gebunkerten Notspeisegebäudes befindet. Die Lüftung des Notspeisegebäudes detektiert automatisch explosive Gase und wechselt in den Umluftbetrieb, dieser kann erforderlichenfalls auch manuell hergestellt werden. Die Notfallschutzorganisation nimmt ihre Arbeit in diesem Fall in der Ausweichstelle auf, welche sich auf dem Gelände 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 Durchführung zwischen dem vollständigen Stromausfall und verfügbaren Notstromdieseln unterschieden.

Die Instrumentierung ist entsprechend den Regeln des kerntechnischen Ausschusses (KTA) für Störfallinstrumentierung ausgeführt. Das Regelwerk trifft Festlegungen darüber, welche Messwerte in welchen Kontrollräumen darzustellen sind und welchen physikalischen Beanspruchungen der Messaufbau genügen muss. Ferner sind alle erforderlichen Messungen batteriegepuffert und stehen für die projektierte Zeit auch bei Ausfall des Netzes und Ausfall der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel zur Verfügung. Darüber hinaus wurden im KKI 2 zusätzliche Systeme installiert, die auch bei auslegungsüberschreitenden Störfällen nutzbar sind, Beispiele sind die Aktivitätsüberwachung für das Druckentlastungssystem des Sicherheitsbehälters sowie das System zur Probenahme aus dem Sicherheitsbehälter.

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

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

Die im Notfallhandbuch beschriebenen Maßnahmen der Sicherheitsebene 4 dienen der Verhinderung von Kernschädigungen und sind den einzelnen Schutzzielen der Anlage zugeordnet. Zunächst sind Maßnahmen zur Erhöhung des Kühlmittelinventars sowie zur Wiederherstellung der Kernkühlung bei Sumpfbetrieb beschrieben. Sollte ein hoher Druck nach Ausfall der Kernkühlung im Primärkreis herrschen, werden sekundär- oder primärseitige Bleed & Feed Maßnahmen durchgeführt, um den Druck und die Temperatur im Primärkreis abzusenken und das Einspeisen passiver Systeme zu ermöglichen bzw. die Bespeisung mit Niederdrucksystemen sicherzustellen. Einige Notfallmaßnahmen werden gemäß Notfallhandbuch zeitgleich vorbereitet, wobei allerdings eine Priorität vorgesehen, die bei Erreichen vorgegebener Einleitungskriterien die Durchführung bestimmter Maßnahmen festlegt.

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

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

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

Die vorstehend beschriebenen Notfallmaßnahmen können auch nach dem Eintritt von Kernschädigungen durchgeführt werden und sind geeignet, den 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, kommt die Schmelze mit Beton in Kontakt. Bei vielen Szenarien ergibt sich aufgrund des dann vorliegenden Unfallablaufs eine kühlbare Konfiguration, so dass Wechselwirkungen vermieden oder beendet werden können. Untersuchungen hinsichtlich der Folgen vollständiger Penetration des Reaktorgebäudefundaments haben gezeigt, dass sich die Freisetzung von Spaltprodukten aufgrund der langen Karenzzeiten und der Verdünnungseffekte nachhaltig beeinflussen lässt.

Im Falle von schweren Kernschäden muss mit einer Entstehung von Wasserstoff (H_2) durch Reaktionen des Kühlmittels mit den Brennstabhüllrohren sowie der Produktion von Gasen aus Schmelze-Beton-Wechselwirkungen gerechnet werden. Aus diesem Grund existieren Systeme zur Konzentrationsbestimmung von Wasserstoff und zur Durchmischung der Sicherheitsbehälteratmosphäre, um partiell unzulässig hohe Wasserstoffkonzentrationen zu Vermeiden. Außerdem wurde ein H_2 -Abbausystem installiert, welches mit Hilfe von im Sicherheitsbehälter verteilten autokatalytischen Rekom-

binatoren, das H₂ zu Wasser rekombiniert. Dieses System ist passiv und benötigt weder Fremdenergie noch Hilfssysteme.

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

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

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

Speziell die Untersuchungen im Rahmen der probabilistischen Sicherheitsanalyse für das Kernkraftwerk Isar 2 haben jedoch gezeigt, dass aufgrund der robusten und konservativen Auslegung des Reaktorsicherheitsbehälters erst bei Größenordnungen des doppelten Auslegungsdrucks mit einem Versagen zu rechnen ist.

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

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

1 Standort und Hauptmerkmale der Anlagen

1.1 Standort und Genehmigungsinhaber

Das Kernkraftwerk 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 14 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 1,5 km flussaufwärts bis 4 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. 0,8 km in Richtung West-Nord-West)
- Oberahrain (ca. 2,4 km in 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 der Anlage KKI Block 2 sind die

- E.ON Kernkraft GmbH, Tresckowstraße 5, 30457 Hannover und die
- Stadtwerke München GmbH, Emmy-Noether-Straße 2, 80287 München

Eigentümer des Kraftwerks sind die

- E.ON Kernkraft GmbH (75 %),
- Stadtwerke München GmbH (25 %)

Die Betriebsführung obliegt dabei der E.ON Kernkraft GmbH.

1.1.1 Hauptmerkmale der Anlage

Das Kernkraftwerk Isar 2 ist ein Druckwasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union) der Baulinie 4 (Konvoi) mit einem Reaktorkern aus 193 Brennelementen. Es handelt sich dabei um eine 4 Loop-Anlage mit vier Nachkühlketten und 4 Notstromdieseln. Zusätzlich sind als Merkmal der Anlagenauslegung vier gegen Erdbeben, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle und Hochwasser geschützte Notspeisenotstromdiesel vorhanden, die bei Verlust der Warte und des Schaltanlagegebäudes 10h autark die Wärmeabfuhr sicherstellen. Danach kann die Anlage von der Notsteuerstelle über die zwei Notnachkühlketten abgefahren werden. Die Kühlwasserversorgung erfolgt für den Turbinenkondensator durch einen Naturzugkühlturm sowie für die Nebenkühlwassersysteme über den Fluss Isar.

Der Sicherheitsbehälter ist als Volldruckcontainment ausgeführt und umschließt den Primärkreis mit den Dampferzeugern sowie das Lagerbecken für (abgebrannte) Brennelemente. Das Lagerbecken für (abgebrannte) Brennelemente hat Lagerpositionen für maximal 768 Brennelemente (genehmigt 792 Positionen).

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:	13.02.1979
erste Kritikalität:	15.01.1988
Erste Synchronisation:	22.01.1988
Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs:	09.04.1988
Thermische Leistung:	3950 MWth
Installierte Leistung (brutto, elektrisch):	1.485 MW
Installierte Leistung (netto, elektrisch):	1.410 MW
Erzeugte Arbeit seit erster Synchronisation bis 30.06.2011	
Brutto:	265.514.158 MWh
Netto:	250.628.461 MWh

1.1.2 Beschreibung der wichtigsten Sicherheitssysteme

Kraftwerksanlage

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

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

Im Speisewasser-Dampf-Kreislauf fördern die Hauptspeisepumpen Speisewasser aus dem Speisewasserbehälter zu den Dampferzeugern, in denen es durch die Wärme aus dem Reaktorkühlsystem verdampft. Der erzeugte Dampf treibt den Turbosatz von ca. 1410 Megawatt elektrischer Nettoleistung an. Der Turbinenabdampf wird in Oberflächenkondensatoren niedergeschlagen. Die Hauptkondensatpumpen fördern das Kondensat zurück zum Speisewasserbehälter. Das Speisewasser wird entgast und durch Anzapfdampf aus der Turbine vorgewärmt. Die Abwärme der Turbinenkondensatoren

wird vom Hauptkühlwasser aufgenommen und über den Kühlturm an die Atmosphäre abgegeben.

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

Für den Betrieb des Reaktors ist eine Reihe von Hilfs- und Nebensystemen vorhanden, die an das Reaktorkühlsystem anschließen. Des Weiteren gibt es Systeme mit sicherheitstechnischen Aufgaben, die bei Störfällen die Auswirkungen auf das Betriebspersonal, die Anlage sowie die Umgebung in vorgegebenen Grenzen halten sowie unzulässige Anlagenbeanspruchungen vermeiden.

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

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

Die Überwachung der Anlage erfolgt von der zentralen Warte aus.

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

Hauptdaten des Kernkraftwerks Isar 2

Reaktoranlage

Anzahl der Brennelemente	193
Brennstäbe je BE	300
Anzahl der Kühlkreisläufe	4
Betriebsüberdruck	157 bar
Kühlmittelvolumen	400 m ³
Gesamt-Kühlmitteldurchsatz	19787 kg/s
Eintrittstemperatur am RDB	293,7 °C
Austrittstemperatur am RDB	327,8 °C

Dampfkraftanlage

Anzahl Dampferzeuger	4
FD-Überdruck am DE-Austritt	64 bar
FD-Durchsatz	2187 kg/s
Drehzahl des Turbosatzes	25 s ⁻¹
Zahl der Turbinengehäuse, 2-flutig	HD 1
Zahl der Turbinengehäuse, 2-flutig	ND 3
absoluter Druck im Kondensator	0,056 bar
Nebenkühlwassereintrittstemperatur	0-28 °C
Kondensatorkühlwasserstrom	60 000 kg/s

Wesentliche Gebäude

Die wichtigsten Anlagenstrukturen und Gebäude sind:

- Reaktorgebäude mit der Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer
- Reaktorhilfsanlagengebäude
- Maschinenhaus

- Schaltanlagegebäude mit Hauptwarte
- Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale
- Notspeisegebäude

Sonstige Bauanlagen (Kühlwassersysteme, Fortluftkamin)

Die Sicherheitssysteme der Anlage Isar 2 sind vierfach redundant (4 x 50 %) aufgebaut.

Das **Reaktorgebäude** wird durch einen Zylinder mit aufgesetzter Halbkugel gebildet. Die Außenstrukturen von Zylinderwand und Halbkugel bestehen aus meterdickem Stahlbeton. Wesentlicher Bestandteil des Reaktorgebäudes ist der kugelförmiger Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl mit dem darin befindlichen nuklearen Dampferzeugungssystem und dem den Sicherheitsbehälter umschließenden Ringraum.

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

Das **Reaktorhilfsanlagegebäude** enthält weitere Hilfsanlagen der Reaktoranlage sowie den zentralen Zugang zum Kontrollbereich. Durch die Anordnung zum Reaktorgebäude entstehen kurze Verbindungen zu den im Reaktorgebäude-Ringraum unterbrachten Hilfsanlagen. Im Reaktorhilfsanlagegebäude ist das Druckentlastungssystem angeordnet, welches bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen mit langfristigen Druckaufbau im Sicherheitsbehälter die Sicherheitsbehälteratmosphäre kontrolliert über Jod und Aerosol Filter und den Fortluftkamin abgibt.

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

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

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

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

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

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

fahren und gehalten werden kann (Abfuhr der Nachzerfallswärme und Langzeitkühlung des Brennelementlagerbeckens).

Weitere Bauanlagen

Die Hauptbauwerke der Kühlwasserversorgung sind:

- Nebenkühlwasserpumpenbauwerke
- Kühlwasserentnahmebauwerke
- Hauptkühlwasserpumpenbauwerke
- Kühlturm
- Fortluftkamin

Sämtliche Bauwerke sind in erforderlichem Umfang in wasserundurchlässigem Stahlbeton ausgeführt.

Der frei vor der Längsseite des Reaktorhilfsanlagegebäudes stehende **Fortluftkamin** mit einer Höhe von ca. 160 m über Kraftwerksniveau dient der Abfuhr der gereinigten und gefilterten Fortluft aus den Lüftungsanlagen des Kontrollbereiches. Vom Dach des Reaktorhilfsanlagegebäudes binden zwei freitragende Blechkanäle in den nach unten hin durch eine Deckenscheibe verschlossenen Kamin ein.

Wesentliche Systeme

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

- Reaktorsystem und Reaktorkühlsystem
- Reaktorregel- und Abschaltssysteme

- Reaktorhilfsanlagen
- Dampfkraftanlage
- Sicherheitskühlsysteme / Nachkühlkette
- Begrenzungen
- Reaktorschutzsystem
- Sicherheitseinschluss (Reaktorsicherheitsbehälter) und Sekundärabschirmung
- Elektrische Anlagen
- BE- Lagerung

Der Aufbau der Sicherheitssysteme ist grundsätzlich viersträngig (4 x 50 %). Zur Beherrschung der Auslegungsstörfälle ist ein gestaffeltes Notstromsystem mit 4 x 10 kV dieselgetriebenen Notstromgeneratoren (NSDA1) eingesetzt. Darüber hinaus sind 4 x 380 V dieselgetriebene Notspeisenotstromgeneratoren (NSDA2) vorhanden.

Reaktorsystem und Reaktorkühlsystem

Der Reaktorkühlkreislauf wird in die Bestandteile

- Reaktorsystem und
- Reaktorkühlsystem

unterteilt.

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

wird von dem gleichzeitig als Moderator dienenden Kühlmittel (boriertes Deionat) durchströmt.

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

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

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

Das Druckhaltesystem ist mit dem heißen Strang eines der vier Kühlkreisläufe (Loop 20) verbunden. Es dient zur Aufrechterhaltung und Begrenzung des Drucks im Reaktorkühlkreislauf sowie zum Ausgleich von Volumenänderungen.

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

Reaktorregel- und Abschaltssysteme

Die Reaktorregel- und Abschaltssysteme sind:

- Steuerelemente
- Zusatzboriersystem

61 **Steuerelemente**, mit jeweils 24 Steuerstäben, dienen zur Leistungsregelung des Reaktorkerns sowie zur Abschaltung des Reaktors. Zur Reaktorschnellabschaltung (RESA) fallen die Steuerelemente durch Eigengewicht infolge der Schwerkraft selbst in

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

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

- Bei "Einwirkungen von Außen" (EVA), wenn das Borsäure- und Deionateinspeisesystem oder das Volumenregelsystem nicht zur Verfügung stehen, muss die Kühlmittelergänzung/Boreinspeisung zur Sicherstellung der Unterkritikalität wegen der 10 h-Autarkie automatisch erfolgen (Einspeisung aus den Flutbecken, Ansteuerung durch das Reaktorschutzsystem). Zum Abkühlen der Anlage muss die Volumenkontraktion des Kühlmittels ergänzt und der Reaktor sicher unterkritisch gehalten werden, was durch das Einspeisen von Borsäure aus den Borierbehältern geschieht.
- Das Zusatzboriersystem wirkt als zweites Abschaltssystem bei unterstelltem Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (ATWS). Durch Einspeisen von Borsäure aus den Borierbehältern wird der Reaktor langfristig in den unterkritischen Zustand gebracht und gehalten. Die Ansteuerung erfolgt aus dem Begrenzungssystem.
- Bei Dampferzeuger-Heizrohrbruch muss die Unterkritikalität durch Einspeisung aus den Borierbehältern langfristig sichergestellt werden können. Zu Beginn des Störfalls wird durch die Boreinspeisung in den PKL die Leistung reduziert, anschließend wird die Druckabsenkung durch Sprühen in das Dampfpolster des Druckhalters unterstützt. Die Ansteuerung erfolgt aus dem Begrenzungssystem.
- Während des Betriebes der Anlage wird die ausreichende Abschaltreserve der Steuerelemente nach Anregung durch die Stabfahrbegrenzung (bei Erreichen des tiefsten Grenzwertes der Steuerelement-Einfahrbegrenzung) durch Einspeisen von Borsäure sichergestellt.

Reaktorhilfsanlagen

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

Das **Volumenregelsystem** wird als Betriebssystem nicht zur Beherrschung von Auslegungstörfällen benötigt. Bei Verfügbarkeit wird es jedoch herangezogen.

Während des Reaktorbetriebes hat das Volumenregelsystem folgende Aufgaben:

- das Reaktorkühlsystem mit Kühlmittel zu füllen und eine Pufferkapazität für Kühlmittelentnahme bzw. -einspeisung bereitzustellen, um die temperaturbedingte Volumenänderung des Kühlmittels vor allem beim An- und Abfahren auszugleichen und kleinere Leckagen im Reaktorkühlsystem zu ergänzen,
- ständig einen Teilstrom des im Reaktor umlaufenden Kühlmittels zum Zweck der Reinigung und gegebenenfalls Entgasung zu entnehmen und entsprechend zurückzuspeisen; die Begrenzung der Sauerstoffkonzentration des Kühlmittels entsprechend der Kühlmittelspezifikation wird durch Begasen des Kühlmittels mit Wasserstoff gewährleistet,
- beim Anfahren des Reaktors die Borkonzentration des Kühlmittels innerhalb der durch das Anfahrtdiagramm festgelegten Zeiten bis auf einen vorgegebenen Wert abzusenken und die dafür erforderlichen Deionatmengen mit 2 der 3 HD-Förderpumpen gegen den jeweiligen maximalen Betriebsdruck einzuspeisen,
- bei Bedarf (je nach Lastfahrprogramm und Regelkonzept) bei Laständerungen und Lastzyklen ebenfalls bis zu einer unteren Borkonzentration die Xenonvergiftung ganz oder teilweise auszuregulieren, d. h. die zur Reaktivitätsregelung erforderlichen Borsäure- oder Deionatmengen in das Reaktorkühlsystem einzuspeisen und die dadurch anfallenden Kühlmittelentnahmemengen in die Kühlmittellagerung zu leiten,
- das System zur Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen mit Wasser zu versorgen,
- die Hilfssprühung des Druckhalters durchzuführen, wenn die Hauptkühlmittelpumpen außer Betrieb sind,
- den Entnahmestrom aus dem Reaktorkühlsystem bei allen Betriebszuständen zur Regelung des Druckhalterfüllstands einzustellen sowie Druck und Temperatur im Entnahmestrom auf zulässige Werte für die anschließenden Niederdrucksysteme zu reduzieren.

Die **Kühlmittellagerung und -aufbereitung** hat die Aufgabe, das beim Anfahren, bei Laständerungen und bei der Absenkung der Borkonzentration anfallende Kühlmittel aufzunehmen und zwischenzulagern. Gleiches gilt für das aus der Anlagenentwässerung und aus dem Ansprechen von Sicherheitsventilen in den Kühlmittel führenden Systemen der Hilfs- und Nebenanlagen anfallende aktive Kühlmittel. Ebenso wird das Deionat gelagert, das in der Kühlmittelaufbereitung wieder gewonnen oder als frisches Zusatzwasser entgast wurde.

Das **Abgassystem** hat im bestimmungsgemäßen Betrieb die folgenden Aufgaben:

- die im Abgas enthaltenen radioaktiven Gase (Xenon, Krypton) vor der Abgabe an die Abluft so lange zurückzuhalten, bis sie weitgehend abgeklungen sind,
- den Wasserstoffgehalt im Abgassystem und den angeschlossenen Komponenten auf unter 4 Vol.-% und den Sauerstoffgehalt auf unter 0,1 Vol.-% zu begrenzen, um sowohl die Bildung eines zündfähigen Gemisches als auch eine Korrosion im Primärkreislauf zu verhindern,
- ein Austreten radioaktiver Gase aus den angeschlossenen Komponenten in die Gebäudeluft soweit möglich durch Unterdruckhaltung zu verhindern.

Das **Brennelementbeckenkühlsystem** hat unabhängig vom Reaktorbetrieb die Aufgabe, die Nachwärme von bestrahlten Brennelementen aus dem BE-Becken abzuführen. Die Komponenten des dritten Beckenkühlstranges werden über das NSDA1 versorgt, die der verknüpften Stränge als Bestandteil der Notnachkühlketten vom NSDA2.

Die anfallende Nachwärme wird vom Beckenkühlsystem an das Nukleare Zwischenkühlsystem und weiter an das gesicherte Nebenkühlwassersystem abgeführt.

Dampfkraftanlage

Der in den Dampferzeugern erzeugte Sattdampf strömt über das Frischdampfleitungssystem zum aus Turbine und Generator bestehenden Dampfturbosatz, in dem die Wärmeenergie in elektrische Energie umgewandelt wird. Der Abdampf aus den Niederdruckgehäusen der Turbine kondensiert in nachgeschalteten Kondensatoren durch Abgabe der Kondensationswärme an das Hauptkühlwasser. Das in den Kondensatoren anfallende Kondensat wird mit den Hauptkondensatpumpen durch die Niederdruck-

Vorwärmerstraßen in den Speisewasserbehälter gefördert, in dem es durch Mischvorwärmung thermisch entgast wird. Aus dem Speisewasserbehälter fördern die Speisewasserpumpen das Speisewasser über die Hochdruck-Vorwärmerstraßen wieder in die Dampferzeuger zurück.

Die wesentlichen Bestandteile der Dampfkraftanlage sind:

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

Das **Frischdampfsystem** hat die Aufgabe, den in den Dampferzeugern (DE) produzierten Sattdampf in vier Leitungen über die Frischdampf-Speisewasser-Armaturenkammer zu dem im Maschinenhaus befindlichen Turbosatz zu führen. Jeder der vier Leitungsstränge besitzt außerhalb der Sekundärabschirmung - in vier voneinander getrennten Armaturenkammern einen Armaturenkompaktblock, die "FSA-Station", bestehend aus:

- FD-AA (Absperrarmatur)
- FD-AAV (Abblaseabsperrventil)
- FD-AVSIV (Absperrarmatur vor dem Sicherheitsventil)
- FD-SIV (Sicherheitsventil)

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

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

Die An- und Abfahrpumpen übernehmen die Bespeisung der Dampferzeuger:

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

Die beiden An- und Abfahrpumpen sind mit separaten Zulaufleitungen am Speisewasserbehälter angeschlossen. Im Anforderungsfall werden grundsätzlich beide Pumpen eingeschaltet, die in eine Sammelleitung fördern. Diese wird vor der Armaturenkammer in vier Einzelstränge aufgeteilt. Jeder Strang mündet in der Armaturenkammer in die Speisewasserregelstation.

Sicherheitskühlsystem / Nachkühlkette

Die notstromgesicherten Sicherheitskühlsysteme bestehen aus folgenden Systemen:

- Nukleares Nachwärmeabfuhrsystem
- Nukleares Zwischenkühlsystem
- Nebenkühlwassersystem für gesicherte Anlagen
- Gesichertes Zwischenkühlwassersystem

- Notspeisesystem

Die ersten drei Systeme gehören zu den primärseitigen Nachwärmeabfuhrsystemen und bilden zusammen die Nachkühlkette.

Das **nukleare Nachwärmeabfuhrsystem** dient betrieblich zur Wärmeabfuhr aus den Brennelementen nach Abschaltung der Anlage, dem Kühlen der im BE-Lagerbecken gelagerten bestrahlten Brennelemente und dem Fluten und Entleeren des Reaktorraums beim BE-Wechsel.

Die Auslegung des Not- und Nachkühlsystems ist weitgehend durch die Anforderungen aus der Beherrschung von unterstellten Leckstörfällen bestimmt, wobei die ungünstigsten Leckgrößen und -lagen in Verbindung mit dem Ausfall von Systemteilen/-strängen durch Einzelfehler und Reparatur berücksichtigt sind. Das Not- und Nachkühlsystem besteht aus vier voneinander unabhängigen Teilsystemen, die den vier Strängen des PKL zugeordnet sind. Zu jedem der vier Teilsysteme gehört je ein HD-Sicherheitseinspeisestrang, zwei Druckspeichereinspeisestränge, ein ND-Einspeisestrang/Nachkühlkreislauf und ein Flutbecken (Borwasserlagerung). Dabei sind jeweils zwei Stränge mit einem Beckenkühlstrang und mit der ND-Reduzierstation des Volumenregelsystems verbunden.

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

Auslegungsgemäß wurde abdeckend der unterstellte Bruch einer Hauptkühlmittelleitung betrachtet, bei dem das Kühlmittel aus dem doppelten Rohrquerschnitt austritt (2F-Bruch). In diesem Fall und bei allen anderen Kühlmittelverluststörfällen mit großem Leck wird über HD-Sicherheitseinspeisepumpen, boriertes Wasser aus den Flutbecken in den Primärkreislauf gefördert. Über ein eigenmediumgesteuertes 3-Wege-Ventil wird sichergestellt, dass die HD-Einspeisung immer in den Teil der Kühlmittelleitung erfolgt, in dem die Leckage nicht aufgetreten ist (z. B. Bruch im „heißen“ Loop hat Einspeisung im „kalten“ Loop zur Folge, und umgekehrt). Bei Absinken des Drucks im Reaktorkühlsystem unter den durch ein Stickstoffpolster erzeugten Treibdruck der Druckspeicher (26 bar) speisen diese selbsttätig ein. Bei einem Primärkreisdruck unter 10 bar starten

alle Nachkühlpumpen und fördern aus den Flutbehältern. Durch diese Maßnahmen wird der RDB so schnell mit boriiertem Wasser geflutet, dass die Hüllrohrtemperaturen der Brennelemente in keiner Phase des Flutens unzulässige Werte annehmen. Zur Langzeitnotkühlung wird nach Entleerung der Flutbehälter über ein 3-Wege-Ventil auf Sumpfbetrieb umgeschaltet. Die Nachkühlpumpen fördern das Sumpfwasser über die Nachwärmekühler in das Reaktorkühlsystem.

Als ein Glied der Nachkühlkette hat das **Nukleare Zwischenkühlsystem** die Aufgabe, die an den Kühlstellen im Kontrollbereich anfallende Wärme aufzunehmen und an das "Gesicherte Nebenkühlwasser" abzuführen.

Das **Nebenkühlwassersystem für gesicherte Anlagen** dient der Wärmeabfuhr aus dem Nuklearen und Gesicherten Zwischenkühlsystem während des Normalbetriebs, im Notstromfall und bei der Beherrschung von Störfällen und hat somit sicherheitstechnische Funktion. Die Gesicherten Nebenkühlwasserpumpen und andere sicherheitstechnisch wichtige Verbraucher des Systems werden vom NSDA1 elektrisch versorgt.

Das Notnebenkühlwassersystem als Teil der Notnachkühlketten hat die sicherheitstechnische Aufgabe, bei sehr seltenen Einwirkungen von außen (EVA) die Nachzerfallswärme aus dem PKL, wenn diese nicht mehr über die Sekundärseite abgeführt werden kann, und aus dem BE-Becken abzuführen.

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

- Notstromdiesel (NSDA1)
- Kältemaschinen

anfallende Verlustwärme über gesicherte Zwischenkühler an das Nebenkühlwassersystem für Gesicherte Anlagen abzuführen. Die Gesicherten Zwischenkühlpumpen werden vom NSDA1 elektrisch versorgt.

In der Auslegung der Konvoi und Vorkonvoi Anlagen wird vom Redundanzgrad der Nachkühlkette her der Störfall „Einwirkung von außen“ von den sonstigen Störfällen un-

terschieden, da gem. KTA 3301 bei Einwirkungen von außen mit sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit kein Einzelfehler zu Unterstellen ist.

Vor diesem Hintergrund sind je zwei Stränge durch das NSDA1-Netz und das NSDA2-Netz versorgt.

Das **Notspeisesystem** dient zur gesicherten Abfuhr der Nachzerfalls- und Speicherwärme aus dem Reaktorkühlsystem bei abgeschaltetem Reaktor im hohen Druckbereich und nicht verfügbarer betrieblicher Dampferzeugungsbespeisung. Es ist Teil eines übergeordneten Notstandsystems, welches:

- bei Funktionstüchtigkeit der Warte die Anlage ohne Handeingriffe in einen sicheren Zustand überführt und diesen mindestens 10 Stunden aufrechterhält.
- darüber hinaus bei Ausfall der Hauptwärmesenke und der betrieblichen Dampferzeugerbespeisungssysteme ein sekundärseitiges Abfahren der Anlage bis zu dem Zustand ermöglicht, der die weitere Nachwärmeabfuhr mit dem nuklearen Nachkühlsystem gestattet.

Zusätzlich übernimmt es die Erzeugung und die Abgabe von elektrischer Energie an diejenigen Verbraucher, die für das Abfahren der Anlage erforderlich sind, wenn Blockgenerator, Normalnetz und NSDA1 nicht zur Verfügung stehen. Die dabei im Notspeisegebäude anfallende Abwärme durch die maschinen- und elektrotechnischen Anlagen wird von der systemeigenen Kühlkette abgeführt.

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

Hierzu gehören:

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

Das **Reaktorschutz(RS)-System** inklusive Dampferzeuger-Druckabsicherung kommt erst bei Versagen oben genannter Maßnahmen bzw. bei Störfällen zum Einsatz. Es erkennt Störfälle und leitet entsprechende Maßnahmen ein.

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

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

Das RS-System muss zur Einhaltung der Schutzziele

- Reaktivitätskontrolle (insbesondere das Abschalten der Anlage)
- Kühlung der Brennelemente (Abfuhr der Nachwärme aus den Brennelementen)

- Einschluss radioaktiver Stoffe (Begrenzung der Abgabe/Rückhalt radioaktiver Stoffe in der Anlage)
- Begrenzung der Strahlenexposition

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

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

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

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

Der **Sicherheitseinschluss** besteht aus

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

Der **Reaktorsicherheitsbehälter** bildet eine Barriere gegen die Freisetzung radioaktiver Stoffe. Mit einer Materialschleuse, einer Personen- und zwei Notschleusen, Durchführungen und sonstigen Anschlüssen stellt er die druckfeste und dichte Sicherheitsumschließung der unter Primärdruck stehenden Systeme der Reaktoranlage dar. Er besteht aus einem kugelförmigen Stahlbehälter und ist gegen die beim Auslegungsfall

auftretenden Drücke und Temperaturen ausgelegt. Die untere Kalotte ruht in einem Betonfundament, ansonsten steht der Reaktorsicherheitsbehälter freitragend. Der Reaktorsicherheitsbehälter enthält das gesamte unter Betriebsdruck stehende Reaktorkühlsystem sowie Teile der unmittelbar anschließenden Sicherheitssysteme und Reaktorhilfsanlagen. Der RSB gewährleistet als eine der Barrieren die Einhaltung des Schutzzieles „Einschluss radioaktiver Stoffe“.

Der Reaktorsicherheitsbehälter ist während des Betriebes kontinuierlich belüftet und begebar (Ausnahme: große Anlagenräume und Sperrbereiche). Dadurch sind Rundgänge, Vorbereitungen zur Revision oder BE-Lagerbehälterbeladungen während des Anlagenbetriebes möglich.

Die aus einer halbkugelförmigen Kuppel und einem zylindrischen Unterteil bestehende **Sekundärabschirmung** umgibt den Reaktorsicherheitsbehälter und den Ringraum des Reaktorgebäudes. Die Sekundärabschirmung steht auf einer Fundamentplatte und schützt den Reaktorsicherheitsbehälter gegen Einwirkungen von außen wie Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwellen.

Der Bereich zwischen dem unteren, zylindrischen Teil der Sekundärabschirmung und dem Reaktorsicherheitsbehälter bildet den Ringraum, in dem Teile der Sicherheitssysteme redundant zugeordnet, sowie Teile der Reaktorhilfs- und Nebenanlagen untergebracht sind.

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

Die **elektrotechnischen Anlagen** des Kernkraftwerkes haben im bestimmungsgemäßen Betrieb die Aufgabe, die elektrischen Verbraucher der verfahrenstechnischen Systeme mit Energie zu versorgen und bei Leistungsbetrieb die im Kraftwerk erzeugte elektrische Energie in das öffentliche 400 kV-Höchstspannungsnetz abzuführen. Nach Eintritt von Störfällen müssen die elektrotechnischen Anlagen die notwendige Energie für die Verbraucher der zur Beherrschung des jeweiligen Störfalles notwendigen Sicherheitseinrichtungen bereitstellen. Die Sicherheitseinrichtungen des Kernkraftwerkes sind wie das Kühlsystem des Reaktors viersträngig aufgebaut, wobei jeweils zwei der

vier Stränge zur Störfallbeherrschung ausreichend sind. Zur Versorgung der Sicherheitseinrichtungen mit elektrischer Energie stehen für das Kraftwerk folgende Versorgungsmöglichkeiten zur Verfügung:

- Eigenbedarfversorgung
- Kraftwerksgenerator
- Haupt-Netzanschluss
- Reserve-Netzanschluss
- Notstromversorgung (NSDA1 und NSDA2)
- Unterbrechungslose Stromversorgung
- Einspeisemöglichkeit für die langfristige Energieversorgung im Notstromfall (3. Netzeinspeisung)

Die Versorgung der **Eigenbedarfsanlage** erfolgt über den Haupt-Netzanschluss, den Reserve-Netzanschluss oder den Kraftwerksgenerator. An die Eigenbedarfsanlage (EB-Anlage) sind alle Verbraucher angeschlossen, die für den Normalbetrieb des Kraftwerkes benötigt werden. Weiterhin wird über die 10-kV-EB-Schaltanlagen strangzugeordnet in die 10-kV-Schaltanlagen des Notstromsystems eingespeist.

Der von der Turbine angetriebene Kraftwerksgenerator speist über zwei Maschinentransformatoren in das 400-kV-Netz und stellt gleichzeitig über zwei Eigenbedarfstransformatoren die Energie für den elektrischen Eigenbedarf zur Verfügung.

Der **Haupt-Netzanschluss** und die Anlagenteile zwischen ihm und dem Generator haben die Aufgabe:

- zum An- und Abfahren die erforderliche Eigenbedarfsleistung zur Verfügung zu stellen,
- die vom Kraftwerksgenerator erzeugte elektrische Energie in das 400-kV-Netz abzuführen,
- bei nicht verfügbarem Kraftwerksgenerator die erforderliche Leistung in die Eigenbedarfsanlage einzuspeisen,

Der **Reserve-Netzanschluss** dient in erster Linie der Versorgung der Eigenbedarfsanlage nach Eintritt von Störungen, die die gleichzeitige Nichtverfügbarkeit des Kraftwerksgenerators und des Haupt-Netzanschlusses zur Folge haben.

Die elektrischen Verbraucher der Sicherheitseinrichtungen sind an das **Notstromsystem** angeschlossen, welches analog zum Schaltungskonzept der verfahrenstechnischen Systeme ebenfalls aus vier Strängen besteht. Das Notstromsystem ist unterteilt in NSDA1 und NSDA2. An NSDA1 sind die sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher angeschlossen, die auch zur Beherrschung von Störfällen erforderlich sind. Nur diejenigen Verbraucher, die zur Beherrschung von sehr seltenen EVA-Störfällen, wie Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle, benötigt werden, sind an das Notstromsystem 2 angeschlossen. Alle Anlagenteile des NSDA2 sind gegen die unterstellten Einwirkungen von außen ausgelegt und im Notspeisegebäude angeordnet, welches diesen Beanspruchungen ebenfalls standhält.

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

Um bei einem längerfristigen Ausfall der Stromversorgung über Haupt-Netzanschluss, Reserve-Netzanschluss und Eigenbedarfsversorgung eine Alternative zu den Notstromdieseln zu haben, sind die NSDA1 und 2 mit einem separaten 3. Netzanschluss (20 kV) ausgerüstet.

Das **Brennelement-Lagerbecken** befindet sich im Sicherheitsbehälter. Es ist so zum Reaktorraum angeordnet, dass das Brennelement-Lagerbecken und der Reaktorraum von der Lademaschine überfahren und bedient werden können. Das Brennelement-Lagerbecken ist mit boriiertem Wasser gefüllt, das die für BE-Wechsel vorgesehene Borkonzentration besitzt. Das Wasser dient zur Abschirmung der radioaktiven Strahlung der bestrahlten Brennelemente und kontaminierter Kernbauteile (z. B. Steuerelemente und Drosselkörper) und zur Kühlung der Brennelemente.

Die Brennelemente sind so hoch mit Wasser überdeckt, dass die Strahlenbelastung am Rand des BE-Beckens unter den zulässigen Werten gehalten wird, also so niedrig

bleibt, dass sich auch beim Transport von Brennelementen Personen am Beckenrand aufhalten können. Der Wasserstand wird in der Warte angezeigt und überwacht.

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

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

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

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

1.2 Sicherheitstechnisch bedeutsame Unterschiede

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 2 ist ein Druckwasserreaktor der Konvoi-Baulinie, das benachbarte Kernkraftwerk Isar 1 eine SWR Anlage der Baulinie 69. Die Sicherheitseinrichtungen beider Blöcke arbeiten unabhängig voneinander, so dass keine Wechselwir-

kungen 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 für das KKI 2 wurde im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung (SÜ) für das KKI 2 durchgeführt. Die aktuelle SÜ für das KKI 2 (KKI 2-SÜ-2009) wurde Ende 2009 fristgerecht eingereicht. Sicherheitsüberprüfungen sind gemäß §19a AtG alle 10 Jahre durchzuführen und umfassen neben einer Anlagenbeschreibung die analysierenden Teile

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

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

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

Ziele der PSA:

- Ermittlung des Sicherheitsniveaus der Anlage
- Aufzeigen der Ausgewogenheit der sicherheitstechnischen Auslegung und der Betriebsweise
- Aufzeigen von Optimierungsmöglichkeiten in Systemtechnik und Betrieb der Anlage
- Bewertung der Anlagensicherheit unter Berücksichtigung von Analyse-Unsicherheiten
- Vertiefung des Verständnisses des Anlagenverhaltens beim Anlagenpersonal
- Unterstützung des Managements von Betrieb und Änderungen der Anlage

- Bewertung präventiver und mitigativer Notfallmaßnahmen und ggf. Ableitung weiterer Notfallmaßnahmen
- Ermittlung möglicher unfallbedingter Freisetzungen und ihrer Häufigkeiten

Methodik und Umfang der PSA:

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

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

Bei der Probabilistischen Sicherheitsanalyse der Stufe 1 handelt es sich um eine anlagenspezifische PSA für das KKI 2. Es wurde ein für KKI 2 abdeckendes Spektrum von auslösenden Ereignissen aus dem Leistungs- und dem Nichtleistungsbetrieb für die Anforderungen an die System- und Anlagentechnik abgeleitet und der PSA zugrunde gelegt. Das Spektrum auslösender Ereignisse aus dem Leistungsbetrieb umfasst die Ereignisgruppen:

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

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 2009 gemäß der ENSREG-Empfehlung. Die Ergebnisse des Leistungsbetriebs umfassen alle Leistungszustände vom Ziehen der Steuerelemente über den Leistungsbetrieb bis zur Abschaltung (d. h. ausgenommen Nichtleistungsbetrieb). Somit sind auch Nullleistungsbetriebszustände und Teillastzustände in der PSA mit erfasst.

Hauptergebnisse der anlagenspezifisch durchgeführten PSA Stufe 1

Kernschadenshäufigkeit aus Ereignissen im Leistungsbetrieb (gemäß PSA-Leitfaden: interne und externe Ereignisse)	< $4,3 \cdot 10^{-7}/a^1$
davon:	
interne Ereignisse (nicht übergreifend)	$3,0 \cdot 10^{-7}/a$
interne Brände	$7,5 \cdot 10^{-9}/a$
interne Überflutungen	$1,7 \cdot 10^{-8}/a$
Kernschadenshäufigkeit aus externen Ereignissen:	< $1 \cdot 10^{-7}/a$
davon:	
Hochwasser	< $1 \cdot 10^{-7}/a$
Extreme Wetterbedingungen	vernachlässigbar ²
Erdbeben	vernachlässigbar
Kernschadenshäufigkeit aus Ereignissen im Nicht- leistungsbetrieb (gemäß PSA-Leitfaden: interne Ereignisse)	$1,1 \cdot 10^{-7}/a$
davon:	
interne Ereignisse (nicht übergreifend)	$1,1 \cdot 10^{-7}/a$
interne Brände	vernachlässigbar
interne Überflutungen	vernachlässigbar

Die für KKI 2 ermittelte Kernschadenshäufigkeit liegt mit deutlichem Abstand unter dem von der IAEA genannten Zielwert³ für in Betrieb befindliche Anlagen ($< 1 \cdot 10^{-4}/a$) und befindet sich bereits im Bereich der für evolutionäre Reaktoren empfohlenen Werte

¹ Dieser Wert enthält alle Beiträge einschl. denen aus EVI und EVA (s. u.) und weicht deshalb von in der PSÜ-Dokumentation ausgewiesenen Werten ab.

² 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)

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

($1 \cdot 10^{-5}/a$). Damit bestätigt die Stufe 1-PSA, dass im KKI 2 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 2, weil keine unangemessen hohen Beiträge aus einzelnen Ereignissen, Systemfunktionen oder Basisereignissen festgestellt wurden.

Hauptergebnisse der anlagenspezifisch durchgeführten PSA Stufe 2

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

Häufigkeit „großer, früher“ ⁴ Freisetzungen	$3,1 \cdot 10^{-11}/a$
Häufigkeit „großer“ Freisetzungen	$8,7 \cdot 10^{-10}/a$

Die Häufigkeiten „großer, früher“ und „großer“ Freisetzungen aus internen Ereignissen im Leistungsbetrieb liegen um mehrere Größenordnungen unter den IAEA-Zielwerten für bestehende Anlagen und für neu zu errichtende Anlagen von $1 \cdot 10^{-5}/a$ bzw. $1 \cdot 10^{-6}/a$. Entsprechend den oben angegebenen Häufigkeiten führen nur 0,015 % der in der Stufe 2-PSA zugrunde gelegten Kernschadenfälle zu „großen, frühen“ und nur 0,4 % zu „großen“ Freisetzungen.

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

⁴ „große“ Freisetzung: mind. 1% des Cs-Kerninventars, „frühe“ Freisetzung: bis 10 h nach auslösendem Ereignis

2 Erdbeben

2.1 Auslegungsgrundlage

2.1.1 Erdbeben, gegen welches die Anlage ausgelegt ist

2.1.1.1 Charakteristik des Bemessungserdbebens

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

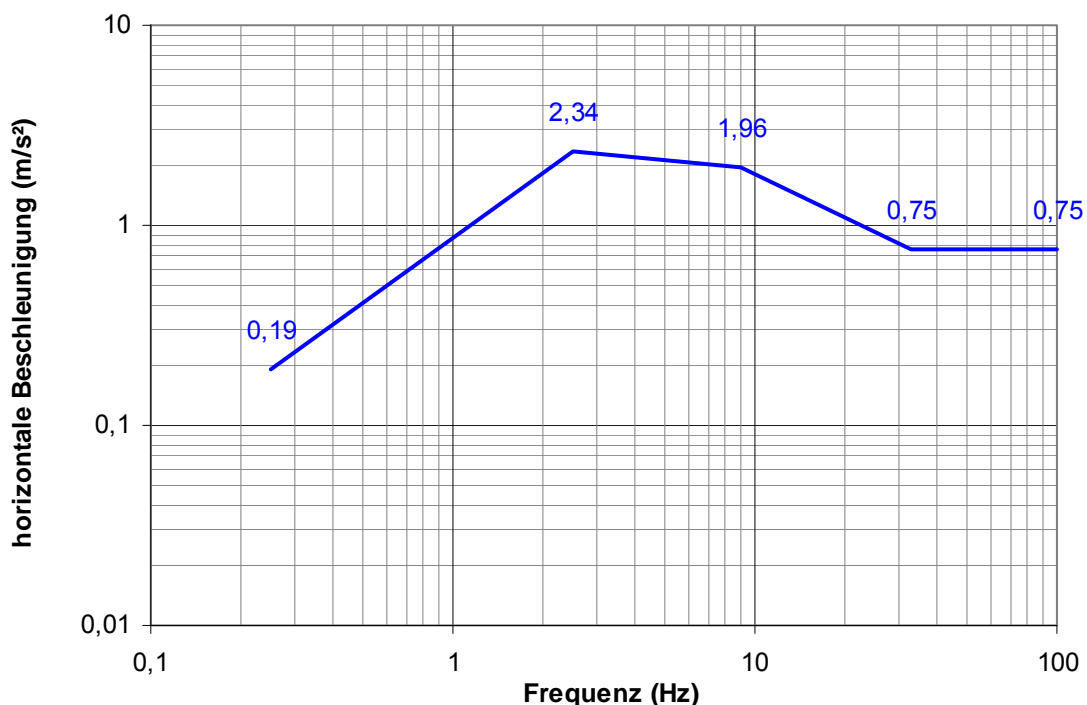


Bild 2-1 Bemessungsspektrum (Horizontalkomponente)

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)	Überschreitenswahrscheinlichkeit
KKI 2	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 2	7,25	3,5	Gründungssohle

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).

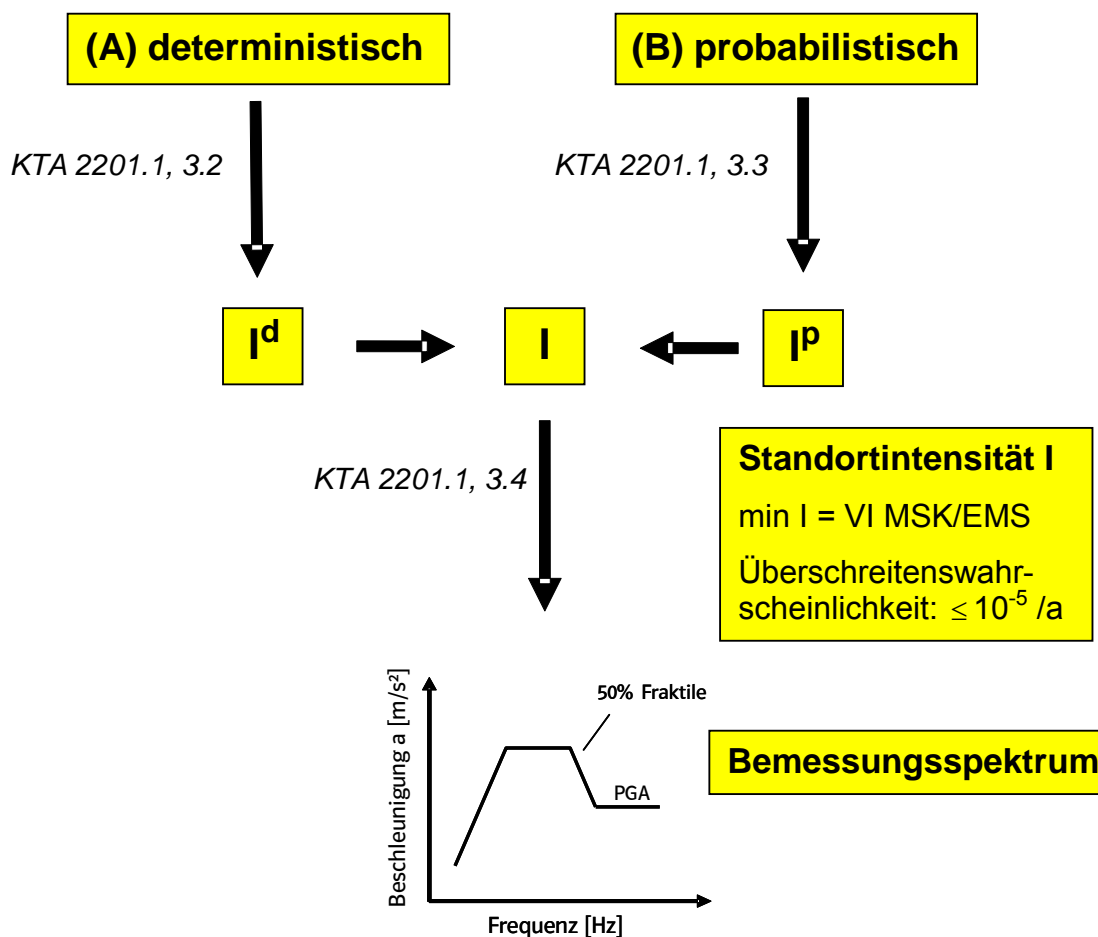


Bild 2-2: Festlegung des Bemessungserdbebens nach KTA 2201.1 (2009-09 bzw. 2010-11)

Bei der probabilistischen Bestimmung des Bemessungserdbebens sind mittels einer Probabilistischen Seismischen Gefährdungsanalyse (PSGA) die jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten seismischer Einwirkungen am Standort sowie die Unsicherheiten dieser Angaben zu bestimmen. Die Überschreitungswahrscheinlichkeit 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 im Dezember 2009 eingereichten 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 ausgelegt (teilweise nur die sicherheitsrelevanten Bereiche) 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	Schaltanlagegebäude
2	Bauwerke für Notstrom-EB-Transformatoren
3	Notstromerzeugergebäude und Kaltwasserzentrale
4	Kabelbrücken zwischen Schaltanlagegebäude und Reaktorgebäude
5	Kabel- und Rohrkanäle zwischen Schaltanlagegebäude und Notstromerzeugergebäude / Kaltwasserzentrale
6	Bauwerk für Dieselkraftstoff-Vorratsbehälter
7	Reaktorgebäude-Innenraum
8	Reaktorgebäude-Ringraum
9	Frischdampf- und Speisewasserarmaturenkammer
10	Materialschleusenumbauung (ohne Treppenturm)
11	Reaktorhilfsanlagegebäude
12	Fortluftkamin
13	Notspeisegebäude
14	Rohr- und Kabelkanäle zwischen Notspeisegebäude und Reaktorgebäude
15	Nebenkühlwasser-Entnahmebauwerk 1 „-Tiefbau“ / „-Einstiegsschächte“
16	Nebenkühlwasser-Entnahmebauwerk 1 „-Überbau“

17	Nebenkühlwasser-Zulaufkanäle 1 mit Kanal-Einstiegsschächten
18	Seismologische Messstation
19	Nebenkühlwassermessstellenbauwerk
20	Brückenbauwerk
21	Nebenkühlwasserpumpenbauwerk 1
22	Nebenkühlwasser-Armaturenschacht 1

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

Nr.	System
1	Primärkreislauf
2	Druckhaltesystem
3	Volumenregelsystem
4	Zusatzboriersystem
5	Nukleares Nachkühlsystem und Beckenkühlsystem
6	Nukleares Zwischenkühlsystem
7	Nebenkühlwassersystem für gesicherte Anlage
8	Gesichertes Zwischenkühlwassersystem
9	Hauptspeisewasser- und An- und Abfahrssystem
10	Notspeisesystem
11	Frischdampfsystem mit Frischdampfumleitstationen
12	Reaktorschutzsystem und Dampferzeugerdruckabsicherung
13	Reaktorschnellabschaltsystem
14	Primärkreisabschluss
15	Gebäudeabschluss
16	Sekundärkreisabschluss
17	Stromversorgung (NSDA1- und NSDA2-Netz)
18	Sicherheitsrelevante Lüftungsanlagen(teile) mit Kaltwassersystem

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 oder Notsteuerstelle sind für das Bemessungserdbeben ausgelegt. Durch die vorhandene seismische Instrumentierung wird das Erdbeben identifiziert. In Abhängigkeit des Erdbebenniveaus wird entschieden (nach KTA 2201.5), ob ein Weiterfahren der Anlage zulässig ist bzw. die Anlage sicher abzufahren ist. Wird ein Erdbeben identifiziert, so ist, unabhängig von der Stärke des Erdbebens, durch eine Anlagenbegehung zu prüfen, ob der bestimmungsgemäße Zustand der Anlage eingehalten ist. Wenn dies nicht der Fall ist, so ist die Anlage sicher abzufahren. Ist die Erdbebenstärke größer als das 0,6-fache Bemessungserdbeben, so ist die Anlage auf jeden Fall sicher abzufahren. Zudem sind störfallorientierte und darüber hinaus schutzzielorientierte Maßnahmen im Störfall-BHB beschrieben.

2.1.2.3 Folgewirkungen des Erdbebens

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

Als Folgeereignis bei Erdbeben ist die Berstdruckwelle aus dem unterstellten Versagen nicht gegen Erdbeben ausgelegter hochenergetischer Behälter (z. B. Speisewasserbehälter) relevant. Es wird sichergestellt, dass ein Versagen eines solchen hochenergetischen Behälters nicht zu unzulässigen Folgewirkungen führt. Ebenfalls berücksichtigt wurde ein Brand nach Erdbeben.

Durch die Auslegung der Anlage nach KTA 2101 kann ein Folgebrand nach Erdbeben ausgeschlossen werden.

Die Auslegung der Anlage berücksichtigt zudem, dass nach einem Erdbeben die 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 neben den vier Notstromdieseln vier weitere Notspeisenotstromdiesel zur Verfügung.

2.1.2.3.3 Situation außerhalb der Anlage

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

2.1.2.3.4 Andere Folgewirkungen

Andere Folgewirkungen brauchen bei KKI 2 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-2 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 der auf Grund des Atomgesetzes erlassenen Rechtsverordnungen einzuhalten. Die hierauf beruhenden Anordnungen und Verfügungen der Aufsichtsbehörden und die Bestimmungen des Bescheids über die Genehmigung (§ 7AtG) und die nachträglichen Auflagen (§ 17 AtG) sind zu befolgen.

Zur Gewährleistung der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen hat 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 Sicherheitspezifikationen und in der Sicherheitsdokumentation enthalten. Detaillierte Anforderungen an Überwachung, wiederkehrende Prüfungen und Inspektion sind nach KTA 1201 (Anforderungen an das Betriebshandbuch) im Betriebshandbuch des 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 Halterungsichtprüfungen von Rohrleitungen und Komponenten entsprechend des o. g. Reglements durchgeführt. Die Festlegungen zur Durchführung der Prüfungen werden unter Berücksichtigung der Betriebserfahrungen der eigenen sowie anderer Anlagen überprüft und erforderlichenfalls geändert. Aktualisierungen des Prüfhandbuchs werden der Aufsichtsbehörde zur Zustimmung vorgelegt.

Im Betriebshandbuch sind weiterhin in diversen Kapiteln sicherheitstechnisch wichtige Anforderungen und Bedingungen für die verschiedenen Betriebszustände verbindlich festgeschrieben, so z. B. Anforderungen an Mindestfüllstände von Dieselvorrattanks der Notstromdiesel und an andere bei Erdbeben notwendige Systeme (z. B. Mindestfüllstand der Flutbecken, Mindestverfügbarkeiten der Stromversorgung, etc.). Diese Anforderungen werden regelmäßig überprüft, z. B. während des Wiederanfahrens nach

einem Brennelementwechsel, bei Störung von Systemen, Auftreten von entsprechenden Meldungen, wiederkehrenden Prüfungen und z. T. mit Meldungen der Klasse 1 bzw. Klasse 2 auf der Warte bei Unter-/Überschreiten von dort festgelegten Werten auf der Warte versehen.

Bei Anlagenänderungen kommt ein gestuftes Verfahren zum Einsatz, welches der sicherheitstechnischen Bedeutung der Änderung Rechnung trägt und detailliert im 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 2 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 2 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.

2.1.3.2 Prozess hinsichtlich Verfügbarkeit mobiler Einrichtungen

Die Beherrschung des Bemessungserdbebens wird im Kernkraftwerk Isar 2 allein über auslegungsgemäße Maßnahmen sichergestellt, so dass keine mobilen Einrichtungen, Notfallmaßnahmen oder externe Geräte benötigt werden.

2.1.3.3 Festgestellte Abweichungen

Entsprechend der Regelungen im Betriebshandbuch werden Unregelmäßigkeiten, Störungen, Mängel und Schäden von jedem Mitarbeiter im Kraftwerk an das Schichtpersonal gemeldet, 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 BHB (z. B. Meldekriterien, zul. Nichtverfügbarkeitszeiten usw.).

Gemäß der Verordnung über den Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV) hat der Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerkes Isar 2 ferner die Pflicht, der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde Unfälle,

Störfälle oder sonstige für die kerntechnische Sicherheit bedeutsame Ereignisse (meldepflichtige Ereignisse) zu melden. Dazu gehören auch sicherheitstechnisch bedeutsame Abweichungen vom genehmigten Zustand, die in der Anlage 1 der AtSMV aufgeführt sind. Entdeckte Abweichungen werden sicherheitstechnisch bewertet und entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung erfolgt anschließend dann die Bearbeitung der Abweichung.

Hinsichtlich Erdbeben sind für KKI-2 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.

Die am Standort bestimmte Intensität ist 6,25 ESK/MSK. Für ein Kraftwerk mit einer Intensität von $6,0 < I \leq 7,0$ ist entsprechend dem deutschen PSA-Leitfaden nur eine vereinfachte Erdbeben-PSA durchzuführen, da, auch im Hinblick auf die EMS, nur geringe Schäden zu erwarten sind, die keinen nennenswerten Beitrag zur Kernschadenshäufigkeit liefern. Es konnte zudem gezeigt werden, dass das Bemessungsspektrum einer um eine Intensitätsstufe erhöhten Intensität zuzuordnen ist. Dies bedeutet, dass alle Bauwerke und Komponenten, die gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt sind, für eine Intensität von 7,25 nachgewiesen worden sind und somit über großen Ausle-

gungsreserven verfügen. Darüber hinaus ist die Anlage gegen weitere EVA-Lastfälle (Flugzeugabsturz, Hochwasser, EDW) ausgelegt, so dass auch hierdurch zusätzliche Auslegungsreserven vorliegen und damit eine große Robustheit gegeben ist.

2.2.2 Auslegungsreserven für die Integrität des Sicherheitseinschlusses

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

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

2.2.3 Auslegungsüberschreitendes Hochwasser infolge auslegungsüberschreitenden Erdbebens

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

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

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

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

2.2.4 Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anlage gegen Erdbeben

Wie Erdbeben-PSA in deutschen Kernkraftwerken, die vergleichbar zu KKI 2 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 wurde für den Standort Isar 1 zu 374,32 m ü. NN bestimmt. Konservativ wurde für KKI 2 (stromaufwärts gelegen) der maximale Wasserstand zu 374,93 m ü. NN (Bemessungshochwasserstand) angenommen. 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 Ermittlung dieses Bemessungshochwasserstands wurden für Binnenstandorte und Küsten-

standorte 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.

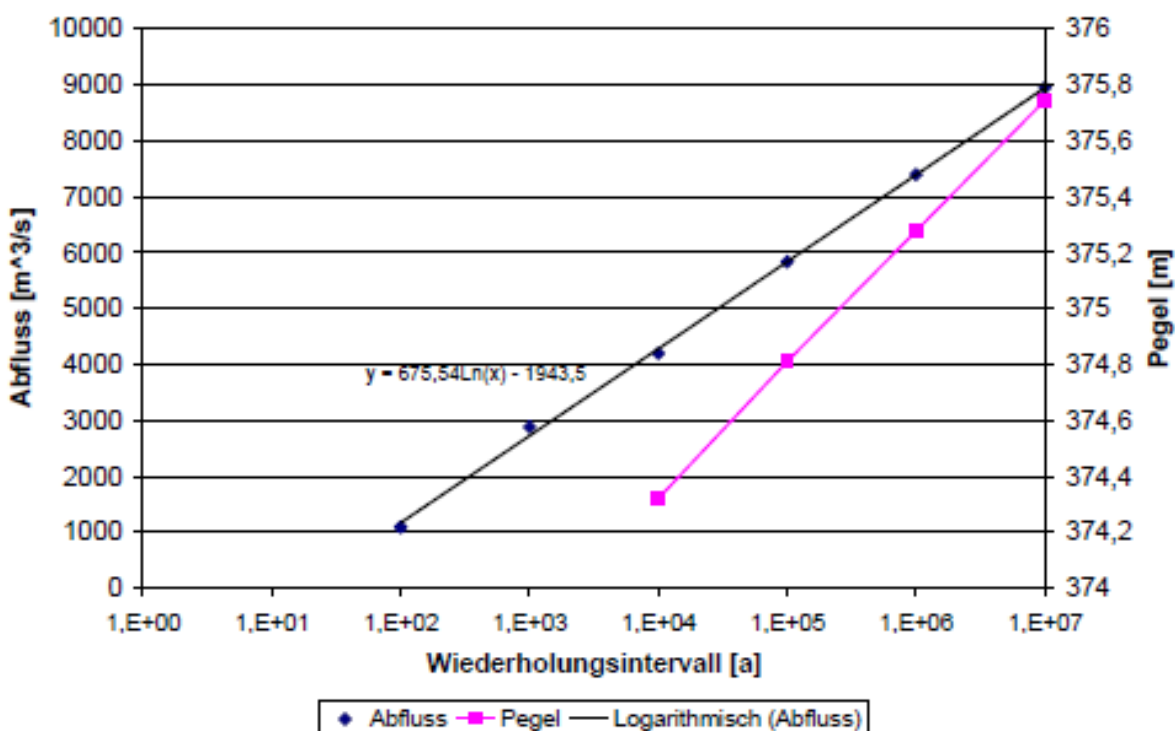
Es wurde angenommen, dass die Retentionsfähigkeit nach einem bis 1996 geplanten Ausbau des Speichers bis zum hundertjährigen Hochwasser HQ_{100} wirksam ist. Bei den Hochwasserpegeln HQ_{1000} und seltener ist eine Retentionswirkung des Speichers nicht mehr gegeben, da der Speicher schon mit dem Anlaufen der Hochwasser-Welle aufgefüllt wird.

Auf Basis der erwähnten Jahresreihe zwischen 1926 und 1958 ist der Abfluss über HQ_{1000} linear extrapoliert worden bis zur Überschreitenswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$. Hierfür ergibt sich ein Abfluss von $4200 \text{ m}^3/s$, was einem Pegel von $374,93 \text{ m ü. NN}$ entspricht. Somit liegt die Anlage mehr als 1 m über dem Niveau des definierten Bemessungswasserstands, so dass das hohe Kraftwerksgelände ($375,4 \text{ m ü. NN}$) bzw. die erhöhte Anordnung einen ausreichenden Schutz der Gebäude und Anlagenteile bietet. Ist die Abflussmenge größer als diejenige des 1000-jährlichen Hochwassers, wird ein Dammbbruch im oberstromigen Bereich des Stauraumes angenommen. In Folge dessen findet der Gesamtabfluss nicht mehr über das Wehr der Staustufe Niederaichbach (Stauziel $375,5 \text{ m ü. NN}$) statt, sondern teilt sich auf Flussschlauch ($2400 \text{ m}^3/s$) und Vorland ($1800 \text{ m}^3/s$) auf. Auf Grund dieser Untersuchungen kann daher ge-

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 [m ³ /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	Schaltanlagegebäude
2	Bauwerke für Notstrom-EB-Transformatoren
3	Notstromerzeugergebäude und Kaltwasserzentrale
4	Kabel- und Rohrkanäle zwischen Schaltanlagegebäude und Notstromerzeugergebäude / Kaltwasserzentrale
5	Bauwerk für Dieselmotoren-Vorratsbehälter
6	Reaktorgebäude-Ringraum
7	Frischdampf- und Speisewasserarmaturenkammer
8	Reaktorhilfsanlagegebäude
9	Fortluftkamin
10	Notspeisegebäude
11	Rohr- und Kabelkanäle zwischen Notspeisegebäude und Reaktorgebäude

Nr.	Bauwerk
12	Nebenkühlwasser-Entnahmebauwerke 1 und 2 „-Tiefbau“ / „-Einstiegsschächte“
13	Nebenkühlwasser-Zulaufkanäle 1 und 2 mit Kanal-Einstiegsschächten
14	Brückenbauwerk
15	Nebenkühlwasser-Armaturenschacht 1
16	Schutzplatte

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 ausgelegt sind. Die folgenden System, welche Zur Herstellung eines sicheren abgeschalteten Zustandes, zur Sicherstellung der Kühlwasserversorgung und zur Sicherstellung der Notstromversorgung erforderlich sind, befinden sich in den in Tabelle 3-2 genannten Gebäuden und sind daher ebenfalls gegen das Bemessungshochwasser geschützt.

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

Nr.	System
13	Reaktorschnellabschaltsystem
14	Primärkreisabschluss
15	Gebäudeabschluss
16	Sekundärkreisabschluss
17	Stromversorgung (NSDA1- und NSDA2-Netz)
18	Sicherheitsrelevante Lüftungsanlagen(teile) mit Kaltwassersystem

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

3.1.2.2 Wesentliche Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption gegen Hochwasser

Das Kernkraftwerk Isar 2 (KKI 2) wurde als Standort an einem Fluss gegen die Hochwasserabflüsse ausgelegt. Für Binnenstandorte ist gemäß KTA 2207 als Ausgangsgröße zur Ermittlung des Bemessungswasserstandes ein Hochwasserabfluss im Gewässer mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /a anzusetzen. Hieraus ergeben sich folgenden Maßnahmen:

Permanenter Hochwasserschutz

- 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 Wasserstand liegen.
- Alle Nebenkühlwasserleitungen sind ständig mit Wasser gefüllt, so dass ein Aufschwimmen von Leitungen nicht möglich ist und somit ein Hochwassereintrag in den Ringraum durch Schäden am Reaktorgebäude ausgeschlossen werden kann.
- Die nuklearen Zwischenkühler im Reaktorgebäuderingraum befinden sich in einer Abkammerung, so dass Leckagen am nuklearen Zwischenkühler oder Leitungsbrüche des gesicherten Nebenkühlwassersystems nicht zu einer Überflutung des Ringraums führen können.

Alle wesentlichen Gebäude sind durch bituminöse Klebeabdichtungen und teilweise Ausführung in wasserdichtem Beton gegen Eindringen von Grund- und ggf. Hochwasser geschützt.

Ein Hochwasser infolge Schleusenbruchs 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 2 mit permanenten Hochwasserschutzmaßnahmen ausgestattet. Danach sind auch bei einem Wasserstand von 374,93 m ü. NN auf dem Anlagengelände keine sicherheitstechnischen Beeinträchtigungen zu unterstellen. Organisatorische und administrative Maßnahmen für eine Hochwassersituation sind im Betriebshandbuch festgeschrieben.

Hochwasserspezifische Vorsorgemaßnahmen

Zur Sicherstellung eines sicheren Anlagenbetriebes sind gezielte Maßnahmen bei Hochwasser durchzuführen. Diese werden bei einem Isarwasserabfluss von $> 300 \text{ m}^3/\text{s}$ und stark steigender Schmutzfracht eingeleitet.

Diese Maßnahmen sind im Wesentlichen:

- Die Siebbandanlagen werden auf "Dauerbetrieb schnell" gestellt.
- Die Abspritzwasserpumpen der Siebbänder werden verstärkt kontrolliert.
- Nicht benötigte Nebenkühlwasserstränge außer Betrieb genommen.
- Die Einlaufbauwerke und Nebenkühlwasserbauwerke werden verstärkt kontrolliert und die jeweiligen Grob- und Feinrechen durchgeführt.
- Bei Ausfall werden die erforderlichen Ersatzmaßnahmen bei abfallendem Abspritzwasserdruck der Abspritzwasserpumpen hergestellt. Dazu wird die Abspritzwasserversorgung über das Feuerlöschsystem mit Hilfe von vorbereiteten

Schlauchverbindungen sichergestellt und so der Betrieb der Siebbandanlagen für die Dauer des Hochwassers gewährleistet.

- Die Sicherstellung der Energieversorgung für diese Komponenten erfolgt durch das Notstromnetz 1 (NSDA1-Netz).

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-2 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 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“
- EMAS – „Eco Management and Audit Scheme“ (EG 1221/2009)
- OHSAS 18001 „Arbeits- und Gesundheitsschutzmanagementsysteme Anforderungen“
- 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 Inbe-*

triebnahme 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 2 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 2 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 2 allein über auslegungsgemäße Maßnahmen sichergestellt, so dass keine mobilen Einrichtungen, Notfallmaßnahmen oder externe Geräte benötigt werden.

3.1.3.3 Festgestellte Abweichungen

Nach dem 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 BHB (z. B. Meldekriterien, zul. Nichtverfügbarkeitszeiten usw.).

Gemäß der Verordnung über den Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (AtSMV) hat der Genehmigungsinhaber des Kernkraftwerkes Isar 2 ferner die Pflicht, der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde Unfälle, Störfälle oder sonstige für die kerntechnische Sicherheit bedeutsame Ereignisse (meldepflichtige Ereignisse) zu melden. Dazu gehören auch sicherheitstechnisch bedeutsame Abweichungen vom genehmigten Zustand, die in der Anlage 1 der AtSMV aufgeführt sind. Entdeckte Abweichungen werden sicherheitstechnisch bewertet und entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung erfolgt anschließend dann die Bearbeitung der Abweichung. Hinsichtlich des Schutzes vor Hochwasser sind bisher keine sicherheitstechnisch relevanten Abweichungen aufgetreten, die einer Meldung nach AtSMV bedurften.

Hinsichtlich Hochwasser sind für KKI-2 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. Die Gebäudezugangshöhe des Nebenkühlwasserpumpenbauwerks 1 beträgt 377 m ü. NN. Die Gebäudezugangshöhe für das Notspeisegebäude beträgt 378,5 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 ca. 24 h bis das Pegelmaximum das Kraftwerk erreicht.

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

Die im BHB „Betrieb bei Hochwasser“ beschriebenen Maßnahmen werden außerhalb der Tagdienstzeit von einer herbeizuholenden Bereitschaft (Herbeiholungszeit max. 30 Min.) durchgeführt. Der Aufbau der gezielten Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich der Kühlwasserreinigung nimmt ca. 30 Minuten in Anspruch. Daher ergibt sich eine Durchführungszeit von ca. einer Stunde.

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 2 in Betracht kommen sind:

- Extreme Winde
- Extreme Temperaturen
- Extreme Niederschläge
- Einwirkungen von biologischen Organismen (Schmutzfracht)
- Blitzschlag
- Niedrigwasser

Aus diesen Ereignissen abzuleitende Auslegungsanforderungen wurden jeweils systemspezifisch festgelegt.

Extreme Winde

Die am Standort zu erwartenden Belastungen aus Wind werden durch die nach DIN 1055 ausgelegten Bauwerke abgetragen. Extreme Belastungen aus Orkanen werden durch die vorhandene Bauauslegung ebenfalls abgetragen (Wandstärken der Gebäude bieten Schutz vor fliegenden Trümmern, Auslegung gegen Explosionsdruckwelle bietet

Schutz vor Druck- und Zugwirkung). Die Auswirkungen solcher Ereignisse führen im Extremfall nur zum Ausfall der Eigenbedarfsversorgung.

Extreme Temperaturen

Hohe und Niedrige Umgebungstemperaturen

Die am Standort zu unterstellenden Belastungen aus extremen Lufttemperaturen 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 eine Gefährdung der Schutzziele ausgeschlossen werden kann. Darüber hinaus sind mögliche Auswirkungen frühzeitig erkennbar, so dass rechtzeitig gezielte Maßnahmen ergriffen werden können.

Hohe und niedrige Kühlwassertemperaturen

Zur Eisfreihaltung der Kühlwasserentnahmebauwerke gibt es eine Auftaueinrichtung (Warmwasserrückführung), über welche erwärmtes Nebenkühlwasser vor die Grobrechen im Nebenkühlwasser-Entnahmebauwerk geleitet werden kann, so dass Betriebsbeeinträchtigungen durch Eis vermieden werden

Der Auslegung für die Sicherheitseinrichtungen liegt eine abdeckend hohe Nebenkühlwassertemperatur von 28 °C zugrunde. Eine Annäherung an diesen Wert wäre rechtzeitig absehbar, so dass entsprechende Vorsorgemaßnahmen getroffen werden können.

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 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.

Extreme Niederschläge in Form von 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 (Schmutzfracht)

Zum Schutz vor Einwirkungen von biologischen Organismen erfolgt eine Druckdifferenzüberwachung an den Kühlwasserreinigungsanlagen (Fein-/Grobrechen und Siebandanlagen) in den Einlaufbauwerken oder die Querkanalniveauüberwachung. Weiter besitzen die Kühlwasserreinigungsanlagen ausreichend Reserven, die auch bei starkem Anfall von biologischen Organismen einen minimalen Wasserzulauf ermöglichen.

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

Im Weiteren Verlauf ist die Betrachtung zu Einwirkungen von biologischen Organismen (Schmutzfrachten) 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“ (Fassung 2009/11).

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 kann.

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

Niedrigwasser

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

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

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

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

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 Anla-

genteile des KKW Isar 2 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 2 neben den 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 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 Regelwerkes 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 2 (KKI 2) verfügt über drei Netzanlüsse: den Hauptnetzananschluss (400 kV), den Reservenetzanschluss (110 kV) und den dritten erdverlegten Netzananschluss (20 kV).

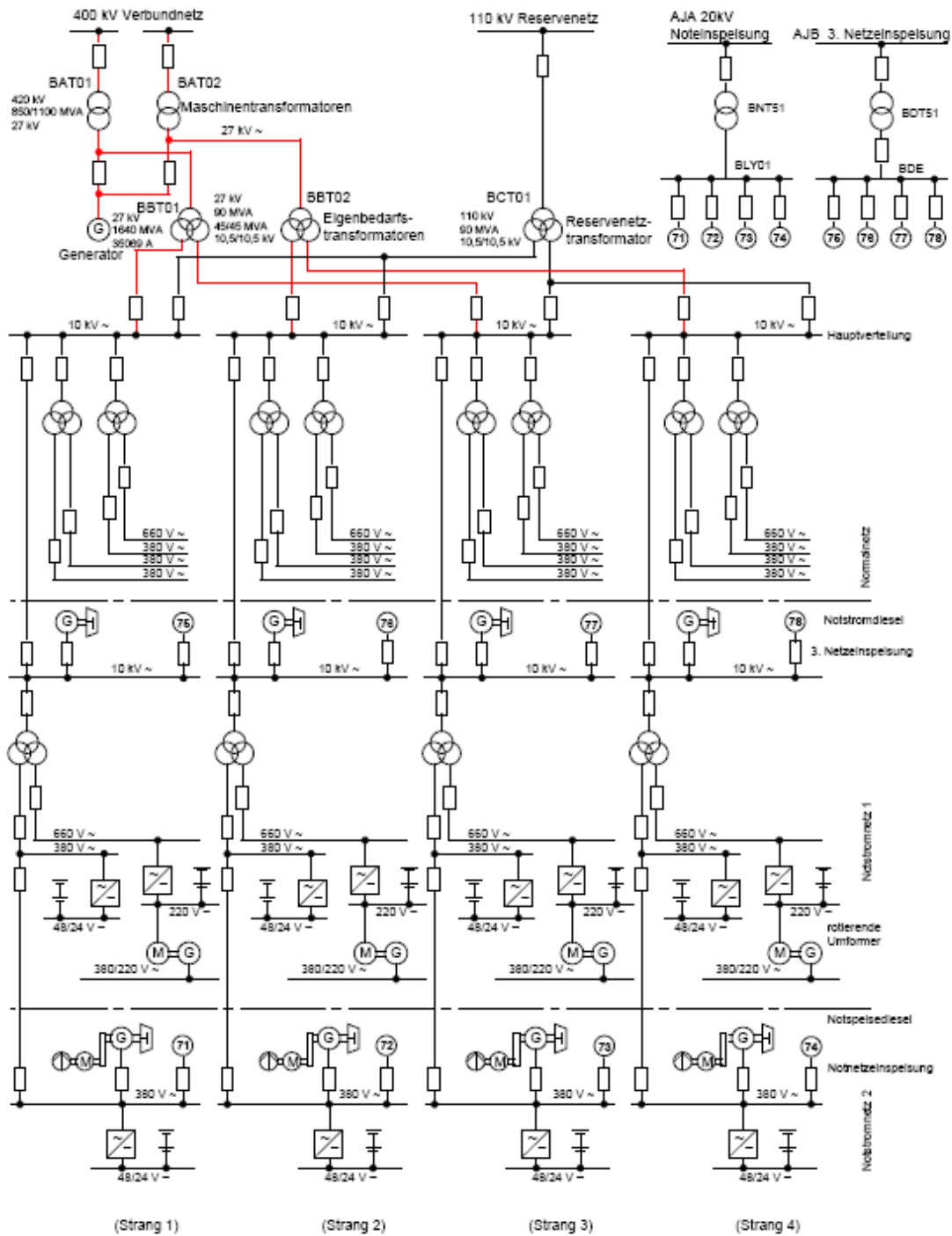


Abb. 5.1 Eigenbedarf Übersichtsschaltplan KKI 2 (vereinfachte Darstellung)

Es stehen folgende Einrichtungen zur Verfügung:

- 2 Maschinentransformatoren zum Verbundnetz (400 kV)
- 1 Reservenetztransformator mit Anbindung an das 110kV-Reservenetz
- 1 Generator mit 2 Eigenbedarfstransformatoren (27/10 kV)
- 4 Notstromdiesel, NSDA1 (10 kV)
- 4 Notspeisenotstromdiesel, NSDA2 (380 V)
- 3. Netzeinspeisung (20 kV-Ringleitung)
- mobiles Notstromdieselaggregat für die Versorgung einer Scheibe im NSDA2-Netz (380 V)

Darstellung der gestaffelten Energieversorgung:

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

2. Lastabwurf auf Eigenbedarf

Der Lastabwurf auf Eigenbedarf wird durch KKI 2 beherrscht. Hierbei werden beide 400 kV-Leistungsschalter geöffnet. Der 27 kV-Generatorschalter bleibt geschlossen. Es erfolgt keine Eigenbedarfsumschaltung, die Eigenbedarfschienen werden weiterhin vom Generator mit Spannung versorgt. Die Reaktor- und Generatorleistung werden automatisch abgesenkt.

3. Umschaltung auf Reservenetz

Durch Störungen an der Haupteinspeisung oder an einem der Maschinen- oder Eigenbedarfstransformatoren wird der der Blockschutz aktiviert. Der Blockschutz öffnet beide 400 kV-Netzschalter und die Anlagenleistung wird auf Eigenbedarfsleistung abgesenkt. Erst wenn dieser Lastabwurf auf Eigenbedarf nicht gelingt, erfolgt ein Umschalten der Eigenbedarfseinspeisung auf das Reservenetz. Die Umschaltung kann je nach Phasenlage in Kurzzeit (ohne Ab-

schaltung von Verbrauchern) oder Langzeit (mit Abschaltung von betrieblichen Verbrauchern) erfolgen.

4. Notstromfall

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

5. Notspeisenotstromfall – Ausfall NSDA1

Der Notspeisenotstromfall wird bei Unverfügbarkeit der Notspeisenotstromdiesel durch Spannungsabfall oder Frequenzabfall für einen definierten Zeitraum an den 380 V NSDA2-Netz-Schienen erkannt. Die Notspeisenotstromdiesel NSDA2 werden gestartet und versorgen nach dem Hochlauf die Notspeisenotstromredundanzen.

6. 3. Netzeinspeisung

Nach Ausfall der kompletten Eigenbedarfs-Versorgung, der NSDA1 und NSDA2 - Netze kann die Stromversorgung aus dem 3. Netzanschluss hergestellt werden. Hierbei kann jeweils eine Eigenbedarfsschiene sowie eine Notspeisenotstromschiene versorgt werden. Die Prozeduren sind im Notfallhandbuch beschrieben.

5.1.1 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss ⁵

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

⁵ Ausfall der gesamten externen Stromversorgung 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.

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 NSDA1 automatisch vom Reaktorschutz gestartet. Der Betrieb ist aufgrund der gemäß der Regel KTA 3702 vorgeschriebenen Kraftstoffreserven für mindestens 72 h Vollast je Redundanz abgesichert.

2. Vier redundanz-zugeordnete Notstromdieselaggregate (NSDA1-Netz), über die alle Komponenten versorgt werden, die für ein betriebliches Abfahren der Anlage erforderlich sind und der Schutzzielerreichung
 - Kontrolle der Reaktivität,
 - Kühlung der Brennelemente,
 - Einschluss der radioaktiven Stoffe,
 - Begrenzung der Strahlenexpositiondienen.
3. Bei (postuliertem) Ausfall der Notstromdiesel NSDA1 wird gemäß der Definition der IAEA-TECDOC-332 der Zustand „Station Blackout“ erreicht. Vier redundanz-zugeordnete Notspeisenotstromdieselaggregate NSDA2 werden betrieben, über die alle vitalen Komponenten versorgt werden, die der o. g. Schutzzielerreichung dienen.
4. Bei (postuliertem) Ausfall der NSDA1 und NSDA2 steht eine 3. verkabelte Netzanbindung zur Verfügung, die im Rahmen vorgesehener Notfallmaßnahmen mit hinterlegten Prozeduren im Notfallhandbuch aufgeschaltet werden kann, um die Nachwärmeabfuhr aufrecht zu erhalten. Damit kann ebenfalls die Einhaltung der o. g. Schutzziele gewährleistet werden.

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

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

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

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

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

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

Bei einem erfolgreichen Lastabwurf auf Eigenbedarf ist eine langfristige Versorgung über 72 h hinaus sichergestellt.

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

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

1. Kraftstoffvorrat NSDA1

Die KTA-Regel 3702 fordert einen Kraftstoff- und Ölverrat, der einen Betrieb der NSDA1 von mindestens 72 h garantiert. Bei realistischer Betrachtung der auf der Anlage KKI 2 bevorrateten Kraftstoff- und Ölverräte ergeben sich Betriebszeiten, die deutlich über den von der KTA 3702 geforderten liegen (ca. 90 h). Zusätzlich kann durch gezieltes Abschalten von nicht (dringend) benötigten Verbrauchern der Kraftstoffverbrauch gesenkt und damit die Betriebsdauer erhöht werden.

Bei Erreichen des MIN-Füllstandes in einem der Kraftstoffvorratsbehälter werden sämtliche auf der Anlage befindlichen Dieselvorräte mithilfe eines Tanklastzuges ergänzt.

2. Schmierölvorrat NSDA1

Die Notstromdieselaggregate sind so ausgelegt, dass der Schmierölverbrauch über das Volumen der Ölwannen für einen 10 h-Betrieb sicher abgedeckt wird. In der Praxis bedeutet dies, dass eine Kontrolle des Ölstandes nach 10h durchgeführt werden kann, aber ein Nachfüllen nicht zwingend damit verbunden ist, da eine automatische Schmierölergänzung aus einem Öl-Vorratsbehälter vorhanden ist. Erforderliche Schmierölnachfüllmengen sind somit für einen 72h-Betrieb vorgehalten. Danach müssen die Schmierölzustände der einzelnen Aggregate erfasst werden. Legt man den

realistischen Schmierölverbrauch zugrunde, dann werden Betriebszeiten bis zu ca. 136 h erreicht.

3. Kraftstoffvorrat NSDA2

Der Kraftstoff- und Ölvorrat für den Betrieb der NSDA1 ist je Strang für mindestens 24h ausgelegt. Die gesamten Kraftstoffvorräte aller 4 Notspeise-Notstromdiesel NSDA2 setzen sich zusammen aus dem Inhalt der vier Betriebsbehälter und einem gemeinsamen Kraftstoff- Erdtank. Setzt man konservativ als maximale Dieselbelastung den Betrieb einer Notnackkühlkette an, so ergibt sich eine minimale Betriebszeit von ca. 92 h. Ggf. könnten auch die Kraftstoffvorräte der Notstromdiesel bei deren Nichtverfügbarkeit genutzt werden.

4. Schmierölvorrat NSDA2

Der Ölvorrat eines Notspeisenotstromdiesels NSDA2 setzt sich zusammen aus dem Ölvorrat in der Ölwanne und dem Ölvorrat von 100 l pro Redundanz im Notspeisenotstromgebäude. Durch den Ölwanneninhalt wird eine Autarkie von 24 h sichergestellt. Die restlichen 100l stellen eine Betriebszeit von 48 h sicher. Damit ergibt sich eine Gesamtlauzeit von mindestens 72 h. Hier wurde der ungünstigste Schmierölverbrauch bei maximaler Motorleistung von 2,4 l/h zugrunde gelegt. Unterstellt man den kompletten Ausfall aller 4 Notstromdiesel NSDA1, dann können die im Lagergebäude des KKI 2 gelagerten Schmierölvorräte von mind. 3200 l für die Notspeisenotstromdiesel genutzt werden.

5. Kühlwasser NSDA1+NSDA2

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

1. Weitergehende Maßnahmen bei intakter Infrastruktur

Für die Notstromdieselaggregate (NSDA1+NSDA2) sind entsprechend den Anforderungen der Regel KTA 3702 Kraftstoff- und Schmierölvorräte auf der Anlage für einen Betrieb von mindestens 72 h-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 72 h die entsprechenden Anforderungen – vertraglich abgesichert - 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 und werden ausschließlich von entsprechendem Fachpersonal durchgeführt. Dazu notwendige Einrichtungen sind vorhanden und verfügbar. Die Maßnahmen sind im Betriebshandbuch beschrieben.

2. Weitergehende Maßnahmen bei beeinträchtigter Infrastruktur

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

Bei einem Unfall im Nachbarblock kann die Anlage vom Notspeisegebäude aus in einen langfristig sicheren Zustand gebracht werden. Die Notstromanlagen sind gemäß geltendem Regelwerk gegen Lasten aus Erdbeben sowie auf unterstellte Folgeereignisse, die in kausalem Zusammenhang mit einem Erdbeben stehen können, ausgelegt. Dies betrifft sowohl Hochwasser als auch Brände auf dem Gelände. Die Notstromdie-

selgebäude und deren Zugänge sind geodätisch entsprechend hoch gelegen, die Aggregate in separaten Kammern angeordnet, um gegenseitige Beeinflussungen auszuschließen. Gleiches gilt auch für die Notspeisenotstromanlagen, die gegen Flugzeugabsturz gesichert und gebunkert sind.

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

Zur Absicherung eines langandauernden Notstromfalls sind Vorkehrungen getroffen worden zur:

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

Maßnahmen / Regelungen für externe Beschaffung und Personalverfügbarkeit

Auf dem Kraftwerksgelände des KKI 2 befinden sich vier NSDA1 sowie weitere vier NSDA2. Die Auslegung dieser Systeme beträgt 4 x 50 %. Bei Zugrundelegung realistischer Störfallszenarien, die durch Störungen der Stromversorgung ausgelöst werden können, ist die Einhaltung aller Schutzziele mit je einem 50 %-Teilsystem sichergestellt. Somit ist es zur Schutzzieleinhaltung nicht zwingend erforderlich, ein im Anforderungsfall ausgefallenes Dieselaggregat kurzfristig instand zu setzen. Zur Reparatur einzelner Dieselaggregate sind dennoch Reserveteile für wichtige Komponenten auf der Anlage verfügbar. Sofern Reserveteile nicht am Standort verfügbar sind, können diese vom Hersteller beschafft werden. Hierfür und zur Mobilisierung von Technikern und Monteuren des Herstellers der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel besteht eine vertraglich abgesicherte 24 h-Rufbereitschaft.

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

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

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

Randbedingungen:

Für die Anlieferung von Ersatzteilen, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie für die Anreise von Personal (Eigen- und Fremdpersonal) muss die Zufahrt zum Kraftwerksstandort gegeben sein (zwei Straßenzufahrten). Eine alternative Anlieferung / Anreise per Hubschrauber ist möglich. Ein Hubschrauberlandeplatz ist vorhanden. Auf Basis der auf der Anlage KKI 2 getroffenen Vorkehrungen und der damit verbundenen erst langfristig erforderlichen externen Unterstützung ist die Anlage KKI 2 sehr robust ausgelegt gegen einen lang andauernden Notstromfall. Dies gilt auch für einen postulierten „Station Blackout“ entsprechende der IAEA-Definition, da hier ergänzend die vier Notspeisenotstromanlagen zur Verfügung stehen.

5.1.2 Ausfall Haupt- und Reservenetzanschluss und Ausfall der normalen Reservedrehstromquelle

5.1.2.1 Vorkehrungen in der Anlagenkonzeption

Fällt die Notstromdieselanlage (4 x NSDA1) aus, wird das NSDA2-Netz von den 4 x 50 % Notspeisenotstromaggregaten (NSDA 2) mit gesicherten Kraftstoffvorräten für einen Betrieb von >24 h vollständig versorgt. Bereits mit zwei NSDA2 steht ausreichend Energie für die erforderlichen Systeme zur Einhaltung der Schutzziele zur Verfügung. Darüber hinaus bleiben die Batteriekapazitäten des NSDA1-Netzes bestehen.

Danach sind gemäß Betriebshandbuch Handmaßnahmen zur Nachbetankung erforderlich. Dazu stehen auf der Anlage im Vorratsbehälter ausreichende Mengen für einen Betrieb von > 72 h zur Verfügung. Bzgl. des Schmieröls muss, wie unter 5.1.1.2 dargestellt, verfahren werden. Die Kühlwasserversorgung wird über das gesicherte Deionatbecken sichergestellt.

Die Kühlwasserversorgung wird über das gesicherte Deionatbecken sichergestellt. Hierzu stehen gemäß Notfallhandbuch vorgesehene Maßnahmen zur Nachfüllung mittels gesicherter Nebenkühlwasserpumpen bzw. mobiler Pumpen aus dem Isar-Seitengraben oder aus der Kühlturmtasse zur Verfügung. Die Maßnahmen sind im Notfallhandbuch beschrieben.

Ein Betrieb der NSDA2 unter Berücksichtigung der additiven Batterielaufzeiten ist somit über einen Zeitraum von 72 h hinaus sichergestellt. Ein Nachtanken erfolgt gemäß der bestehenden Prozeduren, wenn schweres Gerät gemäß zu betrachtendem Szenario nach 72 h die Anlage wieder erreicht.

Mit verfügbaren NSDA2 Dieseln ist sowohl die Spannungsversorgung als auch über die Notspeisepumpen die sekundärseitige Bespeisung und die damit verbundene Wärmeabfuhr dauerhaft gegeben. Die Abfuhr der Nachzerfallsleistung ist langfristig sichergestellt. Kern- bzw. BE-Schäden werden bei nicht verfügbaren Notstromdieseln des NSDA1-Netzes verhindert. Ebenso ist die Beckenkühlung sichergestellt.

5.1.2.2 Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung

Die Batteriekapazitäten des NSDA2-Netzes werden über die in Betrieb befindlichen 4-fach redundanten Notspeisenotstromdiesel NSDA2 gestützt. Eine Entladung findet nicht statt.

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

Stranges ab. Zusätzlich wurde bei den 220 V Batterien die erhöhte Gleichstromleistung auf Grund des Gebäudeabschlusses berücksichtigt.

Grundlage war bei allen Batterien der Komplettausfall der Gleichrichter ohne Versorgung durch die Notstromdiesel NSDA1.

Gemäß der RSK-Empfehlung wurde für KKI 2 der Nachweis für die 24 V- und 220 V-Batterien des Notstromversorgungsnetzes (NSDA1) erbracht, dass die Batterien mindestens 2-3 Stunden verfügbar sind. Durch die Pufferung der 4-fach redundanten 24 V-Batterien des Notstandsspeisesystems über die Notspeisenotstromdiesel (NSDA2) (Nutzung der auf der auf der Anlage ausreichende Vorratsmengen für deren Betrieb von > 72 h) ergibt sich eine Verfügbarkeit der Batterien von über 77 Stunden.

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

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

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

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

5.1.3.1 Batteriekapazitäten, Entladedauer und Möglichkeiten zur Nachladung

Zur Sicherung der Gleichspannungsversorgung für anlageninterne Notfallschutzmaßnahmen ist gemäß RSK-Empfehlung die Entladezeit der Batterien im Notstromsystem so zu bemessen, dass die Verbraucher mindestens 2 h aus den Batterien versorgt werden können. Jede Scheibe des Batteriesystems deckt die benötigte elektrische Leistung zur Versorgung der sicherheitstechnisch wichtigen Systeme eines Stranges ab. Zusätzlich wurde bei den 220 V Batterien die erhöhte Gleichstromleistung auf Grund des Gebäudeabschlusses berücksichtigt.

Grundlage war bei allen Batterien der Komplettausfall der Gleichrichter ohne Versorgung durch Notstromerzeuger aus dem NSDA1- bzw. NSDA2-Netz.

Gemäß der RSK-Empfehlung wurde für KKI 2 der Nachweis für die 24 V- und 220 V-Batterien erbracht, dass die Batterien ca. 5 h für 24 V und 2-3 h für 220 V- verfügbar sind.

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

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

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

- Verbrennungsmotor betriebene mobile Pumpen, verfügbare Wasservorräte/-quellen und sonstiges Hilfsgerät
- mobiles Notstromaggregat für NSDA2 Netz

- Wasserkraftwerk Niederaichbach über dritten Netzanschluss (20 kV).

Neben Notfallmaßnahmen und den Maßnahmen zur Wiederherstellung der Notstromerzeuger NSDA1 und Notspeisenotstromerzeuger NSDA2 wird zusätzlich mit dem Versorgungsnetzbetreiber die aktuelle Versorgungssituation kommuniziert. Die kurzfristige (< 2 Stunden) Spannungsversorgung durch den Netzbetreiber wird eingefordert. Hierzu hat der Netzbetreiber Vorkehrungen im Rahmen seines Netzwiederaufbaukonzeptes getroffen wie z. B. Aufschaltung von schwarzstartfähigen Wasserturbinen über das 20kV-Netz auf die 3. Netzeinspeisung.

Wird weiterhin postuliert, dass auch diese Versorgungsmöglichkeit 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 Nachwärmeabfuhr wiederhergestellt werden kann.

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

Damit ist bei einem Ausfall des Netzes und Ausfall der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel die Nachwärmeabfuhr gesichert. Die entsprechenden Vorgehensweisen sind im Notfallhandbuch hinterlegt.

Folgende Notfallmaßnahmen sind zur Beherrschung der Situation vorgesehen:

- Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (SDE)
- Primärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (PDE)
- Notnachspeisung zu den Deionatbecken

- Zuschalten der 3. Netzeinspeisung (20 kV mit u. a. Wasserkraftwerk Niederaichbach)

Die Randbedingungen (Personalbedarf/systemtechnische Voraussetzungen und ggf. Nachalarmierung von Einsatzpersonal) sind im jeweiligen Notfallhandbuch-Kapitel genannt. Das Einleitungskriterium für das Zuschalten der 3. Netzeinspeisung ist die Unverfügbarkeit der Eigenbedarfsversorgung einschließlich der Notstromdiesel und der Notspeisenotstromdiesel nach Ablauf der Überwachungszeit. Bei Gelingen des Zuschaltens der 3. Netzeinspeisung ist die Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten u. Bespeisen (SDE)“ nicht mehr erforderlich. Bei Nichtverfügbarkeit der 3. Netzeinspeisung wird bei Erreichen 4v4 DE-Füllstände < min mit SDE und parallel mit den vorbereitenden Maßnahmen für PDE begonnen. Gelingt die SDE-Maßnahme, ist bei einer DE-Bespeisung mit der mobilen Pumpe aus den Notspeisebecken und der Wärmeabfuhr über einen offenen FD-Abblasepfad die Abfuhr der Nachzerfallsleistung langfristig sichergestellt. Die Vorräte in den Notspeisebecken können jederzeit mit mobilen Pumpen ergänzt werden.

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

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

Somit sind für KKI 2 geplante Notfallmaßnahmen (sekundärseitiges Feed & Bleed) einzuleiten, die eine alternative Bespeisung der Dampferzeuger ermöglichen. Durch Anschluss von zusätzlichen Pumpen, die am Notspeisegebäude über installierte Schlauchanschlüsse an die Einspeisesysteme gekoppelt werden, können ausreichende Speisewassermengen in einen oder mehrere Dampferzeuger zur Nachwärmeabfuhr im Niederdruckbereich eingespeist werden. Für diesen Zustand ist die Bespeisung eines Dampferzeugers ausreichend. Als Pumpen werden handelsübliche auf dem Kraftwerksgelände vorgehaltene Feuerwehrpumpen, mobil oder in Fahrzeugen, verwendet.

Zur Einleitung und Durchführung dieser Maßnahmen ist der Zugang zum Notspeisegebäude erforderlich, um dort Handmaßnahmen vorzusehen. In den Notfallprozeduren ist der Zeit- und Personalbedarf so abgesichert, dass dies aus der vorhandenen Schichtbesetzung heraus bestritten werden kann. Hierbei sind die Fußwege einkalkuliert, gezielte besondere Transportmittel sind nicht zwingend erforderlich.

Für KKI 2 ist bei Aufrechterhaltung der alternativen sekundärseitigen Bespeisung die Unterkritikalität auf Basis der vorangegangenen Reaktorschnellabschaltung unabhängig von der Batterieverfügbarkeit über Handeingriffsmöglichkeiten dauerhaft abgesichert.

BE-Beckenkühlung

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

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 (hier „Nachwärmeabfuhr“) einzuhalten. Dazu zählen:

- mit Verbrennungsmotor betriebene mobile Pumpen, verfügbare Wasservorräte/-quellen und sonstiges Hilfsgerät
- mobile Pumpe im Feuerwehrfahrzeug sowie mobile Pumpe zur Durchführung der Notfallhandbuch-Maßnahme SDE

- mobiles Notstromaggregat für NSDA2 Netz.

externes Gerät

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

Nahegelegene Kraftwerke

Das KKI 2 verfügt über drei Netzanschlüsse. Der Hauptnetzanschluss (400 kV), der Reservenetzanschluss (110 kV) und den dritten erdverlegten Netzanschluss (20 kV). Im Falle eines großflächigen Netzausfalls und dem Ausfall der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel ist die Wiederversorgung der E.ON Kernkraftwerke mit dem Übertragungsnetzbetreiber vertraglich geregelt. Dabei ist es das Ziel des Übertragungsnetzbetreibers, prioritär die Versorgung der Kernkraftwerke innerhalb von 1-2 h zu realisieren. Dazu stehen dem Übertragungsnetzbetreiber je nach Störungsart im Netz die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung: Versorgung des Kernkraftwerkes:

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

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

5.1.3.3 Erforderliches Schicht- oder Fachpersonal für elektrischen Anschluss

Personal und Zeitbedarf

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

Der 3. Netzanschluss ist bereits ausgeführt und muss nicht erst im Anforderungsfall hergestellt werden.

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

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

Damit in der Phase nach Beginn des Zustandes die Nachwärmeabfuhr gesichert. Die entsprechenden Vorgehensweisen sind im Notfallhandbuch hinterlegt. (siehe Kapitel 5.1.3.2)

Über einen mobilen Diesel oder über das Wasserkraftwerk Niederaichbach (über 3. Netzanschluß) kann die Notnachkühlkette betrieben, sowie die Überwachung des Anlagenzustandes durch Nachladen der Batterien 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 Notstrom- (NSDA1) und Notstandsnotstromdiesel (NSDA2) besteht ein angemessener Schutz gegen den Verlust der Stromversorgung.

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

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

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

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

5.2 Ausfall der primären Wärmesenke über das gesicherte Nebenkühlwasser

Die in der Anlage zur Verfügung stehenden Wärmesenken werden über das Haupt- oder Nebenkühlwassersystem gekühlt. Während das Hauptkühlwasser der Kühlung der Hauptwärmesenke sekundärseitig über die Kondensatoren dient, wird die über die Zwischenkühlsysteme aufgenommene Wärme an das Nebenkühlwasser abgegeben.

5.2.1 Auslegung der Anlage gegen den Verlust der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung

Für das KKI 2 existieren zwei räumlich, durch ein Wehr voneinander getrennte Nebenkühlwasser-Entnahmebauwerke. Während das im Entnahmebauwerk 1 entnommene Wasser der Versorgung des konventionellen und nuklearen Nebenkühlwassersystems sowie des Feuerlöschsystems dient, versorgt das Entnahmebauwerk 2 (wehrunterseitig) ausschließlich eine Notnachkühlkette mit Kühlwasser. Dadurch ist eine langfristige Wärmeabgabe bei Lastfällen durch Ereignisse bei EVA durch zwei ebenfalls räumlich getrennt angeordnete Notnebenkühlwasserpumpen (2 X 100 %) in den Nebenkühlwasserpumpenbauwerken sichergestellt. Diese beiden Pumpen fördern in die Kühlwasserversorgungsleitungen, welche die nuklearen Zwischenkühler zweier Redundanzen beinhalten. Hinter den Wärmetauschern münden die einzelnen Kühlwassersysteme in das Kraftschlussbecken, von wo das Kühlwasser über den Rücklaufkanal und das Rückgabebauwerk zurück in die Isar geleitet wird. Durch diese räumliche Trennung ist selbst bei Schäden an einem der Entnahmebauwerke ein unzulässiges Versperren der Kühlwasserentnahme auszuschließen.

Sollte der Rücklauf des Nebenkühlwassers zur Isar versperrt sein, dann kommt es zum Überlauf durch Öffnungen im Kraftschlussbecken in das Freigelände. Damit steht mindestens eine Notnebenkühlwasserpumpe immer zur Verfügung. Die für Störfälle notwendigen Komponenten werden bei Bedarf über das Normalnetz oder bei deren Ausfall über das Notstromnetz NSDA1 mit Energie versorgt. Beim Ausfall des Notstromnetzes NSDA1 besteht die Möglichkeit, die hierfür vorgesehenen zwei Stränge des Notnachkühlsystems dann durch das gegen EVA gesicherte Notspeisenotstromnetz

NSDA2 zu betreiben. Die Notnachkühlketten sind in zwei Strängen der normalen Nachkühlketten integriert, wobei für den Einsatz bei EVA jeweils - entsprechend der zum Einsatzzeitpunkt bereits abgeklungenen Nachzerfallswärme - leistungskleinere Pumpen vorgesehen sind (Beckenkühlpumpe, Notzwischenkühlpumpe, Notnebenkühlwasserpumpe).

5.2.2 Verlust des gesicherten Nebenkühlwassers

5.2.2.1 Verfügbarkeit einer alternativen Wärmesenke

Entsprechend dem zu Kapitel 5.1 aufgestellten Postulat der nicht verfügbaren elektrischen Offsite-Power (LOOP) wird im Folgenden der Ereigniseintritt für den Leistungs- und den Nichtleistungsbetrieb untersucht.

Ereigniseintritt bei Leistungsbetrieb

- Kein Nebenkühlwasser-Entnahmbauwerk 1, weil zerstört
- Kein Normalnetz, weil extern
- Kein Fremdnetz, weil extern
- Keine Notstromdiesel, kein Kühlwasser
- Keine 3. Netzeinspeisung, weil extern
- Keine Noteinspeisung über 20 kV-Schaltanlage, weil extern
- Keine Spw.-Pumpen, kein Strom
- Keine An- und Abfahrpumpen, kein Strom
- Keine Notnachsp. Feuerlöchsys., kein Entnahmbauwerk 1
- Keine Notnachsp. aus einer Notnebenkühlwasserredundanz, kein Entnahmbauwerk 1
- Nebenkühlwasser-Entnahmbauwerk 2 verfügbar und benötigt
- Batterien (Schaltanlagen-/Notspeisegebäude) verfügbar und benötigt
- Notspeise-Notstromdiesel verfügbar und benötigt

- FD-Abblasestation verfügbar und benötigt
- Speisewasserbehälterdruckaufladen verfügbar
- Pumpe Feuerwehrfahrzeug verfügbar
- Mobile Pumpen Notspeisegebäude verfügbar
- Deionatbehälter verfügbar
- Inhalt Deionatbecken verfügbar und benötigt
- Inhalt Kühlturmtasse verfügbar
- Isar-Seitengraben verfügbar
- Notnachsp. aus einer Notnebenkühlwasserredundanz verfügbar und benötigt

Der Ausfall der Wärmeabfuhr durch das Haupt- und Nebenkühlwasser bei Leistungsbetrieb kann nur unterstellt werden bei Nichtverfügbarkeit des Entnahmebauwerks 1 und damit auch der nachfolgenden Kühlketten. An dieser Stelle sei hervorgehoben, dass eine Nichtverfügbarkeit des Entnahmebauwerks 2 für diesen Fall nicht postuliert wird. Nach Ausfall des Speisewasser- und An- und Abfahrssystems werden die Notspeisenotstromdiesel vom Reaktorschutzsystem gestartet und die daran angekuppelten Notspeise-Pumpen heben die DE-Füllstände wieder auf Regelniveau an. Die Nachwärmeabfuhr erfolgt über Dach. Nach dem Abfahren wird mit der Übernahme der Nachwärmeabfuhr auf einer Notnachkühlkette begonnen. Durch die Verfügbarkeit des Entnahmebauwerks 2 und der entsprechenden Notnebenkühlwasserpumpe können alle vier Deionatbecken langfristig im Füllstand durch die Noteinspeisung ergänzt werden. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Notnachkühlkette 1 intermittierend auf BE-Beckenkühlung zu schalten und die Kernkühlung über gefüllte DE durch Abblasen über Dach sicherzustellen. Die Zeit bis zur notwendigen Durchführung von Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der BE-Beckenkühlung kann variieren; sie ist abhängig von der Nachzerfallsleistung im BE-Becken, welche mit zunehmender Zeit im Nichtleistungsbetrieb abnimmt.

Bei Ausfall des gesamten Nebenkühlwassers steht die Stromversorgung über das Normalnetz und das Notstromnetz (NSDA1) nicht mehr zur Verfügung. Auch auf die Notnachkühlketten kann nicht mehr zurückgegriffen werden. Es müssen die Wassermengen der Deionatbecken durch Notfallmaßnahmen ergänzt werden. Mit dem Aufbau

der Notspeisewasserversorgung wird frühzeitig begonnen. Die Nachspeisung erfolgt mittels mobiler Feuerlöschpumpen aus der Kühlturmtasse oder dem Isarseitengraben. Dieser Zustand kann ohne Ergänzung der Öl- und Kraftstoffvorräte für > 70 Tage aufrechterhalten werden.

Ereigniseintritt bei Nichtleistungsbetrieb

- Geschlossener Primärkreis

Bei geschlossenem Primärkreis ist gemäß BHB auch bei Betrieb des Nachkühlsystems immer noch mindestens ein Dampferzeuger bespeisbar und abblasebereit. Wird nur das Aufheizen des primärseitigen Kühlmittels und des DE-Inventars und dessen Verdampfung bis zur Kernfreilegung betrachtet, ergibt sich eine Karenzzeit von mindestens 2h bevor Maßnahmen erforderlich werden. Diese Zeit ist ausreichend um die Notnachkühlkette 1 in Betrieb zu nehmen. Im Übrigen gelten dieselben Bedingungen wie bereits oben bei „Ereigniseintritt bei Leistungsbetrieb“ beschrieben.

- Offener Primärkreis

Bei offenem Primärkreis ist die Zeit zur Durchführung von Maßnahmen abhängig vom Füllungsgrad des Reaktorraumes. Bei vollständiger Füllung stehen bis zum Notwendigwerden von schutzzielgerichteten Maßnahmen mehr als 30 h zur Verfügung. Diese Zeit ist ausreichend um die Notnachkühlkette 1 in Betrieb zu nehmen

- RDB geschlossen; RDB-Deckel nicht mehr verspannt (3/4-Loop-Betrieb)

In diesem Zustand kann sich kein wesentlicher Überdruck mehr im RDB aufbauen, so dass die Wärmeabfuhr über den abblasebereiten DE nicht möglich ist. Die Karenzzeit, bis der RDB-Füllstand die Kernoberkante erreicht hätte, ergibt sich zu ca. 1 h. Diese Zeit ist ausreichend, um den RDB mithilfe der Druckspeicher zu fluten und um die Notnachkühlkette 1 in Betrieb zu nehmen. In diesem Anlagenzustand ist die Notsteuerstelle mit fachkundigem Personal besetzt.

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

Ein langfristiger Betrieb der Notspeise-Notstromdiesel ist durch die Möglichkeit einer Kühlwasserzuführung in die zugehörigen Deionatbecken über die Notnebenkühlwas-

serpumpe gegeben. Bei Ausfall des gesamten Nebenkühlwassers wird die Nachspeisung mittels mobiler Feuerlöschpumpen aus der Kühlturmtasse oder dem Isarseiten-graben erfolgen. Hierbei ist anzumerken, dass langfristig der Betrieb eines Notspeise-Notstromdiesels zum Betrieb der Notnachkühlkette 1 bzw. zur DE-Bespeisung ausreichend ist. Die Anlage kann in diesem Zustand ohne externe Unterstützung solange verbleiben, bis alle verfügbaren Öl- und Kraftstoffvorräte aufgebraucht sind. Damit ergibt sich eine Laufzeit von > 70 Tagen. Die Prozeduren sind im Betriebshandbuch und im Notfallhandbuch beschrieben.

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

- ggf. 3. Netzeinspeisung herstellen
- Wiederherstellung zumindest eines Nebenkühlwasser-Entnahmestranges
- Versorgung der Notspeise-Notstromdiesel mit Betriebsstoffen (Diesel, Öl, ggf. Ersatzteile)

Entsprechend den obigen Ausführungen sind jedoch keine externen Mittel zwingend notwendig, d. h. zur langfristigen Gewährleistung einer Wärmesenke sind alle notwendigen Systeme und Komponenten vor Ort.

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

Eine weitere Verbesserung war die Bereitstellung eines mobilen Notstromaggregats von 1 MVA (seit 1. Mai 2011 auf der Anlage).

5.3 Ausfall der primären Wärmesenke mit Station Blackout

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

Da unter dieser Randbedingung in KKI 2 noch die Notspeisenotstromdiesel (NSDA2-Netz) sowie die 3. Netzeinspeisung zur Verfügung stehen, entspricht die Sicherstellung der Kühlwasserversorgung den unter 5.2 genannten Verfahren.

Würden sowohl der Ausfall der NSDA2-Notstromversorgung als auch der 3. Netzeinspeisung unterstellt, so stünden die Notfallmaßnahmen sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (SDE, NHB) und bei dessen Nichtverfügbarkeit das primärseitige Druckentlasten und Bespeisen (PDE, NHB) zur Verfügung.

5.3.1 Zeiten bis zum Verlust der normalen Wärmeabfuhr aus dem Kern

Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (SDE)

Bei vollständigem Ausfall aller betrieblichen und sicherheitstechnisch wichtigen Systeme zur Dampferzeugerbespeisung, erfolgt die Abfuhr der Wärme durch Verdampfen des Dampferzeugerinventars über die FD-Abblase-Regelventile oder ersatzweise über

die FD-Sicherheitsventile, so dass beginnend ab einem Druck von < 20 bar eine passive DE-Bespeisung aus dem Speisewasserleitungssystem einsetzt. Wie in Kapitel 5.2 beschrieben, kann die DE-Bespeisung, sobald die Druckentlastung der Dampferzeuger erfolgt ist, mit dem Inventar, der Speisewasserleitungen, des Speisewasserbehälters oder einer Feuerlöschpumpe aus den Deionatbecken bzw. aus den Deionatbehältern erfolgen.

Mit Hilfe der Notfallmaßnahme SDE ist es möglich, die sekundärseitige Wärmeabfuhr langfristig wiederherzustellen, den Kern ausreichend zu kühlen und damit das Kernschmelzen zu verhindern. Dies gilt selbst dann, wenn das Primärsystem weitgehend entleert ist.

Primärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (PDE)

Sind keine aktiven Kühlsysteme vorhanden infolge der Nichtverfügbarkeit der Eigenbedarfsversorgung, des Notstromnetzes NSDA1 und zusätzlich auch des Notstromnetzes NSDA2, und wird darüber hinaus auch die sekundärseitige Druckentlastung und Bespeisung nicht wirksam, dann stehen alle 8 Druckspeicher zur Verfügung, da bei nicht vorhandenem NSDA2-Netz die Absperrung der 4 kaltseitigen Druckspeicher nicht wirksam werden kann. Die Druckspeicher alleine können zwar die Kernaufheizung verzögern, in diesem Fall kann aber die Zeit genutzt werden, um die Zuschaltung der 3. Netzeinspeisung oder die Zuschaltung der EB-Schienen zu erreichen. Durch Öffnen aller Druckhalterventile kann der Primärdruck soweit abgesenkt werden, dass die Notkühlsysteme – soweit sie zur Verfügung stehen – den Primärkreis wieder auffüllen können. Dadurch kann die Unterkritikalität und Kernkühlung langfristig sichergestellt werden.

Hinsichtlich des Nichtleistungsbetriebs gelten die in Kapitel 5.2.2.1 gemachten Aussagen.

Insgesamt ist bezüglich der oben beschriebenen Maßnahmen zu schlussfolgern, dass auch im Falle eines Station Blackout die Nachwärmeabfuhr beherrscht wird.

5.3.2 Externe Maßnahmen zur Vermeidung von BE-Schäden

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

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

Im Rahmen der Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen“ ist eine mobile Pumpe zur Aufnahme der Dampferzeugerbespeisung aus den Deionatbecken zu installieren. Längerfristig ist hierfür, wie auch bereits bei einem längeren Betrieb der Notspeisenotstromdiesel, für eine ausreichende Menge Kraftstoff durch externe Anlieferung zu sorgen. Die Maßnahmen zur Beschaffung, Anlieferung und Anschluss von Betriebsstoffen sind generell ein Routinevorgang. Für diese Vorgänge werden in Abhängigkeit möglicher Zerstörungen der Infrastruktur situations- und zeitabhängig Maßnahmen zur Sicherstellung des Notspeise-Notstrombetriebes ergriffen.

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

Die hier insgesamt beschriebenen Optionen sowohl der 3. Netzeinspeisung, der Einsatz des Notstromnetzes 2, des sekundärseitigen oder primärseitigen Druckentlastens und Bespeisens, die alle dem Ziel der Nachwärmeabfuhr dienen, zeigen das hohe Maß der technischen Absicherung zur Gewährleistung des Schutzziels hinsichtlich der Wärmeabfuhr. Wie in Kapitel 5.2.5 bereits erwähnt wurde ein mobiles Notstromaggregat von 1 MVA auf der Anlage bereitgestellt.

6 Management schwerer Unfälle

6.1 Organisation und Vorkehrungen des Genehmigungsinhabers zur Beherrschung von Unfällen

Die anlageninterne Notfallschutzplanung des Kernkraftwerkes Isar 2 (KKI 2) hat das Ziel, im Fall auslegungsüberschreitender Ereignisse (Restrisikobereich) durch gezielte Maßnahmen auf die Beherrschung des Ereignisses hinzuwirken, um schwere Kernschäden zu verhindern oder deren Folgen für die Anlage und die Umgebung zu reduzieren und zu begrenzen.

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

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

Die Notfallmaßnahmen im KKI 2 sollen in ihrer Anwendung ausgefallene oder nichtverfügbare Sicherheitseinrichtungen ersetzen oder die Aufrechterhaltung von Rückhaltefunktionen hinsichtlich des Aktivitätsinventars anstreben. Mit ihrer Durchführung wird das Einhalten bzw. Erreichen der gegebenen Schutzziele angestrebt, die sich aus dem Konzept der gestaffelten Sicherheitsebenen ergeben.

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

6.1.1 Notfallschutzorganisation des Genehmigungsinhabers

Für die Beherrschung von nuklearen oder radiologischen Notfällen verfügt KKI 2 über die erforderliche Organisationsstruktur und hält die notwendigen technischen, organisatorischen und personellen Ressourcen vor.

KKI 2 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 2 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 Behörde weiterzuleiten.

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

6.1.1.1 Personal und Schichtorganisation im Normalbetrieb

In der Warten- Schichtordnung des KKI 2 ist für den Leistungs- wie auch für den Nichtleistungsbetrieb eine Schicht-Mindestbesetzung vorgegeben. Des Weiteren ist darin die ständige Wartenbesetzung geregelt.

6.1.1.2 Planungen zur Verstärkung der Kraftwerksorganisation für das Notfallmanagement

Die Notfallschutzplanung für das KKI 2 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 2 gilt die Notfallorganisation. Sie besteht aus dem Krisenstab und den Einsatzeinheiten.

Die verschiedenen Positionen der Notfallorganisation werden mit dem Betriebspersonal des KKI 2 besetzt.

Über ein Alarmierungsverfahren ist die Besetzung sämtlicher Funktionen der Notfallorganisation vorgesehen. Im Notfall werden zunächst ca. 100 Mitarbeiter der Notfallorganisation auf die Anlage berufen (Digitaler Anlagen-Konferenz-Server (DAKS)). Aufgabe des Krisenstabs ist es, ggf. frühzeitig weiteres Personal zu ordern und das verfügbare Personal entsprechend den zu erwartenden Bedingungen und Gefährdungen geeignet aufzuteilen. Hierzu gehören radiologische Erwägungen genauso wie die Frage einer Ablösung, um die dauerhafte Besetzung der einzelnen Positionen im Krisenstab 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.

Detaillierte Vorgaben sind in den Betriebsunterlagen festgelegt.

Zusätzlich besteht ein Bereitschaftssystem für wesentliche Funktionsträger der Notfallorganisation (Haupt- und Fachbereitschaften).

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.

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:

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

Zusammen mit dem bei KHG vorhandenen Gerät bestehen Unterstützungsfunktionen in den folgenden Bereichen für den KKI 2 Krisenstab:

- Infrastruktur
- Strahlenschutz
- Dekontamination
- Fernhantierungstechnik

Kurzfristige Hilfsmöglichkeiten sind in dem von der GRS betreuten „Katalog Hilfsmöglichkeiten“, zu dessen Zugriff KKI 2 über das Internet zugelassen ist, enthalten.

6.1.1.5 Verfahren, Ausbildung und Übungen

Eine ausreichende Qualifikation und gezielte Ausbildung der vorgesehenen Mitglieder des Krisenstabes und der Leiter der Einsatzeinheiten im Hinblick auf fachliche Qualifikation und übergreifende notfallspezifische Kenntnisse erfolgt anhand des Notfallhandbuches und wird im Rahmen von Notfallübungen überprüft. Dabei ist das Personal der Einsatzeinheiten angemessen berücksichtigt.

KKI 2 beübt jährlich seine Notfallschutzorganisation im Rahmen einer Vollübung. Alle vier Jahre findet eine unangekündigte behördliche Notfallschutzübung statt. Bei allen 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 2 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 nicht eingehalten werden können.

Bei der Durchführung von Maßnahmen des Notfallhandbuches wird grundsätzlich zustandsorientiert vorgegangen was eine kontinuierliche Fortsetzung des Schutzziel-BHB darstellt.

Zu folgenden Themenkomplexen sind im Notfallhandbuch Maßnahmen beschrieben:

- Primärseitige Druckentlastung und Bespeisung in den RDB
- Sekundärseitige Druckentlastung und Bespeisung der Dampferzeuger
- Druckabbau im RDB
- Sicherstellung der RSB-Integrität
- Maßnahmen gegen Einwirkung von Außen
- Notnachspeisung zu den Deionatbecken
- Probeentnahmen
- 3. Netzeinspeisung
- Zuschaltung der betrieblichen und sicherheitstechnischen Einspeisesysteme.

6.1.2.1 Nutzung externer mobiler Geräte

Mobile Feuerlöschpumpen und Schlauchverbindungen sind mehrfach an unterschiedlichen Lagerorten vorhanden.

Bei Nichtverfügbarkeit des Notnebenkühlwassersystems, können mittels einer mobilen verbrennungsmotorgetriebenen Feuerlöschpumpe Notfallmaßnahmen zur sekundärseitigen Bespeisung der Dampferzeuger durchgeführt werden. Die Bespeisung der Dampferzeuger erfolgt in diesem Fall aus dem Feuerlöschnetz.

Alternativ zu den auf der Anlage vorhandenen Pumpen können handelsübliche Feuerlöschpumpen, z.B. von Feuerwehren oder Katastrophenschutz verwendet werden, diese sind zeitnah verfügbar.

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

6.1.2.2 Regelungen für und Management von Betriebs- und Hilfsmitteln

Die Maßnahmen zur Beschaffung, Anlieferung und Anschluss von Betriebsstoffen sind ein Routinevorgang, der im Betriebshandbuch bzw. in den Anweisungen geregelt ist.

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

6.1.2.3 Management des Strahlenschutzes

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

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

Im Notfallhandbuch sind - abhängig von der Aktivitätsfreisetzung - gestaffelte Schutzmaßnahmen für das Personal auf der Anlage bei großen Aktivitätsfreisetzungen festgelegt. Für die Ermittlung der Strahlenexposition ist die Strahlenschutzleitung zuständig. In der Schutzmaßnahme Stufe 4 des Notfallhandbuches entscheidet der Krisenstab, ob die Krisenstabsräume des Nachbarblockes oder die Ausweichstelle Altheim zu besetzen ist.

Es kommt ein Ausbreitungsrechenprogramm zum Einsatz, welches auch bei der Katastrophenschutzleitung des Landkreises verfügbar ist.

Eine Aktivitätsfreisetzung wird entweder über die Kamininstrumentierung oder bei bodennaher Freisetzung durch die ODL-Messsonden am Kraftwerkszaun festgestellt.

Umgebungsmessungen werden durch kraftwerkseigene Messtrupps durchgeführt. Hierfür steht im KKI 2 ein Messwagen mit den notwendigen Mess- und Analyseeinrichtungen zur Verfügung.

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

Bei Bedarf können Messtrupps der KHG eingesetzt werden, deren Koordination durch die Einsatzleitung Strahlenschutz/Umgebungsüberwachung im KKI 2 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

Die Alarmierung des Anlagenpersonals (Krisenstab) erfolgt normalerweise über ein redundant verfügbares, automatisches Alarmierungssystem. Die beiden Telefonanlagen sind über Batterien für mehrere Stunden gepuffert. Da auch die externen Netze über eine Notstromsicherung verfügen, ist bei Verfügbarkeit dieser Netze eine Alarmierung über das automatische System möglich. Bei Verfügbarkeit des Mobilfunknetzes, was ebenfalls vom Mobilfunkbetreiber notstromversorgt wird, ist eine Verständigung über die in den Notfallräumen des KKI gelagerten Handys möglich. Das Personal, das im Krisenstab Schlüsselfunktionen innehat, verfügt über dienstliche Mobilfunktelefone, so dass bei Verfügbarkeit eines Mobilfunknetzes eine große Anzahl solcher Geräte eingesetzt werden kann.

Für die Kommunikation mit der Werkfeuerwehr steht ein Funkdienst für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS-Funk) zur Verfügung (Sicherungszentrale und Notfallschutzräume).

Zusätzlich verfügt KKI über Satellitentelefone, die temporär unabhängig von der externen Stromversorgung funktionieren. Diese werden 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.

Die Ausweichstelle im Wasserkraftwerk Altheim ist mit Telefon, Fax und Satellitentelefon ausgestattet.

Zur reibungslosen Planung, Abstimmung und Durchführung von Maßnahmen im Notfall ist die enge Zusammenarbeit zwischen dem KKI 2 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 2 eingeschalteten Firmen und Organisationen
- Öffentlichkeitsarbeit und Informationsmedien.

Die Kooperations- und Kommunikationsbeziehungen sind im Notfallhandbuch beschrieben.

Die Pflicht zur Information der Öffentlichkeit hat die zuständige Katastrophenschutzbehörde.

6.1.3 Ermittlung von Faktoren, welche das Notfallmanagement behindern können

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

Der Vorhalt von schwerem Gerät auf dem Anlagengelände ist bei 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 notfall-spezifischem Equipment (technische Ausrüstungsgegenstände wie z. B. mobile Einsatzzentrale einschließlich diverser Kommunikationseinrichtungen, diverse Transport-LKW und Logistikaufleger, mobile Stromerzeuger, diverse kabel- bzw. funkgesteuerte Inspektions- und Manipulatorfahrzeuge einschließlich funkgesteuertem Hydraulikbagger, Plasmaschneidemodule, Beleuchtungsmodule, diverse Strahlenmessfahrzeuge mit diverser Strahlenmesstechnik, diverse Dekontaminationseinrichtungen, diverse Großzelte) sichergestellt. Siehe auch Abschnitt 6.1.1.4.

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

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

6.1.3.2 Verlust von Kommunikationseinrichtungen oder -systemen

Aufgrund der redundanten und diversitären Kommunikationsmittel, die teilweise notstromgesichert und/oder batterieversorgt sind, ist auch bei Ausfall der Telefonnetze und Stromversorgung eine Kommunikation mit den Behörden und Unterstützern möglich.

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 Abluffahne 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.

Die Räume des KKI 2-Krisenstabs werden, wie auch die Warte, bei Erfordernis über eine Notfallmaßnahme geschützt.

Da sich die Warte und die Notfallräume des KKI 2 innerhalb des Schaltanlagegebäudes befinden und fensterlos sind, wird eine sehr hohe Abschirmwirkung durch die umgebenden massiven Betonstrukturen erreicht. Dadurch ist der Aufenthalt auch bei sehr hohen Strahlenpegeln außerhalb des Schaltanlagegebäudes möglich. Darüber hinaus wird die Nutzung der Einsatzräume auf der Grundlage der tatsächlich vorliegenden radiologischen Gegebenheiten anlassbezogen durch den KKI-Krisenstab bewertet. Grundlage der Bewertung ist die Strahlenschutzverordnung, insbesondere die §§ 55 und 59 in Verbindung mit dem Minimierungsgebot des § 6.

Im Falle der notwendigen Räumung der Einsatzräume in KKI 2 steht zunächst ein Ausweichraum im Nachbarblock (KKI 1) zur Verfügung. Darin sind die wesentlichen Unterlagen und Visualisierungshilfsmittel für KKI 2 enthalten. Außerdem stehen ausreichend Kommunikationshilfsmittel zur Verfügung, die an der batteriegepufferten Telefonzentrale von Block 1 hängen. Darüber hinaus sind in KKI 2 und in KKI 1 je zwei Satellitentelefone verfügbar, die bei Unverfügbarkeit des externen Telefonnetzes die Kommunikation nach außen garantieren. Als weiterer Ausweichraum kann ggf. auch die Notsteuerstelle auf dem KKI 2-Gelände dienen. Diese bietet den höchsten Schutz bei EVA-Ereignissen und FLAB und besitzt auch Lüftungssysteme, die eine Aktivitätsausbreitung in das Gebäude verhindern können. Die Telefone der Notsteuerstelle (NSS) werden von der batteriegepufferten Telefonzentrale des KKI 2 versorgt und besitzen daneben eine hiervon unabhängige eigene Telekommunikationsanlage mit direktem Anschluss an das externe Telefonnetz. Dort stehen im Wesentlichen die Unterlagen zur Verfügung, die in der KTA 3904 gefordert werden.

Ist ein gefahrloser Zugang zum Gesamtstandort Isar nicht mehr möglich oder eine komplette Räumung erforderlich, sammelt sich der Krisenstab im Krisenstabsraum des Wasserkraftwerkes Altheim. Die Ausweichstelle Altheim befindet sich ca. 10 km außerhalb des Anlagengeländes und nicht in der Hauptwindrichtung. Einrichtungen des Wasserkraftwerks Altheim werden vom zugehörigen Wasserkraftwerk versorgt. Dort befinden sich die wesentlichen Unterlagen von KKI 2 und weitere Hilfsmittel (Schutzkleidung, Strahlenmessgeräte, Jodtabletten). Anlagenmessdaten liegen dort nicht vor. Die Ausweichstelle besitzt eine eigene Telekommunikationsanlage 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.

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

Ein mögliches Eindringen gefährlicher Gase wird über die jeweiligen Außenluftöffnungen der Gebäude unterstellt. Berücksichtigt wurden Einwirkungsmechanismen aus explosiven, giftigen, korrosiven Gasen und Brandgasen mit ihren spezifischen zeitlichen Verläufen.

Auf der Anlage ist ein Gaswarnsystem für die Erkennung und Überwachung brennbarer und explosionsgefährlicher Gase vorhanden. Auf dem Kraftwerksgelände verteilt sind dazu Messstellen installiert, welche nach Erkennen von schädlichen Gasen entsprechende Meldungen in der Warte auslösen.

Ein Eindringen von Brandgasen über die Außenluftanlagen des Schaltanlagegebäudes und Reaktorhilfsanlagegebäudes wird über separate Messeinrichtungen erkannt bzw. in der Warte gemeldet.

Die Vorgehensweise bei Auflaufen einer Meldung ist in den Betriebsanweisungen festgelegt.

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

Im Falle der notwendigen Räumung der Einsatzräume in KKI 2 steht zunächst ein Ausweichraum im Nachbarblock (KKI 1) zur Verfügung. Darin sind die wesentlichen Unterlagen und Visualisierungshilfsmittel für KKI 2 enthalten. Außerdem stehen ausreichend Kommunikationshilfsmittel zur Verfügung, die an der batteriegepufferten Telefonzentrale von Block 1 hängen. Darüber hinaus sind in KKI 2 und in KKI 1 jeweils Satellitentelefone verfügbar, die bei Unverfügbarkeit des externen Telefonnetzes die Kommunikation nach außen garantieren.

Als weiterer Ausweichraum kann ggf. auch die Notsteuerstelle auf dem KKI 2-Gelände dienen. Diese bietet den höchsten Schutz bei EVA-Ereignissen und FLAB und besitzt auch Lüftungssysteme, die eine Aktivitätsausbreitung in das Gebäude verhindern können.

Ist ein gefahrloser Zugang zum Gesamtstandort Isar nicht mehr möglich oder eine komplette Räumung erforderlich, sammelt sich der Krisenstab im Krisenstabsraum des Wasserkraftwerkes Altheim.

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

Maßnahmen zur Beherrschung des Ausfalls von Vorsorgemaßnahmen aufgrund eines auslegungsüberschreitenden Erdbebens

Durch Ausfall der betrieblichen Speisewasserversorgung und damit unzureichender Kernkühlung kann es notwendig werden Notfallmaßnahmen einzuleiten. Die Prozeduren sind im Notfallhandbuch beschrieben.

Aufgrund der großen Robustheit sowie der Auslegungsreserven der gegen Erdbeben gesicherten Gebäude sind die Notfallprozeduren, die aus den gesicherten Gebäuden durchgeführt werden, auch bei auslegungsüberschreitenden Erdbeben verfügbar.

Maßnahmen zur Beherrschung des Ausfalls von hochwasserspezifischen Vorsorge- maßnahmen

Die primäre Vorsorgemaßnahme gegen Überflutung besteht in der Anhebung des Kraftwerksgeländes auf 375,4 m ü. NN bzw. der Gebäudeöffnungen auf 375,5 m ü. NN. Daher wird das Auslegungshochwasser von 374,9 m ü. NN bei einem Isarwasserabfluss von 4200 m³/s ohne weitere Maßnahmen beherrscht.

In dem unwahrscheinlichen Fall des Ausfalls der Nebenkühlwasserpumpen, bzw. Notnebenkühlwasserpumpen, steht weiterhin die Option der Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger mit Notbespeisung und das sekundärseitige Druckentlasten und Bespeisen gemäß Notfallhandbuch zur Verfügung.

Alle Notfallmaßnahmen sind für das Bemessungshochwasser bzw. für den Bemessungswasserstand ausgelegt. Alle dazu benötigten Einrichtungen zur Beherrschung von auslegungsüberschreitenden Ereignissen werden in den jeweiligen Gebäuden vorgehalten.

Alle Notfallmaßnahmen können mit unten genannten Einschränkungen bis zu einem Wasserstand von < 378,5 m ü. NN durchgeführt werden. Die vitalen Funktionen im Notspeisegebäude sind auch bei einem Wasserstand von > 378,5 m ü. NN nach Durchführung temporärer Abdichtmaßnahmen (z.B. Sandsäcke) verfügbar.

6.1.3.7 Unverfügbarkeit der Stromversorgung

In KKI 2 können die wesentlichen Notfallmaßnahmen auch ohne Spannungsversorgung erfolgen. Dazu gehören das primär- und sekundärseitige Bleed & Feed sowie die Herstellung einer dritten Netzeinspeisung.

Damit sind die langfristige Bespeisung der Dampferzeuger und die Abfuhr der Nachzerfallswärme gesichert.

6.1.3.8 Potenzial für den Ausfall von Instrumentierungen

Die Instrumentierungen für diese Randbedingungen sind unter dem Oberbegriff „Störfallinstrumentierung“ zusammengefasst. Anforderungen an Einrichtungen der Störfallinstrumentierung sind in der KTA 3502 „Störfallinstrumentierung“ festgelegt.

In der KTA 3502 ist u. a. explizit festgelegt welche Messdaten (auch radiologische Messdaten) auf der Warte und der Notsteuerstelle darzustellen sind. Die Anforderungen der KTA 3502 sind in KKI 2 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 2 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 2 umgesetzt.

Da die hier herangezogenen sicherheitstechnischen Regeln des Kerntechnischen Ausschusses wurden vornehmlich unter dem Aspekt der auslegungsüberschreitenden Anforderungen an die Instrumentierung verfasst, diese werden im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren verfolgt. Dadurch 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 Netzversorgung 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 2 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.

Zur Störfallinstrumentierung zählen auch zwei Neutronenfluss-Mittelbereichskanäle, die ebenfalls gemäß Störfallanforderung „Primärleck Langzeit“ aufgebaut sind. Bei dieser Instrumentierung ist, wie bei den BAT-Messstellen, der Trend in Richtung Kernschmelzen bis zu einem gewissen Grad verfolgbar.

Zur Überwachung der bei einer Druckentlastung des RSB abgegebenen radioaktiven Stoffe wird zwischen der Fortluftkammer und dem Fortluftkamin über das Probenahmesystem ein Teilstrom entnommen und nuklidgruppenspezifisch auf Aerosole, Jod und Edelgase kontrolliert.

Alternative Möglichkeiten zur Informationsgewinnung auch beim Ausfall von Instrumentierungen sind die im Rahmen der SAMG zu erstellenden Diagnosehilfen, die eine Bewertung des Anlagenzustands unterstützen. Der Ausfall oder eine Messbereichsüberschreitung einzelner Instrumentierungen wird teilweise durch alternative Messstellen, z. B. den beiden Hochdosisleistungsmessstellen, teilweise durch weitere Krisenstabshilfsmittel kompensiert. Beispielsweise können über die Messsonden und Messstellen in der Umgebung und dem KKI-eigenen Messfahrzeug zur Umgebungsüberwachung neben der Messung der Ortsdosisleistung auch nuklidspezifische Auswertungen durchgeführt werden. Für die Messstellen im Messfahrzeug sind dort auch ein Reserveakku und ein Notstromgenerator vorhanden. Mit der nuklidspezifischen Auswertung ist grundsätzlich auch eine Aussage über eventuelle Kernschäden möglich (z. B. Nuklide in der Umgebung nach Venting).

6.1.3.9 Potenzielle Auswirkungen durch Nachbarblock

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“ im Notfallhandbuch 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.

Darüber hinaus werden in den Notfallschränken im Wartenbereich, im Sammelraum und in der Notsteuerstelle neben den allgemeinen Hilfsmitteln und Schutzausrüstungen auch einsatzbereite Atemschutzgeräte vorgehalten.

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.

6.1.4 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 2 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 2 sind die einzuleitenden Maßnahmen so beschrieben, dass bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen situationsgerecht ein flexibles Handeln des gesamten Einsatzpersonals ermöglicht wird.

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

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

Für den Notfallschutz in Kernkraftwerken sind neben den BMI/BMU-Empfehlungen zur Planung von Notfallmaßnahmen durch Betreiber die Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission von Bedeutung. Die BMI/BMU-Empfehlungen wurden bereits bei der Erstellung des Notfallschutzkonzeptes für das KKI 2 zugrunde gelegt und vollständig umgesetzt (BAnz Nr. 58 vom 05.03.1993 - Empfehlung der RSK „Positionspapier der RSK zum anlageninternen Notfallschutz“ Ergebnis der 273. RSK-Sitzung am 06.12.1992).

6.1.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit des Notfallmanagements

Wie vorstehend ausgeführt, handelt es sich bei Notfallmaßnahmen um ein schutzzielorientiertes Vorgehen, d. h. diese Maßnahmen sind explizit keinem Ereignis zuzuordnen. Demnach haben Maßnahmen, die nach Eintritt eines Kernschadens in Abhängigkeit von der eingetretenen Lage eingeleitet werden, ein weites Spektrum von Ereignisabläufen abzudecken. Bei der Entscheidungsfindung zur Durchführung einer Maßnahme ist stets der Nutzen gegen die möglichen nachteiligen Auswirkungen abzuwägen.

Aus diesen Gründen hat die EKK im September 2010 für alle deutschen EKK-betriebsgeführten Anlagen mit AREVA ein SAMG-Konzept (Severe Accident Management Guidelines) erstellt und die Erstellung von spezifischen SAMGs, die in einem „Handbuch für mitigative Notfallmaßnahmen“ (HMN) beschrieben werden sollen, für jede Anlage beauftragt. Hierbei dient das Kernkraftwerk Brokdorf als Pilot für alle DWR der EKK. Somit stehen die generischen Erkenntnisse allen DWR-Anlagen bereits im 1. Quartal 2012 zur Verfügung. Dies gilt insbesondere für den von allen Anlagen genutzten AREVA-Krisenstab. Das HMN erweitert die bestehenden Betriebsvorschriften dahingehend, dass sie nicht allein auf die Verhinderung eines Kernschmelzunfalls ausgerichtet sind (präventive Maßnahmen), sondern implizit auch Prognosen über mögliche Schadensabläufe enthalten und Maßnahmen vorsehen, um die Folgen eines eingetretenen Kernschadens gezielt zu mildern (mitigative Maßnahmen). Der bisher geplante Fertigstellungstermin der SAMG für KKI 2 ist März 2014.

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

6.2.1 Präventive Maßnahmen vor Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter

Die Kernkühlung wird über Notfallmaßnahmen abgesichert. Diese 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.

Aufgrund der großen gesicherten Deionatvorräte und der Nachspeisemöglichkeiten in die Deionatbecken (Notfallmaßnahme mit mehreren Wasserentnahmestellen) steht in KKI 2 ein extrem großer Zeitraum zur Verfügung, um die Nachzerfallsleistung über die FD-Abblasestationen über das Dach abzuführen, bis die Nebenkühlwasserversorgung wieder verfügbar ist. Diese Maßnahme kann quasi als Ersatz für eine postulierte längere Unverfügbarkeit des Nebenkühlwassers angesehen werden.

Das Nebenkühlwasser wird dem Vorfluter entnommen. Die Reinigung wird durch Grob- und Feinrechen und Siebbandmaschine realisiert. Zusätzlich steht unterwasserseitig, deutlich räumlich getrennt vom oben beschriebenen Nebenkühlwasserzulauf, ein zweiter Notnebenkühlwasserstrang mit eigenen Reinigungsanlagen zur Verfügung.

Weiterhin wird im Rahmen einer Notfallmaßnahme Wasser aus redundanten und gegen EVA gesicherten Deionatbecken im Notspeisegebäude mittels einer mobilen Pumpe über einen Einspeiseanschluss in die Dampferzeuger eingespeist. Es ist dabei möglich einen oder alle vier Dampferzeuger zu bespeisen. Diese Maßnahme ist unabhängig vom aktuellen Zustand des Kerns durchführbar. Die Prozeduren sind im Notfallhandbuch beschrieben.

Die Pumpfunktion kann auch durch das KKI- eigene Feuerwehrfahrzeug (ist auch in jedem beliebigen Feuerwehrfahrzeug in den umliegenden Feuerwehren vorhanden) übernommen werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht nach Druckaufladen des Speisewasserbehälters, die Dampferzeuger nach deren Druckentlastung aus diesen zu bespeisen.

Der Erfolg der Maßnahmen wird anhand der Instrumentierung in der Warte überprüft. Wenn die Warte zerstört ist, können die Parameter auch in der Notsteuerstelle (im gesicherten Notspeisegebäude) überprüft werden. Die dafür zur Information zu betrachtenden Messstellen sind in der Prozedur (s. Notfallhandbuch) festgelegt.

Unter der Voraussetzung, dass die Drehstromversorgung der Eigenbedarfsanlage, des NSDA1- und NSDA2-Netzes spannungslos ist und auch die Batterieversorgung und das batteriegesicherte Drehstromnetz nicht zur Verfügung stehen, kann vom direkt benachbarten Wasserkraftwerk Niederaichbach bzw. dem zugehörigen 20kV-Ring eine 3. Netzeinspeisung vorgenommen werden. Mit Hilfe der 3. Netzeinspeisung ist es möglich, die sekundärseitige Wärmeabfuhr wiederherzustellen und den Kern ausreichend zu kühlen.

Wiederinbetriebnahme eines zuvor ausgefallenen Systems als Notfallmaßnahme

Eine Wiederinbetriebnahme eines zuvor ausgefallenen Systems ist als Notfallmaßnahme im Notfallhandbuch nicht vorhanden. Es wird aber grundsätzlich bei jeglichen Systemausfällen unverzüglich versucht, nach vorheriger Analyse des Ausfallgrunds sowie Beseitigung der Ausfallursache, das System wieder in Betrieb zu nehmen. Vorbereitende Regelungen zur Wiederinbetriebnahme existieren im Betriebshandbuch des KKI 2 zu allen verfügbaren technischen Systemen des Kraftwerks im jeweiligen Abschnitt. Erforderliche Notfallmaßnahmen, die über das im Notfallhandbuch vorhandene hinausgehen, werden durch den Krisenstab bei Bedarf als Maßnahmenvorschlag erarbeitet und an die entsprechenden Fachbereiche zur Umsetzung angewiesen. Die Einberufungskriterien, Organisation und die Verantwortlichkeiten des Krisenstabs sind unter „Administration“ im Notfallhandbuch geregelt.

6.2.2 Mitigative Maßnahmen nach Eintritt eines Brennelementschadens im Reaktordruckbehälter

Die vorstehend genannten präventiven Notfallmaßnahmen können auch nach beginnendem Kernschaden fortgesetzt bzw. eingeleitet werden, um den Kernzerstörungs-

prozess zu beenden oder abzumildern (vgl. TMI-Szenario, bei dem die verspätete Kühlung des teilzerstörten Kerns erfolgreich war). Aufgrund der damit verbundenen längeren Zeiten für die erfolgreiche Durchführung der Maßnahmen besteht eine zusätzliche Erfolgswahrscheinlichkeit für eine Rückhaltung im RDB. Dies wurde in der PSA der Stufe 2 für KKI 2 erkannt und berücksichtigt und wird in den zusätzlich zum NHB in Erstellung befindlichen SAMG weitergehend betrachtet.

6.2.3 Mitigative Maßnahmen nach Versagen des Reaktordruckbehälters

Die weitergehenden vorhandenen Notfallmaßnahmen nach einem möglichen Versagen des Reaktordruckbehälters dienen der Einhaltung des Schutzzieles Einschluss radioaktiver Stoffe (hier „Integritätserhalt des Reaktorsicherheitsbehälter RSB“). Die Integrität des RSB ist sicherzustellen, um eine Rückhaltung radioaktiver Stoffe zu gewährleisten. Dies geschieht folgendermaßen:

Durch die KMV-Erkennungskriterien wird vom Reaktorschutzsystem der Gebäudeabschluss des Sicherheitsbehälters ausgelöst. Alle Gebäudedurchführungen werden durch Doppelabspernung geschlossen. Die Dichtungen der Schleusen und Lüftungsdurchführungen werden durch das im Ringraum aufgebaute Leckabsaugesystem abgesaugt und in den Sicherheitsbehälter zurückgeführt. Mögliche Leckagen aus dem Sicherheitsbehälter werden über die Ringraumabsaugung über Aktivkohlefilter zum Abluftkamin abgegeben. Bei komplettem Ausfall der Eigenbedarfsversorgung werden Leckagen über die sich einstellende Druckdifferenz zwischen Abluftkamin und Ringraum direkt aus dem Ringraum abgesaugt. Bei Erreichen des Ventingdruckes erfolgt eine signifikante Rückhaltung im Gleitdruckventuriwäscher und in den Filtern des Ventingsystems.

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

6.3 Verfügbare Notfall Maßnahmen zur Erhaltung „Integrität Sicherheitsbehälter“

6.3.1 Vermeidung von Brennelementschäden/-schmelzen bei hohem Druck

6.3.1.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

Zur Erreichung eines niedrigen Druckes im RDB sind in KKI 2 Notfallmaßnahmen beschrieben. Die bereits in den vorstehenden Kapiteln beschriebenen Maßnahmen dienen der Herstellung einer Stromversorgung sowie der Kühlung des Kerns mit Hilfe von primär- oder sekundärseitiger Druckentlastung und Bespeisung.

Bezüglich der Durchführung dieser Maßnahmen ist im Notfallhandbuch eine Priorität vorgegeben.

6.3.1.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

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

6.3.2 Behandlung von Risiken durch Wasserstoff innerhalb des Sicherheitsbehälters

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

Die Systemkomponenten des Wasserstoffabbausystems für schwere Störfälle sind passiv, so dass der Wasserstoffabbau auch bei zerstörter Infrastruktur wirksam ist. Als passive Sicherheitseinrichtung sind im Sicherheitsbehälter Rekombinatoren vorhanden. Mit diesen wird der Wasserstoff bei Auslegungsstörfällen und bei auslegungs-

überschreitenden Ereignissen im Sicherheitsbehälter abgebaut. Diese arbeiten autark ohne Hilfsenergie oder Kühlwasser. Die Rekombinatoren sind hinsichtlich Integrität und Standsicherheit für EVA-Ereignisse ausgelegt.

Alle H₂-Quellen sind in den Maßnahmen zur Beherrschung des Wasserstoffs zugrunde gelegt worden. Während bei der präventiven Störfallbeherrschung praktisch nur der Radiolysewasserstoff von Bedeutung ist, ist dieser bei schweren Störfällen im Vergleich zu den Mengen, die im Zuge der Aufheizung durch Oxidation der Brennstab-Hüllrohre und der Schmelze-Beton-Wechselwirkung erzeugt werden (bei letzterer wird auch der Beitrag von CO berücksichtigt) vernachlässigbar.

Eine mögliche Ansammlung von H₂ im RSB wird in den unterstellten Störfallszenarien betrachtet. Es sind Maßnahmen zur Verhinderung einer H₂-Deflagration oder H₂-Detonation im RSB vorgesehen, hierzu gehören die Überwachung der örtlichen und zeitlichen Verteilung der H₂-Konzentration, das Einschalten der vier Gebläse des H₂-Begrenzungssystems von Hand, wenn die H₂-Konzentration im Betriebshandbuch festgelegte Grenzwerte überschreitet. Damit erfolgt eine Durchmischung der Atmosphäre des Sicherheitsbehälters sowie die Inbetriebnahme einer der beiden H₂-Rekombinatoren des Abgassystems. Damit wird erreicht, dass die integrale H₂-Konzentration durch Abbau des Wasserstoffes in den Rekombinatoren innerhalb der zulässigen Grenzwerte gehalten wird.

Weiterführende mildernde Maßnahmen im RSB sowie ggf. erforderliche Maßnahmen im Ringraum werden im Rahmen der SAMG festgelegt.

Bei Erkennung eines KMV-Störfalles wird neben dem Gebäudeabschluss des RSB durch das Reaktorschutzsystem das zweifach aufgebaute System zur Leckabsaugung gestartet. Leckagen an den Schleusen und den Lüftungsabsperungen werden abgesaugt und in den Sicherheitsbehälter zurückgefördert. Sofern trotzdem Leckagen in den Ringraum gelangen, werden diese durch die ebenfalls vom Reaktorschutz aktivierte Ringraumabsaugung abgesaugt und über Aktivkohlefilter in den Abluftkamin abgegeben.

6.3.2.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

Weiterführende mildernde Maßnahmen im RSB sowie ggf. erforderliche Maßnahmen im Reaktorgebäude-Ringraum werden im Rahmen der SAMG festgelegt. 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

Die Anlage verfügt über ein System zur gefilterten Druckentlastung des RSB. Die gefilterte Druckentlastung ist für den maximalzulässigen Reaktorsicherheitsbehälterdruck ausgelegt. Das System befindet sich in betriebsbereiter Stellung. Die Druckentlastung wird erst bei Erreichen von vorgegebenen Kriterien eingeleitet. Die Motorarmatur ist so angeordnet, dass bei Spannungsausfall auch eine Handbetätigung vom Hilfsanlagengebäude aus möglich ist.

Aufgrund der Auslegung der Gebäude kann die Notfallmaßnahme auch bei bzw. nach Einwirkung von außen (EVA, Erdbeben, Hochwasser) durchgeführt werden.

Durch die autokatalytischen Rekombinatoren innerhalb des Sicherheitsbehälters kann davon ausgegangen werden, dass die H₂-Konzentration vernachlässigbar gering ist.

Zur Inbetriebsetzung des Ventingsystems sind Handmaßnahmen erforderlich. Die Druckentlastung des RSB wird erst nach Anweisung des Krisenstabes vorgenommen.

Das Druckabbausystem ist so konzipiert, dass ein längerer Betrieb wie auch ein wiederholter Betrieb möglich ist.

6.3.3.2 Betriebliche und organisatorische Vorkehrungen

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

6.3.4 Vermeidung von Rekritikalität

6.3.4.1 Anlagentechnische Vorkehrungen

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

Die Unterkritikalität wird wesentlich durch den Borstahl der Absorberschächte im BE-Lagerbeckengestell sichergestellt. Es wurde nachgewiesen, dass eine sichere Unterkritikalität auch bei geringer Borkonzentration eingehalten wird. Bei einem Niveauabfall durch Verdampfen/Verdunstung kommt es zur Aufkonzentration der Borsäure im BE Lagerbecken, d.h. das Bor bleibt im BE-Lagerbecken erhalten.

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

6.3.4.2 Vorkehrungen in der Betriebsführung

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

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

6.3.5 Vermeidung des Durchschmelzens der Bodenplatte

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

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

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

In vielen möglichen Szenarien wird die Schmelze beim Kontakt mit dem Beton aufgrund des vorliegenden Unfallablaufs von Beginn an geflutet oder nach einer gewissen Zeit aufgrund des Erosionsfortschritts ein Wasserzutritt erfolgen. Das Durchschmelzen des RDB kann über den Druckabfall im RDB und eine Temperatur- oder Niveauänderung im Reaktorgebäudesumpf detektiert werden. Die PSA der Stufe 2 hat gezeigt, dass ein großflächiges Versagen des RSB aufgrund seiner Robustheit und Größe auch während der RDB-Versagensvorgänge sehr unwahrscheinlich ist.

Der Versagenszeitpunkt des RSB hängt vom spezifischen Unfallablauf ab. Aus den vorgenommenen deterministischen Analysen resultiert, dass die „Gefilterte Druckentlastung“ frühestens Tage nach Störfalleintritt einzuleiten ist.

Eine Ausbreitung der Schmelze aus dem RSB in den Reaktorgebäude-Ringraum ist bei Vorhandensein von Wasser im RSB-Sumpf kaum möglich und wird nicht betrachtet. Im Falle eines unzureichenden Sumpffüllstandes, z. B. bei Ausfall des Netzes und Ausfall der Notstrom- und Notspeisenotstromdiesel, wird mittels Einspeisung in das BE-Becken und Überlaufen in den Sumpf eine ausreichende Wasservorlage für eine Stabilisierung einer etwaigen Schmelze im Sumpf sichergestellt.

Bei Wiederinbetriebnahme eines ausgefallenen Einspeisesystems kann über die Primärkreislaufeinspeisung die Schmelze in der Reaktorgrube geflutet werden.

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

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

Entsprechend dem Verständnis von Cliff-Edge Effekten im Kapitel 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 Versorgungsfunktionen zum Schutz der Integrität des Sicherheitsbehälters umfassen insbesondere

- die Durchführung des Gebäudeabschlusses durch mindestens 1v2 in Reihe liegenden Gebäudeabschlussarmaturen
- die Inbetriebnahme der Umluftkühlung innerhalb RSB
- Maßnahmen zum H₂-Abbau
- das Zuschalten der Lüftung im Ringraum
- Maßnahmen zur Begrenzung des Druckaufbaus im RSB bei sekundärseitigen Lecks durch Beendigung des Wärmeeintrags in den RSB
- Das beschleunigte Kaltfahren des Reaktorkühlsystems mit 100 K/h bei Kühlmittelverluststörfällen

Die für die Notfallmaßnahme „Druckentlastung des Sicherheitsbehälters“ notwendigen Versorgungsfunktionen sind im Abschn. 6.3.3.1 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.

6.3.7 Erforderliche Instrumentierung zum Schutz der Containmentintegrität

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

6.3.8 Notfallmanagement bei gleichzeitiger Kernschmelze in mehreren Blöcken am Standort

Das Notfallmanagement wird unter 6.1.3.9 mit behandelt.

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

6.3.10 Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitsbehälterintegrität bei schweren Unfällen

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

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

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

Sollte der RSB trotzdem versagen, erfolgt eine Freisetzung in den Reaktorgebäude-Ringraum. Bei begrenzten RSB-Leckagen und intakter Ringraumabsaugung erfolgt eine gefilterte Freisetzung über den Kamin.

6.4.1.2 Vorkehrungen der Betriebsführung

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

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

6.4.2 Notfallmaßnahmen nach Freilegung der Brennelementköpfe im Brennelementlagerbecken

6.4.2.1 Wasserstoffmanagement

Da sich das BE-Lagerbecken innerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters befindet, gelten die Ausführungen in Abschn. 6.3.2 analog für den Eintritt von Schädigungen der Brennelemente im Lagerbecken.

6.4.2.2 Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung

Eine Abschirmung der sich im Lagerbecken befindlichen Brennelemente ist durch die Überdeckung mit Kühlmittel sichergestellt. Die verfügbaren betrieblichen Möglichkeiten sowie die Notfall-Maßnahmen zur „BE-Beckenkühlung“ sind zusammenfassend im unten stehenden Abschn. 6.4.2.3 dargestellt.

6.4.2.3 Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung nach schweren Brennelementschäden im Brennelementlagerbecken

Das BE-Lagerbecken befindet sich innerhalb des Sicherheitsbehälters. Darin befinden sich im allgemeinen Brennelemente mit bereits deutlich reduzierter Nachzerfallsleistung gegenüber der BE im RDB. Durch die Kühlmittelüberdeckung von ca. 9 m, sowie durch Maßnahmen zur Kühlmittelnachspeisung in das BE-Lagerbecken wird eine Ra-

dionuklidfreisetzung in den Sicherheitsbehälter vermieden. Im KMV-Störfall wird durch den Gebäudeabschluss des Sicherheitsbehälters eine Aktivitätsfreisetzung an die Umgebung verhindert.

Die Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken wird gemäß Schutzziel mit der Maßnahme „BE Beckenkühlung durch Becken Überlaufbetrieb" sichergestellt. Der Kühlmittelüberlauf erfolgt über fest installierte Leitungen in den Gebäudesumpf des Sicherheitsbehälters. Beckenleckagen fließen in den Reaktorgebäudesumpf und können somit wieder in das BE-Becken rückgespeist.

Eine Einspeisung in das BE-Becken ist über das Feuerlöschsystem mittels einer vor Ort aufzubauenden Schlauchleitung kurzfristig möglich.

6.4.2.4 Instrumentierung zur Ermittlung des Brennelementzustandes und zur Beherrschung des Unfalls

Im BE- Lagerbecken werden Temperatur und Füllstand zur Sicherstellung der Wirksamkeit der BE-Becken-Kühlung überwacht. Sofern es bereits zu einer andauernden Freilegung von Brennelementen gekommen ist, lassen sich über Dosisleistungsmessungen Abschätzungen zum Grad der BE- Schädigung treffen. Eine detaillierte Vorgehensweise wird zukünftig, wie bereits unter Kap. 6.1.5 erwähnt, in den noch zu Erstellenden SAMG's beschrieben.

6.4.2.5 Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Hauptwarte

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

Für den Fall einer erhöhten Aktivitätskonzentration in der Außenluft aufgrund anderer oder weiterer Szenarien existiert die Notfallmaßnahme „Mobile Unfallfilter- Anlage Hauptwarte“. Ziel der Maßnahme ist die Gewährleistung eines langzeitigen Aufenthaltes auf der Warte und in den zugehörigen Nebenräumen ohne Benutzung von Atemschutzgeräten.

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

6.4.3 Schlussfolgerungen für die Angemessenheit der Vorkehrungen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung

Wie unter Kap. 6.3.9 beschrieben, kann aufgrund der hohen Robustheit des Sicherheitsbehälters und der Schutzmaßnahmen (gefilterte Druckentlastung und passive H₂-Rekombinatoren) ein Versagen ausgeschlossen werden. Sollte der RSB dennoch Leckagen aufweisen, erfolgt eine Freisetzung in den Reaktorgebäude-Ringraum. Durch die Ringraumabsaugung erfolgt eine gefilterte Abgabe über den Abluftkamin. Eine zusätzliche Rückhaltung ist durch die Zuschaltung der Bedarfsfilteranlage gegeben.

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

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