



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI**  
**Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN**  
**Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN**  
**Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI**



## Sicherheitstechnische Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2017 des Kernkraftwerks Beznau



# **Sicherheitstechnische Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kernkraftwerks Beznau**

Brugg, November 2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1-1</b>
1.1	Veranlassung	1-1
1.1.1	Periodische Sicherheitsüberprüfungen	1-1
1.1.2	Langzeitbetrieb	1-2
1.2	Beurteilungsgrundlagen des ENSI	1-3
1.3	Eingereichte Dokumente	1-3
1.4	Aufbau der Stellungnahme	1-3
<b>2</b>	<b>Übersicht</b>	<b>2-1</b>
2.1	Standort	2-1
2.1.1	Neue Industrieanlagen und Transportwege in der näheren Umgebung	2-1
2.1.2	Neue Erkenntnisse bezüglich meteorologischer Bedingungen	2-1
2.1.3	Neue Erkenntnisse bezüglich hydrologischer Bedingungen	2-3
2.1.4	Neue Erkenntnisse bezüglich Geologie und Erdbeben	2-4
2.1.5	Änderungen bezüglich Bevölkerungsverteilung und Notfallschutz-Vorsorgemassnahmen	2-6
2.2	Übergeordnetes Auslegungskonzept	2-6
2.2.1	Grundsätzlicher Aufbau des KKB	2-6
2.2.2	Barrierenkonzept	2-8
2.2.3	Schutzzielkonzept	2-9
2.2.4	Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge	2-12
2.2.5	Erfüllung der Vorgaben des schweizerischen Regelwerks	2-15
2.2.6	Stand der Nachrüstungstechnik	2-16
2.3	Stand der Forderungen	2-18
2.3.1	Stand der Forderungen zur PSÜ 2012	2-18
2.3.2	Stand der im 2012 bis einschliesslich 2016 verfügbaren Forderungen	2-25
2.4	Aktuelle oder geplante Projekte zur Ertüchtigung des KKB	2-27
2.5	Wesentliche Entwicklungen nach dem Überprüfungszeitraum	2-28
<b>3</b>	<b>Betriebsführung und Betriebsverhalten</b>	<b>3-1</b>
3.1	Betriebserfahrungen des KKB	3-1
3.2	Vorkommnisse	3-4
3.2.1	Methodik der Vorkommnisbearbeitung	3-4
3.2.2	Auswerteergebnisse interne Vorkommnisse	3-5
3.3	Reaktorkern, Brenn- und Steuerelemente	3-11
3.3.1	Reaktorkern	3-11
3.3.2	Brennelemente	3-16
3.3.3	Steuerelemente	3-22
3.4	Strahlenschutz	3-23
3.4.1	Organisation und Prozesse des Strahlenschutzes	3-23
3.4.2	Zonenkonzept	3-27
3.4.3	Massnahmen zur Reduktion der Dosis und der Kontamination	3-31
3.4.4	Personendosimetrie und radiologische Überwachung	3-34

3.4.5	Radiologischer Zustand der Anlage, Strahlenexposition des Personals sowie Erfahrung aus Vorkommnissen	3-37
3.4.6	Sanitätsdienst in der kontrollierten Zone	3-42
3.4.7	Abgabe radioaktiver Stoffe	3-43
3.5	Wasserchemie und Aufbereitungssysteme	3-45
3.5.1	Reaktorkühlmittelchemie	3-46
3.5.2	Chemie- und Volumenregelsysteme	3-47
3.5.3	Sekundärwasserchemie	3-52
3.5.4	Qualitätssicherung	3-54
3.6	Umgebungsüberwachung	3-56
3.7	Entsorgung	3-58
3.7.1	Anfall und Konditionierung radioaktiver Abfälle	3-59
3.7.2	Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle	3-63
3.7.3	Umgang mit Reaktorabfällen und Grosskomponenten	3-65
3.7.4	Entsorgung der abgebrannten Brennelemente	3-67
3.7.5	Transporte	3-72
3.8	Betriebserfahrung in vergleichbaren Anlagen	3-74
3.8.1	Prozess zur Auswertung	3-74
3.8.2	Erfahrungen, Erkenntnisse, abgeleitete Massnahmen	3-74
3.8.3	Verfolgen des Standes von Wissenschaft und Technik	3-75
<b>4</b>	<b>Sicherheitsrelevante Anlageteile</b>	<b>4-1</b>
4.1	Übersicht	4-1
4.2	Bauwerke des KKB	4-2
4.2.1	Klassierung	4-2
4.2.2	Bauliche Änderungen	4-3
4.2.3	Qualifikation bautechnischer Strukturen	4-5
4.2.4	Gesamtbewertung	4-6
4.3	Primärkreislauf des KKB	4-6
4.4	Verfahrenstechnische Sicherheits- und Hilfssysteme	4-7
4.4.1	Beurteilungsgrundlage des ENSI	4-7
4.4.2	Übergeordnete Beurteilung der Auslegung, der Betriebserfahrung und des Zustandes	4-7
4.4.3	Reaktorkühlsystem und Druckhaltesystem	4-14
4.4.4	Frischdampfsystem	4-17
4.4.5	Hauptspeisewassersystem	4-20
4.4.6	Hilfsspeisewassersystem	4-21
4.4.7	Notspeisewassersystem	4-25
4.4.8	Notstand-Speisewassersystem	4-28
4.4.9	Sicherheitseinspeisesystem	4-31
4.4.10	Restwärmesystem	4-36
4.4.11	Notstand-Sperrwassersystem	4-40
4.4.12	Notsperrwassersystem	4-42
4.4.13	Chemie- und Volumenregelsystem	4-45

4.4.14	Notstand-Brunnenwassersystem	4-48
4.4.15	Brunnenwassersystem	4-50
4.4.16	Primäres Nebenkühlwassersystem	4-53
4.4.17	Primäres Zwischenkühlsystem	4-57
4.4.18	Sicherheitsgebäudeabspernung (inkl. Isoliersperrwassersystem)	4-59
4.4.19	Gefilterte Druckentlastung	4-63
4.4.20	Containment-Sprühsystem	4-65
4.4.21	Containment-Umluftsystem	4-67
4.4.22	Ringraum-Unterdruckhaltung	4-69
4.4.23	Lüftungssysteme	4-72
4.4.24	Steuerluftsysteme	4-74
4.4.25	Brennelementlagerbecken-Kühlsysteme	4-75
4.5	Elektro- und leittechnische Sicherheits- und Hilfssysteme	4-78
4.5.1	Überprüfung der Auslegungsvorgaben der SSK	4-78
4.5.2	Übergeordnete Beurteilung der Betriebserfahrung und des Zustandes der SSK	4-79
4.5.3	Stromversorgung	4-79
4.5.4	Sicherheitsleittechnik	4-86
4.5.5	Sicherheitsbezogene Leittechnik	4-93
4.6	Weitere wichtige Einrichtungen	4-96
4.6.1	Brandschutz	4-96
4.6.2	Blitzschutz	4-99
4.6.3	Flucht- und Rettungswege	4-101
4.6.4	Strahlenmesstechnik	4-102
4.6.5	Hebezeuge	4-106
<b>5</b>	<b>Instandhaltung und Alterungsüberwachung</b>	<b>5-1</b>
5.1	Bautechnik	5-1
5.2	Maschinenteknik	5-2
5.2.1	Beurteilungsgrundlagen des ENSI	5-2
5.2.2	Alterungsüberwachung hinsichtlich physischer Werkstoffalterung	5-2
5.2.3	Technologische Alterungsüberwachung	5-6
5.3	Elektro- und Leittechnik	5-7
<b>6</b>	<b>Deterministische Sicherheitsanalysen</b>	<b>6-1</b>
6.1	Grundlagen deterministischer Störfallanalysen	6-1
6.1.1	Grundlegende Anforderungen	6-1
6.1.2	Beurteilungsgrundlagen des ENSI	6-1
6.1.3	Ausgangslage	6-1
6.1.4	Ereignisspektrum	6-1
6.1.5	Störfallkategorisierung	6-5
6.1.6	Abfahrpfade	6-6
6.2	Beurteilung der technischen Störfallanalysen	6-8
6.2.1	Rechenprogramme	6-9
6.2.2	Zunahme der Wärmeabfuhr an das Sekundärsystem	6-10

6.2.3	Abnahme der Wärmeabfuhr an das Sekundärsystem	6-14
6.2.4	Abnahme des Hauptkühlmittelstroms	6-15
6.2.5	Störung der Reaktivität oder Leistungsverteilung	6-15
6.2.6	Abnahme des Hauptkühlmittelinventars	6-19
6.2.7	Brennelement-Handhabungsstörfall	6-22
6.2.8	Einwirkungen von innen	6-24
6.2.9	Einwirkungen von aussen	6-31
6.2.10	Mitte-Loop-Betrieb	6-33
6.2.11	Ausgewählte auslegungsüberschreitende Störfälle	6-34
6.3	Radiologische Auswirkungen von Auslegungsstörfällen	6-36
6.3.1	Nachweisführung	6-36
6.3.2	Beurteilungsgrundlagen des ENSI	6-37
6.3.3	Aktivitätsinventare und Transport radioaktiver Stoffe	6-38
6.3.4	Methodik und Ergebnisse der Ausbreitungs- und Dosisberechnung	6-38
6.3.5	Ergebnisse der Transport-, Ausbreitungs- und Dosisberechnungen	6-40
6.3.6	Radiologische Auswirkungen für das Betriebspersonal der Anlage	6-42
6.4	Störfallanalysen der Lager und betrieblichen Lagerbecken	6-43
6.4.1	Übersicht	6-43
6.4.2	Beurteilungsgrundlagen des ENSI	6-44
6.4.3	Rückstandslager	6-44
<b>7</b>	<b>Probabilistische Sicherheitsanalysen</b>	<b>7-1</b>
7.1	Beurteilungsgrundlagen des ENSI	7-1
7.2	Vorgehen bei der Beurteilung	7-1
7.3	Risikotechnische Bewertung des Leistungsbetriebs	7-2
7.4	Risikotechnische Bewertung des Nichtleistungsbetriebs	7-10
7.5	Anwendungen der PSA	7-14
7.6	Zusammenfassende Bewertung	7-17
<b>8</b>	<b>Organisation und Personal</b>	<b>8-18</b>
8.1	Organisation des Bewilligungsinhabers	8-18
8.1.1	Eigentumsverhältnisse und Organisationsstruktur	8-18
8.1.2	Sicherheitsverantwortung	8-18
8.1.3	Aufgaben, Kompetenzen, Entscheidungsfindung und Kommunikation von Divisions- und Kraftwerksleitung	8-19
8.2	Organisation des Kernkraftwerks	8-21
8.2.1	Organisationsstruktur, Verantwortlichkeiten, Information und Kommunikation	8-21
8.2.2	Wesentliche organisatorische Änderungen im Überprüfungszeitraum	8-22
8.2.3	Führungsaufgaben	8-22
8.2.4	Interne Sicherheitskommission	8-23
8.2.5	Sicherheitskultur	8-24
8.2.6	Personelle und materielle Ressourcen	8-25
8.2.7	Vollständigkeit und Zweckmässigkeit des Managementsystems	8-29
8.2.8	Motivation zur Nutzung von Meldesystemen	8-30
8.2.9	Prozess zur Gewährleistung der Qualität von Vorschriften	8-31

8.2.10	Prozess zur internen Freigabe von Vorschriften	8-31
<b>9</b>	<b>Notfallschutz</b>	<b>9-32</b>
9.1	Notfallvorsorge und Notfallbereitschaft	9-32
9.2	Notfallorganisation, Notfallausbildung und Notfallübungen	9-34
9.2.1	Notfallorganisation	9-34
9.2.2	Notfallausbildung	9-35
9.2.3	Notfallübungen	9-36
9.3	Notfallabläufe	9-37
9.4	Notfalldokumentation	9-38
9.4.1	Störfallvorschriften	9-38
9.4.2	Severe Accident Management Guidance	9-39
9.5	Technische Ausrüstungen	9-40
9.5.1	Räumlichkeiten des Notfallschutzes	9-40
9.5.2	Technische Einrichtungen für das Notfallmanagement	9-40
9.5.3	Kommunikationsmittel	9-41
9.5.4	Störfallinstrumentierung	9-42
9.5.5	Safety Parameter Display System	9-43
9.5.6	Anlageparameter-System	9-44
<b>10</b>	<b>Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb</b>	<b>10-1</b>
10.1	Zustand von Grosskomponenten	10-1
10.1.1	Beurteilungsgrundlagen des ENSI	10-1
10.1.2	Alterungsüberwachung	10-1
10.1.3	Reaktordruckbehälter und Kerneinbauten	10-1
10.1.4	Nukleares Dampferzeugungssystem	10-10
10.1.5	Stahldruckschale des Containments	10-15
10.1.6	Betonhülle des Containments	10-18
10.2	Nachrüstungskonzept	10-20
10.2.1	Beurteilungsgrundlagen	10-20
10.2.2	Betrachtungsumfang	10-21
10.2.3	Nachrüstungskonzept auf der Sicherheitsebene 3	10-22
10.2.4	Nachrüstungskonzept auf der Sicherheitsebene 4	10-24
10.2.5	Zusammenfassende Beurteilung des Nachrüstungskonzepts	10-26
10.3	Betriebsdauermanagement	10-27
10.3.1	Technische Beurteilung des Langzeitbetriebs	10-27
10.3.2	Brennstoff- und Abfallbewirtschaftung	10-33
10.3.3	Personalbestand	10-36
<b>11</b>	<b>Gesamtbewertung</b>	<b>11-36</b>
11.1	Sicherheitsebenenorientierte Bewertung	11-36
11.2	Schutzzielorientierte Bewertung	11-39
11.3	Forderungen	11-40
<b>Anhang 1: Abkürzungen</b>		<b>A1-1</b>
<b>Anhang 2: Referenzen</b>		<b>A2-1</b>

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2.2.1-1:	Prinzipdarstellung des KKB	2-7
Abbildung 3.4.5-1:	Entwicklung der ODL an der Hauptkühlmittelleitung im KKB Block 1	3-38
Abbildung 3.4.5-2:	Entwicklung der ODL an der Hauptkühlmittelleitung im KKB Block 2	3-38
Abbildung 3.4.7-1:	Abwasserabgaben des KKB im Vergleich mit dem Median anderer europäischer Reaktoren gemäss OSPAR <sup>OSP</sup> und den Abgaben der anderen schweizerischen Kernanlagen	3-45
Abbildung 3.5.4-1:	Wertebereich der Tagesmittelwerte aller MADUK-Messstationen im Messring KKB im Zeitraum von 2008 bis 2018. Die helle Linie stellt dabei den Medianwert dar.	3-58
Abbildung 8.1.3-1:	Qualitative Kriterien für die Wahl der Entscheidungsmethode	8-20
Abbildung 10.1.3-1:	Zeitliche Entwicklung der Fluenzen ( $E > 1$ MeV) an der RDB-Innenseite im Bereich der maximalen Fluenz von KKB 1 (links) und KKB 2 (rechts), sowie der Bestrahlungskapseln T im KKB 1 und P im KKB 2 aus der Technischen Mitteilung «Sicherheitstechnischer Nachweis für den Langzeitbetrieb» <sup>TM-16800</sup>	10-2
Abbildung 10.1.4-1:	Übersicht Komponentenermüdung im Block 1 Stand Ende 2013 <sup>TM-16800</sup>	10-11
Abbildung 10.1.4-2:	Übersicht Komponentenermüdung im Block 2 Stand Ende 2015 <sup>TM-16800</sup>	10-12



## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2.2-1:	Schutzziefunktionen des KKB <sup>TM-16103</sup>	2-9
Tabelle 2.2-2:	Sicherheitsebenen des Prinzips der gestaffelten Sicherheitsvorsorge <sup>TM-16103</sup>	2-12
Tabelle 3.1-1:	Bezeichnung, Bedeutung und Relevanz der WANO Performance Indikatoren <sup>TM-16201</sup>	3-1
Tabelle 3.2-1:	Meldepflichtige Vorkommnisse des KKB im Überprüfungszeitraum (ohne Vorkommnisse, die ausschliesslich aufgrund des Meldekriteriums «Öffentliches Interesse» meldepflichtig waren)	3-6
Tabelle 3.2-2:	Klassierung der Vorkommnisse in Anlehnung an Anhang 6 der Richtlinie ENSI-B03	3-9
Tabelle 4.2-1:	Klassierung der Bauwerke	4-2
Tabelle 4.2-2:	Neubauten, Umbauten und bautechnische Nachrüstungen im Überprüfungszeitraum der PSÜ 2017	4-4
Tabelle 4.3-1:	Überblick über die sicherheitstechnische Beurteilung des Primärkreislaufs	4-7
Tabelle 4.4-1:	Überblick über die sicherheitstechnische Beurteilung der verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme	4-12
Tabelle 4.5-1:	Überblick über die sicherheitstechnische Beurteilung der elektro- und leittechnischen Systeme	4-79
Tabelle 6.1-1:	Kriterien zur Bewertung der Störfallbeherrschung (Überblick)	6-0
Tabelle 6.1-2:	Abdeckendes KKB-Ereignisspektrum	6-2
Tabelle 6.2-1:	Nachweisziele für die technischen Kriterien	6-8
Tabelle 7.3-1:	Beiträge auslösender Ereignisse zur CDF	7-5
Tabelle 7.3-2:	Beiträge der auslösenden Ereigniskategorien zur LERF	7-6
Tabelle 7.4-1:	Beiträge der auslösenden Ereigniskategorien zur FDF	7-12
Tabelle 7.4-2:	Beiträge der auslösenden Ereigniskategorien zur SLERF	7-12
Tabelle 10.1-1:	Ergebnisse der Probenprüfungen von Probensatz T, KKB 1	10-4
Tabelle 10.1-2:	Ergebnisse der Probenprüfungen von Probensatz P, KKB 2	10-4
Tabelle 10.1-3:	RT <sub>ref,ART</sub> für die am höchsten versprödeten Bereiche, KKB 1, nach Methode IIB	10-4
Tabelle 10.1-4:	RT <sub>ref,ART</sub> für die am höchsten versprödeten Bereiche, KKB 2, nach Methode IIB	10-5
Tabelle 10.1-5:	RT <sub>ref,ART</sub> für die am höchsten versprödeten Bereiche, KKB 1, nach Methode IIA	10-5



# 1 Einleitung

## 1.1 Veranlassung

### 1.1.1 Periodische Sicherheitsüberprüfungen

Gemäss Art. 34 Abs. 1 der am 1. Februar 2005 in Kraft getretenen Kernenergieverordnung<sup>KEV</sup> (KEV) hat der Inhaber einer Betriebsbewilligung für ein Kernkraftwerk alle zehn Jahre eine umfassende Sicherheitsüberprüfung (Periodische Sicherheitsüberprüfung, PSÜ) durchzuführen.

Die Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK, Vorgängerorganisation der heutigen Axpo Power AG) hat bereits vor dem Inkrafttreten der KEV auf Grundlage der Verfügung des schweizerischen Bundesrats vom 12. Dezember 1994 zur befristeten Betriebsbewilligung für das KKB 2 im Jahr 2002 erstmalig eine PSÜ durchgeführt.

Das Kernkraftwerk Beznau 1 (KKB 1) erhielt nach der Bewilligung vom 12. Mai 1969 eines Probebetriebs von 3 Monaten Dauer und eines daran anschliessenden Betriebs von maximal 4 Monaten Dauer bereits am 30. Oktober 1970 eine definitive Betriebsbewilligung. Die Betriebsbewilligung des Kernkraftwerks Beznau 2 (KKB 2) wurde jedoch nach der Bewilligung vom 16. Juli 1971 eines Probebetriebs von 3 Monaten Dauer und eines daran anschliessenden Betriebs von maximal 4 Monaten Dauer mehrfach nur befristet verlängert. Mit Gesuch vom 18. Dezember 1991 hatte die NOK einen Antrag auf Erteilung einer unbefristeten Betriebsbewilligung für das KKB 2 gestellt. Der schweizerische Bundesrat hatte in der Verfügung vom 12. Dezember 1994 die Betriebsbewilligung für das KKB 2 weiterhin befristet und um 10 Jahre bis zum 31. Dezember 2004 verlängert. In dieser Verfügung legte er fest, dass die NOK über die Sicherheit der Anlage periodisch zu berichten habe.

Die erste PSÜ, im Folgenden als PSÜ 2002 bezeichnet, bezog sich auf den Zeitraum vom 1. Januar 1992 bis 31. Dezember 2001 und umfasste bereits die Beurteilung beider Blöcke des KKB. Die HSK (Vorgängerorganisation des heutigen ENSI) nahm im März 2004 im Rahmen ihres Gutachtens zum erneuten Gesuch der NOK vom 17. November 2000 um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung zur PSÜ 2002 Stellung. Der schweizerische Bundesrat erteilte daraufhin mit Verfügung vom 3. Dezember 2004 eine unbefristete Betriebsbewilligung für das KKB 2.

Die zweite vom KKB durchgeführte PSÜ, im Folgenden als PSÜ 2012 bezeichnet, bezog sich auf den Überprüfungszeitraum 1. Januar 2002 bis 31. Dezember 2011. Sie war auf Grundlage der Richtlinie HSK-R-48 erstellt worden und enthielt wie die PSÜ 2002 Dokumente zur Beurteilung beider Blöcke des KKB. Darüber hinaus war das Zwischenlager Beznau (ZWIBEZ) aufgrund einer Anforderung der Richtlinie ENSI-G04 (Stand September 2010) in die PSÜ 2012 aufgenommen worden.

Im Oktober 2014 war die Richtlinie HSK-R-48<sup>R-48</sup> durch die Richtlinie ENSI-A03<sup>A03</sup> «Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken» abgelöst worden, die neu forderte, im Rahmen der PSÜ einen Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb zu führen und den Nachweis nach spätestens 10 Jahren zu aktualisieren. Das KKB hatte im Rahmen der PSÜ 2012 einige der 2008 eingereichten Nachweise für den Langzeitbetrieb aktualisiert. Dies deckte jedoch nicht alle Aspekte des in der Richtlinie ENSI-A03<sup>A03</sup> geforderten Umfangs ab. Auch wenn diese Richtlinie erst nach dem Überprüfungszeitraum der PSÜ 2012 in Kraft gesetzt worden war, hielt das ENSI in seiner Stellungnahme zur PSÜ 2012 eine umfassende Aktualisierung des Langzeitbetriebsnachweises nach spätestens 10 Jahren für notwendig. Daher ergab sich die Forderung, bis zum 30. Juni 2018 den Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03<sup>A03</sup> zu aktualisieren.

Um die Berichte zur periodischen Sicherheitsüberprüfung und die Unterlagen für den Langzeitbetriebsnachweis zeitlich zu synchronisieren, reichte das KKB bereits vor Ablauf von 10 Jahren eine neue, die dritte PSÜ ein. Die mit der vorliegenden sicherheitstechnischen Stellungnahme bewertete PSÜ, im Folgenden als PSÜ

2017 bezeichnet, bezieht sich auf den Überprüfungszeitraum 1. Januar 2012 bis 31. Dezember 2016. Da mit Rev. 2 der Richtlinie ENSI-G04 (Stand Juni 2015) die Anforderung, das ZWIBEZ in die PSÜ einzubeziehen, entfallen und auch später in keine andere ENSI-Richtlinie aufgenommen worden ist, ist dies in der PSÜ 2017 nicht behandelt. Die rechtliche Grundlage, die eine periodische Sicherheitsüberprüfung fordert (Art. 34 KEV), bezieht sich ausschliesslich auf Kernkraftwerke.

Das KKB verwendet in der PSÜ 2017 die mit Stichtag 30. September 2015 vorhandenen Erdbebennachweise. Dies ist vom ENSI im Rahmen der Prüfung des Konzepts für die PSÜ 2017 akzeptiert worden<sup>ENSI-2016-05-12</sup>, da der deterministische Nachweis zur Beherrschung der neuen Erdbebengefährdung in einem separaten Verfahren mit damals noch nicht festgelegtem Terminplan verfolgt wird. Die entsprechenden Nachweise der seismischen Robustheit werden vom KKB im laufenden Projekt NEUSI (vgl. Kap. 2.4 der vorliegenden Stellungnahme) erbracht. Hierzu wird das ENSI separat Stellung nehmen.

Wie im vorhergehenden PSÜ-Bericht berücksichtigen die Betrachtungen zur Alterungsüberwachung die gesamte Betriebszeit der Anlage beziehungsweise die seit damals wirkenden Alterungsmechanismen. Zusätzlich werden in Kap. 2.5 wesentliche Entwicklungen nach dem Überprüfungszeitraum betrachtet. Die Beurteilung der Sicherung ist nicht Gegenstand der PSÜ.

### 1.1.2 Langzeitbetrieb

Im Gutachten zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung des KKB 2 hatte die HSK die Auflage formuliert, dass die NOK rechtzeitig vor Ablauf der 40-jährigen Betriebsdauer, d. h. bis Ende 2010 die Nachweise zu erbringen hat, dass die Auslegungsgrenzen der sicherheitstechnisch relevanten Anlagenteile auch bei einer verlängerten Betriebsdauer nicht erreicht werden. Andernfalls sind rechtzeitig Nachrüstmassnahmen durchzuführen. In der Sicherheitstechnischen Stellungnahme der HSK zur PSÜ 2002 wurde festgelegt, dass diese Auflage als Pendezenz auch für das KKB 1 gilt, wobei aufgrund der Inbetriebnahme des KKB 1 im Jahr 1969 die Nachweise für diesen Block bereits bis zum 30. Juni 2008 zu führen sind. Eine entsprechende Auflage wurde vom schweizerischen Bundesrat in die unbefristete Betriebsbewilligung für das KKB 2 aufgenommen.

Das KKB hat dem ENSI mit Schreiben vom 25. Juni 2008 die geforderten Nachweise für den Langzeitbetrieb der beiden Blöcke eingereicht. Das Prüfergebnis des ENSI wurde mit der Sicherheitstechnischen Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Beznau Block 1 und Block 2 vom 30. November 2010 publiziert. Darin stellte das ENSI fest, dass keine sicherheitstechnischen Einwände gegen einen Betrieb beider Blöcke des KKB über 40 Jahre hinaus bestehen. Auf der Basis des Kenntnisstandes zum Zeitpunkt der Stellungnahme werden die in der Verordnung des UVEK über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken<sup>UVEK-A</sup> – im Folgenden «Ausserbetriebnahmeverordnung» genannt – festgelegten Ausserbetriebnahmekriterien in den darauffolgenden 10 Betriebsjahren weder im Block 1 noch im Block 2 des KKB erreicht.

Mit der Änderung der KEV vom 26. April 2017 ist der Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb für die Zeit nach dem vierten Betriebsjahrzehnt als Bestandteil der PSÜ auch dort verankert. In der zugehörigen Übergangsbestimmung ist festgelegt, dass das ENSI die Frist zur Eingabe der PSÜ mit Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb auf Gesuch hin bis maximal Ende 2019 erstrecken kann. Im Rahmen der Grobprüfung der PSÜ 2017 hatte das ENSI zahlreiche und teilweise umfangreiche Nachforderungen gestellt. Das KKB hatte daraufhin zu diversen dieser Nachforderungen Terminerstreckungsanträge bis Ende 2019 gestellt. Das ENSI stimmte den Anträgen zu, wies mit der Zustimmung aber darauf hin, dass es aufgrund des erheblichen Umfangs der noch ausstehenden Unterlagen die Nachlieferung mit Bezug auf Art. 82a KEV formal als Neueinreichung der PSÜ mit Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb zum Zeitpunkt Ende 2019 betrachtet.

Der vom KKB im Rahmen der PSÜ 2017 vorgelegte Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb basiert im Wesentlichen auf Erfahrungen und Erkenntnissen des KKB innerhalb des Überprüfungszeitraums. Er beschreibt einen Prognosezeitraum von bis zu 60 Jahren Betrieb der Anlagen. Diesen Prognosezeitraum legt das ENSI seiner Beurteilung zugrunde.

## 1.2 Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Als Beurteilungsgrundlagen gelten die schweizerischen Gesetze und Verordnungen, die ENSI-Richtlinien sowie eine Reihe bezeichneter Grundlagen, namentlich internationale Normen. Die für das einzelne Sachgebiet angewandten Beurteilungsgrundlagen sind in den nachfolgenden Kapiteln jeweils detailliert aufgeführt.

## 1.3 Eingereichte Dokumente

Das KKB reichte dem ENSI mit Brief vom 28. Juni 2018 folgende PSÜ-Dokumentation ein:

- **Übersicht über die Anlage:** Dokumente TM-513-R 16101 bis TM-513-R 16103<sup>TM-16101, TM-16102, TM-16103</sup>, TM-513-R 18014<sup>TM-18014</sup>, TM-513-R 18030<sup>TM-18030</sup>
- **Betriebsführung und Betriebsverhalten:** Dokumente TM-513-R 16201 bis TM-513-R 16208<sup>TM-16201, TM-16202, TM-16203, TM-16204, TM-16205, TM-16206, TM-16207, TM-16208</sup>
- **Sicherheitsrelevante Anlagenteile:** Dokumente TM-513-R 16301<sup>TM-16301</sup> bis TM-513-R 16354<sup>TM-16354</sup>
- **Alterungsüberwachung:** Dokumente TM-513-R 16400<sup>TM-16400</sup>
- **Sicherheitsanalysen:** Dokumente TM-511-RA13100<sup>TM-511-RA13100</sup>, TM-511-RA13112<sup>TM-511-RA13112</sup>, TM-511-RN16020<sup>TM-511-RN16020</sup>, TM-511-RN16044<sup>TM-511-RN16044</sup>, TM-513-R 16501<sup>TM-16501</sup>, TM-513-R 16502<sup>TM-16502</sup>, TM-513-RN18007<sup>TM-513-RN18007</sup>, TM-513-RN18012<sup>TM-513-RN18012</sup>, TM-513-RN18013<sup>TM-513-RN18013</sup>, TM-513-RN18015<sup>TM-513-RN18015</sup>, TM-513-RN18025<sup>TM-513-RN18025</sup>
- **Organisation und Personal:** Dokument TM-513-R 16600<sup>TM-16600</sup>
- **Notfallvorsorge und Notfallmanagement:** Dokument TM-513-R 16700<sup>TM-16700</sup>
- **Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb:** Dokument TM-513-R 16800<sup>TM-16800</sup>
- **Mehrblockanlagen:** Dokument TM-513-R 16000<sup>TM-16000</sup>
- **Gesamtbewertung:** Dokument TM-513-R 16900<sup>TM-16900</sup>
- **Referenzliste:** Dokument TM-513-R 18031<sup>TM-18031</sup>

Im Rahmen der Grobprüfung der PSÜ 2017 hat das ENSI eine Reihe von Nachforderungen gestellt. Die wichtigsten der aufgrund von Nachforderungen nachgereichten Unterlagen sind in den nachfolgenden Kapiteln erwähnt.

## 1.4 Aufbau der Stellungnahme

In Anlehnung an die Richtlinie ENSI-A03 ist diese Stellungnahme in folgende Kapitel strukturiert:

- Kap. 2: Übersicht
- Kap. 3: Betriebsführung und Betriebsverhalten
- Kap. 4: Sicherheitsrelevante Anlagenteile
- Kap. 5: Instandhaltung und Alterungsüberwachung
- Kap. 6: Deterministische Sicherheitsanalysen
- Kap. 7: Probabilistische Sicherheitsanalysen
- Kap. 8: Organisation und Personal
- Kap. 9: Notfallschutz
- Kap. 10: Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb
- Kap. 11: Gesamtbewertung des Sicherheitsstatus

Unterschiede und Wechselwirkungen zwischen den beiden Blöcken des KKB werden, sofern sie bedeutsam sind, in den Kapiteln der betroffenen Themengebieten behandelt.

Die Stellungnahme enthält überdies zwei Anhänge mit Abkürzungen und Referenzen.



## 2 Übersicht

### 2.1 Standort

#### 2.1.1 Neue Industrieanlagen und Transportwege in der näheren Umgebung

##### Angaben des KKB

Die Bewertung des KKB zum Gefährdungspotential, welches von den benachbarten Industriebetrieben, der Erdgastransleitung und dem Transport gefährlicher Güter ausgeht, basiert teilweise auf Untersuchungen zum Ersatzkernkraftwerk Beznau (EKKB)<sup>EKKB</sup>. Darüber hinaus greift das KKB auf die Angaben des Chemierisikokatasters des Kantons Aargau zurück<sup>TM-16101</sup>. Grundsätzlich reduzierte sich das Gefährdungspotential im Überprüfungszeitraum, da einerseits das Gas-Turbinenkraftwerk stillgelegt und das Dieselöl aus den Tanklagern entfernt wurde und andererseits eine Firma mit Gefährdungspotential ihren Standort verlegte. Bei den verbleibenden Betrieben ergab sich im Überprüfungszeitraum keine Änderung des Risikopotentials. Aufgrund des Abstands der Betriebe zum Kraftwerksstandort ergibt sich weiterhin keine Gefährdung für das KKB. Im Überprüfungszeitraum siedelten sich keine neuen Betriebe im Umkreis an, die eine potentielle Gefährdung für den Standort KKB darstellen.

Bezüglich der Erdgashochdruckleitung, welche eine Minimaldistanz von 1,3 km zum KKB aufweist, gab es im Überprüfungszeitraum ebenfalls keine Änderungen. Die Bauten und Anlagen des KKB liegen aufgrund der Distanz zur Erdgashochdruckleitung ausserhalb des Bereichs einer möglichen Gefährdung.

Die Verkehrs- und Transportwege auf dem Boden blieben im Überprüfungszeitraum ebenfalls unverändert. Es ist weiterhin keine Gefährdung durch LKW-, Bahn- oder Schiffsverkehr zu erkennen.

Die Änderungen im Luftverkehr im Überprüfungszeitraum liegen unter den in den Gefährdungsstudien angenommenen Wachstumsraten. Die bestehenden Gefährdungsanalysen werden vom KKB somit als konservativ und für die nahe Zukunft weiterhin anwendbar bewertet. Insgesamt liegt damit weiterhin ein sehr geringes Risiko für den Absturz eines Luftverkehrsfahrzeugs auf dem Gelände des KKB vor.

##### Beurteilung des ENSI

Für das ENSI ist es nachvollziehbar, dass sich im Überprüfungszeitraum keine grundlegend neuen Erkenntnisse bezüglich der genannten Einwirkungen aus Industrieanlagen und Transportwegen ergeben haben. Nach den dem ENSI vorliegenden Informationen ergeben sich aus den Verkehrswegen und Industrieanlagen in der Umgebung des Standorts keine unzulässigen Gefährdungen. Die Distanzen von Anlagen mit einem nennenswerten Gefährdungspotential sind ausreichend gross, um eine relevante Beeinträchtigung der Sicherheit ausschliessen zu können.

Zum Luftverkehr sei auf Kap. 6.4 und 7.3.6.5 verwiesen.

#### 2.1.2 Neue Erkenntnisse bezüglich meteorologischer Bedingungen

Als meteorologisch bedingte Gefährdungen werden in dem vorliegenden Kapitel folgende Wetterphänomene betrachtet: Wind, Tornado, Luft- und Wassertemperaturen, lokaler Starkregen, Schnee, Hagel, vereisender Regen, Trockenheit, Vereisung und Kombinationen von ausserordentlichen Winter- und Sommerbedingungen. Zudem wird Waldbrand wegen vergleichbaren Einwirkungen auf die Anlage hier behandelt.

Die einzelnen Gefährdungen können aufgrund ihrer Vorlaufzeit bis zum Eintreffen bzw. der Zeitdauer ihres Einwirkens auf die Anlage in drei Gruppen unterteilt werden:

- Instantan einwirkende Gefährdungen wie Wind, Tornado, Starkregen, Hagel und vereisender Regen müssen mit den festinstallierten Systemen, Strukturen und Komponenten beherrscht werden, da nur bedingt Massnahmen zu deren Beherrschung vorbereitet werden können.
- Gefährdungen wie extreme Lufttemperatur, Schneefall und Waldbrand wirken in der Regel erst nach Stunden oder Tagen vollständig auf die Anlage ein. Ihre Einwirkungsdauer ist üblicherweise jedoch länger als jene der instantan auftretenden Gefährdungen. Während der längeren Vorlaufzeit können wirksame Massnahmen zur Beherrschung dieser Gefährdungen getroffen werden. Beispielsweise ist es aus Sicht des ENSI bei einem mehrtägigen extremen Schneefallereignis zulässig, Massnahmen zur Reduktion der Schneelast auf den Gebäuden in den Sicherheitsnachweisen zu kreditieren oder bei hohen Temperaturen eine Leistungsreduktion der Anlage anzunehmen.
- Gefährdungen wie Trockenheit, extreme Flusswassertemperatur oder extreme Winter- bzw. Sommerbedingungen kündigen sich über noch längere Zeiträume an, sodass auch hier wirksame Massnahmen ergriffen werden können. Die vorhandenen Zeitfenster sind so gross, dass die Anlage normalerweise rechtzeitig vorsorglich und geordnet abgefahren werden kann.

### **Angaben des KKB**

Die vom KKB überarbeitete Studie zur Beurteilung der Gefährdung durch meteorologische Bedingungen berücksichtigt neuere Veröffentlichungen, den Einfluss des Klimawandels sowie weitergehende Analysen, insbesondere zu Waldbrand.

Für extreme Winde, extreme Luft- und Flusswassertemperaturen, Starkregen auf dem Anlagenareal sowie extreme Schneelasten reichte das KKB eine quantitative, auf extremwertstatistischen Auswertungen von anlagenspezifischen Zeitreihen basierende Bewertung ein. In die Analysen für extreme Winde und Lufttemperaturen flossen zusätzlich regionale Daten von mehreren Messstationen ein. Die Gefährdung durch Tornados wurde unter Verwendung eines geometrischen Verfahrens mit Berücksichtigung der Fläche des Tornado-Schadenszugs und des KKB-Areals ermittelt. Zur Abschätzung der Gefährdung durch Hagel, Trockenheit, Waldbrand und vereisenden Regen wurden anlagenspezifische Information sowie regionale und internationale Erfahrung herangezogen.

### **Beurteilung des ENSI**

Aus der Überprüfung der aktualisierten Gefährdungsstudie des KKB zu extremen Wetterbedingungen ergeben sich folgende Kommentare:

- Mit der Überarbeitung der Studie hat das KKB die Dokumentation verbessert. Im Allgemeinen sind die Ausführungen nachvollziehbar und die Analysen gemäss dem Stand der Technik durchgeführt worden.
- Die in den Störfallvorschriften festgehaltenen, bei verschiedenen aussergewöhnlichen meteorologischen Bedingungen (insbesondere bei extremem Regen, Schneefall und Waldbrand) zu ergreifenden (Gegen-) Massnahmen sind geeignet, um die entsprechenden Einwirkungen auf die Anlage zu reduzieren.
- Die Gefährdungsbewertung für extreme Winde ist aus Sicht des ENSI nicht plausibel, da eigene Abschätzungen des ENSI auf höhere Windböengeschwindigkeiten hindeuten. Hinsichtlich des 10'000-jährlichen Ereignisses legt das ENSI für extreme Winde die Tornadogefährdung als abdeckende Gefährdungsannahme fest.
- Die Bestimmung der Tornadogefährdungskurve beinhaltet eine Unstimmigkeit: Sie stellt keine Summenhäufigkeit dar, sondern die Häufigkeit pro Tornadoklasse. Das ENSI geht von einem höheren Wert<sup>Temp</sup> für das 10'000-jährliche Ereignis aus.
- Das KKB berücksichtigt den Klimawandel für die Bestimmung der extremen Lufttemperaturen. Die vom ENSI provisorisch festgelegten Werte<sup>Temp</sup> für das 10'000-jährliche Ereignis decken die vom KKB ausgewiesenen Werte ab.



- Das KKB weist negative Flusswassertemperaturen aus, untersucht aber nicht, ob es unter den genannten Bedingungen z. B. zu Eisbrei kommen kann. Für die Gefährdung «tiefe Flusstemperaturen» geht das ENSI als abdeckende Annahme von Eisbrei aus.
- Bei gewissen Gefährdungen (u. a. Waldbrand, Trockenheit, vereisender Regen sowie Kombinationen von ausserordentlich rauen Winterbedingungen bzw. ausgeprägt harten Sommerbedingungen) sind aus Sicht des ENSI genauere Angaben zu den Belastungen und Auswirkungen auf die Anlage erforderlich.

Die überarbeiteten Analysen bezüglich extremer Wetterbedingungen werden im laufenden Aufsichtsverfahren behandelt, in dem ggf. auch neue Gefährdungswerte festgelegt werden. Bis zur Festlegung gelten die vom ENSI provisorisch festgelegten Werte<sup>Temp.</sup>.

Für Ausführungen zur Beherrschung der extremen Wetterbedingungen sei auf die Kap. 6.2.9 und 7.3 der vorliegenden Stellungnahme verwiesen.

### 2.1.3 Neue Erkenntnisse bezüglich hydrologischer Bedingungen

#### Angaben des KKB

Für die Hochwassersituation am Standort des KKB wird auf Analysen aus der Zeit vor dem Überprüfungszeitraum verwiesen, welche für die Sicherheitsnachweise infolge der Ereignisse in Fukushima herangezogen wurden. Demnach ergibt sich für den Abfluss eines 10'000-jährlichen Hochwassers der Aare bei Untersiggenthal ein Bereich von 3'500 bis 4'200 m<sup>3</sup>/s. Für einen Abfluss von 4'200 m<sup>3</sup>/s wird auf Basis von Simulationen ein maximales Wasserniveau im Bereich der KKB-Gebäude von 37 cm ausgewiesen.

Im Überprüfungszeitraum hat eine neu vorliegende quantitative Auswertung historischer Hochwasser des Rheins bei Basel die vom KKB in den erwähnten Analysen ermittelte Hochwassergefährdungskurve bestätigt. In einer Studie vom 2012 weist das KKB für einen Abfluss von 4'200 m<sup>3</sup>/s auf Basis einer Simulation mit fraktioniertem Feststofftransport einen maximalen Wasserstand bei den sicherheitsrelevanten Gebäuden des KKB von 85 cm aus.

Auf Grundlage KKB-eigener Berechnungen wird die Wahrscheinlichkeit von gleichzeitigen Vollverklausungen von Wehr und Brücke über den Oberwasserkanal als sehr gering eingeschätzt.

Im Rahmen der Erdbebensicherheitsnachweise wurden die Auswirkungen des Versagens von Stauanlagen auf das KKB untersucht. Zu Überflutungen kommt es lediglich in zwei Fällen. Eine konservative Modellierung des Versagens des Wehrs Wettingen führt zu einem Wasserstand von ca. 10 cm auf dem Werksgelände. Für das Szenario des Versagens der Staumauer Sihlsee mit sequentiellm Bruch des Kraftwerks Wettingen sowie mit Verklauung des Wehrs Beznau wird ein Wasserstand von ca. 90 cm auf dem Werksgelände angegeben.

Das KKB hat diverse Sensitivitätsstudien zur Hochwassersicherheit hinsichtlich höherer Abflüsse und verschiedener Verklauungsszenarien durchgeführt. Im Rahmen des Projekts ERSIM (Erhöhung der Sicherheitsmargen) hat das KKB Wasserstände bis zu 4,40 m über Arealniveau betrachtet. Dieser Wasserstand deckt die Überflutungshöhen der Sensitivitätsstudien zu vollständigen Verklauungen und zu den betrachteten Abflüssen (bis 7'000 m<sup>3</sup>/s) ab.

#### Beurteilung des ENSI

Das KKB hat insbesondere in den Jahren 2011 bis 2014 stetig die Hochwasseranalysen verfeinert, indem z. B. relevante Phänomene wie Feststofftransport oder Verklauungen in die Analysen miteinbezogen und verschiedene Szenarien betrachtet wurden. Damit hat das KKB aus Sicht des ENSI im internationalen Vergleich einen hohen Stand der Technik bei der Analyse der Hochwassergefährdung erreicht. Weiterführende Grundlagen zur Beurteilung der Hochwassergefährdung wurden im Rahmen des Projektes EXAR (Extremhochwasser an Aare und Rhein) geschaffen.

Das Projekt EXAR wird vom BAFU (Bundesamt für Umwelt) geleitet und ist national breit abgestützt. Im Rahmen des Projekts wird der Einfluss von Phänomenen wie Verklauungen, Feststofftransport, Hangrutschung, Erosion und Versagen wasserbaulicher Einrichtungen auf die Überflutungsgefährdung nach dem aktuellen

Stand von Wissenschaft und Technik erneut bewertet. Abschliessende Ergebnisse von EXAR zur Aare lagen im Überprüfungszeitraum noch nicht vor.

Mit den Ergebnissen des Projekts EXAR<sup>EXAR-2021</sup> liegen neue Überflutungsgefährdungsergebnisse für das KKB vor. Auf dieser Grundlage hat das ENSI am 22. Februar 2021<sup>ENSI-2021-02-22</sup> dem KKB einen Verfügungsentwurf betreffend Gefährdungsannahmen EXAR-2021 zum rechtlichen Gehör zugestellt. Dieser präzisiert neue Hochwassergefährdungsannahmen für den Standort des KKB und vom KKB zu führende Sicherheitsnachweise.

Auf den Schutz des KKB gegen die hydrologisch bedingten Einwirkungen wird in den Kap. 6.2.9.3 und 7.3 in der vorliegenden Stellungnahme eingegangen.

## 2.1.4 Neue Erkenntnisse bezüglich Geologie und Erdbeben

### Angaben des KKB

#### *Geologie*

Die geologischen Verhältnisse des Standortes sind sehr gut bekannt<sup>TM-16101</sup>. Bereits 1965 wurden erste Bohrungen zur Erkundung durchgeführt, diese wurden 1980 weitergeführt<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2</sup>. Auch die geologischen Daten, die im Rahmen des PEGASOS-Projektes verwendet wurden, basierten im Wesentlichen aus der Zeit der Erstellung des Kraftwerkes. Im Rahmen des OPAL-Projektes wurden 2008 weitere Erkundungsbohrungen erstellt<sup>TM-211-RN14016</sup>. Aus diesen Bohrungen ergibt sich folgende Schichtabfolge bzw. folgender Baugrund (von oben nach unten):

- 2 m mächtige Oberflächenschichten aus Sanden und Silten (quartäre Talfüllung des Aaretals);
- homogen ausgebildeter Niederterrassen-Schotter in Form von sandreichem Kies;
- Hochterrassenschotter (im Gebiet des unteren Aaretals weit verbreitet, findet sich teilweise unter dem Niederterrassenschotter im Gebiet Beznau);
- Felsoberfläche aus mesozoischen Gesteinen (Opalinuston etwa 65 m unter Terrain).

Im Überprüfungszeitraum ergaben sich aus Sicht des KKB keine neuen Erkenntnisse zu der Geologie des Standorts.

#### *Erdbebengefährdung*

Das Kernkraftwerk Beznau wurde ursprünglich auf ein Sicherheitserdbeben (safe shutdown earthquake, SSE) mit einer horizontalen Spitzenbodenbeschleunigung (peak ground acceleration, PGA) auf Niveau des Reaktorgebäudefundaments von 0,12 g ausgelegt.

Mit den Erdbebenrisikokarten von 1977 und der zugehörigen Umsetzung in eine probabilistische Gefährdungskurve verfeinerten sich die Erkenntnisse über die Erdbebengefährdung. Die daraus abgeleitete Auslegungsbasis für die darauffolgenden Nachrüst- und Erneuerungsprojekte des KKB definiert sich durch ein SSE mit einer PGA von 0,15 g auf Niveau des Reaktorgebäudefundaments und 0,21 g an der Terrainoberfläche. Gemäss damaligem Wissensstand entsprachen diese Werte dem 10'000-jährlichen Erdbeben. Die Bemessungsspektren wurden aus den USNRC-Spektren abgeleitet und insbesondere im Bereich der hochfrequenten Baugrundschrwingungen modifiziert.

Neuere, auf dem SSHAC-Level-4-Verfahren basierende Untersuchungen wurden im 2004 im Rahmen der PEGASOS-Studie abgeschlossen. Ihre Ergebnisse zeigen gegenüber den ursprünglichen Annahmen höhere Beschleunigungen bei Erdbeben kürzerer Dauer. Die PEGASOS-Studie wurde durch das PEGASOS Refinement Project (PRP) vertieft. Im 2011 wurde ein Zwischenergebnis (Intermediate Hazard, PRP-IH) ermittelt. Gemäss PRP-IH beträgt die PGA auf Niveau des Reaktorgebäudefundaments für das 10'000-jährliche Erdbeben 0,26 g.

Am 26. Mai 2016 verfügte das ENSI die Inkraftsetzung der «Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015»<sup>ENSI-2016-05-26</sup>. Sie basieren auf dem Rechenmodell des PRP mit sicherheitsgerichteten Abänderungen. Für das 10'000-jährliche Erdbeben beträgt die PGA auf Niveau des Reaktorgebäudefundaments 0,30 g und an der Terrainoberfläche 0,38 g.

## Beurteilung des ENSI

### Geologie

Die Darstellung der geologischen Verhältnisse in dem Technischen Bericht «Standort»<sup>TM-16101</sup> bzw. in den Sicherheitsberichten<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2</sup> ist grösstenteils auf aktuellem Stand. Zur Darstellung ist einschränkend festzuhalten, dass die stratigraphische und quartärgeologische Nomenklatur zum Teil veraltet ist. Das Baugrundmodell ist aus Sicht des ENSI mehrheitlich korrekt dargestellt. Auffallend ist, dass

- die obersten 2 m (Überschwemmungssedimente) im Text nicht diskutiert werden;
- der «Lehm» beim Baugrundmodell mit dem USCS-Typus (Unified Soil Classification System) CL gleichgesetzt wird, gemäss aktuellem Gebrauch CL aber nicht «Lehm», sondern «Ton/Silt niedriger Plastizität» entspricht;
- im Baugrundmodell der Moräne keine Lagerungsdichte oder Konsistenz zugeordnet wurde;
- die Baugrundwerte teilweise durch Versuche ermittelt wurden, aber nicht erwähnt wird durch welche; und
- Angaben zu den benutzten empirischen Beziehungen fehlen, welche bei der Ableitung der Baugrundwerte benutzt worden sind.

Die seitens des KKB gemachte Aussage<sup>TM-16101</sup>, dass sich im Überprüfungszeitraum keine neuen Erkenntnisse zu der Geologie des Standorts ergeben hätten, ist nicht korrekt. Tatsächlich hat die Nagra im Gebiet zwischen den beiden Standortgebieten Jura Ost und Nördlich Lägern neue seismische Linien gemessen<sup>NAB13-9, NAB13-10, NAB14-34</sup> und dazu entsprechende Aufzeitbohrungen durchgeführt<sup>NAB12-22</sup>. Auf diese Arbeiten wird seitens des KKB nicht eingegangen, sodass nicht klar wird, ob das KKB diese neuen Erkenntnisse nicht beachtet hat oder der Meinung ist, dass diese bzgl. Standortsicherheit keine neuen Erkenntnisse geliefert haben. Relevant für den Standort KKB dürfte zumindest sein, dass mithilfe dieser seismischen Daten keine entlang des Aaretals verlaufende, N-S-verlaufende Störung nachgewiesen wurde, wie sie früher aufgrund der Oberflächengeologie postuliert worden war<sup>Lau-1984</sup>.

Die detaillierten Ausführungen seitens des KKB zur Mandacher Überschiebung werden begrüsst; in diesen Ausführungen wurden auch neuere Arbeiten berücksichtigt.

### Erdbebengefährdung

Bedingt durch natürlicherweise vorhandene Unschärfen lässt sich die Erdbebengefährdung, oder genauer die jährliche Häufigkeit der Überschreitung seismischer Bodenbeschleunigungen, nur mit erheblicher Streubreite abschätzen. Mit der höchsten Anforderungsstufe des international anerkannten SSHAC-Verfahrens als Basis wurde in den Projekten PEGASOS und PRP<sup>ENSI-AN-9657</sup> diese Streubreite nach rigiden prozesstechnischen Vorgaben und unter Mitwirkung international führender Experten umfassend quantifiziert. Diese beiden Projekte der Betreiber wurden vom ENSI eng beaufsichtigt, wobei das ENSI mit Unterstützung durch externe Experten auch die im SSHAC-Verfahren vorgesehene Aufgabe der projektbegleitenden und -abschliessenden Peer-Review übernahm.

Am 18. März 2011 verfügte das ENSI<sup>ENSI-2011-03-18</sup>, dass die Auslegung der Kernkraftwerke in der Schweiz bezüglich Erdbeben erneut zu überprüfen war und legte, in einer zweiten Verfügung, am 1. April 2011<sup>ENSI-2011-04-01</sup> die Randbedingungen für die Überprüfung fest. In der Verfügung vom 1. April 2011 ist festgelegt, dass nach Abschluss der Überprüfung der Ergebnisse des PRP durch das ENSI die Erdbebenfestigkeitsnachweise zu aktualisieren sind und der deterministische Nachweis zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens (nochmal) zu erbringen ist. Mit der Verfügung vom 26. Mai 2016<sup>ENSI-2016-05-26</sup> wurden die Randbedingungen und Termine für die basierend auf den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 zu erbringenden Sicherheitsnachweise festgelegt.

Auf die erwähnten Nachweise wird in Kap. 6.2.9 der vorliegenden Stellungnahme näher eingegangen.

Das KKB wurde ursprünglich auf ein Erdbeben mit einer PGA von 0,12 g auf Niveau des Reaktorgebäudefundaments ausgelegt. Aufgrund neuerer Erkenntnisse über die Erdbebengefährdung wurde zu einem späteren Zeitpunkt für Nachrüst- und Erneuerungsprojekte des KKB als Auslegungsbasis neu ein Erdbeben mit einer PGA von 0,15 g auf Niveau des Reaktorgebäudefundaments definiert. Diese (verschiedenen) Auslegungsbasen werden üblicherweise als Sicherheitserdbeben bezeichnet. Die Erdbebengefährdungsannahmen, deren Beherrschung mit Sicherheitsanalysen nachzuweisen ist, sind ebenfalls aufgrund neuer Erkenntnisse angepasst worden. Aktuell gelten die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015, womit Nachweiserdbeben der Störfallkategorien 2 und 3 festgelegt sind. Auch das Nachweiserdbeben der Störfallkategorie 3 wird häufig Sicherheitserdbeben genannt. Zur klaren Abgrenzung wird in der vorliegenden Stellungnahme, wo für das bessere Verständnis erforderlich, folgende Nomenklatur verwendet:

- SSE (Errichtungszeitpunkt) steht für das Erdbeben, das zum jeweiligen Zeitpunkt der Errichtung der Struktur / des Systems / der Komponente als aktuelle Auslegungsbasis heranzuziehen war;
- SSE (ENSI-2015) steht für das basierend auf den Gefährdungsannahmen ENSI-2015 festgelegte Erdbeben, das für die Sicherheitsnachweise für die Störfallkategorie 3 aktuell heranzuziehen ist.

### **2.1.5 Änderungen bezüglich Bevölkerungsverteilung und Notfallschutz-Vorsorgemassnahmen**

#### **Angaben des KKB**

Gemäss den Angaben des KKB<sup>TM-16101</sup> weisen die Bevölkerungszahlen um den Standort innerhalb der letzten 30 Jahre ein kontinuierliches Wachstum auf.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die Darstellung und Beurteilung der Bevölkerungsverteilung um den Standort dient in erster Linie der Beurteilung der Durchführbarkeit von Notfallschutzmassnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Den Aussagen des KKB zum Bevölkerungswachstum liegt eine Aussage zur Machbarkeit von Schutzmassnahmen nicht bei.

Die Planung einer Evakuierung bzw. die Erstellung eines entsprechenden Konzepts nach Vorgaben des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz obliegt gemäss Notfallschutzverordnung den Kantonen der Zonen 1 und 2. Unter Berücksichtigung der aktuellen Einwohnerzahlen erfolgte im Kanton Aargau die Planung von grossräumigen Evakuierungen nach den Vorgaben des Bundes. Dies beinhaltete u. a. die vorsorgliche Festlegung und Ausrüstung von Notfalltreffpunkten, Aufnahmestellen und Betreuungsstellen sowie die Festlegung eines Notfallkommunikationsprinzips. Die selbstständige Evakuierung von Teilen der Bevölkerung wird bei der Bestimmung von notwendigen Transportkapazitäten berücksichtigt. Des Weiteren wurde im Rahmen der Revision der Iodtablettenverordnung im Jahre 2014 u. a. die Vorverteilung der Kaliumiodid-Tabletten an die Einwohner auf einen Radius von 50 km um die Schweizer Kernkraftwerke ausgedehnt.

Das ENSI geht davon aus, dass aufgrund der bereits für den Standort bestehenden Vorkehrungen und Einrichtungen des Notfallschutzes und der moderaten Bevölkerungsdichte keine nachteiligen Faktoren hinsichtlich der Planung und Durchführung von Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung bestehen.

## **2.2 Übergeordnetes Auslegungskonzept**

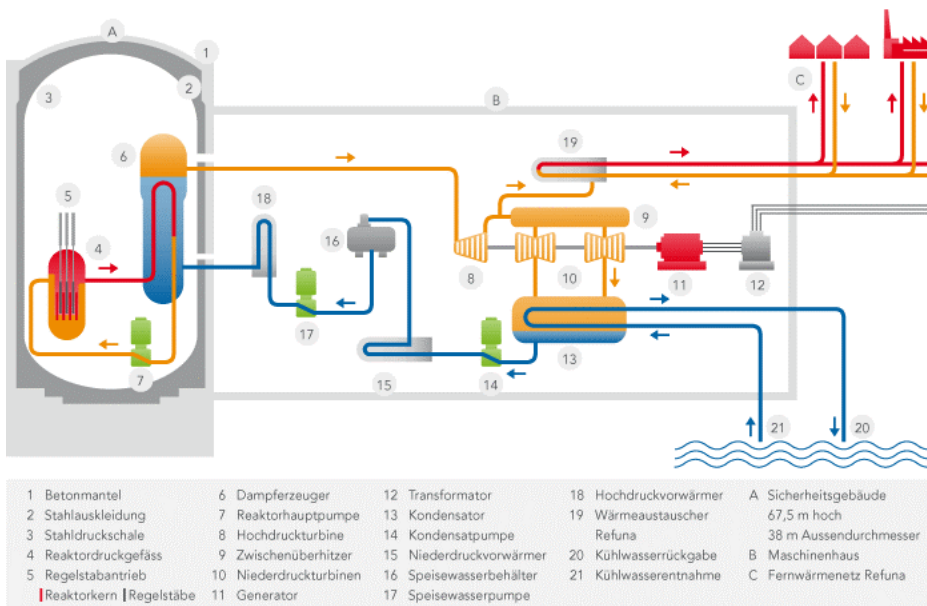
Das übergeordnete Auslegungskonzept der Anlage ist vom KKB in der Technischen Mitteilung «Übergeordnetes Auslegungskonzept»<sup>TM-16103</sup> beschrieben und bewertet.

### **2.2.1 Grundsätzlicher Aufbau des KKB**

Bei den beiden Kraftwerksblöcken des KKB handelt es sich um Druckwasserreaktoren des Herstellers Westinghouse mit einer thermischen Nennleistung von 1130 MW<sub>th</sub> je Block.

In einem Druckwasserreaktor wird die durch Kernspaltungen im Reaktorkern erzeugte Wärme mittels eines geschlossenen Reaktorkühlsystems (Primärkreislauf), das aus dem Reaktordruckbehälter, den Kühlkreisläufen, den Reaktorhauptpumpen und den Rohrseiten der Dampferzeuger besteht, über die Dampferzeuger an den Speisewasser-Dampfkreislauf (Sekundärkreislauf) übertragen. Der auf den Sekundärseiten der Dampferzeuger erzeugte Dampf wird den Turbinengeneratoren, welche die thermische in elektrische Energie umwandeln, zugeführt, dann in den Kondensatoren verflüssigt und schlussendlich als Speisewasser in die Dampferzeuger zurückgegeben. Durch einen an den Primärkreislauf angeschlossenen elektrisch beheizten Druckhalter wird dem Primärkreislauf ein so hoher Druck aufgeprägt, dass ein Sieden des Primärwassers verhindert wird. Der Primärkreislauf ist durch die Dampferzeugerheizrohre vom Sekundärkreislauf getrennt, sodass eine Vermischung von Primär- und Sekundärwasser und damit auch ein Übertrag von radioaktiven Stoffen aus dem Primär- in den Sekundärkreislauf verhindert wird.

Die beiden Blöcke des KKB sind weitgehend identisch aufgebaut und verfügen mit dem Fluss und den Brunnen über zwei voneinander unabhängige Wärmesenken. Unterschiede werden, sofern sie für die Beurteilung relevant sind, in der vorliegenden Stellungnahme in den betroffenen Kapiteln kurz erläutert und bewertet. Der prinzipielle Aufbau der beiden Blöcke ist in Abbildung 2.2-1 dargestellt. Zur Wärmeabfuhr und energieumwandlung stehen in jedem Block des KKB primärseitig zwei Reaktorkühlkreisläufe und sekundärseitig zwei Turbinengenerator-Gruppen zur Verfügung. Die Turbinengeneratorgruppen bestehen jeweils aus einer Hochdruck-, zwei Niederdruckturbinen und einem über die Welle fest verbundenen Generator. Durch Wärmeauskopplung aus dem Sekundärkreislauf beider Blöcke wird auch die Regionale Fernwärme unteres Aaretal versorgt.



Quelle: Axpo

Abbildung 2.2.1-1: Prinzipdarstellung des KKB

Das Sicherheitsgebäude, das aus der Stahldruckschale (Primärcontainment) und der Sicherheitsgebäudehülle (Sekundärcontainment/Ringraum) besteht, enthält neben dem Primärkreislauf sicherheitstechnisch wichtige Systeme wie die Containment-Sprüh- und Kühlsysteme und Teile des Sicherheitseinspeisesystems. Es dient zusammen mit den Containment-Hilfssystemen im Normalbetrieb und bei Störfällen der Vermeidung einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen oberhalb der zulässigen Grenzwerte. Das Sicherheitsgebäude ist von den Nebengebäuden (fünf bautechnisch unabhängigen, durch Gebäudefugen getrennte Bauten) und dem Notstandgebäude umgeben. In den Nebengebäuden sind ausser den Systemen, die vorwiegend der Energieerzeugung dienen und als Betriebssysteme bezeichnet werden, die Brennelement-Lagerbecken, weitere zur Störfallbeherrschung benötigte Systeme, wie die elektro- und leittechnischen Systeme, die restlichen Teile des Sicherheitseinspeisesystems und die Frischdampf-Abblasestation, sowie der Hauptkommandoraum untergebracht. Im Notstandgebäude sind die zu Anfang der neunziger Jahre nachgerüsteten, speziell geschützten Sicherheitssysteme untergebracht.

Unmittelbar an die Nebengebäude grenzt das Maschinenhaus an. In diesem befinden sich grosse Teile des Sekundärkreislaufs sowie die Turbinengenerator-Gruppen. Verschiedene Gebäude auf dem Kraftwerksareal sind nicht an diesen Gebäudekomplex angebunden, wie zum Beispiel die Kühlwassereinläufe der beiden Blöcke und das Gebäude für die beiden Borwasser-Vorratstanks (BOTA) mit dem angrenzenden Notspeisewassergebäude. Im 2015 wurde die Notstromversorgung der Blöcke auf je zwei zusätzliche Dieseldiesgeneratoren umgestellt, die in zwei räumlich weit voneinander entfernten Gebäuden untergebracht sind. Weitere separat angeordnete Gebäude wie das Zwischenlager Beznau (ZWIBEZ) dienen der Lagerung von schwach- oder hochaktiven Abfällen oder haben wie das Bürogebäude keine sicherheitstechnische Bedeutung.

## 2.2.2 Barrierenkonzept

### Angaben des KKB

Zur Einhaltung des Schutzziels Einschluss der radioaktiven Stoffe besitzt das KKB bei geschlossenem Reaktor mehrere Barrieren. Eine erste Barriere bildet der Brennstoff, in dem feste Spaltprodukte im Kristallgitter des Brennstoffs eingeschlossen werden. Als nächste Barriere wirken die Hüllrohre der Brennstäbe, welche die im Brennstoff enthaltenen Spaltprodukte wie auch die gasförmigen Spaltprodukte einschliessen. Eine dritte Barriere bildet die druckführende Umschliessung des Reaktorkühlkreislaufs, dessen Komponenten das Primärkühlmittel vollständig einschliessen. Der Reaktorkühlkreislauf wiederum wird vollständig vom Primärcontainment als vierte Barriere umschlossen.

Die Gebäudehülle des Brennelementlagers umschliesst die Brennelementlagerbecken und stellt ebenfalls eine Barriere dar.

Die Anordnung der Barrieren erfolgt so, dass beim Versagen einer Barriere eine Abfolge weiterer Barrieren zur Gewährleistung des Einschlusses radioaktiver Stoffe vorhanden ist.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup>
- Richtlinie ENSI-G02<sup>G02</sup>

### Beurteilung des ENSI

Das im KKB umgesetzte Barrierenkonzept entspricht weitgehend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02, Kap. 4.2. Demnach bilden die Brennstoffmatrix und die Brennstabhüllrohre die erste, die druckführende Umschliessung des Reaktorkühlmittels (Primärkühlkreis) die zweite und das Containment die dritte Barriere.

Darüber hinaus erfüllen die massiven Betonstrukturen, die den Reaktordruckbehälter und die Dampferzeuger im Primärcontainment umgeben, ebenfalls Barrierefunktionen, indem diese Gammastrahlung abschirmen. Das Sekundärcontainment aus dickem Stahlbeton schützt das Reaktorkühlsystem zudem gegen Einwirkungen von aussen. Mit dem Ringraum-Rückpumpsystem, das zwischen Primär- und Sekundärcontainment einen Unterdruck hält, bildet es einen Schutz vor Leckagen an die Umgebung.

Gemäss Kap. 4.2 (Bst. c) der Richtlinie ENSI-G02 sind die zum Schutz der Barrieren erforderlichen Strukturen, Systeme und Komponenten derart auszulegen, dass sie, soweit möglich und angemessen, so voneinander unabhängig sind, dass bei Störfällen eine Barriere nicht als Folge des Ausfalls einer anderen Barriere versagt. Hieraus folgt auch, dass die Barrieren, sofern diese nicht direkt störfallbedingt ausgefallen sind, soweit möglich und angemessen zu erhalten sind. Dieser Auslegungsgrundsatz ist im KKB in der ersten Phase für alle Störfälle gewährleistet. Durch die im Überprüfungszeitraum umgesetzte Nachrüstung eines zweiten seismisch durchgehend robusten Systems zur Dampferzeugerbespeisung (LSE-System, BX-Strang) ist im Fall eines Einzelfehlers die Aufhebung der Integrität des Primärkreises nach einem Sicherheitserdbeben entsprechend den aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 (SSE ENSI-2015) durch Initiierung der Feed-and-Bleed-Fahrweise nicht mehr erforderlich. Allerdings muss im KKB immer noch nach einem solchen Erdbeben die Barriere Primärkühlkreis gezielt aufgehoben werden, um die langfristige Störfallbeherrschung (Erreichen

des kalt-abgestellten Zustands) zu gewährleisten. Auf diesen Auslegungsschwachpunkt im Vergleich zu Kernkraftwerken neuerer Generationen wird in Kap. 10.2.3 der vorliegenden Stellungnahme näher eingegangen. Das in der Gefährdungsannahmen-Verordnung in Art. 11 festgelegte Mindestkriterium zur Beherrschung von Störfällen der Kategorie 3 – der Integritätserhalt mindestens einer der Barrieren Brennstab-Hüllrohre, Reaktorkühlkreislauf und Primär-Containment muss gewährleistet sein – ist dennoch erfüllt.

### 2.2.3 Schutzzielkonzept

#### Angaben des KKB

Zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit sind in der UVEK-Verordnung (732.112.2) sowie in der Richtlinie ENSI-G02 vier Schutzziele festgelegt, die in der Auslegung des KKB berücksichtigt und eingehalten werden. Das übergeordnete Schutzziel ist das Schutzziel S4:

S4: Begrenzung der Strahlenexposition von Mensch und Umwelt.

Zusätzlich sind drei weitere grundlegende Schutzziele einzuhalten:

S1: Kontrolle der Reaktivität

S2: Kühlung der Brennelemente

S3: Einschluss radioaktiver Stoffe

Die Einhaltung der Schutzziele auf den einzelnen Sicherheitsebenen wird mit Hilfe von Schutzzielfunktionen sowie mit schutzzielübergreifenden Massnahmen und Prozessen (z. B. qualitätssichernde Massnahmen, Massnahmen zur Gewährleistung einer hohen Sicherheitskultur und eines hohen Ausbildungsstandards der Mitarbeitenden) sichergestellt. Schutzzielfunktionen sowie schutzzielübergreifende Massnahmen und Prozesse sind auf allen Sicherheitsebenen wirksam und sind anlagenspezifisch festgelegt. Für das KKB sind die nachfolgend in Tabelle 2.2-1 aufgeführten 20 Schutzzielfunktionen definiert und erläutert.

**Tabelle 2.2-1: Schutzzielfunktionen des KKB<sup>TM-16103</sup>**

Schutzziel	Schutzzielfunktion
S1: Kontrolle der Reaktivität	Inhärente Stabilität
	Kontrolle der Leistung und Wärmeproduktion im Reaktorkern
	Reaktorabschaltung
	Sicherstellung der langfristigen Unterkritikalität im Reaktorkern
	Sicherstellung der Unterkritikalität bei der Brennelementhandhabung und im Brennelementlagerbecken
S2: Kühlung der Brennelemente	Primärseitige Wärmeabfuhr aus dem Reaktorkern
	Sekundärseitige Wärmeabfuhr aus dem Reaktorkern
	Wärmeabfuhr aus dem Containment
	Wärmeabfuhr aus dem Brennelement-Lagerbecken
	Sicherstellung des Inventars im Primärkreislauf
	Sicherstellung des Inventars im Sekundärkreislauf
	Sicherstellung des Inventars im Brennelementlager
S3: Einschluss radioaktiver Stoffe	Sicherstellung der Integrität der Brennstab-Hüllrohre
	Sicherstellung der Integrität des Primärkreislaufs
	Sicherstellung der Integrität des Containments

Schutzziel	Schutzzielfunktion
	Sicherstellung der Integrität des Brennelementlagers
	Aktivitätseinschluss in Gebäuden ausserhalb des Containments und des Brennelementlagers
	Aktivitätseinschluss in Abfallgebinden und Abfallmatrizen
S4: Begrenzung der Strahlenexposition	Operativer Strahlenschutz
	Begrenzung der Abgabe von Radioaktivität

Im Anhang A der Technischen Mitteilung «Übergeordnetes Auslegungskonzept»<sup>TM-16103</sup> wird die Umsetzung der in Abschnitt 5 der Richtlinie ENSI-G02 festgehaltenen allgemeinen und für die verschiedenen Sicherheitsebenen geltenden Auslegungsanforderungen an Schutzzielfunktionen im KKB überprüft und bewertet. Als Grundlage werden die auf den einzelnen Sicherheitsebenen im KKB vorhandenen Vorsorgemassnahmen aufgeführt und der Aufbau der pro Block vorhandenen Sicherheitsstränge, die diesen Sicherheitssträngen zugeordneten Systeme und Systemfunktionen sowie deren Schutzgrad dargelegt.

Basierend auf dieser Überprüfung wird zusammenfassend festgestellt, dass im KKB mit der vorhandenen Auslegung alle Schutzziele auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a erfüllt werden. Auf der Sicherheitsebene 4b sind Vorkehrungen getroffen, um Dauer und Umfang radioaktiver Freisetzungen zu begrenzen und das übergeordnete Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» zu gewährleisten. Mit Hilfe technischer Störfallanalysen wurde für beide Blöcke des KKB gezeigt, dass für alle Auslegungsstörfälle die technischen Kriterien gemäss den Artikeln 9, 10 und 11 der Gefährdungsannahmen-Verordnung eingehalten werden.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- KEV<sup>KEV</sup>
- Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup>
- Richtlinie ENSI-G02<sup>G02</sup>

### Beurteilung des ENSI

In der Technischen Mitteilung «Übergeordnetes Auslegungskonzept»<sup>TM-16103</sup> ist nachvollziehbar aufgezeigt, dass für die Einhaltung der vier grundlegenden, in der Gefährdungsannahmen-Verordnung genannten Schutzziele ein umfassendes Spektrum an Schutzzielfunktionen im KKB vorhanden ist. Diese werden im nachfolgenden Kap. 2.2.4 noch im Einzelnen dargelegt.

Die vom KKB durchgeführte Bewertung der Erfüllung der in Abschnitt 5 der Richtlinie ENSI-G02 festgehaltenen allgemeinen und für die verschiedenen Sicherheitsebenen geltenden Auslegungsanforderungen an Schutzzielfunktionen und an die daraus abgeleiteten bzw. diesen untergeordneten Sicherheitsfunktionen zeigt aus Sicht des ENSI auf, dass die in Art. 10 der KEV festgelegten und in der Richtlinie ENSI-G02 präzisierten Auslegungsgrundsätze weitgehend umgesetzt sind.

Die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02 sind jedoch insbesondere hinsichtlich Trennung der Sicherheitsstränge und funktionaler Unabhängigkeit nur begrenzt in einer bestehenden Anlage nachträglich umzusetzen. Die Richtlinie fordert nicht zwingend, dass bei bestehenden Kernkraftwerken die für die Sicherheitsebene 3 geltenden Auslegungskriterien umgesetzt sind, sondern es gilt das Prinzip der Angemessenheit. Für die nachfolgend diskutierten Sicherheitsfunktionen sind die Auslegungskriterien nur bedingt im KKB umgesetzt:

- Sicherheitsfunktion «Primärseitige Wärmeabfuhr»

Es gibt nur einen seismisch qualifizierten Notstandstrang zur Bespeisung des Reaktordruckbehälters und zur primärseitigen Nachwärmeabfuhr durch die Notstandrezirkulation. Das Auslegungsprinzip der redundanten Ausführung einer Sicherheitsfunktion auch bei einem Sicherheitserdbeben (SSE) ist nicht konsequent umgesetzt. Eine wesentliche Voraussetzung für die Angemessenheit dieses Anlagendesigns ist



der weitgehende Erhalt der Primärkreisintegrität bei SSE. Dieser bisher erbrachte Nachweis ist im Rahmen des Projekts NEUSI (vgl. Kap. 2.4) auch für die neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 noch zu führen. Kleine Leckagen im Primärkreis infolge Erdbeben können bei Ausfall des seismisch qualifizierten Notstandstrangs zur Bespeisung des Reaktordruckbehälters (Einzelfehlerannahme) durch die zusätzlich vorhandene, ebenfalls seismisch qualifizierte Notstand- und Notsperrwasserversorgung beherrscht werden.

Das Notstandssystem zur Restwärmeabfuhr über die Kaltfahrleitung ist nicht funktional unabhängig vom ursprünglichen System zur Restwärmeabfuhr (JAC). Es besteht aber die Möglichkeit, die Anlage über die Fahrweise Feed-and-Bleed mittels Druckhalter-Sicherheits- und -Isolierventile funktional unabhängig vom JAC abzufahren. Dabei erfolgt die Nachwärmeabfuhr über einen offenen Kreislauf mittels geöffneten Druckhalter-Sicherheits- und -Isolierventilen. Das abgegebene Primärkühlmittel wird über den Reaktorgebäude-Sumpf durch die Notstandrezirkulation zurückgespeist.

– Sicherheitsfunktion «Sekundärseitige Wärmeabfuhr»

Die Stränge des Frischdampf-Abblasesystems sind hinsichtlich der für die Funktion (Ansteuerung) beider Frischdampf-Abblaseventile erforderlichen Ölversorgung nicht voneinander funktional unabhängig und auch nicht räumlich getrennt. Diese Differenz zu den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02 wird im Kap. 2.2.6 weitergehend beurteilt.

Das 30-Minutenkriterium ist beim Dampferzeugerheizrohrbruch durch das Anlagendesign nicht abgedeckt. Die notwendigen Massnahmen zur primärseitigen Druckentlastung müssen vor Ablauf von 30 Minuten manuell eingeleitet werden. Dies wird sicherheitstechnisch in Kap. 6.2.6.2 der vorliegenden Stellungnahme bewertet.

– Sicherheitsfunktion «Primärkühlmitteleergänzung»

Die nachgerüsteten Notstandssysteme zur Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen (JNA und JES) nutzen ab dem Ringraum die Rohrleitungsabschnitte des ursprünglichen Sperrwassersystems (KCH) und sind damit nicht von diesem System funktional unabhängig. Eine konsequente Umsetzung der Anforderung der funktionalen Unabhängigkeit ist aufgrund des geringen Sicherheitsgewinns nach Beurteilung des ENSI nicht verhältnismässig.

– Sicherheitsfunktion «Sicherstellung des Inventars im Sekundärkreislauf»

Die nachgerüsteten Notstandssysteme zur Dampferzeugerbespeisung (LNA und LSE) nutzen ab dem Ringraum gemeinsame Rohrleitungsabschnitte. Innerhalb des Sicherheitsgebäudes werden auch Rohrleitungsabschnitte des ursprünglichen Systems zur Dampferzeugerbespeisung (LSN) genutzt. Die Trennung der Systeme erfolgt durch Rückschlagventile. Damit sind diese Systeme nicht funktional unabhängig. Eine konsequente Umsetzung der Anforderung (z. B. eigene Einspeisestutzen an den Dampferzeugern) ist aufgrund des geringen Sicherheitsgewinns nach Beurteilung des ENSI nicht verhältnismässig.

– Sicherheitsfunktion «Sicherstellung der Integrität des Sekundärkreislaufes»

Die Dampferzeuger-Sicherheitsventile zur sekundärseitigen Druckbegrenzung sind nicht räumlich getrennt. Diese Abweichung ist akzeptabel, da die Funktion der passiv wirkenden Sicherheitsventile bei Einwirkungen übergreifender interner Ereignisse (insbesondere Brand) nicht gefährdet ist.

– Sicherheitsfunktion «Wärmeabfuhr aus dem Brennelement-Lagerbecken»

Es gibt bisher auf der Sicherheitsebene 3 kein seismisch qualifiziertes System zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelement-Lagerbecken. Diese Sicherheitsfunktion ist auf der Sicherheitsebene 4 durch das neu errichtete, seismisch qualifizierte FNC-Teilsystem (siehe Kap. 4.4.25) und die Fahrweise Feed-and-Boil gewährleistet. Bei dieser Fahrweise wird die Wärme aus dem Brennelementlagerbecken durch Verdampfung in den Raum abgegeben. Der Wasserdampf kann über eine Druckentlastungsleitung in die Umgebung abströmen. Die Nachspeisung des verdampften Kühlmittels erfolgt über zwei unabhängige Leitungen von aussen. Zurzeit wird ein ebenfalls seismisch qualifiziertes Notstandkühlsystem nachgerüstet

(Projekt NABELA, vgl. Kap. 2.4), mit dem die Wärme aus den Brennelementlagerbecken im geschlossenen Kühlkreis abgeführt werden kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das im KKB realisierte Konzept der Schutzziefunktionen grundsätzlich geeignet ist, die Erfüllung der übergeordneten Schutzziele auf allen Sicherheitsebenen zu unterstützen. Die aus Sicht des ENSI erforderliche Verbesserung des Konzepts auf der Sicherheitsebene 3 wird in Kap. 2.2.5 behandelt. Die Bewertung der Einhaltung der Schutzziele während der Überprüfungsperiode der PSÜ 2017 findet sich in Kap. 11.2 der vorliegenden Stellungnahme.

## 2.2.4 Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

### Angaben des KKB

Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge dient dem sicheren Einschluss der im Kernkraftwerk befindlichen radioaktiven Stoffe sowie der Abschirmung der von diesen Stoffen ausgehenden Strahlung. Zur Erreichung dieses Ziels ist ein Sicherheitskonzept umgesetzt, bei dem Massnahmen und Einrichtungen gestaffelten Sicherheitsebenen zugeordnet sind (siehe Tabelle 2.2-2).

**Tabelle 2.2-2: Sicherheitsebenen des Prinzips der gestaffelten Sicherheitsvorsorge<sup>TM-16103</sup>**

Sicherheits-ebene	Bezeichnung	Zielsetzung der Sicherheitsvorkehrungen
1	Normalbetrieb	Vermeidung von Betriebsstörungen, präventive Erkennung von Schwachstellen, Minimierung der Strahlenbelastung des Personals
2	Betriebsstörungen	Beherrschung von Betriebsstörungen, Vermeidung von Auslegungsstörfällen
3	Auslegungsstörfälle	Beherrschung von Auslegungsstörfällen mit qualifizierten Sicherheitssystemen innerhalb der Auslegungsgrenzen, Verhinderung eines Kernschadens
4a	Auslegungs- überschreitende Störfälle	Beherrschung bestimmter auslegungsüberschreitender Störfälle unter Berücksichtigung von Notfallmassnahmen, Verhinderung eines Kernschadens
4b		Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe
5		Linderung der radiologischen Auswirkungen in der Umgebung (externe Notfallschutzmassnahmen erforderlich)

Die Umsetzung des Konzeptes der gestaffelten Sicherheitsvorsorge im KKB wird für die Sicherheitsebenen 1 bis 4 jeweils für die vier Schutzziele konkret dargestellt. Dem Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge liegen folgende Leitgedanken zugrunde:

- Es werden fünf Sicherheitsebenen definiert. Von der Sicherheitsebene 1 «Normalbetrieb» bis zur Sicherheitsebene 5 «Auslegungsüberschreitender Störfall mit externen Notfallschutzmassnahmen» sind jeweils präventiv wirkende Massnahmen (Sicherheitsvorkehrungen) vorgesehen.
- Auf jeder Sicherheitsebene müssen ausreichend Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um zu verhindern, dass die nächsthöhere Sicherheitsebene erreicht wird. Sollten dennoch die Vorkehrungen auf einer Sicherheitsebene versagen, werden die auf der nächsthöheren Sicherheitsebene getroffenen Vorkehrungen wirksam.
- Ein wichtiger Sicherheitsgrundsatz ist die Störfallverhinderung. Dazu dienen die entsprechenden Vorkehrungen auf den Sicherheitsebenen 1 und 2. Tritt dennoch ein Störfall ein, werden die entsprechenden Vorkehrungen auf Sicherheitsebene 3 zur Störfallbeherrschung wirksam. Bei einem Versagen dieser Vorkehrungen dienen die Vorkehrungen auf den Sicherheitsebenen 4 und 5 dazu, die Konsequenzen des Versagens zu begrenzen und/oder zu lindern.

- Zur Einhaltung der Schutzziele sind auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4 Schutzzielefunktionen definiert.
- Bei der Umsetzung sind auf jeder Sicherheitsebene die Grundsätze des konservativen Vorgehens (bei der Auslegung und der Betriebsführung), der Qualitätssicherung und der Sicherheitskultur anzuwenden.

#### *Vorsorge auf der Sicherheitsebene 1 (Normalbetrieb)*

Die Massnahmen und Einrichtungen auf Sicherheitsebene 1 zielen darauf ab, Betriebsstörungen und Störfälle zu verhindern. Auf der Sicherheitsebene 1 wird die Einhaltung der Schutzziele durch folgende Einrichtungen und Massnahmen sichergestellt:

- Sicherstellung einer hohen Qualität der eingesetzten Ausrüstungen;
- Sicherstellen, dass die thermohydraulischen und reaktorphysikalischen Anlagenparameter in ihrem bestimmungsgemässen Bereich bleiben.

Die Sicherstellung einer hohen Qualität der eingesetzten Ausrüstungen wird durch folgende Massnahmen erreicht:

- Massnahmen, die bei Anlageänderung (oder Ersatz) relevant sind:
  - Klassierung und eine der Klassierung entsprechende Auslegung und Konstruktion der Ausrüstungen;
  - Auswahl der Materialien/Werkstoffe;
  - Herstellungsbegleitende Prüfungen;
  - Eignungsprüfungen.
- Betriebsbegleitende Massnahmen zur Absicherung/Erhaltung der Qualität während des Betriebs:
  - Inspektion, Wartung und wiederkehrende Prüfungen. Wiederholungsprüfprogramme sind in den Technischen Spezifikationen festgelegt;
  - Schutzsysteme (leittechnische Einrichtungen) verfügen weitestgehend über eine Selbstüberwachung. Dadurch werden Ausfälle und Fehler signalisiert;
  - Überwachung des RDB hinsichtlich Neutronenversprödung.

Von besonderer Bedeutung für die Störfallverhinderung ist die Gewährleistung der Integrität der druckführenden Umschliessung des Reaktorkühlsystems. Für die Hauptkühlmittelleitungen der druckführenden Umschliessung sowie für relevante Bereiche der Frischdampf- und Speisewasserleitungen sind die Bedingungen zum Bruchausschluss erfüllt, sodass ein grossflächiges Versagen dieser Leitungsbereiche ausgeschlossen werden kann.

Der Verbleib der reaktorphysikalischen und thermohydraulischen Anlagenparameter im bestimmungsgemässen Bereich wird durch die in den Regelsystemen implementierten Funktionen sichergestellt. Bei Abweichungen vom Sollwert sind die Regelsysteme in der Lage, die Parameter in das zulässige Regelungsband zurückzuführen. Durch die Wirksamkeit der Regeleinrichtungen kommt es auf der Sicherheitsebene 1 zu keiner Anforderung von Schutzmassnahmen der Sicherheitsebenen 2 und 3.

Das inhärent stabile Betriebsverhalten wird über die korrekte Kernausslegung sichergestellt. Das Selbstregelverhalten des Reaktors bewirkt, dass der Reaktor bei kleinen Störungen ohne den Eingriff von Regelsystemen in einen stabilen Gleichgewichtszustand übergeht. Moderator-Temperatur-Koeffizient und Brennstoff-Temperatur-Koeffizient gehören zu den Kern-Sicherheitsparametern, deren zulässige Grenzwerte vorgegeben sind. Die Einhaltung dieser Grenzwerte wird für jede Kernnachladung überprüft.

#### *Vorsorge auf der Sicherheitsebene 2 (Betriebsstörung)*

Die Massnahmen und Einrichtungen auf Sicherheitsebene 2 zielen darauf ab, betriebliche Störungen so zu erkennen und zu begrenzen, dass es zu keiner Anforderung von Sicherheitssystemen kommt.

Auf Sicherheitsebene 2 wird die Einhaltung der Schutzziele durch folgende Einrichtungen und Massnahmen sichergestellt:

- Begrenzungs- und Überwachungsfunktionen, die im Reaktorschutz- und Regelsystem implementiert sind;
- Alarmer/Störungsmeldungen, die im Hauptkommandoraum angezeigt werden (Gefahrmeldeanlage);
- Aggregatschutz;
- sonstige Überwachungseinrichtungen.

Die Begrenzungs- und Überwachungssysteme überwachen wichtige Zustandsgrößen des Reaktors, um noch vor Erreichen von Reaktorschnellabschaltkriterien oder von Kriterien zur Anregung von Sicherheitssystemen korrigierende Aktionen auszulösen. Die entsprechenden Grenzwerte von Regelung, Begrenzung/Überwachung sowie Reaktorschnellabschaltung sind aufeinander abgestimmt und gestaffelt. Darüber hinaus gibt es nichtkategorisierte Überwachungsfunktionen, welche Parameter (Zustandsgrößen) von Primär- und Sekundärsystemen überwachen.

Alarmer/Störungsmeldungen sowie wichtige Prozessgrößen werden im Hauptkommandoraum sowie im Anlageninformationssystem (ANIS) angezeigt. Diese Parameter geben Aufschluss über den Zustand des Kernkraftwerks. Für alle Prozessgrößen, die ins Reaktorschutz- und Regelsystem sowie ins Notstandsschutzsystem eingehen sowie für weitere Prozessgrößen gibt es ANIS- und Gefahrenmeldeanlage-Alarmer, falls Abweichungen vom Normalbetriebswert festgestellt werden.

Der Aggregatschutz dient zur sicheren Abschaltung von Ausrüstungen (Pumpen, Motoren, Ventilen), wenn Abweichungen von zulässigen Betriebszuständen dieser Ausrüstungen erkannt werden. Zu diesem Zweck werden entsprechende Parameter (Temperatur, Stromaufnahme) erfasst. Der Aggregatschutz hat eine schutzzielübergreifende Bedeutung.

Zu den sonstigen Überwachungseinrichtungen zählen insbesondere die Einrichtungen der Aktivitätsüberwachung.

#### *Vorsorge auf Sicherheitsebene 3 (Auslegungsstörfälle)*

Auf der Sicherheitsebene 3 gibt es passive und aktive Sicherheitseinrichtungen, die jeweils zur Einhaltung der Schutzziele beitragen.

Passive Einrichtungen sind:

- Barrieren (Kristallgitter des Brennstoffs, Brennstabhüllrohre, druckführende Umschliessung des Reaktorkühlmittels, Containment), die einen Einschluss von radioaktiven Stoffen sicherstellen;
- inhärent sicheres Betriebsverhalten des Reaktors (Selbstregelverhalten).

Die aktiven Sicherheitseinrichtungen können folgendermassen unterteilt werden:

- Das Reaktorschutz- und das Notstandsschutzsystem, durch die eine Auslösung der Reaktorschnellabschaltung und der aktiven Sicherheits- und Notstandssysteme erfolgt.
- Die Sicherheits- und Notstandssysteme wie das Sicherheitseinspeisesystem, die Not- und Notstand-Speisewassersysteme und die Notstromversorgung.

#### *Vorsorge auf Sicherheitsebene 4 (auslegungsüberschreitende Störfälle)*

Auf der Sicherheitsebene 4a ist die Einhaltung der Schutzziele Kontrolle der Reaktivität, Kühlung der Brennelemente und Einschluss radioaktiver Stoffe durch die Systemfunktionen der Sicherheitsebene 3 sowie durch weitere, zusätzliche Systemfunktionen und Vorkehrungen (insbesondere Accident-Management-Massnahmen) gewährleistet. Diese umfassen die Reaktorabschaltung mittels Notborierung, die Borwasserbespeisung des Containments und des Reaktorkühlsystems, die Notkühlung des Primären Zwischenkühlsystems, die Löschwasserbespeisung eines Tanks des Notspeisewassersystems und der Dampferzeuger über das Notspeisewassersystem sowie die Notkühlung des Brennstoffs in den Brennelement-Lagerbecken. Weiter stehen schutzzielübergreifende Massnahmen zur elektrischen Notbespeisung zur Verfügung.

Für die Schutzziele Kontrolle der Reaktivität, Kühlung der Brennelemente und Einschluss radioaktiver Stoffe sind auf Sicherheitsebene 4b weitere passive und aktive Accident-Management-Massnahmen vorhanden, von denen viele in den letzten fünf Jahren neu entwickelt und in Kraft gesetzt wurden.

#### *Unabhängigkeit der Vorsorgemassnahmen auf den einzelnen Sicherheitsebenen*

Gemäss Originalauslegung des KKB haben bestimmte betriebliche Systeme (Sicherheitsebenen 1 und 2) auch für die Beherrschung von Auslegungsstörfällen (Sicherheitsebene 3) eine Bedeutung. Die Betriebsbereitschaft dieser Systeme ist daher in den Technischen Spezifikationen gefordert. Mit Hilfe von gezielten Nachrüstungen wurde erreicht, dass für solche betrieblichen Systeme und Ausrüstungen stets eine entsprechende Alternative vorhanden ist, die ausschliesslich für die Störfallbeherrschung (d. h. Sicherheitsebene 3) verwendet wird.

Die dafür relevanten Nachrüstungen waren:

- Nachrüstung der Notstandsysteme beider Blöcke inklusive Notstandbrunnen als letzte Wärmesenke sowie Querverbindungen zwischen den Blöcken. Von besonderer Bedeutung sind die 6-kV-Querverbindung sowie die Querverbindung zwischen den Notstand-Brunnenwassersystemen (Projekt NANO);
- Nachrüstung eines Notspeisewassersystems inklusive der Nachspeisung aus dem Notstandbrunnen (Projekte ERGES und AUTANOVE);
- Ersatz des Reaktorschutzsystems und der Regel- und Begrenzungssysteme durch ein digitales Leittechniksystem (Projekt PRESSURE);
- Umbau der Notstromversorgung (Projekt AUTANOVE);
- Nachrüstung eines Notsperrowassersystems (Projekt AUTANOVE).

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinie ENSI-G02<sup>G02</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Aus Sicht des ENSI sind mit den im KKB in der Vergangenheit insbesondere auf den Sicherheitsebenen 3 und 4 durchgeführten Nachrüstungen und der Einführung zahlreicher Accident-Management-Massnahmen das in Kap. 4.3 der Richtlinie ENSI-G02 geforderte Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge und damit auch die in Art. 7 der KEV geforderte Umsetzung der Grundsätze der nuklearen Sicherheit konsequent weiter verbessert worden. Insbesondere sind alle wesentlichen Massnahmen und Einrichtungen derart ausgelegt, dass solche der Sicherheitsebene 3 ausreichend unabhängig von den Massnahmen oder Einrichtungen der Sicherheitsebenen 1 oder 2 sind.

Hinsichtlich der Aussage des KKB, dass für die Hauptkühlmittelleitungen der druckführenden Umschliessung sowie für relevante Bereiche der Frischdampf- und Speisewasserleitungen die Bedingungen zum Bruchausschluss erfüllt seien, ist anzumerken, dass zwar Leck-vor-Bruch-Nachweise geführt worden sind, nicht aber der Bruchausschluss gemäss KTA 3206. Ein solcher Bruchausschluss-Nachweis ist aber auch nicht gefordert. Die Bewertung der Leck-vor-Bruch-Nachweise des KKB erfolgt in Kap. 10.1.4.3 der vorliegenden Stellungnahme.

#### **2.2.5 Erfüllung der Vorgaben des schweizerischen Regelwerks**

##### **Angaben des KKB**

Die in den Artikeln 7, 8 und 10 der Kernenergieverordnung aufgeführten Grundsätze der nuklearen Sicherheit (allgemeine Schutzmassnahmen zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit, Anforderungen zum Schutz gegen Störfälle sowie Auslegungsgrundsätze) sind im KKB umgesetzt. Das Sicherheitskonzept des KKB entspricht den gesetzlichen Anforderungen der Schweiz sowie den international anerkannten Normen der IAEA.

## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und ENSI-G02<sup>G02</sup>

### Beurteilung des ENSI

Wie bereits in Kap. 2.2.3 dargelegt, erfüllt das Auslegungskonzept des KKB die dafür massgeblichen Anforderungen des schweizerischen Regelwerks weitgehend. Der zweite Teil der Richtlinie ENSI-G02 (Kapitel 7 «Spezifische Auslegungsanforderungen») wurde erst nach dem Überprüfungszeitraum im 2019 in Kraft gesetzt. Eine Überprüfung der Erfüllung der darin enthaltenen Anforderungen ist daher in der PSÜ 2017 nicht erfolgt. In der vorliegenden Stellungnahme hat das ENSI bereits einzelne potenzielle Abweichungen von diesen Anforderungen identifiziert (vgl. Kap. 4.4.19, Forderung 4.4.19-2 sowie Kap. 4.5.3.1, Forderung 4.5.3-1).

Da die genannte Richtlinie den Stand der Nachrüstungstechnik präzisiert (vgl. Kap. 2.2.6), ist es erforderlich, eine systematische Überprüfung durchzuführen, die aus Sicht des ENSI zeitlich gestaffelt erfolgen kann. Die Anforderungen an aktive, kurzfristig notwendige Systeme zur Störfallbeherrschung sind prioritär zu bewerten.

#### Forderung 2.2.5-1

*Das KKB hat eine systematische Überprüfung der Auslegung der Anlage durchzuführen, inwieweit die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02, Kap. 7 erfüllt werden. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren und dem ENSI wie folgt gestaffelt einzureichen:*

- Überprüfung hinsichtlich der Anforderungen aus Kap. 7.1 bis Kap. 7.7, Kap.7.10, Kap.7.12 und 7.15 bis zum 15. Dezember 2022*
- Überprüfung hinsichtlich der Anforderungen aus Kap. 7.8, 7.9, 7.11, 7.13 und 7.14 bis zum 15. Dezember 2023.*

Die aus Sicht des ENSI bestehenden weiteren punktuellen Abweichungen vom schweizerischen Regelwerk werden in den folgenden Kapiteln dieser Stellungnahme bewertet und, wo erforderlich, entsprechende Forderungen gestellt.

## 2.2.6 Stand der Nachrüstungstechnik

### Angaben des KKB<sup>TM-16103</sup>

Die beiden Blöcke des KKB wurden seit ihrer Errichtung permanent und umfangreich nachgerüstet. Davon zeugen nicht zuletzt die im Überprüfungszeitraum dieser PSÜ 2017 realisierten drei Grossprojekte: Umbau der Notstromversorgung (Projekt AUTANOVE), Ersatz der Reaktordeckel (Projekt HERA) und Ersatz des Anlageninformationssystems (Projekt NEXIS). Insgesamt wurde ein deutlicher Sicherheitsgewinn erzielt, sodass die beiden Blöcke heute ein mit modernen Anlagen vergleichbares Sicherheitsniveau aufweisen. Das KKB berücksichtigt den Stand der Nachrüstungstechnik und den Stand von Wissenschaft und Technik.

Durch das heutige Anlagendesign einschliesslich des bestehenden Sicherheitskonzepts werden grundsätzlich alle gesetzlichen Anforderungen an ein Kernkraftwerk, insbesondere die Grundsätze der nuklearen Sicherheit gemäss Artikel 7 (Anforderungen an die nukleare Sicherheit), Artikel 8 (Anforderungen an den Schutz gegen Störfälle) und Artikel 10 (Grundsätze für die Auslegung von Kernkraftwerken) der KEV, erfüllt.

Es wurden drei Punkte identifiziert, bei denen noch Anpassungen an die gesetzlichen Anforderungen erfolgen:

- Schutz der Brennelement-Beckenkühlung gegen Einwirkungen von aussen. Die erforderlichen Ertüchtigungen sind geplant (Projekt NABELA);
- Schutz des PRW-Systems vor möglichen Druckstössen und Sicherstellung der Containment-Integrität. Die erforderlichen Ertüchtigungen sind geplant (Block 1) bzw. werden im Jahr 2018 abgeschlossen (Block 2);

- Erneuerung der seismischen Nachweise aufgrund der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 (Projekt NEUSI). Eventuell erforderliche Ertüchtigungen/Nachrüstungen müssen auf Basis der neuen Nachweise zunächst identifiziert werden.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und ENSI-G02<sup>G02</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Bestimmung des aktuellen Standes der Nachrüstungstechnik*

Die Richtlinie ENSI-G02 hat zum Ziel, den Stand der Nachrüstungstechnik durch die Formulierung von Auslegungsgrundsätzen für bestehende Kernkraftwerke zu bestimmen und damit die im Art. 10 KEV festgelegten Auslegungsanforderungen zu präzisieren. Das KKB hat die Erfüllung der Anforderungen des Teils 1 der Richtlinie ENSI-G02 überprüft<sup>TM-16103</sup>. Teil 2 dieser Richtlinie wurde jedoch erst nach dem Überprüfungszeitraum der PSÜ 2017 in Kraft gesetzt, weshalb eine systematische Überprüfung der Erfüllung der entsprechenden Anforderungen durch das KKB noch fehlt (vgl. Forderung 2.2.5-1).

#### *Anpassung an den Stand der Nachrüstungstechnik*

Wie vom KKB korrekt dargestellt, wurden kontinuierlich seit Betriebsbeginn bis in die jüngste Zeit eine Reihe von teils sehr umfangreichen Anpassungen an den Stand der Nachrüstungstechnik durchgeführt. Diese umfassen neben den genannten neueren Grossprojekten insbesondere die Nachrüstung der Notstandssysteme und Notfallausrüstungen, sowie die Erneuerung von (oftmals betrieblichen) Systemen mit modernen Leittechniksystemen. Weiter wurden Komponenten mit besserer Korrosionsbeständigkeit eingesetzt und teilweise eine bessere Ersatzteilverfügbarkeit sowie erweiterte Überwachungsmöglichkeiten erreicht.

Von den Bereichen, bei denen das KKB Handlungsbedarf hinsichtlich der gesetzlichen Anforderungen identifiziert hat, sind die Massnahmen zur Verbesserung des Schutzes der Brennelement-Beckenkühlung gegen Einwirkungen von aussen der Anpassung an den Stand der Nachrüstungstechnik zuzuordnen. Sie sind zum Teil umgesetzt (vgl. Kap. 2.4). Das Nachrüstungskonzept als Ganzes wird in Kap. 10.2 der vorliegenden Stellungnahme behandelt.

Über die vom KKB identifizierte Massnahme zur Anpassung an den Stand der Nachrüstungstechnik hinaus sieht das ENSI Verbesserungsbedarf beim Frischdampfabblassesystem (LDA) hinsichtlich des Schutzes gegen interne und externe Einwirkungen.

Gemäss den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02, Kap. 5.2.2.3 und 5.2.2.4 sind die Auslegungsgrundsätze räumliche Trennung und funktionale Unabhängigkeit bei einer Sicherheitsfunktion soweit möglich und angemessen umzusetzen. Aufgrund der Erkenntnisse aus den deterministischen Sicherheitsanalysen ist ein Verlust der Frischdampfabblasseregelung bei SSE (ENSI-2015) und auch bei internem Brand in der Frischdampfabblassestation nicht auszuschliessen. Eine Schwachstelle des Frischdampfabblassesystems stellt die für die Funktion beider Frischdampfabblassereventile erforderliche Ölversorgung dar, deren Funktionalität in der Störfallkategorie 3 aufgrund der erhöhten Erdbebenanforderungen ENSI-2015 nicht mehr sichergestellt ist. Die Ergebnisse der internen Brandanalysen zeigen darüber hinaus, dass es zu einem Ausfall des Ölversorgungssystems bzw. der Frischdampfabblasseregelung kommen kann, wenn von einem Brand zentrale Komponenten betroffen sind und es entweder durch die Brandfolgen oder einen Einzelfehler zu einer Nichtverfügbarkeit an den redundanten SSK kommt.

Der Ausfall der Frischdampfabblasseregelung ist bisher nur durch Vor-Ort-Massnahmen zu kompensieren, indem eines der Frischdampf-Abblaseventile per Hand (mittels Handkurbel) geöffnet werden muss. Aus Sicht des ENSI entspricht diese Art der Störfallbeherrschung bei neueren Anlagen nicht mehr dem Stand der Technik.

### Forderung 2.2.6-1

- a) Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2022 darzulegen, inwieweit die Frischdampfabblassestation (FDA) die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02 insbesondere hinsichtlich SSK für SE3-Funktionen erfüllt.
- b) Das KKB hat bis zum 15. Juni 2023 den internationalen Stand der Nachrüstungstechnik hinsichtlich des Brandschutzes und seismischer Robustheit der FDA aufzuzeigen. Hierbei ist im Speziellen auf die Thematik diversitärer Abblaseventile, auf das Ölversorgungssystem und die zur Trennung von SSK für SE2- und SE3-Funktionen einzugehen. Ferner sind weitere Optionen zu untersuchen, wie die FDA an den internationalen Stand der Technik herangeführt werden kann.
- c) Die zeitliche und technische Umsetzbarkeit der in Teilforderung b) identifizierten Nachrüstungsmassnahmen zur Verbesserung der FDA ist zu prüfen und dem ENSI bis zum 15. März 2024 darzulegen.

## 2.3 Stand der Forderungen

### 2.3.1 Stand der Forderungen zur PSÜ 2012

Das ENSI hatte in seiner Stellungnahme zur PSÜ 2012<sup>ENSI/14/2244</sup> insgesamt 31 Forderungen gestellt. Diese Forderungen betreffen zusammengefasst die Bereiche Betriebsüberwachung, Betriebsvorschriften, Störfallanalysen und Anlagenauslegung. Die Erfüllung von einem Teil der Forderungen wurden vom KKB mit begründeten Einzelanträgen mit der Einreichung von weiteren Nachweisen in die vorliegende Dokumentation der PSÜ 2017 verschoben.

Einige der Forderungen aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 beziehen sich auf das ZWIBEZ, das aufgrund einer Anforderung der Richtlinie ENSI-G04 (Stand September 2010) in die PSÜ 2012 des KKB aufgenommen worden war. Mit Rev. 2 der Richtlinie ENSI-G04 (Stand Juni 2015) ist diese Anforderung entfallen und auch später in keine andere ENSI-Richtlinie aufgenommen worden. Damit entfällt in der vorliegenden Stellungnahme die Beurteilung des ZWIBEZ. Die Forderungen aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 zum ZWIBEZ sind der Vollständigkeit halber dennoch hier jeweils kurz erwähnt.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Forderungen eingegangen.

*Forderung 1.1-1: Bis zum 30. Juni 2018 ist der Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03 zu aktualisieren und zu bewerten.*

Das KKB reichte den aktualisierten Sicherheitsnachweis des Langzeitbetriebs im Zusammenhang mit der PSÜ 2017 ein. Bei der Grobprüfung identifizierte das ENSI jedoch teilweise erhebliche Lücken in der PSÜ-Dokumentation<sup>ENSI/14/2674</sup>. Wegen des im Dezember 2019 beginnenden sechsten Betriebsjahrzehnts des KKB sah das ENSI es als erforderlich an, eine belastbare Terminplanung für die Schliessung dieser Lücken vorzusehen<sup>ENSI-2018-12-12</sup>. Der vom KKB beantragten gestaffelten Einreichung bis Ende 2019 stimmte das ENSI zu<sup>ENSI-2019-02-08</sup>. Dabei wies das ENSI darauf hin, dass es aufgrund des erheblichen Umfangs der noch ausstehenden Unterlagen die Nachlieferung formal als Neueinreichung der PSÜ mit Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb zum Zeitpunkt Ende 2019 betrachtet.

Anfang 2020 bestätigte das ENSI, dass mit den bis Ende 2019 eingereichten überarbeiteten Systemberichten die zentralen Komponenten für den Nachweis der Beherrschung von Störfällen abgedeckt sind. Einen Ende 2019 vom KKB eingereichten Terminplan für das Einreichen der letzten noch ausstehenden Dokumente akzeptierte das ENSI, wies aber darauf hin, dass erst mit den weiteren vom KKB angekündigten Dokumenten und den vom ENSI verabredungsgemäss nach und nach im Rahmen der Detailprüfung nachzufordernden und vom KKB nachzuliefernden referenzierten Unterlagen, sich eine vollständige Grundlage für die ENSI-Stellungnahme ergibt. Diese Unterlagen wurden bis zum 30. September 2020 eingereicht. Damit ist die Forderung 1.1-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 nunmehr erfüllt.



***Forderung 2.1-1:*** KKB hat bis zum 15. Dezember 2017 für den Hang westlich der Beznau mit Hangneigungen bis 30° eine aktuelle Hanganalyse einzureichen, die auch die Möglichkeit eines Rückstaus bzw. einer Umleitung der Aare und damit einer potentiellen Überflutung des Kraftwerkgeländes berücksichtigt.

Nach fristgerechtem Einreichen der geforderten Analyse fand zwischen den Verfassern des Berichts, dem ENSI und seinen Experten am 15. März 2019 eine Fachsitzung statt<sup>ENSI/14/2731</sup>. An dieser Fachsitzung wurde vereinbart, dass genannter Bericht bzgl. diverser Aspekte überarbeitet wird. Am 15. Oktober 2020 wurde ein revidierter Bericht eingereicht und erneut seitens der ENSI-Experten geprüft. Mit Brief vom 10. Dezember 2020<sup>BH-2020-12-10</sup> kommen die Experten des ENSI zum Schluss, dass mithilfe des revidierten Berichts vom Hang am linken Flussufer nördlich des Wehres des Wasserkraftwerkes keine relevante Gefahr für das KKB ausgeht. Das Geschäft ist geschlossen.

***Forderung 4.3-1:*** Für den Überprüfungszeitraum und darüber hinaus sind die wesentlichen Erkenntnisse aus der Betriebserfahrung und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich der Alterung mechanischer Komponenten gesamthaft und thematisch zu diskutieren. Insbesondere werkstoffkundliche Themen, wie z. B. mikrobiologische Korrosion in Systemen mit Aare- und Brunnenwasser, Spannungsrisskorrosion an austenitischen Rohrleitungen und Armaturen sowie Wechselwirkung von mehreren gleichzeitig wirkenden Alterungsmechanismen sind dabei von Interesse. Die abgeleiteten ergänzenden Massnahmen sind zusammenfassend darzustellen und deren Wirksamkeit zu bewerten. Das Ergebnis der Untersuchungen ist dem ENSI in einem Bericht bis zum 30. Juni 2018 einzureichen.

Das KKB reichte den geforderten Bericht im Zusammenhang mit der PSÜ 2017 ein. Das ENSI stellte im Rahmen der Grobprüfung der PSÜ 2017 fest, dass die eingereichten Unterlagen für die Erfüllung der Forderung 4.3-1 aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 nicht ausreichend sind. Mit Nachforderung 5.2-1 aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 forderte es zusätzliche Angaben. Es schloss die Forderung 4.3-1 aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012.

Für die Erfüllung der Nachforderung 5.2-1 aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 reichte das KKB im Juni 2019 zusätzliche Unterlagen ein. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 5.2). Die Nachforderung 5.2-1 aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 ist erfüllt.

***Forderung 4.3-2:*** Das KKB hat bis zum 31. Dezember 2017 gesamthaft zu überprüfen und nachzuweisen, ob die materialtechnischen und Auslegungsanforderungen für die im Rahmen von Nachrüstmassnahmen aufklassierten Komponenten und Systemen erfüllt sind. Das Ergebnis ist in einem zusammenfassenden Bericht zu dokumentieren. Dabei hat das KKB auch darzustellen, ob ergänzende Massnahmen notwendig sind.

Das KKB reichte den geforderten Bericht im Zusammenhang mit der PSÜ 2017 ein. Das ENSI stellte im Rahmen der Grobprüfung der PSÜ 2017 fest, dass die eingereichten Unterlagen für die Erfüllung der Forderung 4.3-2 aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 nicht ausreichend sind. Mit Nachforderung 4.3-2 b aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 forderte es Ergänzungen.

Für die Erfüllung der Nachforderung 4.3-2 b aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 reichte das KKB nach und nach bis zum 30. September 2020 überarbeitete Systemberichte ein. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 4.4). Die Forderung 4.3-2 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 und die Nachforderung 4.3-2 b aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 sind damit erfüllt.

***Forderung 4.7-1:*** Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2017 ein umfassendes und systematisches Konzept für die Sicherstellung der Transport- und Lagerfähigkeit für die Transport- und Lagerbehälter vorzulegen, die für die Zwischenlagerung verwendet werden. Dabei ist die Weiterentwicklung der Transportvorschriften, die Weiterentwicklung des Standes der Technik sowie die gleichzeitige Alterung von Behälterkomponenten und eingelagertem Kernmaterial zu berücksichtigen. Überwachungsmassnahmen im jeweiligen Zwischenlager sind in geeigneter Weise einzubeziehen und in ein Alterungsmanagementprogramm (AMP) zu überführen. Das AMP ist erstmalig nach fünf Jahren zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen sowie dem ENSI vorzulegen.

Das KKB reichte das Konzept fristgerecht ein. Das ENSI schloss die Forderung im Dezember 2018.

Forderung 5.2-1: Für die Sicherheitsbeurteilung der Bauwerke der BK I und BK II sind die aktuellen Tragwerksnormen des SIA massgebend. Das KKB hat nachzuweisen, dass die Tragsicherheit der Bauwerke auch bei Anwendung der aktuellen Normen und der Berücksichtigung aktualisierter Einwirkungen erfüllt wird. Dabei fordert das ENSI nicht zwingend die Durchführung von neuen statischen und dynamischen Berechnungen. Der Nachweis kann auch qualitativ erfolgen, das heisst ohne neue Berechnungen unter Verwendung bisheriger Berechnungsergebnisse mit zugehörigen Beurteilungen und Bewertungen. Der Nachweis ist dem ENSI bis zum 15. Dezember 2017 einzureichen.

Die geforderten Nachweise wurden vom KKB im Zusammenhang mit der PSÜ 2017 eingereicht. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 4.2). Die Forderung 5.2-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

Forderung 5.4-1: Die Angaben zum Splitterschutz in Tabelle 5.4.1 des Sicherheitsberichts sind bezüglich der Durchdringungen C07, D01, D02, E05, J01, J02, J03, J07, J08, J10, L01 und L02 zu überprüfen und ggf. richtig zu stellen. Falls kein expliziter Splitterschutz für diese Durchdringungen besteht, ist dies vom KKB zu begründen.

Das KKB hat im Zusammenhang mit dem Konzept zum Umfang der Dichtheitsnachweise von Rohrleitungsdurchdringungen am Sicherheitsgebäude den Schutz vor hochenergetischen Leitungen für die betroffenen Durchdringungen des Sicherheitsgebäudes untersucht. Nach der Freigabe dieses Konzeptes durch das ENSI im 2015 wurden die Angaben in den Tabellen 5.4.1 der Sicherheitsberichte entsprechend korrigiert. Die erneute Überprüfung des Schutzes vor hochenergetischen Leitungen durch das KKB erfolgte aufgrund einer Forderung des ENSI aus der Grobprüfung der zur PSÜ 2017 eingereichten Unterlagen. Die Forderung 5.4-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

Forderung 5.8-1: Ein Löschwasserkonzept für die Gesamtanlage inklusive der Planung eventueller daraus resultierender notwendiger Anpassungen ist zu erstellen und dem ENSI bis zum 30. Juni 2017 einzureichen.

Das KKB reichte das geforderte Konzept fristgerecht ein. Das ENSI hat die Forderung im Jahr 2019 geschlossen.

Forderung 5.14-1: Die Notstromversorgung des ZWIBEZ ist bis zum 15. Dezember 2017 hinsichtlich der Klassierung zu überprüfen.

Das KKB reichte die Unterlagen zur Überprüfung der Klassierung fristgerecht ein. Das ENSI schloss die Forderung im Jahr 2018.

Forderung 5.14-2:

- a) Die Messsysteme des ZWIBEZ zur Fortluftüberwachung und zur Überwachung der Ortsdosisleistung sind bis zum 15. Dezember 2017 entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G01 zu klassieren.
- b) Die elektrischen Ausrüstungen des technischen Brandschutzes des ZWIBEZ sind bis zum 15. Dezember 2017 entsprechend den Anforderungen der Richtlinien ENSI-G01 als 0E zu klassieren.

Das KKB reichte die Unterlagen zur ordnungsgemässen Klassierung der Messsysteme (a) und zur geforderten 0E-Klassierung der elektrischen Ausrüstungen (b) fristgerecht ein. Das ENSI schloss die Forderung im Jahr 2018.

Forderung 6.1-1: Das KKB hat unter Berücksichtigung der detaillierten Kommentare der entsprechenden Bewertungen des ENSI die Störfallanalysen Fehlöffnen eines Druckhaltersicherheitsventils, Dampferzeugerheizrohrbruch, mehrfache Dampferzeugerheizrohrbrüche, Frischdampf-, Speisewasser- und Hilfsspeisewasserleitungsbruch sowie den Total Station Blackout bis zum 30. Juni 2017 mit einem geeigneten Berechnungsprogramm neu zu erstellen.

Das KKB reichte die geforderten Störfallanalysen im Zusammenhang mit der PSÜ 2017 ein. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 6.2.1). Die Forderung 6.1-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

Forderung 6.2-1:

- a) *Das KKB hat bis zum 30. Juli 2017 ein Spektrum kleiner Lecks ausgehend von mindestens 3 cm<sup>2</sup> bis zum Erreichen eines sicheren, stabilen Anlagenzustandes zu untersuchen. Die Umschaltung auf die Sumpf-Rezirkulation wie auch die Störfallvorschriften sind in den Analysen zu berücksichtigen.*
- b) *Das abdeckende Störfallspektrum ist bis zum 30. Juni 2018 um den kleinen Kühlmittelverluststörfall zu ergänzen.*

Das KKB reichte die geforderten Unterlagen im Zusammenhang mit der PSÜ 2017 ein. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 6.1.4). Die Forderung 6.2-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

Forderung 6.2-2: *Das KKB hat bis zum 30. Juni 2018 die Szenarien «Steckenbleiben eines Brennelementes im Transferrohr» und «Kühlmittelverlust aus dem Transferrohr während eines Brennelementtransfers» zu untersuchen.*

Das KKB reichte die geforderten Unterlagen im Zusammenhang mit der PSÜ 2017 ein. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 6.1.4). Die Forderung 6.2-2 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

Forderung 6.2-3: *Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2017 zusätzliche Massnahmen zur Verringerung der Eintrittshäufigkeit eines Brennelementhandhabungsstörfalls zu identifizieren und zu bewerten. Dabei ist der Stand der Nachrüsttechnik zu berücksichtigen.*

Das ENSI stellte im Rahmen der Grobprüfung der PSÜ 2017 fest, dass die eingereichten Unterlagen die Forderung 6.2-3 aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 nicht erfüllen. Mit Nachforderung 6.2-1 aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 präziserte das ENSI die Forderung.

Als Massnahme zur Minimierung der Eintrittshäufigkeit eines Brennelementhandhabungsstörfalls im Brennelementlager plant das KKB, die Krankkatzen mit Seilwinde des BE-Lagerkrans in beiden Blöcken gegen eine Technik mit zwei Hubseilen auszutauschen. Eine Bewertung dieser Massnahme erfolgt in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 (vgl. Kap. 6.2.7).

Forderung 6.2-4:

- a) *Ein deterministisches Störfallspektrum anlageninterner Überflutungen bis zu einer Eintrittshäufigkeit von 10<sup>-6</sup> pro Jahr kompatibel zu den in der PSA ausgewiesenen Eintrittshäufigkeiten interner Überflutungen ist bis zum 30. Juni 2018 zu bestimmen. Für diese Störfälle ist der wirksamste Einzelfehler gemäss Richtlinie ENSI-A01 zu berücksichtigen. Falls keine detaillierten Berechnungen zur internen Überflutung geführt werden, sind die in den betroffenen Anlagenräumen vorhandenen Komponenten in der Analyse als ausgefallen anzunehmen.*
- b) *Ein deterministisches Störfallspektrum anlageninterner Brände bis zu einer Eintrittshäufigkeit von 10<sup>-6</sup> pro Jahr kompatibel zu den in der PSA ausgewiesenen Eintrittshäufigkeiten interner Brände ist bis zum 30. Juni 2018 zu bestimmen. Für diese Störfälle ist der wirksamste Einzelfehler gemäss Richtlinie ENSI-A01 zu berücksichtigen. Weiterhin sind die möglichen Brandlasten und Zündquellen sowie der mögliche Brandverlauf auszuweisen. Falls keine detaillierte Brandausbreitungsrechnung geführt wird, sind die im Brandabschnitt vorhandenen Komponenten und Kabel in der Analyse als ausgefallen anzunehmen.*

Das KKB reichte die geforderten Unterlagen im Zusammenhang mit der PSÜ 2017 ein. Das ENSI stellte im Rahmen der Grobprüfung der PSÜ 2017 fest, dass die eingereichten Unterlagen die Forderung 6.2-4 aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 nur teilweise erfüllen. Mit Nachforderung 6.2-2 aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 forderte das ENSI Analysen anlageninterner Brände für das Notstandgebäude und das Elektrogengebäude nach.

Für die Erfüllung der Nachforderung 6.2-2 aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 reichte das KKB zusätzliche Unterlagen ein. Die nunmehr vorliegenden Analysen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 6.2.8). Die Forderung 6.2-4 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 und die Nachforderung 6.2-2 aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 sind erfüllt.

Forderung 6.3-1: *Der Auslegungs-Kühlmittelverluststörfall ist bis zum 15. Dezember 2017 hinsichtlich einer potentiellen Freisetzung vor Lüftungsisolation radiologisch zu analysieren und in einem Bericht zu dokumentieren. Alternativ ist der ausreichende Ausschluss von offenen Containment-Lüftungsklappen zu Beginn des Störfalls in der Technischen Spezifikation festzulegen.*

Das KKB reichte die geforderten Unterlagen fristgerecht ein. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 6.3.5.1). Die Forderung 6.3-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

Forderung 6.4-1:

- a) *Die Auswirkungen der auslösenden Ereignisse extreme Wetterbedingungen, Explosionen und interne Überflutungen auf das ZWIBEZ sind bis zum 15. Dezember 2018 zu bewerten.*
- b) *Die Auswirkungen der auslösenden Ereignisse extreme Wetterbedingungen, Explosionen und interne Überflutungen auf das Rückstandslager sind bis zum 15. Dezember 2017 zu bewerten.*

Die Teilforderung 6.4-1 a) bezieht sich auf das ZWIBEZ, das aufgrund der Rev. 2 der Richtlinie ENSI-G04 (Stand Juni 2015) nicht mehr Teil der PSÜ des KKB ist. Damit entfällt in der vorliegenden Stellungnahme die Beurteilung des ZWIBEZ. Das KKB hat die geforderten Bewertungen durchgeführt und die Ergebnisse fristgerecht dem ENSI eingereicht. Eine Beurteilung erfolgt im Aufsichtsverfahren.

Die Teilforderung 6.4-1 b) bezieht sich auf das Rückstandslager des KKB. Das KKB hat die geforderten Bewertungen fristgerecht eingereicht. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 6.4.3). Die Teilforderung 6.4-1 b) aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

Forderung 6.4-2: *Der deterministische Erdbebennachweis für das ZWIBEZ ist für die Erdbebengefährdung ENSI-2015 bis zum 30. September 2020 zu führen.*

Die Forderung 6.4-2 bezieht sich auf das ZWIBEZ, das aufgrund der Rev. 2 der Richtlinie ENSI-G04 (Stand Juni 2015) nicht mehr Teil der PSÜ des KKB ist. Damit entfällt in der vorliegenden Stellungnahme die Beurteilung dieser Forderung. Eine Beurteilung erfolgt im Aufsichtsverfahren.

Forderung 6.4-3: *Der Sicherheitsbericht des ZWIBEZ ist bis zum 15. Dezember 2018 für den Flugzeugabsturz auf das HAA-Lager um die Betrachtung der Folgedosen gemäss Richtlinie ENSI-G14 für die kritischen Bevölkerungsgruppen gemäss Kapitel 4.2 e) der Richtlinie zu ergänzen.*

Das KKB reichte den ergänzten Sicherheitsbericht des ZWIBEZ für den Flugzeugabsturz auf das HAA-Lager termingerecht ein. Das ENSI schloss daraufhin die Forderung.

Forderung 6.4-4:

- a) *Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2017 für den Absturz von Gebinden im Rückstandslager eine eigenständige deterministische Störfallanalyse durchzuführen.*
- b) *Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2017 die Eintrittshäufigkeiten für interne Brände im Rückstandslager neu zu bestimmen und einer entsprechenden Störfallkategorie zuzuordnen. Falls der Flugzeugabsturz nicht mehr abdeckend ist, ist eine eigenständige deterministische Störfallanalyse mit Bestimmung des Schadensbildes für die Brandszenarien durchzuführen.*

Das KKB reichte die geforderten Unterlagen zu Teilforderung 6.4-4 a) fristgerecht und zu Teilforderung 6.4-4 b) nach Fristerstreckung ein. Diese Unterlagen werden in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 6.4.3). Die Forderung 6.4-4 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

Forderung 6.4-5: *Die Analyse zum Flugzeugabsturz auf das Rückstandslager ist bis zum 15. Dezember 2017 so zu führen, dass die radiologischen Konsequenzen ausreichend konservativ und abdeckend ermittelt werden. In diesem Zusammenhang sind Auswirkungen des Brandes auch auf die mechanisch nicht belasteten Gebinde zu berücksichtigen. Etwaige Wechselwirkungen der Gebinde untereinander und der spezifische*

*Energieeintrag in die Gebinde sind zu bewerten, und die Übertragbarkeit von Freisetzungsteilen aus der Transportstudie Konrad ist zu diskutieren.*

Das KKB reichte die geforderte Analyse fristgerecht ein. Sie wird in der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 bewertet (vgl. Kap. 6.4.3.4). Die Forderung 6.4-5 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

*Forderung 7.3-1: Bis zum 28. Juni 2019 sind die in der Aktionsliste zur BERA2013 aufgeführten Verbesserungspunkte zur Stufe-1-PSA für die Bewertung des Volllastbetriebs umzusetzen und das PSA-Modell inklusive zugehöriger Dokumentation dem ENSI einzureichen. Ferner ist zu jedem in der Aktionsliste festgehaltenen Verbesserungspunkt darzulegen, wie dieser im neuen Modell beziehungsweise in der neuen Dokumentation umgesetzt wurde.*

Das KKB reichte die Dokumentation zur Umsetzung der Verbesserungspunkte zur Stufe-1-PSA für die Bewertung des Leistungsbetriebes ein. Es wurden alle Aktionspunkte behandelt. Die Überprüfung der Umsetzung der Punkte erfolgt im Rahmen der vorliegenden Stellungnahme zur PSÜ 2017 (vgl. Kap. 7). Die Forderung 7.3-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt.

*Forderung 7.4-1: Bis zum 15. Dezember 2019 sind die in der Aktionsliste zur BERA2013 aufgeführten Verbesserungspunkte zur Stufe-2-PSA für die Bewertung des Volllastbetriebs umzusetzen und das PSA-Modell inklusive zugehöriger Dokumentation dem ENSI einzureichen. Ferner ist zu jedem in der Aktionsliste festgehaltenen Verbesserungspunkt darzulegen, wie dieser im neuen Modell beziehungsweise in der neuen Dokumentation umgesetzt wurde.*

Das KKB beantragte mit Verweis auf die angespannte Ressourcensituation eine Terminerstreckung, welcher das ENSI zustimmte. Da durch die Terminerstreckung die Unterlagen nicht für die vorliegende Stellungnahme zur Verfügung stehen, forderte das ENSI eine Abschätzung des Einflusses der noch nicht umgesetzten Punkte auf das Risiko. Die dazu vom KKB eingereichte Studie wird in der vorliegenden Stellungnahme zur PSA (vgl. Kap. 7) mitberücksichtigt.

*Forderung 7.5-1: Bis zum 15. Dezember 2018 sind die in der Aktionsliste zur BERA2013 aufgeführten Verbesserungspunkte zur Analyse des mit den Brennelementlagerbecken bei Leistungsbetrieb verbundenen Risikos umzusetzen.*

Das KKB reichte die Dokumentation zur Umsetzung der Verbesserungspunkte zur Analyse des mit den Brennelementlagerbecken bei Leistungsbetrieb verbundenen Risikos ein. Das ENSI kam bei seiner Prüfung zum Schluss, dass bei gewissen Punkten noch Klärungsbedarf bestehen würde. Dieser bezieht sich jedoch nur auf Aktionspunkte, die im Zusammenhang mit der Frage stehen, ob eine PSA für das Brennelementlagerbecken zu erstellen ist. Da sich das KKB dazu entschieden hat, ohnehin eine PSA für das Brennelementlagerbecken zu erstellen, ist es nicht mehr zielführend, diese Aktionspunkte weiter zu behandeln. Stattdessen forderte das ENSI im Rahmen eines neuen Geschäfts die Einreichung dieser PSA und schloss die Forderung 7.5-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012. Das neue Geschäft wird nicht im Rahmen der vorliegenden PSÜ-Stellungnahme, sondern im laufenden Aufsichtsverfahren verfolgt.

*Forderung 7.6-1: Bis zum 31. Dezember 2019 sind die in der Aktionsliste aufgeführten Verbesserungspunkte zur Stufe-1-PSA für die Bewertung des Nichtleistungsbetriebs umzusetzen und das PSA-Modell inklusive zugehöriger Dokumentation dem ENSI einzureichen. Ferner ist zu jedem in der Aktionsliste festgehaltenen Verbesserungspunkt darzulegen, wie dieser im neuen Modell beziehungsweise in der neuen Dokumentation umgesetzt wurde.*

Das KKB beantragte mit Verweis auf die angespannte Ressourcensituation eine Terminerstreckung, welcher das ENSI zustimmte. Da durch die Terminerstreckung die Unterlagen nicht für die vorliegende Stellungnahme zur Verfügung stehen, forderte das ENSI eine Abschätzung des Einflusses der noch nicht umgesetzten Punkte auf das Risiko. Die dazu vom KKB eingereichte Studie wird in der vorliegenden Stellungnahme zur PSA (vgl. Kap. 7) mitberücksichtigt.

*Forderung 7.7-1: Bis zum 15. Dezember 2020 sind die in der Aktionsliste zur BERA2013 aufgeführten Verbesserungspunkte zur Stufe-2-PSA für die Bewertung des Nichtleistungsbetriebs umzusetzen und das PSA-Modell inklusive zugehöriger Dokumentation dem ENSI einzureichen. Ferner ist zu jedem in der Aktionsliste festgehaltenen Verbesserungspunkt darzulegen, wie dieser im neuen Modell beziehungsweise in der neuen Dokumentation umgesetzt wurde.*

Das KKB beantragte mit Verweis auf die angespannte Ressourcensituation eine Terminerstreckung, welcher das ENSI zustimmte. Da durch die Terminerstreckung die Unterlagen nicht für die vorliegende Stellungnahme zur Verfügung stehen, forderte das ENSI eine Abschätzung des Einflusses der noch nicht umgesetzten Punkte auf das Risiko. Die dazu vom KKB eingereichte Studie wird in der vorliegenden Stellungnahme zur PSA (vgl. Kap. 7) mitberücksichtigt.

*Forderung 7.8-1: Bis zum 15. Dezember 2018 sind die in der Aktionsliste zur BERA2013 aufgeführten Verbesserungspunkte zur Analyse der Übertragbarkeit der Ergebnisse der PSA-Studien für den Block 2 auf den Block 1 umzusetzen und die zugehörige Dokumentation dem ENSI einzureichen.*

Das KKB reichte einen technischen Bericht ein, in welchem die Stellungnahme des KKB zu den Aktionspunkten dokumentiert ist. Das ENSI hat die Unterlagen des KKB geprüft und kam zum Schluss, dass die Punkte im Allgemeinen adäquat behandelt wurden. Die Forderung 7.8-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist erfüllt. Zur Einbringung der Studie in die Dokumentation der Stufe-1-PSA und zur Abklärung gewisse Detailfragen, eröffnete das ENSI ein neues Geschäft. Es wird nicht im Rahmen der vorliegenden PSÜ-Stellungnahme, sondern im laufenden Aufsichtsverfahren verfolgt.

*Forderung 7.9-1: Bis zum 15. Dezember 2017 sind Massnahmen zur Reduktion des Risikos grosser früher Freisetzen (LERF) zu identifizieren und zu überprüfen, ob deren Umsetzung als angemessen zu beurteilen ist.*

Das KKB reichte fristgerecht eine Analyse ein, in welcher die Komponenten, die insbesondere zum Risiko grosser früher Freisetzen (LERF) beitragen, identifiziert werden. Aus der Überprüfung der KKB-Unterlagen leitet das ENSI zwei Forderungen ab, welche die Identifizierung konkreter Massnahmen zur Erhöhung der seismischen Robustheit ausgewählter Systeme und die Neubestimmung der seismischen Robustheit gewisser Isolationsventile beinhaltet.

Die erste Forderung war nach Erstellung neuer Importanzlisten im Zuge der Nachführung der PSA nicht mehr zielführend. Das KKB analysierte Massnahmen auf Basis der neuen Studie und beurteilte deren Angemessenheit. Das KKB sieht derzeit keine Möglichkeit, mit angemessenen Massnahmen die LERF weiter zu senken und verwies auf die umfangreichen Nachrüstungen wie AUTANOVE in der jüngeren Vergangenheit. Die zweite Forderung hat das KKB durch Erstellung einer aktualisierten Fragility-Analyse erfüllt. Die Forderung 7.9-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist damit erfüllt. Hinsichtlich der Bewertung des Nachrüstungskonzepts des KKB sei auf Kap. 10.2 der vorliegenden Stellungnahme verwiesen.

*Forderung 7.9-2: Bis zum 28. Juni 2019 ist die Ausgewogenheit der Risikobeiträge bezüglich der Ereigniskategorie Erdbeben basierend auf den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 zu beurteilen. Falls Erdbeben mehr als 60 % zur mittleren CDF beitragen und der Beitrag grösser als  $6 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr ist, sind Massnahmen zur Reduktion des CDF-Beitrags der Ereigniskategorie Erdbeben zu identifizieren und zu überprüfen, ob deren Umsetzung als angemessen zu beurteilen ist.*

Im Zusammenhang mit den Unterlagen zur Aktualisierung der probabilistischen Erdbebensicherheitsanalyse (Verfügung vom 26. Mai 2016 Ziffer 2 C) hat das KKB termingerecht ein neues seismisches Modell eingereicht. Gemäss diesem Modell und der zugehörigen Dokumentation ist der Erdbeben-Anteil an der gesamten CDF grösser als 60 %. Das KKB sieht derzeit keine Möglichkeit, im Rahmen der Angemessenheit den Erdbeben-Anteil der CDF auf weniger als 60 % zu senken. Die Forderung 7.9-2 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012 ist damit erfüllt. Hinsichtlich der Bewertung des Nachrüstungskonzepts des KKB sei auf Kap. 10.2 der vorliegenden Stellungnahme verwiesen.

***Forderung 8.3-1: Bis zum 15. Dezember 2017 sind sämtliche in der Aktionsliste zur BERA2013 festgehaltenen Verbesserungspunkte bezüglich SAMG umzusetzen und ihre Umsetzung zu dokumentieren.***

Das KKB reichte termingerecht eine entsprechende technische Mitteilung ein. Die Forderung 8.3-1 aus der Stellungnahme PSÜ 2012 ist damit erfüllt. Daraus abgeleitete weitergehende Forderungen werden im Rahmen des Tagesgeschäftes verfolgt. Angaben hierzu finden sich im Kap. 9.4.2.

## **2.3.2 Stand der im 2012 bis einschliesslich 2016 verfügten Forderungen**

### **2.3.2.1 Seismische Robustheit der Isolation des Containments und des Primärkreislaufes**

Das ENSI verfügte in seiner Stellungnahme vom 10. Januar 2012<sup>ENSI-2012-01-10</sup> zum KKB-Bericht zum EU-Stresstest, dass das KKB die seismische Robustheit der Isolation des Containments und des Primärkreislaufes bis zum 30. September 2012 zu überprüfen hat.

Das KKB reichte die geforderten Nachweise fristgerecht ein<sup>KKB-2012-09-28, TM-511-RA12010</sup>.

In seiner Stellungnahme zu diesen Nachweisen stellte das ENSI zusammenfassend fest<sup>ENSI-2013-07-01</sup>, dass die Isolation eine ausreichende seismische Robustheit aufweist, die darüber hinaus noch einen weiteren Bereich auslegungsüberschreitender Erdbeben abdeckt. Es bestätigte damit die Erfüllung der Verfügung.

### **2.3.2.2 Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen**

Mit Verfügung vom 22. April 2013<sup>ENSI-2013-04-22</sup> forderte das ENSI eine Überprüfung der Einrichtungen zur Wasserstoffmessung, der Berücksichtigung der Erkenntnisse zu Wasserstoffverbrennung in den SAMG, des bestehenden Konzepts der Auslegung der passiven autokatalytischen Wasserstoff-Rekombinatoren (PAR), der Ausbreitung von Wasserstoff ausserhalb des Primärcontainments und der Auslegung des gesamten Containmentdruckentlastungspfads. Hierzu waren ein Zwischenbericht bis Ende November 2013 und ein abschliessender Bericht bis Ende Juni 2014 einzureichen.

Das KKB führte die geforderten Überprüfungen durch und reichte den Zwischenbericht<sup>KKB-2013-11-28</sup> sowie den abschliessenden Bericht<sup>KKB-2014-06-30</sup> fristgerecht ein.

Das ENSI bestätigte in seiner Stellungnahme<sup>ENSI-2015-01-09</sup> im Wesentlichen die vom KKB dargelegten Erkenntnisse. Es erhob aber die Forderung, dass das KKB für jeden Block die Wasserstoffabbaukapazität durch PAR zu erhöhen hat, und schloss das Geschäft zur Verfügung. Die Erhöhung der Wasserstoffabbaukapazität durch Installation weiterer PAR ist mittlerweile erfolgt (vgl. Kap. 10.1.4.4 «Integritätsnachweis der Stahldruckchale»).

### **2.3.2.3 Nutzung POLYCOM**

Das ENSI verfügte mit Brief vom 23. April 2013<sup>ENSI-2013-04-23</sup>, dass das KKB unter Anwendung des mobilen Funkmittels POLYCOM die Kommunikation mit den Notfallpartnern beim Ausfall der Telefonie sicherzustellen hat. Das KKB setzte die Forderung im 2013 um, wovon sich das ENSI mit einem Verbindungstest überzeugte. Das ENSI bestätigte<sup>ENSI-2013-11-25</sup>, dass die Verfügung zur Nutzung von POLYCOM durch das KKB vollumfänglich erfüllt wurde.

### **2.3.2.4 Vorsätzlicher Flugzeugabsturz**

Mit Verfügung vom 17. Mai 2013<sup>ENSI-2013-05-17</sup> zum vorsätzlichen Flugzeugabsturz wurden insbesondere die Durchführung von Versuchen an Simulatoren zur Identifizierung relevanter Anflugrichtungen, die Aktualisierung der Studien zum vorsätzlichen Flugzeugabsturz (wo notwendig) sowie die Überprüfung, ob weitere Massnahmen zur Erhöhung des Schutzes angezeigt sind, gefordert.

Das KKB führte die geforderten Untersuchungen durch. Diese Aktualisierung der entsprechenden Analysen bestätigt, dass das KKB über einen ausreichenden Schutzgrad gegen einen vorsätzlichen Flugzeugabsturz

verfügt. Die Forderungen aus der Verfügung waren erfüllt, das zugehörige Geschäft wurde geschlossen. Details werden aus Gründen der Sicherung nicht weiter ausgeführt.

### **2.3.2.5 Einführung IAEA-kompatibler Notfallklassierung**

Mit Verfügung vom 10. März 2016<sup>ENSI-2016-03-10</sup> forderte das ENSI, dass das KKB bis zum 1. Mai 2016 eine IAEA-kompatible Notfallklassierung zu etablieren und ab diesem Zeitpunkt Ereignisse und Befunde gemäss der neu revidierten Richtlinie ENSI-B03 (Rev. 3a vom 10. März 2016) zu klassieren und zu melden hat. Mit Schreiben vom 3. Mai 2016<sup>ENSI-2016-05-03</sup> bestätigte das ENSI, dass die neue Notfallklassierung gemäss revidierter Richtlinie ab dem 1. Mai 2016 gilt. Sie wird seither angewendet.

### **2.3.2.6 Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015**

Das ENSI legte mit Verfügung vom 26. Mai 2016<sup>ENSI-2016-05-26</sup> für alle schweizerischen Kernkraftwerke die Erdbebengefährdungsannahmen auf Grundlage der Erkenntnisse aus der «Neubestimmung der Erdbebengefährdung an den Kernkraftwerksstandorten in der Schweiz»<sup>ENSI-AN-9657</sup> neu fest. Insbesondere galten für das KKB folgende Vorgaben:

- A) Einreichen eines Konzepts zu den gemäss der Verfügung zu erbringenden Nachweisen auf den 31. Oktober 2016;
- B) Aktualisierung der nach Fukushima vom ENSI verlangten Nachweise «Erdbeben» und «Kombination von Erdbeben und Hochwasser» auf den 21. Dezember 2018;
- C) Aktualisierung der probabilistischen Sicherheitsanalyse betreffend Erdbeben sowie Bewertung der Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage und insbesondere auf das Risiko auf den 28. Juni 2019;
- D) Aktualisierung der deterministischen Störfallanalyse betreffend Erdbeben für die Störfallkategorien 2 und 3 auf den 30. September 2020.

#### *Konzept*

Das KKB reichte mit Schreiben vom 31. Oktober 2016<sup>KKB-2016-10-31</sup> fristgerecht das nach Buchstabe A) geforderte Konzept ein. Mit Schreiben vom 10. Juli 2017<sup>ENSI-2017-07-10</sup> bestätigte das ENSI, dass das Konzept eine ausreichende Grundlage für die weiteren Arbeiten im Zusammenhang mit der Verfügung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 darstellt.

#### *Aktualisierte Fukushima-Nachweise*

Mit Schreiben vom 21. Dezember 2018<sup>KKB-2018-12-21</sup> reichte das KKB fristgerecht die gemäss Buchstabe B) der Verfügung verlangten Nachweise ein. In der Aktennotiz vom 29. Januar 2021<sup>ENSI/14/2951</sup> kam das ENSI aufgrund der Prüfung der vom KKB eingereichten Dokumente zur Schlussfolgerung, dass die Kernkühlung und die Kühlung der Brennelementlagerbecken unter Einwirkung des 10'000-jährlichen Erdbebens und der Kombination von Erdbeben und erdbebenbedingtem Hochwasser gewährleistet sind. Der Dosishöchstwert von 100 mSv wird bei diesen Störfällen deutlich eingehalten. Die am 7. Dezember 2020 festgestellten Montageabweichungen bei Schwingungsdämpfern von zwei Notstandsdieseln (vgl. Kap. 2.5) stellen diese Schlussfolgerung nicht in Frage, weil die Notstandsdieseln bis zum 21. Dezember 2020 ordnungsgemäss instandgesetzt wurden.

#### *Erdbeben-PSA*

Die gemäss Buchstabe C) geforderte aktualisierte Erdbeben-PSA sowie die Bewertung der Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage, insbesondere auf das Risiko, wurden vom KKB mit Schreiben vom 28. Juni 2019<sup>KKB-2019-06-28</sup> fristgerecht eingereicht. Die Unterlagen werden im laufenden Aufsichtsverfahren geprüft und sind nicht Gegenstand der vorliegenden Stellungnahme. Im Kap. 7 werden jedoch die wesentlichen Ergebnisse dargelegt.



### *Deterministische Störfallanalyse für Erdbeben der Störfallkategorien 2 und 3*

Das KKB bearbeitet die Forderung gemäss Buchstabe D) im Rahmen des Projekts NEUSI (vgl. Kap. 2.4). Aufgrund technischer Herausforderungen und auch wegen erschwerter Umstände für Begehungen, Sitzungen und Abklärungen mit Lieferanten durch die Corona-Krise beantragte das KKB mit Schreiben vom 13. Mai 2020<sup>KKB-2020-05-13</sup> eine Fristerstreckung für die Erstellung der deterministischen Sicherheitsnachweise um ein Jahr bis zum 30. September 2021.

Das ENSI verfügte im Rahmen einer Wiedererwägung<sup>ENSI-2020-07-21</sup>, dass die Frist für die gemäss Buchstabe D) einzureichenden Nachweise bis zum 30. September 2021 erstreckt wird. Dabei ist ein Terminplan für die gestaffelte Einreichung von bereits abgeschlossenen Arbeitspaketen einzuhalten. Ausserdem hat das KKB ungefähr im Quartalsrhythmus im Rahmen von Statusgesprächen zu informieren. Das KKB hat kurz vor dem Einreichungstermin des ersten Arbeitspakets eine Planänderung für die abzugebenden Dokumente beantragt. Da diese Änderung den Endtermin der Arbeiten nicht gefährdet, wurde dem Antrag stattgegeben<sup>ENSI-2020-09-30</sup>. Die Prüfung der gestaffelt eingereichten Arbeitspakete erfolgt im laufenden Aufsichtsverfahren.

## **2.4 Aktuelle oder geplante Projekte zur Ertüchtigung des KKB**

Im KKB laufen derzeit zwei grosse Projekte, um die nukleare Sicherheit der beiden Blöcke zu gewährleisten bzw. zu erhöhen.

### *Projekt NABELA*

Aufgrund der Ereignisse in Fukushima hatte das ENSI unter anderem Nachbesserungen im Bereich der Brennelement-Lager verfügt<sup>ENSI-2011-03-18, ENSI-2011-05-05</sup>. Das KKB hatte daraufhin im 2011 einen Konzeptantrag für das Projekt NABELA (Nachrüstung Brennelement-Lagerbecken) gestellt, um ein umfassendes Massnahmenpaket in folgenden Teilvorhaben zu realisieren:

- TV 1: Gesichertes Brennelement(BE)-Becken-Kühlsystem zur Wärmeabfuhr aus den BE-Lagerbecken;
- TV 2: Ergänzung des Wasserinventars der BE-Lagerbecken über zwei Noteinspeisesysteme;
- TV 3: Druckentlastungssystem zur Wahrung der Gebäudeintegrität des BE-Lagergebäudes;
- TV 4: Erweiterung des Steuerluftsystems QNA zur Hilfsenergieversorgung des geplanten Niveaumesssystems;
- TV 5: Nachrüstung einer Temperatur- und Niveau-Messung in den BE-Lagerbecken mit Anzeige in den Steuerstellen.

Das Projekt wurde in einem vierstufigen Freigabeverfahren behandelt. Die Konzeptfreigabe (H1-Freigabe) für TV 1 bis TV 4 wurde neben dem bis dahin separat laufenden TV 5 im Jahr 2012 erteilt. TV 2 wurde im 2014 in Betrieb gesetzt, TV 3, TV 4 und TV 5 aufgrund von Verzögerungen wegen terminlicher Abstimmungen mit dem Projekt AUTANOVE im 2017.

Das ursprüngliche Konzept für TV 1 umfasste Wärmetauscher, welche in die BE-Becken gehängt werden und die Nachzerfallswärme per Naturumlauf und Wärmeübertragung im Wärmetauscher abführen sollten. Die projektierten Wärmetauscher waren jedoch so nicht verbindlich lieferbar, da es ungelöste Schwierigkeiten in der seismischen Nachweisführung zur Integrität des Wärmetauschers sowie der Halterung bestanden. Dieser Umstand führte zu einer Neuplanung des Konzepts für das gesicherte BE-Becken-Kühlsystem. Das neue Konzept für TV 1 wurde im 2018 freigegeben. Die weiteren Stufen des Freigabeverfahrens sind derzeit in Bearbeitung. Zurzeit wird mit der Inbetriebnahme und dem erfolgreichen Projektabschluss im Jahr 2022 gerechnet.

### *Projekt NEUSI*

Ebenfalls aufgrund der Ereignisse in Fukushima hatte das ENSI unter anderem verfügt, dass die deterministische Störfallanalyse betreffend Erdbeben basierend auf den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 zu aktualisieren und die Nachweise für die Störfallkategorien 2 und 3 zu führen sind<sup>ENSI-2016-05-26</sup>.

Das KKB führt die entsprechenden Arbeiten im Rahmen des Projekts NEUSI durch und reicht die zugehörigen Unterlagen zeitlich gestaffelt ein. Diverse Unterlagen, z. B. Etagenantwortspektrale und Fragility-Analysen für den NESK2-Nachweis, sind bereits eingereicht und sind beim ENSI in Prüfung. Weitere Unterlagen wie z. B. Berichte zu verschiedenen elektrotechnischen und maschinentechnischen Komponenten werden schrittweise bis zum 30. September 2021 eingereicht<sup>ENSI-2020-07-21</sup>.

Die Berechnung des gekoppelten Modells des Primärkreislaufs stellt eine grosse rechnerische Herausforderung dar. Gemäss der Verfügung vom 21. Juli 2020 informiert das KKB im Rahmen von Fachgesprächen zwischen dem ENSI und dem KKB jeweils über den Status hinsichtlich des Nachweises mit dem gekoppelten Modell<sup>ENSI-2020-09-30</sup>.

Zu bemerken ist allerdings, dass im Rahmen dieses Projekts keine Ertüchtigungen realisiert werden, sondern ein sicherheitstechnischer Nachweis geführt wird. Nur falls dieser Nachweis nicht erfolgreich erbracht werden kann, ergeben sich daraus erforderliche Ertüchtigungen.

## 2.5 Wesentliche Entwicklungen nach dem Überprüfungszeitraum

### *Neubesetzung der Stelle der Kraftwerksleiterin bzw. des Kraftwerksleiters*

Im Spätsommer 2020 kam es zu einer Abberufung des amtierenden Kraftwerksleiters durch den Bewilligungsinhaber, was eine Neubesetzung dieser Funktion notwendig machte. Das ENSI beaufsichtigte diese Neubesetzung und stellte fest, dass das Senior Management dazu konsultiert wurde. Auch wurden die in der Richtlinie ENSI-G07 festgelegten Anforderungen für organisatorischen Änderungen, insbesondere die Berücksichtigung von mitarbeiterbezogenen Aspekten, erfüllt. Die Stelle des Kraftwerksleiters konnte innerhalb von wenigen Wochen intern durch eine Person, welche die Anforderungen der VAPK erfüllte, neu besetzt werden.

### *Montageabweichung bei Schockabsorbern der beiden Notstanddiesel*

Am 7. Dezember 2020 meldete das KKB das Vorkommnis «Montageabweichung bei Schockabsorbern der beiden NS-Diesel 19/29XMA 3000». Bei der Überprüfung der NS-Diesel im Rahmen des deterministischen Nachweises zur Erdbebengefährdung ENSI-2015 war festgestellt worden, dass bei der Lagerung der beiden Dieselmotoren die vorgesehenen Schockabsorber fehlen. Nachrechnungen zur Erdbebenfestigkeit zeigten, dass durch die fehlenden Schockabsorber die Kupplung zwischen Motor und Generator bei SSE (ENSI-2015) versagen könnte. Dadurch sind die beiden Dieselmotoren für die Beherrschung eines solchen Erdbebens nicht kreditierbar. Beide Blöcke wurden daraufhin innerhalb der laut Technischen Spezifikationen zulässigen Zeit von 48 Stunden abgefahren.

Weitere Abklärungen ergaben Folgendes:

- Der Zustand (fehlende Schockabsorber) lag mindestens seit 2009 bzw. 2010 vor.
- Der Hersteller der Dieselmotoren gibt nunmehr neue, von der ursprünglichen Auslegung abweichende Kraft-Weg-Kennlinien für die Motorlager an.

Das KKB passte die Schockabsorber hinsichtlich verringertem Freiweg und höherer Steifigkeit an und führte Nachweise für die aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015. Bezüglich der vom KKB vorgelegten Berechnungen kam das ENSI gesamthaft zu dem Ergebnis, dass die vom KKB ausgewiesenen Resultate bezüglich Verschiebungen und Lagerkräfte nachvollziehbar und plausibel sind und hatte daher keine Einwände gegen das Wiederanfahren der beiden Blöcke<sup>ENSI-2020-12-19</sup>.

Die Bedeutung des Vorkommnisses ergibt sich daraus, dass die Montageabweichung mehrere gleichartige (Common Cause Failure, CCF) und sicherheitstechnisch relevante Komponenten betrifft und sehr lange nicht entdeckt worden ist. Das Vorkommnis wird vom ENSI in Übereinstimmung mit der Einschätzung des KKB auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 1 zugeordnet.

Trotz der nicht montierten Anschlagbolzen kann davon ausgegangen werden, dass die Notstanddiesel beider Blöcke des KKB im Anforderungsfall beim bis zum Jahr 2012 zu postulierenden 10'000-jährlichen Erdbebens

betriebsbereit gewesen wären. Die nach Fukushima stark erhöhten Erdbebenanforderungen wären ohne Anschlagbolzen und Accident-Management-Massnahmen nicht beherrscht worden.

Im Jahr 2012 wurden zwei zusätzliche Dieselgeneratoren auf dem Areal des KKB installiert und am 25. Mai 2012 erfolgreich getestet. Diese sogenannten Accident-Management-Dieselgeneratoren (AM-Diesel) sind nach einem schweren Erdbeben in der Lage, die für die Kühlung des Reaktorkerns benötigte elektrische Energie für beide Blöcke zur Verfügung zu stellen. Somit stand eine erdbebenfeste Alternative zu den Notstanddieseln zur Verfügung, mit welcher die gesicherten Notstandschiene versorgt werden können.

Im Jahr 2015 wurde im Rahmen des Projektes AUTANOVE eine gegen die Einwirkungen von aussen geschützte und von der ursprünglichen Anlage vollständig unabhängige Notstromversorgung nachgerüstet. Mit diesem Teil des Abfahrstranges steht pro Block zusätzlich zum Notstandsystem ein weiterer Abfahrstrang mit geschützter Wechselstromversorgung zur Verfügung. Damit kann jeder Block nach einem Erdbeben sicher abgefahren werden. Die beiden zusätzlichen Abfahrstränge für die beiden Blöcke sind aber nicht einzelfehlerfest. Für den Fall, dass ein solcher Einzelfehler auftritt, kann manuell entweder ein AM-Diesel oder jeweils der zweite AUTANOVE-Diesel auf die Notstandschiene geschaltet werden.

Trotzdem ist festzuhalten, dass, abgesehen von einem knapp zwei Monate dauernden Zeitfenster nach dem Inkrafttreten der verschärften Anforderungen per 31. März 2012 bis zur Betriebsbereitschaft der AM-Diesel am 25. Mai 2012, die für die Kernkühlung erforderlichen Mittel zur Verfügung standen.



### 3 Betriebsführung und Betriebsverhalten

#### 3.1 Betriebserfahrungen des KKB

##### Angaben des KKB<sup>TM-16201</sup>

Unter dem Begriff der *Betriebserfahrung* werden im KKB alle Erfahrungen und jegliches Wissen, das während des Betriebs einer Anlage kontinuierlich erlangt wird, verstanden. Für eine systematische interne Betriebsauswertung und für die Bearbeitung von Vorkommnissen (Ereignisse und Befunde) wird der Prozess „Kontinuierliche Verbesserung“ angewendet, der in einer internen Weisung beschrieben und festgelegt ist.

Für eine Bewertung verschiedener Faktoren wie der Arbeitssicherheit, des Betriebsverlaufs, der Arbeitsausnutzung und der Anlagenverfügbarkeit wendet das KKB das von der WANO etablierte System von insgesamt 14 Performance-Indikatoren an. Im KKB erfolgt eine periodische Zusammenstellung und Bewertung der Indikatoren in den entsprechenden Ausschüssen und Gremien. Diese Indikatoren werden auch angewendet, um die Leistungsfähigkeit und zeitlichen Entwicklungen einer Anlage zu überwachen und erlauben eine Selbstbewertung sowie einen internationalen Vergleich von kerntechnischen Anlagen mit gleicher Verfahrensweise weltweit.

**Tabelle 3.1-1: Bezeichnung, Bedeutung und Relevanz der WANO Performance Indikatoren<sup>TM-16201</sup>**

Nr.	WANO Performance-Indikator	Bezeichnung	Bedeutung	Nukleare Sicherheitsrelevanz
1	UCF Unit Capability Factor	Arbeitsverfügbarkeit	Beurteilung der Wirtschaftlichkeit, Effektivität des Managements und der Motivation des Personals	-
2	GRLF Grid Related Loss Factor	Netzgesteuerte Nichtverfügbarkeit	Stabilität des Stromnetzes	-
3	UCLF Unplanned Capability Loss Factor	Ungeplante Arbeitsnichtverfügbarkeit	Instandhaltung, Zuverlässigkeit des Anlagenbetriebs, menschliche Fehlhandlungen	-
4	FLR Forced Loss Rate	Störungsbedingte Nichtverfügbarkeit	Instandhaltung, Zuverlässigkeit des Anlagenbetriebs, menschliche Fehlhandlungen	ja
5	US7 Unplanned Automatic Scrams	Ungeplante automatische Reaktorschnellschaltungen (bezogen auf 7000 Stunden Kritikalität)	menschliche Fehler, Instandhaltung und Zuverlässigkeit der Systeme	ja
7	SP1 Unavailability of High Pressure Safety Injection Systems	Nichtverfügbarkeit Hochdruckeinspeisesysteme	Verfügbarkeit des Sicherheitssystems	ja
8	SP2 Unavailability of Auxiliary Feedwater Systems	Nichtverfügbarkeit der Hilfs-, Not- und Notstandsspeisewassersysteme	Verfügbarkeit des Sicherheitssystems	ja

Nr.	WANO Performance-Indikator	Bezeichnung	Bedeutung	Nukleare Sicherheitsrelevanz
9	SP5 Unavailability of Emergency AC Power	Nichtverfügbarkeit der Notstromsysteme	Verfügbarkeit des Sicherheitssystems	ja
10	CPI Chemistry Performance Indicator	Chemieindex	Analysen von Verunreinigungen	-
11	FRI Fuel Reliability Index	Brennelementzuverlässigkeit	Qualität des Brennstoffs, Fremdmaterialeintrag (FME), Effektivität des Leak-Managements	ja
12	CRE Collective Radiation Exposure	Kollektive Strahlenexposition	Strahlenschutzorganisation, menschliches Verhalten	ja
13	ISA Industrial Safety Accident Rate	Industrielle Arbeitsunfälle Eigenpersonal	Effektivität des Managements der industriellen Sicherheit, menschliches Verhalten	-
14	CISA Contractors Industrial Safety Accidents	Industrielle Arbeitsunfälle Fremdpersonal	Effektivität des Managements der industriellen Sicherheit, menschliches Verhalten	-

Aussagen über die Wirtschaftlichkeit, die Effektivität des Managements und die Motivation des Personals werden mit Hilfe des Indikators «Arbeitsverfügbarkeit» UCF und die über die Informationen zur jeweiligen Netzstabilität mit dem Indikator «Netzgesteuerte Nichtverfügbarkeit» ermittelt. Die Netzstabilität ist in der Regel der am wenigsten durch Tätigkeiten innerhalb der Anlage beeinflussbare Indikator und gibt einen Überblick über die allgemeine Lage innerhalb des Netzverbundes einer Kernanlage.

Die Arbeitszeitverfügbarkeit UCF zeigt für beide Blöcke des KKB eine hohe Verfügbarkeit in den Jahren 2012 bis 2014. Im Jahr 2015 kam es infolge einer ungeplanten verlängerten Revision im Block 2 und der Nichtaufnahme des Leistungsbetriebs des Blocks 1 im Zusammenhang mit Fragen zu Befunden am Reaktordruckbehälter zu tiefen Indikatorwerten. Im 2016 erreichte das KKB 2 einen Indikatorwert in Höhe der vorherigen Werte, während Block 1 weiterhin abgestellt blieb.

Erhöhte Werte der störungsbedingten Arbeitsnichtverfügbarkeit FLR werden für Block 1 im Jahre 2014 ausgewiesen, da es infolge einer Leckage in einer Entleerungsleitung im Primären Nebenkühlwassersystem (PRW) im Juli 2013 und der anschliessenden Reparatur zu einem erhöhten Produktionsausfall kam. Im Block 2 kam es im Jahr 2012 infolge einer ungeplanten Instandsetzung an der Dichtungspartie der Reaktorhauptpumpe A und eines Reaktortrips durch das Signal «Dampferzeugerniveau tief» aufgrund eines defekten Leistungsschalters zu einem erhöhten Indikatorwert. Für alle weiteren Jahre werden keine störungsbedingten Nichtverfügbarkeiten ausgewiesen.

Bei der ungeplanten Arbeitsnichtverfügbarkeit UCLF gibt das KKB an, dass verschiedene Tätigkeiten in der Revisionsabstellung im 2012 zu einer ungeplanten Verlängerung von 5 Tagen führten. Ursachen hierfür waren Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Brennelementhandhabung, mit einem Defekt im Regelstab-Kuppelwerk und mit einer Reparatur einer Nut des in diesem Jahr neu installierten Deckels des Reaktordruckbehälters. Im 2015 und 2016 führten die offenen Fragestellungen zum Reaktordruckbehälter zu hohen UCLF-Werten im Block 1. Im Block 2 resultierten die erhöhten Werte des Indikators aus der umfangreichen Inspektion der Reaktorhauptpumpen, welche zu einer Verlängerung des Revisionsstillstands um 8 Tage führte.

Da im Überprüfungszeitraum in der Schweiz keine Störungen im externen Netz aufgetreten sind, werden auch keine Werte für die netzgesteuerte Nichtverfügbarkeit GRLF für beide Blöcke ausgewiesen. Ebenso traten im Block 1 des KKB im Überprüfungszeitraum keine ungeplanten Reaktorschnellabschaltungen auf, sodass der entsprechende Indikator den Wert Null aufweist. Im Block 2 des KKB kam es im Jahre 2012 zu insgesamt zwei

Reaktorschnellabschaltungen. Eine Abschaltung wurde manuell ausgelöst, während die zweite automatisch erfolgte. Im ersten Fall wurde nach einer Störung an der Dichtung 1 der Reaktorhauptpumpe A der Reaktor von Hand abgeschaltet. Die zweite Abschaltung erfolgte wie oben bereits dargelegt automatisch durch ein Signal «Dampferzeugerniveau tief».

Die Indikatoren «Nichtverfügbarkeit Hochdruckeinspeisesysteme» SP1, «Nichtverfügbarkeit der Hilfs-, Not- und Notstand-Speisewassersysteme» SP2 und «Nichtverfügbarkeit der Notstromsysteme» SP5 weisen für den Überprüfungszeitraum eine hohe Verfügbarkeit der entsprechenden Sicherheitssysteme aus. So werden für den Indikator SP1 Bestwerte im Vergleich zu anderen Anlagen erreicht. Für den Indikator SP2 wird infolge eines Vorkommnisses im Block 2 für das Jahr 2016 ein erhöhter Wert ausgewiesen. Ursache war eine fehlende Anweisung zum Öffnen eines Ventils in einer überarbeiteten Prüfvorschrift, wodurch es zu einer Nichtverfügbarkeit des Notspeisewassersystems LSE kam.

Mit dem Indikator «Nichtverfügbarkeit der Notstromsysteme» SP5 wird die Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktion der Notstromversorgung im Überprüfungszeitraum wiedergegeben. Das KKB leitet davon Aussagen zur Betriebsbereitschaft für die über die Notstromdiesel versorgten Sicherheitssysteme ab. Lediglich im Jahr 2012 liegt der Wert für die beiden Blöcke des KKB höher als der Medianwert der internationalen Betriebserfahrung. Zurückzuführen ist dies darauf, dass sich im Mai 2012 ein Notstanddiesel bei einem Funktionstest abschaltete.

Sowohl der ausgewiesene Chemie-Leistungsindikator CPI als auch der Indikator der Brennelementzuverlässigkeit FRI weisen für beide Blöcke des KKB Bestwerte aus und befinden sich im Vergleich auf dem Niveau der 25 % besten Anlagen weltweit.

Der in Bezug auf den Strahlenschutz angewendete Indikator «Kollektive Strahlenexposition» CRE zeigt in beiden Blöcken des KKB einen Wert, der um den Medianwert vergleichbarer Anlagen weltweit liegt. Höhere Werte ergeben sich durch Zusatzarbeiten in der Revisionsabstellung im Zusammenhang mit Komponenten der druckführenden Umschliessung des Reaktorkühlkreislaufes wie z. B. zusätzliche Inspektionen und zerstörungsfreie Prüfungen oder der Tausch der RDB-Deckel.

Den leicht erhöhten Werten der Indikatoren für industrielle Arbeitsunfälle von Eigenpersonal ISA und von Fremdpersonal CISA begegnete das KKB durch zusätzliche Schulungen und Instruktionen, dem Einsatz von Arbeitsteams für Unfallverhütung sowie einem verstärkten Einsatz von Pre-Job-Briefings, wenn es sich um Arbeiten mit erhöhtem Risiko handelt (z. B. Arbeiten in der Höhe).

Das KKB gibt gesamthaft an, dass die Anlage unter Berücksichtigung der ermittelten Werte der Indikatoren im Vergleich zu anderen Kernanlagen auf einem sehr hohen Verfügbarkeitsniveau betrieben wird, während gleichzeitig die Verfügbarkeit der installierten Sicherheitssysteme ebenfalls Bestwerte im Vergleich zu anderen Kernanlagen ausweisen. Notwendige Massnahmen zur Verbesserung der Performance in Bereichen, die nicht den Bestwerten anderer Anlagen entsprechen, wurden bereits initialisiert oder schon erfolgreich umgesetzt.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 7 und Art. 33 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und ENSI-G08<sup>G08</sup>
- IAEA Safety Standard SSR-2/2<sup>SSR-2/2</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Bei den vierzehn WANO-Indikatoren handelt es sich um international anerkannte und weit verbreitete Kennwerte, die einen Überblick über den Zustand einer Anlage vermitteln. Die Anforderungen der KEV werden mit der Methodik des KKB zur Betriebsauswertung eingehalten.

Der Betriebsverlauf und die Arbeitsnichtverfügbarkeiten zeigen eine hohe Zuverlässigkeit beider Blöcke hinsichtlich Sicherheit und Produktion. Die relevanten Betriebsergebnisse beider Blöcke deuten auf eine insgesamt effiziente Planung der Revisions- und Instandhaltungsarbeiten hin. Es traten keine Hüllrohrschäden auf, was ein Hinweis für einen schonenden Anlagenbetrieb ist. Die Ausführungen des KKB deuten auf einen guten Betriebsverlauf und auf einen guten Anlagenzustand hin. Im internationalen Vergleich, wie die WANO-

Indikatoren zeigen, reihen sich die beiden Blöcke teilweise innerhalb der besten 25 % der Druckwasserreaktoren weltweit ein. Die geringe Anzahl Störungen, die sich in einer hohen Arbeitsausnutzung und Zeitverfügbarkeit widerspiegeln, deuten auf eine hohe Qualität der Betriebsführung hin.

Wie vom KKB dargelegt, liegt der Wert für den Indikator «Nichtverfügbarkeit der Notstromsysteme» im Jahr 2012 im internationalen Vergleich hoch. Die entsprechende Nichtverfügbarkeit eines der beiden Notstanddiesel des KKB hat zu einer Einstufung des Vorkommnisses in INES 1 geführt (vgl. Kap. 3.2.2).

Aufgrund neuer Erkenntnisse (Vorkommnis «Montageabweichung bei Schockabsorbern der beiden NS-Diesel 19/29XMA 3000», gemeldet im Dezember 2020, vgl. Kap. 2.5) ist die Verfügbarkeit der Notstromsysteme des KKB jedoch rückblickend für den gesamten Überprüfungszeitraum der PSÜ 2017 als eingeschränkt zu beurteilen. Durch diese Abweichung war keiner der beiden Notstanddiesel für die Beherrschung des SSE (ENSI-2015) kreditierbar, auch wenn ihre Funktionalität bei anderen Störfällen nicht in Frage gestellt war.

Die Abweichung war bei der Überprüfung der Notstanddiesel im Rahmen des deterministischen Nachweises zur Erdbebengefährdung ENSI-2015 festgestellt worden. Dies zeigt zum einen die hohe Bedeutung von nachträglichen Überprüfungen (zur Überprüfung der Erdbebensicherheit vgl. Kap. 2.4; zur Überprüfung der Auslegung von Systemen und Komponenten vgl. Kap. 4.4), zum anderen aber auch, dass das KKB solche Überprüfungen gewissenhaft durchführt.

## **3.2 Vorkommnisse**

### **3.2.1 Methodik der Vorkommnisbearbeitung**

#### **Angaben des KKB**

##### *Meldung interner Vorkommnisse an Behörden und Betreiberorganisationen*

Die administrative Weisung «Vorgehen des Betriebs bei Vorkommnissen» regelt die Aufgaben des Betriebs (Schicht / Pikettingenieur / Betriebsleiter usw.) zur unmittelbaren Bewältigung von meldepflichtigen und anderen bedeutenden Vorkommnissen. Für die unverzügliche telefonische Erstmeldung an das ENSI, die schriftliche Bestätigung der Erstmeldung an das ENSI sowie für die schriftliche Information weiterer Amtsstellen und Behörden ist der Pikettingenieur zuständig. Die Meldungen und Alarmierungen erfolgen mit dafür vorgesehenen Checklisten und Formularen.

Die administrative Weisung «Massnahmen bei Nichtverfügbarkeiten bzw. Grenzwert-Verletzungen von Systemen und Komponenten mit Tech.-Spez.-Limiten» regelt die Verantwortlichkeit und das Vorgehen bezüglich Massnahmen bei bevorstehender oder bereits erfolgter Verletzung von Limiten der Technischen Spezifikationen (TS). Diese administrative Weisung enthält u. a. auch Vorgaben zum Meldeverfahren bei geplanter und ungeplanter Nichtverfügbarkeit von TS-relevanten Komponenten oder Systemen sowie bei Überschreitung von Betriebsgrenzen.

Als WANO-Mitglied beteiligt sich das KKB im Rahmen des WANO-Programmes Operating Experience am Austausch von Betriebserfahrungen. Aus der Gesamtzahl der meldepflichtigen Ereignisse wird pro Jahr und pro Block mindestens ein Ereignisbericht selektiert und an die WANO zur Aufnahme in die Ereignis-Datenbank übermittelt. Dabei werden Ereignisse ausgewählt, die über ein hohes Lernpotential für andere Anlagen weltweit verfügen.

##### *Auswertung interner Vorkommnisse*

Die administrative Weisung «Erfassung und Auswertung der internen Betriebserfahrung» beschreibt die Prozesse zur Erfassung, Auswertung, Bearbeitung von Korrekturmassnahmen und Berichterstattung für meldepflichtige Vorkommnisse, nicht meldepflichtige Vorkommnisse sowie für Abweichungen von Erwartungen. Bei der Analyse von internen Vorkommnissen werden zusätzlich zum Ereignisablauf auch die Einflussfaktoren ermittelt, die das Ereignis ausgelöst, den Ablauf begünstigt oder anderweitig beeinflusst haben. Es wird eine ganzheitliche Ereignisanalyse durchgeführt, welche die Suche nach den zu Grunde liegenden Ursachen und



verborgenen Defiziten im Zusammenwirken von technischen Abläufen, menschlichem Handeln und organisatorischen Aspekten vorurteilsfrei ermöglicht. Nach Identifizierung der Schwachstellen erfolgt eine objektive Bewertung, auf deren Grundlage geeignete Gegenmassnahmen abgeleitet werden.

Um eine ausgewogene Beurteilung aus Sicht aller Fachgebiete zu erreichen, wird der Entwurf jedes Ereignisberichtes an alle Abteilungen zur Vernehmlassung verteilt. Die im Ereignisbericht festgelegten Massnahmen werden als Fachaufträge an die zuständigen Stellen weitergeleitet, und deren termingetreue Umsetzung wird mit Hilfe der SOL(Sicherheit durch Organisationales Lernen)-Datenbank überwacht. Als letzte Instanz beurteilt die Interne Sicherheitskommission (ISK) die ausgeführten Massnahmen auf Vollständigkeit sowie Angemessenheit und kontrolliert die Erledigung der Fachaufträge.

Abhängig von der sicherheitstechnischen Bedeutung und der Art der Umsetzung einer aus dem Ereignis abgeleiteten Massnahme wurde im Jahr 2012 als letzter Schritt in der Bearbeitung von Ereignissen eine Wirksamkeitskontrolle der getroffenen Massnahmen eingeführt. Damit wird sichergestellt, dass der erwartete Effekt zur Beseitigung einer Schwachstelle tatsächlich erzielt wird. Die ISK legt fest, ob bei einer Massnahme eine Wirksamkeitskontrolle erfolgen soll.

#### *Instrumente zur Bearbeitung von Erfahrungen*

Im KKB wird über den gesamten Auswertungszeitraum das computergestützte Analyseverfahren SOL zur Auswertung und Verwaltung von Vorkommnissen eingesetzt. Das SOL-Verfahren ermöglicht es, Vorkommnissenanalysen mit angemessenem Untersuchungsumfang und notwendigem Tiefgang praktikabel und ökonomisch durchzuführen. SOL unterstützt den Anwender bei der Sammlung vorkommnisrelevanter Informationen sowie bei der Analyse von Ursachen und beitragenden Faktoren. Vorkommnisberichte werden automatisch abgefasst und in ein Textverarbeitungsprogramm übertragen.

Die Software ist als Datenbank konzipiert und erlaubt eine effiziente Verwaltung von Vorkommnissen und Massnahmen sowie eine vereinfachte statistische Aufbereitung. Von der Datenbank aus kann direkt auf die hinterlegten Dokumente wie Vorkommnismeldungen, Vorkommnisberichte etc zugegriffen werden. Der Datenbestand wurde auch um Vorkommnisse vor der Einführung der SOL-Datenbank vervollständigt.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-G07

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB verfügt über Prozesse und Werkzeuge, die eine kontinuierliche und systematische Erfassung, Analyse und Bewertung von Vorkommnissen ermöglichen. Im Überprüfungszeitraum wurden die etablierten Prozesse durch den Schritt der Wirksamkeitskontrolle ergänzt. Diese soll prüfen, ob getroffene Massnahmen tatsächlich die gewünschte Wirkung entfalten.

Die Bearbeitung interner und externer Vorkommnisse im KKB erfüllt die Anforderungen der KEV und der Richtlinie ENSI-G07.

### **3.2.2 Auswertergebnisse interne Vorkommnisse**

#### **Angaben des KKB**

##### *Nicht meldepflichtige Vorkommnisse*

Das KKB definiert nicht meldepflichtige Vorkommnisse (NV) als einen unerwünschten Zustand oder Vorgang des zulässigen Betriebsbereiches mit einem erhöhten Risikopotenzial oder einem Bedarf an einer spezifischen Abklärung und / oder einer Folgemaassnahme. Es erfolgt eine Einteilung der nicht meldepflichtigen Vorkommnisse in Bezug auf die Ursachen in die Kategorien Menschliche Leistung, Management und Equipment. Als Ergebnis von Massnahmen aus den NV werden kontinuierlich Korrekturmaassnahmen an Prozessabläufen vorgenommen, um u. a. Schwachstellen im Bereich der Arbeitsorganisation zu verringern. Dies spiegelt sich auch in der relativ hohen Anzahl an NV in Bezug auf die Kategorie Menschliche Leistung wider.

### Meldepflichtige Vorkommnisse

Im Überprüfungszeitraum der PSÜ 2017 (1.1.2012 bis 31.12.2016) gab es total 50 meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Davon betrafen 18 den Block 1 und 26 den Block 2. Insgesamt traten sechs Vorkommnisse auf, die für beide Blöcke relevant waren. Die Anzahl Vorkommnisse pro Jahr liegt zwischen 14 für das Betriebsjahr 2012 und sieben für das Betriebsjahr 2015. Eine Auflistung der Vorkommnisse, die ausschliesslich nach Kapitel 5.3 der Richtlinie ENSI-B03<sup>B03</sup> der Meldepflicht unterlagen, wird nicht vorgenommen, da sie lediglich aufgrund ihres öffentlichen Interesses dem ENSI zu melden waren, aber keine sicherheitstechnische Bedeutung hatten.

In Tabelle 3.2-1 sind die 50 meldepflichtigen Vorkommnisse aufgeführt. Die ID-Nr. der Vorkommnisse codiert das Jahr (12-), den Block (0 beide Blöcke, 1 bzw. 2 Block 1 bzw. 2) und die fortlaufende Nummer des Vorkommnisses in diesem Jahr je Block. Der besseren Übersicht halber sind der betroffene Block und das Ereignisdatum nochmals separat in einer Spalte aufgeführt. Der Titel gibt kurz an, um welchen Sachverhalt es sich handelt und enthält die Bezeichnung der betroffenen Komponenten. Die Einstufung nach INES wird ebenfalls angegeben. Ein Vorkommnis wurde mit INES 1 eingestuft, die übrigen mit INES 0 (unterhalb der Skala) gemäss den Kriterien zur Einstufung nach INES User's Manual.

Die meldepflichtigen Vorkommnisse werden in der Rubrik «ENSI-Einstufung» dem für die Meldepflicht massgeblichen Kriterium der Richtlinie ENSI-B03 zugeordnet. Unter Einordnung in der Spalte «PSÜ-Einstufung» nimmt das KKB die Zuordnung zur systematischen Bewertung der Vorkommnisse nach den jeweiligen Ursachen (siehe entsprechenden Abschnitt in diesem Kapitel) vor.

**Tabelle 3.2-1: Meldepflichtige Vorkommnisse des KKB im Überprüfungszeitraum (ohne Vorkommnisse, die ausschliesslich aufgrund des Meldekriteriums «Öffentliches Interesse» meldepflichtig waren)**

ID-Nr.	Titel	Block	Datum	Einstufung		
				INES	ENSI	PSÜ
12-0001	Überschreitung Prüflintervall gemäss Tech-Spec bei den Überwachungsgeräten der dynamischen Signalumkehrer der Notstand-Leittechnik	0	08.03.2012	0	5.1.2.1b	D3
12-1001	Bewertungspflichtige Anzeige bei der PT-Prüfung der RDB-Deckeleinschweisnaht Nr. 8	1	12.06.2012	0	5.1.1.2c	C2.1
12-1002	Formale Wanddickenunterschreitung der Speisewasserleitung Strang B in der Abblaststation	1	25.06.2012	0	5.1.1.2c.3	C2.1
12-1003	Brennelement beim Beladen im Reaktor gekippt	1	27.06.2012	0	5.1.1.2e	D3
12-1004	Beschädigung auf Dichtfläche der äusseren Dichtungsnut am Reaktordruckbehälter-Deckel	1	02.07.2012	0	5.1.1.2b	B
12-1005	Nichtverfügbarkeit Kälteanlage 19SHV 1700	1	15.07.2012	0	5.1.1.1a	C2.2
12-1006	Rissbedingte Leckage in Entleerungsleitung der Ladepumpe 10KCH 0007-B	1	21.12.2012	0	5.1.1.2d1	B
12-2001	Reaktorschnellabschaltung von Hand wegen Störung an der Wellenabdichtung der Reaktorhauptpumpe 20JRC 0018-A	2	23.03.2012	0	5.1.1.3a	C1.2
12-2002	Ausfall Containment Luftmonitor 20KRM RM 0070	2	10.04.2012	0	5.1.1.1a	C2.3

ID-Nr.	Titel	Block	Datum	Einstufung		
				INES	ENSI	PSÜ
12-2003	Nichtverfügbarkeit Kälteanlage 29SHV 1700	2	29.04.2012	0	5.1.1.1a	C2.2
12-2004	Startversagen Notstanddiesel 29XMA 3000 bei monatlicher Funktionsprüfung	2	10.05.2012	1	5.1.1.1a	C2.2
12-2005	Hydro-Notstromschienen AN10 und AN20 im Inselbetrieb nach Öffnen der Spaltfeldschalter	2	01.07.2012	0	5.1.1.1a	C2.2
12-2006	Rissbedingte Leckage vor Entlüftungsmatur 20JCS 8018 in der Mindestmengenleitung der Sprühpumpen	2	22.08.2012	0	5.1.1.2d	C2.1
12-2007	Reaktor-Trip durch Dampferzeuger-Niveau tief nach Speisewasserisolierung durch Auslösung des Sicherungsautomaten F9/US4 im Notstand-Leittechnik-Schrank 25CNQ 0900	2	21.11.2012	0	5.1.1.3c	C1.1
13-0001	Teilausfall der Polleranlage beim Bahntor	0	03.12.2013	-	KEV39.2g	D3
13-1001	Nichtverfügbarkeit Primäre Nebenkühlwasserpumpe 10PRW 0001-C nach Wellenbruch	1	17.06.2013	0	5.1.1.1a	C2.2
13-1002	Nichtverfügbarkeit Kälteanlage 19SHV 1700	1	25.06.2013	0	5.1.1.1a	C2.2
13-2001	Nichtverfügbarkeit Kälteanlage 29SHV 1700	2	16.04.2013	0	5.1.1.1a	C2.2
13-2002	Ausfall Niveaumessung 20KCH LT 0130 im Volumenausgleichstank	2	16.04.2013	0	5.1.1.1a	C2.2
13-2003	Ausfall Zwischenbereichsmesskanal 29JNI N 0035	2	19.05.2013	0	5.1.1.1a	C2.1
13-2004	Registrierpflichtige Anzeige am Verbindungsrohrleitungsstück 20JSI XP 0022 zwischen Rezirkulationspumpe 20JSI 0002-A und C	2	03.09.2013	0	5.1.1.2c2	C2.1
13-2005	Nichtverfügbarkeit Primäre Nebenkühlwasserpumpe 20PRW 0001-C nach Wellenbruch	2	09.09.2013	0	5.1.1.2d2	C2.2
14-0001	Eindringen von Greenpeace-Aktivisten auf Anlage	0	05.03.2014	-	KEV39.2f	D3
14-0002	Ausfall Trittmatte Sicherung Perimeter 54	0	06.03.2014	-	KEV39.2g	D3
14-1001	Ausfall Messumformer zum Messkanal 10JRC T 0420-CA (Temp. heisser Strang Loop B)	1	08.02.2014	0	5.1.1.1a	C2.2
14-1002	Borsäureablagerung an Gehäuse der Rückschlagklappe 10JAC 0825-B druckseitig der Restwärmepumpe 10JAC 0005-B	1	02.04.2014	0	5.1.1.2d1	C2.2
14-1003	Nichtverfügbarkeit Kälteanlage 19SHV 1700	1	26.05.2014	0	5.1.1.1a	C2.2

ID-Nr.	Titel	Block	Datum	Einstufung		
				INES	ENSI	PSÜ
14-1004	Defekter Riegelantrieb inneres Schleusentor 1P205.1	1	28.05.2014	-	KEV39.2e	D3
14-1005	Ausfall Temperaturmesskanal 16KAC TE 0639 zu Reaktorhauptpumpe 10JRC 0018-B	1	11.06.2014	0	5.1.1.1a	C2.2
14-1006	Leckage an einer Entleerungsleitung im Rücklauf des Primären Nebenkühlwassersystems (PRW)	1	16.06.2014	0	5.1.1.2d1, 5.3c	D2
14-2001	Nichtverfügbarkeit Kälteanlage 29SHV 1700	2	22.04.2014	0	5.1.1.1a	C2.2
14-2002	Lichtbogen bei Austausch Messumformer 21MGG QM 0005 führt zu Leistungsabsenkung und Feuerwehraufgebot	2	19.06.2014	0	5.1.1.3d	C2.2
14-2003	Erhöhte Ortsdosisleistung Becken C	2	18.08.2014	0	5.1.1.4d	B
14-2004	Leckage an Entlastungsleitung zur Mehrstufenblende der Ladepumpe 20KCH 0007-A	2	01.09.2014	0	5.1.1.2d2	C2.2
14-2005	Kraftstoffleckage bei Funktionsprobelauf des Notstand-Dieselmotors 29XMA 3000	2	03.11.2014	0	5.1.1.2d1	C2.1
15-1001	Fehlende Daten für Bilanzierung der Abgabe über Kaminmonitore 10KRM RM 0073 / 0083	1	14.04.2015	0	5.1.1.4h	C2.2
15-1002	Missachtung der angeordneten Dosimetrie in Zone 0	1	29.04.2015	0	5.1.2.1g	D3
15-1003	Auslenkung eines Kompensators im Primären Nebenkühlwasser während Versuchsprogramm	1	13.07.2015	0	5.1.3b	C2.1
15-1004	Registrierpflichtige Anzeige aufgrund ZfP-Prüfungen am Reaktor-Druckbehälter	1	11.06.2015	0	5.1.1.2c2	D2
15-2001	Überschreitung des Prüfintervals zur Bestimmung der DE-Leckage	2	26.12.2014	0	5.1.2.1b	C2.2
15-2002	Fehlerhafte Zustellung Restwärmeventil 29JAC MOV 0816	2	16.12.2015	0	5.1.1.1a	C2.1
15-2003	Nichtverfügbarkeit beider Zuluftventilatoren 28SHV 7011-A/B im Dieselgebäude Nord	2	23.12.2015	0	5.1.1.1a	C2.1
16-0001	Teilausfall Detektionssystem «Perimeter und Trittmatten»	0	14.04.2015	0	KEV39.2e	D3
16-0002	Korrodierte Schrauben in den Notspeisewasser Brunnenwasserpumpen 10/20LSE 4500	0	14.04.2015	0	5.1.1.2b	C2.1
16-2001	Auslegungsabweichung im PRW-System im Block 2	2	14.04.2015	0	5.1.3b	C2.1
16-2002	Ausfall primäre Zwischenkühlwasserpumpe	2	14.04.2015	0	5.1.1.1a	C2.1

ID-Nr.	Titel	Block	Datum	Einstufung		
				INES	ENSI	PSÜ
16-2003	Fehlerhafte Anzeigen der Kontrollstabpositionen	2	14.04.2015	0	5.1.1.1a	C2.2
16-2004	Registrierpflichtige Anzeige im Ventilsitz DE-Sicherheitsventil 21LDF 5627-A	2	29.04.2015	0	5.1.1.2d1	C2.1
16-2005	Geschlossener Druckschieber 20LSE 4461 bei LSE Pumpe	2	29.04.2015	0	5.1.1.1a	C2.1
16-2006	Tropfleckage an der Entlüftungsarmatur 20JCS 8018	2	29.04.2015	0	5.1.1.2d1	C2.1

### Vorkommnisse mit besonderer sicherheitstechnischer Bedeutung

Im betrachteten Zeitraum trat ein Vorkommnis mit einer Basiseinstufung INES 0 (unterhalb der Skala) gemäss den Vorgaben des INES User's Manuals auf, bei dem sich eine Einstufung gemäss den Vorgaben aus der Richtlinie ENSI-B03 in Kombination mit der risikotechnischen Beurteilung gemäss der Richtlinie ENSI-A06 eine INES-Einstufung der Stufe 1 (Anomalie) ergab:

Am 10. Mai 2012 kam es bei der Durchführung des monatlichen Probelaufes des Notstanddiesels 29XMA 3000 zu einem Abbruch der Startsequenz, weil der Dieselmotor die notwendige Nenndrehzahl nicht erreichte. Zwei weitere Startversuche schlugen ebenfalls fehl, woraufhin der Notstanddiesel als nicht verfügbar erklärt wurde. Die Technische Spezifikation Beznau verlangt bei einem Ausfall des Notstanddiesels den Nachweis der Verfügbarkeit der beiden verbliebenen dieselgestützten Schienen BEK-A und BEK-B mittels Funktionstest. Die Verfügbarkeit wurde nachgewiesen und zusätzlich ein erfolgreicher Funktionstest am Notstanddiesel 19XMA 3000 in Block 1 durchgeführt. Nachdem die motorseitige Kraftstoffzuleitung des Notstanddiesels 29XMA 3000 entlüftet worden war, konnte der Dieselmotor erfolgreich gestartet und die uneingeschränkte Verfügbarkeit mittels Funktionstest nachgewiesen werden.

Aus probabilistischer Sicht führte die Nichtverfügbarkeit des Notstanddiesels, unter Betrachtung einer latenten Nichtverfügbarkeit seit dem letzten Funktionstest vom 5. April 2012, zu einer Erhöhung des Risikobeitrags, der einer inkrementell kumulierten Kernschadenswahrscheinlichkeit von  $4,16 \cdot 10^{-6}$  entsprach. Eine besondere sicherheitstechnische Bedeutung lag somit vor. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der Richtlinie ENSI-A06, die eine Höherstufung eines Vorkommnisses bei einer inkrementell bedingten Kernschadenshäufigkeit grösser/gleich  $10^{-6}$  verlangt, erfolgte eine Höherstufung auf die Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES.

### Systematische Bewertung der Vorkommnisse nach Ursachen

Tabelle 3.2-2 zeigt die vom KKB vorgenommene Klassierung der 50 meldepflichtigen Vorkommnisse in Anlehnung an die Spaltenbezeichnungen in Anhang 6 der Richtlinie ENSI-B03 und damit an die Kategorien gemäss Tabelle 1 des INES-Manuals. Die Klasse D umfasst die Vorkommnisse, auf die keines der Kriterien A, B oder C zutrifft. In dieser Klasse sind nur Vorkommnisse ohne oder mit sehr geringer Bedeutung für die Sicherheit enthalten.

**Tabelle 3.2-2: Klassierung der Vorkommnisse in Anlehnung an Anhang 6 der Richtlinie ENSI-B03**

Klasse	Anzahl
<b>A Mensch und Umwelt</b>	<b>0</b>
<b>B Radiologische Barrieren betroffen</b>	<b>3</b>
<b>C Gestaffeltes Sicherheitskonzept betroffen gesamt</b>	<b>36</b>
<b>C1 mit Reaktortrip (Trip) oder Auslösung von ESFAS-Funktionen* gesamt</b>	<b>2</b>
C1.1 Trip aufgrund sekundärseitiger Ursachen	1

Klasse	Anzahl
C1.2 Trip aufgrund primärseitiger Ursachen	1
C1.3 Trip aufgrund sonstiger Ursachen	0
C1.4 Anforderung von ESFAS-Funktionen	0
<b>C2 ohne Reaktortrip oder Auslösung von ESFAS-Funktionen gesamt</b>	<b>34</b>
C2.1 Sicherheitssysteme und druckführende Umschliessung	14
C2.2 Versorgungssysteme	19
C2.3 Andere Systeme und Komponenten	1
<b>D Sonstige gesamt</b>	<b>10</b>
<b>D1 Vorkommnisse mit Einfluss auf Anlagenbetrieb (geplant)</b>	<b>0</b>
<b>D2 Vorkommnisse mit Einfluss auf Anlagenbetrieb (ungeplant)</b>	<b>1</b>
<b>D3 Vorkommnisse ohne Einfluss auf Anlagenbetrieb</b>	<b>9</b>

\*ESFAS: Engineered Safety Features and Auxiliary Systems

Abschliessend hält das KKB fest, dass die absolute Anzahl meldepflichtiger Vorkommnisse nicht als alleiniges Kriterium zur Beurteilung des Sicherheitsstaus einer Anlage dienen kann. Folgende Aspekte gilt es, bei Vergleichen zu berücksichtigen:

- Je niedriger die Meldeschwelle ist, desto mehr Vorkommnisse sind meldepflichtig, obwohl sich eine niedrige Meldeschwelle im Hinblick auf die Sicherheit vorteilhaft auswirkt.
- Je mehr Sicherheitssysteme / sicherheitsrelevante Komponenten vorhanden sind, desto grösser wird (bei gleicher Ausfallrate innerhalb einer Komponentengruppe) die absolute Zahl meldepflichtiger Vorkommnisse, ungeachtet dessen, dass mehr Sicherheitstechnik in der Regel mehr Sicherheit bedeutet.
- Häufigere Prüfungen können die Zahl meldepflichtiger Vorkommnisse erhöhen. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist dies jedoch positiv zu beurteilen, da Fehler frühzeitig gefunden werden und die Verfügbarkeit der Sicherheitseinrichtungen im Anforderungsfall steigt.
- Neu eingeführte Sicherheitstechnik kann in der Anfangsphase zu meldepflichtigen Vorkommnissen führen (Stichworte: Kinderkrankheiten, Badewannenkurve). Die Sicherheit der Anlage wird durch verbesserte Technik jedoch grundsätzlich erhöht.

#### *Risikobeiträge der meldepflichtigen Vorkommnisse*

Die risikotechnische Bewertung der meldepflichtigen Vorkommnisse erfolgt nach den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A06. Dabei findet einerseits eine risikotechnische Einstufung aufgrund der ICCDP der Vorkommnisse statt, andererseits fliessen die Risikobeiträge der meldepflichtigen Vorkommnisse in die jährliche risikotechnische Gesamtbewertung der Betriebserfahrung ein.

Die jährlichen kumulierten inkrementellen Kernschadenswahrscheinlichkeiten berücksichtigen sowohl Vorkommnisse als auch andere Unverfügbarkeiten von Komponenten. Die risikotechnischen Auswirkungen von Brennelementwechseln und Revisionsstillständen im anderen Block werden separat ausgewiesen. Grund für die Bedeutung von Stillständen im anderen Block sind mögliche Querverbindungen von Sicherheitssystemen. Mit Ausnahme von Block 2 im Jahr 2012 lag die inkrementell kumulierte Kernschadenswahrscheinlichkeit in den Jahren 2012 bis 2016 immer unter  $10^{-6}$ . Aus den Werten lassen sich keine Trends ableiten.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 30 Abs. 3 und Art. 33 Abs. 1 Bst. a KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-G07<sup>G07</sup> und ENSI-A06<sup>A06</sup>

## Beurteilung des ENSI

Das KKB wendet eine systematische Vorgehensweise bei der Analyse und Bewertung von meldepflichtigen und nicht meldepflichtigen Vorkommnissen an und leitet, wenn nötig, Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit der Anlage ein. Dies trifft insbesondere auf das Vorkommnis mit besonderer sicherheitstechnischer Bedeutung zu, das aufgrund der Nichtverfügbarkeit eines Notstanddiesels mit der Stufe INES 1 (Anomalie) bewertet wurde. Mit der neuen autarken Notstromversorgung (Projekt AUTANOVE) stehen seit 2014 vier zusätzliche Notstromdiesel zur Verfügung. Eine latente Nichtverfügbarkeit eines Notstanddiesels in einem der beiden Blöcke des KKB mit der gleichen Dauer wie im Jahr 2012 hat nun eine viel geringere inkrementelle bedingte Kernschadenswahrscheinlichkeit zur Folge.

Es findet eine systematische Ursachenanalyse statt, und die langfristige Entwicklung wird auf mögliche Trends untersucht. Aus festgestellten Ursachenschwerpunkten werden Verbesserungsmassnahmen abgeleitet.

Die Anzahl meldepflichtiger Vorkommnisse im KKB liegt im durchschnittlichen Bereich der anderen schweizerischen Kernkraftwerke. Ebenso ist die Anzahl Vorkommnisse mit besonderer sicherheitstechnischer Bedeutung mit einer Bewertung INES 1 vergleichbar mit den anderen schweizerischen Kernkraftwerken.

## 3.3 Reaktorkern, Brenn- und Steuerelemente

### 3.3.1 Reaktorkern

Die Reaktorkerne beider Blöcke bestehen aus je 121 Brennelementen (BE). Jedes BE hat 179 Brennstäbe, welche in einer quadratischen 14x14-Geometrie angeordnet sind. Die restlichen 17 Gitterpositionen sind von einem Instrumentierungsrohr und 16 Steuerelement-Führungsrohren belegt. Die Reaktorkerne beider Blöcke sind identisch. Daher wird im weiteren Verlauf nicht zwischen ihnen differenziert.

Anfang 2015 setzte das ENSI die Richtlinie ENSI-G20 in Kraft, die die bisherigen Richtlinien auf dem Gebiet der Reaktortechnik HSK-R-60 und HSK-R-61 ersetzte. Diese drei Richtlinien dienen dem ENSI als Bewertungsgrundlagen im Überprüfungszeitraum. Die beiden älteren werden in diesem Kapitel nicht mehr erwähnt, da sie inhaltlich vollumfänglich durch die neue Richtlinie abgedeckt sind.

#### 3.3.1.1 Kernauslegung

### Angaben des KKB

Die Kerne des KKB werden nach folgenden Merkmalen betrieben:

- Der Reaktorkern wird mit Ein-Jahres-Zyklen betrieben.
- Die Kernzusammensetzung besteht aus 6 Regionen, d. h., die BE werden in der Regel über 6 Zyklen eingesetzt. Die nominale Nachlademenge beträgt ca. 20 frische BE.
- Als Brennstoff dient ERU (Enriched Reprocessed Uranium) mit einem  $^{235}\text{U}$  Gehalt zwischen 4,58 und 4,69 w/o. Dies entspricht einer Anreicherung von 4,55 w/o  $^{235}\text{U}$ , denn ERU enthält ca. 0,13 w/o  $^{236}\text{U}$ , welches die Reaktivität des BE etwas reduziert.
- Die Begrenzung des maximalen mittleren BE-Abbrands beträgt 60 MWd/kgU. Dies ist in dem Auslegungs- und Lizenzierungsgrenzwert festgehalten.
- Seit 2013 werden im KKB 1 keine MOX (Mischoxid)-BE mehr eingesetzt. Gleiches gilt für das KKB 2 seit 2012.
- Es erfolgt eine «Low-Leakage» Beladung, wobei ausschliesslich hochabgebrannte BE in die Kernperipherie beladen werden.
- Es wird kein oder ein nur sehr geringer Streckbetrieb gefahren: Der Kern wird für den Betrieb bei Vollast während des gesamten Zyklus ausgelegt.

- Im Einsatz befinden sich Brennelemente der Fa. AREVA des Typs FOCUS.
- Seit 2013 befinden sich vier Vorläufer-BE der Fa. AREVA des Typs AGORA-4H (mit HTP-Abstandhaltern) im Einsatz.

Vor jeder Kernbeladung wird die Auslegung einer vollständigen Sicherheitsanalyse unterzogen. Diese Analyse erfolgt beim Brennstofflieferanten durch den Einsatz von diversen reaktorphysikalischen Methoden, welche die Berechnung von zyklusspezifischen sicherheitsrelevanten Parametern (SRP) ermöglichen. Diese SRP werden dann mit vordefinierten Grenzwerten aus generischen Analysen, welche in den RSAC-Listen (Reload Safety Analysis Checklist) enthalten sind, auf Einhaltung verglichen. Damit wird zyklusspezifisch nachgewiesen, dass für die vorgeschlagene Kernkonfiguration der Brennstoff für alle postulierten Zustände (Normalbetrieb, Störfälle und Unfälle) den entstehenden Belastungen gewachsen ist.

Die Zulässigkeit einer spezifischen Kernkonfiguration wird im KKB durch ein umhüllendes Konzept nachgewiesen. Dadurch wird überprüft, ob die Schlussfolgerungen der im Voraus durchgeführten generischen Sicherheitsanalysen ihre Gültigkeit für die aktuelle Kernbeladung behalten. Diese Sicherheitsanalysen wurden so konzipiert, dass sie alle im KKB eingesetzten BE-Typen abdecken. Sie basieren auf Gleichgewichtzyklen oder, wenn nötig, auf limitierenden Kernkonfigurationen und Mischkernzuständen. Diese werden mit dem Begriff Referenz-Sicherheitsanalyse (REF-SA) bezeichnet. Die REF-SA besteht aus einer Reihe von Sicherheitsanalysen, welche alle postulierten Störfälle untersuchen. Die Annahmen der REF-SA wurden so gewählt, dass diese für alle zukünftigen Nachladezyklen gültig bleibt.

Die zyklusspezifische Sicherheitsbewertung (Reactor Safety Evaluation, RSE) basiert somit auf einem konservativ abdeckenden Ansatz und den daraus resultierenden Grenzwerten. Soweit alle SRP für einen spezifischen Betriebszustand oder Störfall innerhalb des erlaubten Bereichs liegen, ist die entsprechende REF-SA weiterhin gültig. Sollte das nicht der Fall sein, sind zusätzliche Auswertungen erforderlich. Die Aufgabe der zyklusspezifischen Sicherheitsbewertung besteht darin zu überprüfen, ob die gültigen Sicherheitsgrenzwerte für die betreffende Kernbeladung eingehalten werden. Das wird dadurch erreicht, dass für jeden der in der REF-SA betrachteten Störfälle geprüft wird, ob die entsprechende Referenzanalyse durch die Einhaltung der vordefinierten Grenzwerte für den betreffenden Nachladezyklus gültig bleibt.

Grundsätzlich werden für die Sicherheitsnachweise einer Kernbeladung vier Hauptaspekte berücksichtigt und bewertet:

- Mechanische Brennelement-Auslegung;
- Neutronenphysikalische Kernauslegung;
- Thermohydraulische Kernauslegung;
- Thermomechanische Brennstab-Auslegung.

Die Bewertung aller unter diesen Aspekten berücksichtigten Sicherheitsparameter stellt sicher, dass der Kern für alle postulierten Bedingungen (Normalbetrieb, Störfälle und Unfälle) die Integritätsanforderungen erfüllt. Die komplette Liste der sicherheitsrelevanten Parameter ist in den RSAC-Listen gegeben.

Die Betriebserfahrung mit der Einsatzstrategie mit 6-Regionen-Kernen ist durchwegs positiv. Es wurden keine betriebsbedingten Brennstoffprobleme in dem gesamten Überprüfungszeitraum beobachtet.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A01<sup>A01</sup>, ENSI-A04<sup>A04</sup> und ENSI-G20<sup>G20</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die Änderung der Kernbeladung wird vom ENSI im zweistufigen Verfahren freigegeben. Bei der ersten Stufe werden für die vorläufige Kernbeladung die Einhaltung der Sicherheitsparameter im Betrieb, der Nachweis der qualitätsgesicherten Herstellung der neu zuzuladenden Brennelemente und die Einhaltung der Schutzziele



während des BE-Wechsels überprüft. Nach dem Abfahren der Anlage wird der Zustand der Brennelemente bei allfälligen Inspektionen für den weiteren Betrieb beurteilt. Nach eventuellen Änderungen, z. B. der Berücksichtigung des exakten Endabbrands des Vorgängerzyklus, wird die Auslegung der definitiven Kernbeladung in der zweiten Stufe sicherheitstechnisch beurteilt und für den neuen Zyklus freigegeben. Im Überprüfungszeitraum wurden die wichtigsten Sicherheitsparameter durch das Paul Scherrer Institut (PSI) mittels Nachrechnungen überprüft. Die realisierten Kernbeladungen erfüllten die Anforderungen des Schweizer Regelwerks und wurden für den Betrieb freigegeben. Die Schutzziele waren während der Kernumladungen stets eingehalten.

Beim Anfahren der Anlage führte das ENSI Inspektionen der reaktorphysikalischen Messungen durch, die das erwartete Verhalten bestätigten. Im Überprüfungszeitraum lagen alle Messwerte innerhalb der Anforderungen. Die periodische Berichterstattung über den Reaktorbetrieb wies die Einhaltung der Betriebsgrenzwerte nach.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass das KKB die gesetzlichen Anforderungen und Anforderungen aus den Richtlinien bei der Auslegung des Reaktorkerns erfüllt hat. Dies wird durch das auslegungsgemässe Verhalten der BE, die ausnahmslos defektfrei blieben, und die Messwerte der Reaktorüberwachung während des Überprüfungszeitraumes bestätigt.

### **3.3.1.2 Programme und Auslegungsverfahren**

#### **3.3.1.2.1. Neutronenphysikalische und thermohydraulische Kernauslegung**

##### **Angaben des KKB**

Die Zentralkomponente des Programmsystems FOXS bilden die Spektralprogramme MICBURN-3/CASMO-3G. Mit dieser Programmkombination werden mikroskopische Wirkungsquerschnitte (WQ) erzeugt. CASMO-3G ist ein 2-dimensionaler Multigruppen-Transportcode für Brennelement-Abbrandberechnungen. Als Ergebnis liefert CASMO-3G mikroskopische WQ, Diskontinuitätsfaktoren und heterogene Formfunktionen an den Kernsimulator PRISM.

PRISM ist ein 3-dimensionales Knoten-Diffusionsprogramm für die Ermittlung der Leistungsverteilung im Kern. Im Rahmen der zyklusspezifischen Sicherheitsbewertung wird PRISM für die Berechnung neutronenphysikalischer Parameter eingesetzt. Darüber hinaus liefert PRISM punktkinetische Parameter kondensiert auf sechs Gruppen. Diese Daten dienen als Eingabe für das Punktkinetikmodul der REF-SA und werden auch für die Programmierung des Reaktimeters im Kommandoraum benötigt.

Das Programmsystem PANBOX ist ein gekoppeltes neutronenphysikalisch-thermohydraulisches Programmsystem für die Analyse von Raum-Zeit Vorgängen in Druckwasserreaktoren. PANBOX wird für die zyklusspezifische Sicherheitsanalyse und für die Analyse von Transienten verwendet, die eine signifikante Störung der Leistungsdichteverteilung zur Folge haben. Mit PANBOX werden sowohl Langzeit-Transienten wie Xenon-Umverteilungen als auch Kurzzeit-Transienten wie der Stabauswurf analysiert. PANBOX ist in der Lage, nicht nur globale neutronenphysikalisch-thermohydraulische Rechnungen durchzuführen, sondern auch sicherheitsrelevante Parameter, wie minimaler DNBR (Departure from Nucleate Boiling Ratio, kritischer Abstand zum Filmsieden), maximale Brennstoff-Enthalpie und Brennstoff-Zentraltemperatur zu berechnen.

Das neutronenphysikalische Modul FLUXS löst die stationären, das Modul FLUXT die zeitabhängigen und das FLUXA-Modul die raumabhängigen adjungierten Diffusionsgleichungen. Alle drei Programme können eine beliebige Anzahl von Energiegruppen berücksichtigen. Für die für das KKB relevanten Berechnungen werden jedoch in Übereinstimmung mit PRISM zwei Energiegruppen benutzt. Mit dem Modul FLUXA können die Gewichtung und der effektive Anteil der verzögerten Neutronen bestimmt werden.

Das thermohydraulische Programm COBRA 3-CP ist mit den Modulen FLUXS/FLUXT von PANBOX-3 gekoppelt. COBRA 3-CP löst die zeitabhängigen Gleichungen für die Massen-, Impuls- und Energie-Erhaltung der Mischgrößen. PANBOX-3 erlaubt die gekoppelte Berechnung von Systemtransienten mit Wirkung auf dreidimensionale Effekte im Kern.

Für die FOCUS-Brennelemente wird eine CHF (Critical Heat Flux, kritischer Wärmestrom)-Tafel, KWU-Tafel genannt, als DNB-Korrelation verwendet. Für die AGORA 4H-BE wird eine spezielle CHF-Korrelation, als HTP-Korrelation bezeichnet, eingesetzt. Diese Korrelation wurde für Brennelemente mit HTP-Abstandhalter entwickelt und validiert und wurde von der US-amerikanischen Aufsichtsbehörde (Nuclear Regulatory Commission, NRC) anerkannt. Für die Anwendung im KKB hat AREVA die HTP-Korrelation unverändert übernommen.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A04<sup>A04</sup> und ENSI-G20<sup>G20</sup>

### Beurteilung des ENSI

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Kernausslegung anforderungsgerecht erfolgt. Die Berechnungsergebnisse werden sehr gut, d. h. mit geringen Abweichungen, durch die Messergebnisse der Kernüberwachung bestätigt.

Wegen des geplanten Einsatzes von Brennelementen des Typs AGORA-4H in Nachlademengen beantragte das KKB im Überprüfungszeitraum das Herabsetzen des DNBR-Grenzwertes für FOCUS-Brennelemente von 1,4 auf 1,3. Der DNBR-Grenzwert stellt ein vorgelagertes Nachweisziel für die Einhaltung der technischen Kriterien der Gefährdungsannahmen-Verordnung des UVEK für die Brennstab-Hüllrohrintegrität dar. Da das Statistical Design Limit unverändert bei 1,233 blieb, besteht aus Sicht des ENSI immer noch eine deutliche Marge zum Grenzwert. Das ENSI gab die Änderung frei.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu dem Schluss, dass die neutronenphysikalische und thermohydraulische Kernausslegung anforderungsgerecht ist.

#### 3.3.1.2.2. Thermomechanische Kernausslegung

### Angaben des KKB

Das Brennstabmodellierungsprogramm CARO-E3 ist seit dem Jahr 2012 im KKB im Einsatz. Mit der Einführung von CARO-E3 als Brennstoffmodellierungsprogramm werden tendenziell höhere Brennstabinnendrucke berechnet als mit CARO-E2. Im Zuge der Umstellung auf CARO-E3 wurde die Auslegungsgrenze für die Hüllrohrvergleichsdehnung durch langzeitige Wechselwirkung zwischen Brennstoff und Hüllrohr von 2,5 % auf 3,5 % angehoben. Der Brennelementelieferant AREVA hatte bereits vor einigen Jahren das einheitliche Auslegungskriterium für die plastische Vergleichsdehnung des Hüllrohres für andere Projekte derart angehoben. Durch die Langzeiterfahrung mit verschiedenen Hüllrohrmaterialien (u. a. auch Duplex) wurde gezeigt, dass die plastische Dehnung des Hüllrohres bei langsamer Kriechverformung bis zu 3,5 % keinerlei Auswirkungen auf die Materialintegrität, die Einsatzfähigkeit der Brennelemente oder auf die Sicherheit hat.

Gleichzeitig mit dem Einsatz von CARO-E3 wurden zwei Nachweismethoden geändert:

- Kriterien für die Brennstab-Analyse (Thermomechanische Auslegung);
- LOCA (Loss of Coolant Accident, Kühlmittelverluststörfall)-Analyse.

In der Langzeitrechnung (Normalbetrieb) werden die Häufigkeitsverteilungen des maximalen Brennstabinnendruckes und der maximalen Vergleichsdehnung im Hüllrohr ermittelt. Dabei wird das 95 %/99.9 %-Quantil berücksichtigt, um die Einhaltung der Auslegungsgrenzwerte sicherzustellen. Im Fall, dass der Brennstabinnendruck über dem Systemdruck (Nennwert 155,1 bar) liegt, müssen die ROPE (Rod OverPressure Experiments)-Kriterien angewendet werden. Dies geschieht durch die Überprüfung der Parameter Hüllrohr-Kriechrate, akkumulierte Hüllrohr-Kriechdehnung und Hüllrohr-Tangentialspannung.

In der Heisskanalanalyse werden die postulierten Transienten «Bank-Fehlausfahren» und «fehlerhafte Borverdünnung» untersucht. Die Berechnungen werden am Zyklusbeginn (bei 3 Volllasttagen) und zum Ende des natürlichen Zyklus durchgeführt. Dabei werden der Abstand zum Brennstoffschmelzen (Schmelztemperatur

minus Brennstoff-Zentraltemperatur, 95 %/5 %-Quantil) und die maximale Tangentialdehnung im Hüllrohr (95 %/95 %-Quantil) überprüft.

Die Einhaltung der LOCA-Kriterien wird überprüft, indem die maximalen lokalen Brennstableistungen und die Brennelement-gemittelten Leistungen mit den in der Heissstabanalyse angesetzten Grenzwerten verglichen werden. Diese Grenzwerte werden als Funktion des Brennstababbrands bzw. des Brennelementabbrands angegeben.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A04<sup>A04</sup> und ENSI-G20<sup>G20</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB hat dem ENSI für den Ersatz von CARO-E2 durch CARO-E3 alle relevanten Unterlagen mit einem Freigabeantrag eingereicht. Das ENSI kam zu dem Schluss, dass die in CARO-E3 verwendeten Methoden ausreichend validiert und für den vorgesehenen Anwendungsbereich ausreichend verifiziert sind. CARO-E3 stellt eine Verbesserung gegenüber der Vorgängerversion CARO-E2 dar. Das Programm ist für Brennstabauslegungsberechnungen geeignet. Mit der neuen Strategie für die zyklusspezifischen Nachweise der Einhaltung der Brennstabkriterien bei neuen Kernkonfigurationen erklärte sich das ENSI einverstanden.

In einem weiteren Schritt gab das ENSI die Anwendung von Kriechkurven bestrahlter Hüllrohrmaterialien für die Herleitung von Temperaturlimiten bei der Trockenlagerung abgebrannter Brennelemente mit Zircaloy-4-Duplex-Hüllrohren frei.

Die thermomechanische Auslegung sowie die LOCA-Analyse werden vom KKB zyklusspezifisch nachgewiesen und vom ENSI überprüft. Diese sind Bestandteil des Freigabeverfahrens zum Be- und Entladen des Reaktorkerns während der jährlichen Revisionsabstellungen.

Abschliessend kann das ENSI bestätigen, dass das KKB die thermomechanische Kernausslegung mit freigegebenen Methoden nachweist.

### **3.3.1.3 Kernüberwachung**

#### **Angaben des KKB**

Zur Kernüberwachung werden im Wesentlichen zwei Methoden verwendet:

- Online-Informationen über den Zustand des Reaktorkerns werden vom Anlageinformationssystem ANIS und vom Kernsimulatorsystem GARDEL bereitgestellt und vom KKB regelmässig überprüft.
- Spätestens nach 31 Volllasttagen wird vom KKB eine Vollkern-Neutronenflussverteilungsmessung (Flux-Map) durchgeführt und ausgewertet.

Das Online-System GARDEL wird im KKB seit 2003 zur Kernüberwachung eingesetzt und hat seitdem mit einer Verfügbarkeit von 100 % gearbeitet. Auch das Advanced Flux Mapping System hat seit seiner Installation im Jahre 1992 zuverlässig funktioniert.

Aus Sicht der Kernüberwachung sind innerhalb des ANIS die «Nuclear Application Programs» von besonderer Relevanz. Diese standen in dem aktuellen Überprüfungszeitraum während des Leistungsbetriebs beider Blöcke immer zur Verfügung.

GARDEL läuft, mit regelmässigen Backups, auf zwei redundanten Servern, die im Zusammenhang mit dem Austausch von ANIS im Jahr 2015 (Projekt NEXIS) neu erworben wurden. Im Rahmen des Projektes NEXIS wurde das bisherige, auf UNIX basierende Betriebssystem durch Windows ersetzt und auch GARDEL von Version 1.4 auf Version 1.6 aktualisiert. Zudem wurden und werden in Zusammenarbeit mit Studsvik bei Bedarf Optimierungen an GARDEL vorgenommen.

## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinie ENSI-G20<sup>G20</sup>

## Beurteilung des ENSI

Im KKB wird eine vergleichsweise konservative Einsatzstrategie und Auslegung des Reaktorkerns betrieben. Diese spiegelt sich in den sehr ähnlichen Ergebnissen der Auslegungsberechnungen für die Nachweise der sicherheitsrelevanten Parameter wider. Diese Berechnungsergebnisse werden sehr gut und mit geringen Abweichungen durch die Messergebnisse der Kernüberwachung bestätigt. Auch Details in der Änderung der Kernauslegung sind daher in den Messergebnissen ersichtlich.

Das ENSI bestätigt, dass es ordnungsgemäss über das Update von GARDEL gemäss Richtlinie ENSI-G20 informiert wurde.

Das ENSI kommt zu dem Schluss, dass die Kernüberwachung anforderungsgerecht erfolgt. Zudem ist das KKB laufend bestrebt, dem Stand der Technik bei der Kernüberwachung durch den Austausch von Teilsystemen zu folgen und dadurch deren Zuverlässigkeit weiterhin zu gewährleisten.

### 3.3.2 Brennelemente

#### 3.3.2.1 Änderungen der Brennelemente

#### Angaben des KKB

Im Überprüfungszeitraum wurden neben den Standard-BE des Typs FOCUS auch vier Vorläufer-BE des Typs AGORA-4H eingesetzt. Beide BE-Typen stammen vom Brennelementhersteller AREVA.

##### *FOCUS-Nachlade-Brennelemente*

Die Brennelemente der Region 89 wurden seit 2011 für das KKB mit der Stirnfläche Typ «R» gefertigt und werden seit 2013 standardmässig eingesetzt. Bei der Fabrikation zeigen die Tabletten ein wesentlich verbessertes Erscheinungsbild mit weniger Abplatzungen.

Beim Einsatz im KKB lässt sich kein Unterschied zum vorherigen Tablettendesign feststellen, da auch früher keine PCMI (Pellet Cladding Mechanical Interaction)-Schäden im KKB beobachtet wurden. Das Brennstoffverhalten ist nach wie vor tadellos. Es sind auch international keine negativen Erfahrungen mit diesem Typ der Stirnflächen bekannt geworden.

##### *AGORA-4H-Vorläufer-Brennelemente*

Für einen Wechsel von FOCUS zu AGORA-4H-Brennelementen wurden in einer ersten Phase im Jahr 2013 vier Vorläufer-BE des Typs AGORA-4H im Block 2 eingesetzt.

Während die Brennstabauslegung gleich bleibt, ändern sich die Abstandhalter vom Bimetall-Konzept zu Voll-Zircaloy-Abstandhaltern. Davon ausgenommen ist der unterste Abstandhalter, der ganz aus Inconel besteht. Die neuen Abstandhalter haben sich international durch den Linienkontakt als noch frettingsicherer als die FOCUS-Abstandhalter erwiesen. Ausserdem enthalten die AGORA-4H-BE einen verbesserten Fremdkörperfilter im Fuss mit erhöhter Abscheidewirkung und eine neu gestaltete Verbindung zwischen Führungsrohren und Kopf (Bajonettverschluss) zur besseren Reparaturfähigkeit. Aufgrund des geänderten Abstandhalterdesigns zeigen die AGORA-4H-Brennelemente einen etwas geringeren Strömungswiderstand als die FOCUS Brennelemente. Dieser Unterschied wird in der Kernsimulation explizit berücksichtigt. Die resultierende Umverteilung des Kühlmittelstroms aufgrund der vier AGORA-4H-Vorläuferbrennelemente stellt kein Problem für den Betrieb des Kerns dar.

Seit dem Einsatz im Jahr 2013 wurden keine Auffälligkeiten im Verhalten der Vorläufer-BE beobachtet.

## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A01<sup>A01</sup>, ENSI-A04<sup>A04</sup> und ENSI-G20<sup>G20</sup>

## Beurteilung des ENSI

Das KKB hat für alle relevanten Änderungen Freigabeanträge gemäss Richtlinie ENSI-G20 eingereicht und ist somit seiner Verpflichtung nachgekommen. Die vom KKB aufgeführten Änderungen wurden vom ENSI freigegeben. Im Rahmen der Betriebsverfolgung wurden keine Auffälligkeiten an den BE festgestellt. Inspektionen an den Vorläufer-BE fanden neben den unter Kap 3.3.2.2.1 beschriebenen auch im Jahr 2017 statt. Das Betriebsverhalten entspricht erwartungsgemäss den Auslegungsanforderungen sowie den Erfahrungswerten des Brennelementherstellers.

### 3.3.2.2 **Betriebserfahrung**

#### 3.3.2.2.1. Inspektionen im KKB

#### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum fanden insgesamt zwei Inspektionskampagnen, welche vom Brennelementhersteller AREVA durchgeführt wurden, statt.

##### *Inspektion 2012*

Beim Lösen des Greifers während des Beladevorgangs bewegte sich ein FOCUS-BE unerwartet, kippte seitlich weg und blieb in Schräglage an die Kernumfassung (Kernmantel) angelehnt stehen. Das Vorkommnis führte zu keiner Aktivitätsfreisetzung. Das Brennelement wurde geborgen und ins Brennelementlager transportiert. Bedingt durch diesen Handhabungsvorfall wurden das betroffene BE sowie ein Referenz-BE des Typs FOCUS visuell inspiziert und vermessen. Bis auf eine leichte Deformation der Niederhaltefeder am betroffenen BE befanden sich alle sonstigen Parameter im Erfahrungsbereich.

##### *Inspektion 2015*

Für die Inspektionen im Jahr 2015 wurden sowohl Standard-BE des Typs FOCUS als auch Vorläufer-BE des Typs AGORA-4H ausgewählt. Das Inspektionsprogramm umfasste folgende Prüfungen an ausgewählten Brennelementen:

- visuelle Inspektionen;
- BE- und Brennstab-Längenmessungen;
- BE-Geradheitsmessungen;
- Oxiddickenmessungen;
- CRUD-Entnahme mit anschliessender Auswertung.

Bei den visuellen Inspektionen und messenden Prüfungen wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Die BE-Verbiegungen sind sehr gering. Alle Ergebnisse liegen im Rahmen der AREVA-Erfahrungsbasis.

##### *Geplante BE-Inspektionen*

Das laufende Inspektionsprogramm wird im Rahmen des Einsatzes der vier AGORA-4H Vorläufer-BE durchgeführt. Durch das unveränderte Brennstabdesign der AGORA-4H-BE gegenüber den im Einsatz befindlichen FOCUS-BE sind die Inspektionsergebnisse an Brennstäben (visuelle Inspektion, Längenwachstum) für beide BE-Typen anwendbar.

Es wurde im 2017 ein Inspektionsprogramm aufgestellt, welches den Zeitraum bis zum vorgesehenen Ende des Leistungsbetriebs (2030) abdecken soll.

## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinien ENSI-A04<sup>A04</sup> und ENSI-G20<sup>G20</sup>

### Beurteilung des ENSI

Die Inspektionen der Nachlade- und Vorläuferbrennelemente stellen das Fundament der Betriebserfahrung dar und dienen der Überwachung der Auslegungskriterien bzw. des vorausgesetzten Materialverhaltens. Vor dem Einsatz eines Vorläuferbrennelements ist ein Inspektionsprogramm aufzustellen. Die Ergebnisse der Inspektionen werden mit den Betriebserfahrungen des Brennelementherstellers verglichen. Die auf Messungen und visuelle Inspektionen gestützte Betriebserfahrung belegt den auslegungsgemässen Zustand der Brennelemente bis zu den freigegebenen Abbränden.

Das Inspektionsprogramm, das den Zeitraum bis Ende 2030 abdecken soll, wurde eingereicht und wird zurzeit aufdatiert.

Das ENSI informiert sich bei jeder Inspektionskampagne über die Ergebnisse und kann das auslegungskonforme Verhalten der Brennelemente im KKB bestätigen.

#### 3.3.2.2.2. Brennelementschäden

### Angaben des KKB

Im KKB sind seit dem Jahr 2001 keine Brennstabdefekte mehr aufgetreten, was die hohe Zuverlässigkeit der BE im KKB und die adäquate BE-Überwachung unterstreicht. Im internationalen Vergleich weist das KKB damit eine sehr hohe BE-Zuverlässigkeit aus.

## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinie ENSI-G20<sup>G20</sup>

### Beurteilung des ENSI

Das ENSI kann bestätigen, dass im gesamten Überprüfungszeitraum keine Brennstabschäden detektiert wurden. Die Brennelemente respektive Brennstäbe verhielten sich auslegungskonform.

#### 3.3.2.2.3. Internationale Betriebserfahrung

### Angaben des KKB

Die internationale Betriebserfahrung der eingesetzten BE wird regelmässig vom BE-Hersteller zusammengestellt. Die jüngste Zusammenstellung zeigt international eine sehr tiefe Fehlerhäufigkeit mit abnehmender Tendenz.

In den letzten Jahren waren zwei Fehlermechanismen vorherrschend: Einerseits PCMI-Schäden beim Anfahren, andererseits erhöhte BE-Verbiegung von BE mit HTP-Abstandhaltern und daraus folgende BE-Schäden, welche Siemens-KWU-Anlagen betrafen. Aufgrund der PCMI-Befunde wurde die Stirnflächengeometrie der Tabletten verbessert. Zur Verringerung der BE-Verbiegung wurden ebenfalls verschiedene Massnahmen umgesetzt, v. a. eine Reduktion der Niederhaltekräfte. Da das KKB als Westinghouse-Anlage ohnehin nur sehr tiefe Niederhaltekräfte benötigt, wurde nach eingehender Analyse geurteilt, dass eine erhöhte BE-Verbiegung auch beim Einsatz von AGORA-4H-BE mit HTP-Abstandhaltern für das KKB praktisch ausgeschlossen werden kann.

### Beurteilung des ENSI

Das ENSI kann die Aussagen des Betreibers bestätigen, da im KKB weder PCMI-Schäden noch erhöhte Brennelementverbiegungen vorlagen.

### 3.3.2.3 Fertigung

#### Angaben des KKB

In dem Überprüfungszeitraum wurden Brennelemente ausschliesslich von AREVA bezogen. Die einzelnen Komponenten werden entweder in AREVA-eigenen Fabriken oder bei qualifizierten Unterlieferanten hergestellt. Der wichtigste Unterlieferant ist MSZ, wo die Brennstofftabletten hergestellt werden. Bei MSZ finden auch die Fabrikation der Brennstäbe sowie die finale Assemblierung der von AREVA angelieferten Hauptkomponenten (Skelette, Köpfe, Füsse) statt.

Die Axpo als Käufer der Brennelemente für das KKB führt regelmässig Systemaudits beim Hersteller und den wichtigsten Zulieferern durch, während derer die Konformität des firmeneigenen Qualitätssicherungs- und Managementsystems gegen die Anforderungen der ISO 9001 geprüft wird. Im Überprüfungszeitraum wurde ein solches Systemaudit bei den Herstellern durchgeführt und in den entsprechenden Audit-Berichten dokumentiert.

Der Schwerpunkt der Qualitätsüberwachung bei der Brennelementherstellung lag und liegt in der engen Begleitung der Fertigung durch Inspektionen. Dabei nimmt die Axpo stichprobenweise Überprüfungen der Fertigung, der Qualitätskontrollen und der Dokumentation vor. Zusätzlich erfolgen eine abschliessende visuelle Kontrolle und Masskontrollen an jedem einzelnen Brennelement nach der Freigabe durch den Hersteller bei MSZ. Weiter werden die Herstellungsdocumentation und allfällige Produktabweichungsberichte durch die Axpo noch vor dem Transport beim Hersteller geprüft. Die Transportfreigabe wird erst aufgrund der erfolgreichen Dokumentenprüfungen erteilt. Bei der Abnahme durch die Axpo bei MSZ wurden keine Brennelemente zurückgewiesen oder repariert.

Nach der Lieferung an das KKB erfolgt eine Prüfung auf eventuelle Transportschäden durch die Axpo. Das gesamte Vorgehen wird kampagnenspezifisch in Qualitätsplänen vorbereitet und dokumentiert. Die gesamte Fertigungs- und Herstellungsdocumentation wird sowohl beim Lieferanten als auch bei der Axpo während mindestens 10 Jahren archiviert.

Während des Überprüfungszeitraums wurde die Fertigung von insgesamt 164 Brennelementen für das KKB mit abschliessender Abnahme beim Hersteller und Annahme im KKB überwacht. Dabei wurden die Brennelemente in den Jahren 2012 bis 2015 fabriziert.

#### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinie ENSI-G20<sup>G20</sup>

#### Beurteilung des ENSI

Gemäss Anforderung der Richtlinie ENSI-G20 muss sichergestellt werden, dass bei der Herstellung der Brennelemente die anwendbaren schweizerischen gesetzlichen Vorschriften, behördlichen Auflagen und weitere technische Anforderungen eingehalten werden. Die Beschaffung der Brennelemente hat gemäss den im Managementsystem der Betriebsorganisation festgelegten Abläufen zu erfolgen. Die Betriebsorganisation hat zu überprüfen, dass das Qualitätsmanagement des Brennelementelieferanten geeignet ist, die Herstellung auslegungsgemässer Brennelemente sicherzustellen.

Das ENSI erhält für jede Brennelementenachlieferung ein Design-Review, in dem die Änderungen an den Brennelementen dokumentiert sind. Ferner reicht das KKB nach jeder Fertigungskampagne einen Bericht ein, aus dem die gegengeprüften Komponenten sowie allfällige Abweichungen hervorgehen. Diese Unterlagen werden vom ENSI geprüft, um eventuelle Abweichungen und deren Auswirkung auf den Brennelementeinsatz zu bewerten. Diese Überprüfung wird regelmässig mit der Freigabe einer neuer Kernbeladung durchgeführt. Das ENSI kann bestätigen, dass im Überprüfungszeitraum nur auslegungsgerechte Brennelemente in den Kern geladen wurden und die festgestellten Abweichungen bei der Fertigung keine Auswirkung auf das BE-Verhalten und den Reaktorbetrieb hatten. Die Anforderungen des Regelwerks wurden erfüllt. Das ENSI begleitete zudem das KKB bei der Durchführung von Fabrikationsprüfungen und stellte dabei ein der Qualitätssicherung angemessenes Vorgehen fest.

### 3.3.2.4 Lagerung und Handhabung

#### 3.3.2.4.1. Kritikalitätssicherheitsanalysen

Das KKB verfügt über Lagereinrichtungen sowohl für frische, also unbestrahlte, als auch für bereits eingesetzte, also bestrahlte, Brennelemente.

##### *Trockene Lagerung von unbestrahlten Brennelementen und deren Handhabung*

Unbestrahlte Brennelemente werden in der Regel nach der Anlieferung in einen freien Schacht des Trockenlagers (Lager N) gestellt. Zum Schutz der gelagerten frischen Brennelemente gegen äussere Einflüsse und zur Verhinderung des Eintrags von Wasser sind die einzelnen Lagerschächte des Trockenlagers mit einer Stahlabdeckung verschlossen.

Bei der Handhabung frischer Brennelemente wurden keine Abweichungen festgestellt. Ebenso wurden keine Auffälligkeiten oder Abweichungen an den Lagerschächten entdeckt.

##### *Nasse Lagerung von bestrahlten Brennelementen und deren Handhabung*

Bestrahlte Brennelemente sowie frische Brennelemente, welchen ein Ersteinsatz kurz bevor steht, werden im betrieblichen Lagerbecken gelagert. Hierfür stehen je Block insgesamt zwei Nasslager zur Verfügung: das Lagerbecken A (auch Borallager genannt) mit Borallplatten in den Lagergestellen und das Lagerbecken B (auch Stahllager genannt) mit Lagergestellen aus Stahl.

Die Nasslagerbecken sind betriebliche BE-Lager, d. h. sie werden überwacht. Dabei werden u. a. der Füllstand und die Temperatur in den Becken ununterbrochen gemessen und mit den entsprechenden Sollwerten verglichen. Bei einer unzulässigen Abweichung erfolgt ein Alarm im Kommandoraum. Auch die Borkonzentration in den Becken, welche etwa 4'000 ppm beträgt, wird täglich überwacht.

Das Umsetzen der BE erfolgt streng nach einem sogenannten Schrittplan. Der Schrittplan gibt die Reihenfolge an, in der die BE bzw. BE-Einsätze (Fingerzapfen, Steuerelemente) umzusetzen sind. Er gibt die Position der BE bzw. BE-Einsätze vor und auch nach dem Umsetzen an. Die bisher damit gesammelten Erfahrungen sind sehr positiv.

##### *Sicherstellung der Unterkritikalität*

Konservativerweise wird bei den Unterkritikalitätsberechnungen eine Borkonzentration von 0 ppm (reines Wasser) angenommen. Da die tatsächliche Borkonzentration 4'000 ppm beträgt, ist eine Verletzung der Unterkritikalität vollkommen ausgeschlossen. Zudem ist die grosse Mehrheit der dort gelagerten BE bereits stark abgebrannt, d. h. sie weisen eine geringe Restreaktivität auf.

Für den Kritikalitätssicherheitsnachweis des Lagers N wurde nachgewiesen, dass die Kritikalitätssicherheit ( $k_{eff} < 0,95$ ) unter normalen und auch unter Störfallbedingungen bis zu einer BE-Anreicherung ( $^{235}\text{U}$ ) von 7,0 w/o eingehalten wird.

Zurzeit beträgt im Lager N die maximal zulässige Anreicherung für  $\text{UO}_2$ -BE 4,89 w/o  $^{235}\text{U}$  und für MOX-BE 8,17 w/o  $\text{Pu}_{\text{fiss}}$ , d. h. 10,61 Gewichtprozent Pu-Gehalt für Pu mit 77 %  $\text{Pu}_{\text{fiss}}$ . Diese Grenzwerte gelten aus Konsistenzgründen für alle BE-Lager des KKB.

Alle Berechnungen zum Nachweis der Einhaltung der geforderten Unterkritikalität der BE-Lager wurden bis anhin vom PSI mit dem Programm BOXER durchgeführt. Der auf BOXER basierende Kritikalitätssicherheitsnachweis für das Borallager wurde bereits vor mehreren Jahren durch Berechnungen mit MCNPX am PSI überprüft. Dabei zeigte sich eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse.

Genauer wurden die im PSI-Bericht beschriebenen Kritikalitätssicherheitsanalysen mit dem modernen Monte-Carlo-Code MCNPX unter Verwendung von aktuellen Wirkungsquerschnitts-Bibliotheken durchgeführt. Zur Validierung wurde ein umfangreicher Satz von 149 kritischen Experimenten herangezogen. Für die Abbrandrechnungen wurde CASMO-4E von Studsvik Scandpower benutzt, d. h. ein Standard-Code, der seit Jahren weltweit angewendet wird und sich bewährt hat. Das Borallager des KKB wurde gewählt, da bei diesem vom Abbrand Kredit genommen wurde, und dieses somit im Vergleich zu den anderen Lagerbecken die grössere



Herausforderung für eine Rechenmethode darstellt. Die Ergebnisse dieser Kritikalitätssicherheitsanalysen, in Form der maximal zulässigen Anfangsanreicherung der BE, waren in sehr guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen des BOXER-Programms. Darüber hinaus wurde bei den Rechnungen festgestellt, dass die BOXER-Ergebnisse leicht konservativer sind als die mit MCNPX erhaltenen Resultate. Aus dieser guten Bestätigung der mit BOXER ausgeführten Kritikalitätssicherheitsanalysen hat das KKB den Schluss gezogen, dass BOXER als Rechenmethode korrekte Ergebnisse liefert und kein dringender Bedarf dafür besteht, alle mit BOXER erbrachten Nachweise erneut basierend auf anderen Methoden zu erstellen.

Obwohl für das KKB kein Zweifel daran besteht, dass das BOXER-Programm zuverlässige Ergebnisse liefert, kann die Methodik, mit der die BOXER-Analysen durchgeführt wurden, als nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend angesehen werden. Insbesondere die Behandlung von Unsicherheiten bei den Kritikalitätssicherheitsnachweisen kann und wird in den kommenden Jahren verbessert werden.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinien ENSI-G04<sup>G04</sup> und ENSI-G20<sup>G20</sup>
- NUREG-0800, Kap. 9<sup>NUREG-0800</sup>
- Interim Staff Guidance DSS-ISG-2010-01<sup>ISG-2010-01</sup>

### Beurteilung des ENSI

Die Handhabung und Lagerung von Brennelementen verlief im Überprüfungszeitraum anforderungsgerecht. Die Einhaltung der Schutzziele bei der Lagerung und Umsetzung der BE wird vom ENSI jährlich im Rahmen des Freigabeverfahrens für die Änderung der Kernbeladung kontrolliert. Die positive Betriebserfahrung mit der Lagerung von BE kann vom ENSI bestätigt werden.

Wie schon in seiner «Sicherheitstechnischen Stellungnahme zur periodischen Sicherheitsüberprüfung 2012 des Kernkraftwerks Beznau» stellt das ENSI fest, dass der für die Nachweise eingesetzte Berechnungscode BOXER anhand von 18 Kritikalitätsbenchmarks validiert wurde, was im Vergleich zu der aktuell verfügbaren Anzahl von über hundert Benchmarks unzureichend erscheint. Wegen der Approximationen in dem Code und der Verfügbarkeit von Monte-Carlo-Berechnungsmethoden kann die Anwendung von BOXER als überholt bewertet werden.

Das ENSI kann nach der Überprüfung der Kritikalitätsnachweise bei der Lagerung von BE in den Lager-einrichtungen des KKB nicht bestätigen, dass die bereits im Überprüfungszeitraum der PSÜ 2012 gültigen Normen und Richtlinien vollumfänglich erfüllt sind. Da ein Teil der Nachweise durch die Berechnungen mit dem Monte-Carlo-Code MCNP vom PSI verifiziert wurde und zudem Sicherheitsmargen vorliegen, ist aus Sicht des ENSI die Kritikalitätssicherheit bei der Lagerung gewährleistet. Die Kritikalitätsnachweise müssen jedoch dem Stand der Technik genügen, wobei entsprechende Nachweismethoden und Berechnungsprogramme anzuwenden sind. Die Einführung aktueller Berechnungsmethoden und die Überarbeitung der Kritikalitätsnachweise wurden gemäss dem Konzept<sup>Axpo-2020-03-31</sup> bis Ende Juni 2021 termingerecht abgeschlossen. Die Nachweise werden vom ENSI im laufenden Aufsichtsverfahren bewertet.

#### 3.3.2.4.2. Aktivitätsüberwachung und Brennstabintegrität

### Angaben des KKB

Die Messung einer höheren Primärwasseraktivität während des Zyklus gibt den ersten Hinweis auf undichte BE im Kern. Dieser Verdacht wird eindeutig bestätigt, wenn bei einer Lastabsenkung von mehr als 50 % oder beim Abfahren des Reaktors am Zyklusende ein sogenannter Iod-Peak (I-131) gemessen wird.

Falls die Primärwasseraktivitätsmessungen beim Abfahren des Reaktors einen Iod-Peak zeigen, werden während des Kernentladens alle 121 BE einer Dichtheitsprüfung (Sipping-Test) mit der Sipping-Einrichtung des KKB unterzogen. Zweck dieses Testes ist es, die undichten BE zu ermitteln. Diese werden als undicht dokumentiert und für eine baldige Reparatur vorgesehen.

Ferner werden die Nummern der undichten BE umgehend dem Kernausleger (AREVA) bekannt gegeben. Falls eines oder mehrere der undichten BE für die neue Kernladung vorgesehen sind, wird dem Kernausleger mitgeteilt, dass er einen neuen Beladeplan ohne die undichten BE für den neuen Zyklus berechnen soll.

Alle in den BE-Lagerbecken des KKB seit dem letzten Überprüfungszeitraum gelagerten Brennelemente sind dicht.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-G20<sup>G20</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die vom KKB getroffenen Massnahmen zur Überwachung und Sicherstellung der Integrität der Brennelemente und der damit einhergehende Nachweis der Transportfähigkeit sind ausreichend und zielgerichtet. Im Rahmen der Auslegung wird überdies der strukturelle Nachweis für die Langzeit-Trockenlagerung von den Brennelementherstellern erbracht.

Das ENSI kann die Dichtheit der in den Lagern des KKB befindlichen Brennelementen bestätigen. Die technischen Voraussetzungen und administrativen Massnahmen zum Detektieren eines Defekt-BE und zur anschliessenden Handhabung sind anforderungsgerecht.

### **3.3.3 Steuerelemente**

Im KKB wurden noch nie Schäden an den Steuerelementen (Rod Control Cluster Assemblies, RCCA) beobachtet. Die gemessenen Fallzeiten aller Steuerelemente in beiden Blöcken lagen innerhalb der in den Technischen Spezifikationen vorgegebenen Limiten.

Im Jahr 2014 wurden alle in Betrieb stehenden 50 RCCA (25 pro Block) durch baugleiche RCCA ausgetauscht. Zusätzlich stehen insgesamt drei ungebrauchte RCCA als Ersatz zur Verfügung.

#### *Fertigung*

Im Jahr 2014 wurden 52 Steuerelemente von Westinghouse beschafft. Da es sich um eine einmalige Fabrikationskampagne handelte, wurde das Qualitätsmanagement des Steuerelementlieferanten im Rahmen der Besuche für die Fabrikationsüberwachung beurteilt. Westinghouse ist global gemäss ISO 9001 zertifiziert.

Die Herstellungsdocumentation wurde durch die Axpo geprüft. Bei der Abnahme durch die Axpo bei Westinghouse wurden keine Steuerelemente zurückgewiesen oder repariert. Nach der Lieferung an das KKB erfolgte eine Prüfung auf eventuelle Transportschäden durch die Axpo ohne Befund.

#### *Handhabung von Steuerelementen*

Die Handhabung von Steuerelementen erfolgt im BE-Lager während der Revisionsabstellungen mit Hilfe des Steuerstabwechselwerkzeuges. Dieses wird nur durch erfahrene, speziell dafür geschulte Operateure bedient. Bei dieser Tätigkeit werden die Steuerelemente in die BE umgesetzt, wie dies für die Kernbeladung des neuen Zyklus erforderlich ist. Weiter werden die Steuerelemente während ihrer Inspektion, welche alle sechs Jahre erfolgt, gehandhabt.

Alle Handhabungen von Steuerelementen bei den Umsetztätigkeiten und deren Inspektionen verliefen erfolgreich und ohne Zwischenfälle.

#### *Inspektionen und Betriebserfahrung*

Alle im Überprüfungszeitraum neu gefertigten und angelieferten RCCA wurden vor ihrem Einsatz mittels Wirbelstromprüfung untersucht. Diese Wirbelstromprüfung dient dazu, den Anlieferungszustand zu erfassen, um spätere Messungen mit dem Originalzustand vergleichen zu können. Aus den Messungen der Wirbelstromprüfung können Aussagen über ein allfälliges Schwellen der Absorberstäbe abgeleitet werden. Darüber hinaus lassen sich Aussagen über die Hüllrohrintegrität und die Wanddicke treffen, um einen allfälligen Abrieb an den RCCA-Führungen frühzeitig erkennen zu können.

Aufgrund der guten Betriebserfahrung im KKB und der Tatsache, dass alle RCCA im Jahre 2014 durch neue ersetzt wurden, werden bis 2020 keine weiteren Inspektion an den RCCA mehr durchgeführt werden.

### *Internationale Betriebserfahrung*

Die internationale Betriebserfahrung der eingesetzten RCCA wird regelmässig vom Hersteller Westinghouse zusammengestellt. Die Zusammenstellung zeigt keine Auffälligkeiten beim weltweiten Einsatz der RCCA. Westinghouse hat bestätigt, dass es auch bis über das Ende des Überprüfungszeitraums hinaus zu keinen Auffälligkeiten gekommen ist. Das im KKB zur Anwendung kommende RCCA-Design ist international seit Mitte der 80er Jahre mit knapp 3'000 RCCA im Einsatz. In den meisten Anlagen kommt es zu einem Abrieb der Hüllrohre an der Führung, so dass die RCCA vor dem Erreichen ihrer nuklearen Lebensdauer ausgewechselt werden müssen. Im KKB konnte dieses Phänomen bis jetzt nicht beobachtet werden.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien ENSI-G04<sup>G04</sup> und ENSI-G20<sup>G20</sup>
- KTA-Regel 3103<sup>KTA3103</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Gemäss Richtlinie ENSI-G20 sind Änderungen an Steuerelementen freigabepflichtig. Da es sich bei dem Wechsel der Steuerelemente um einen Eins-zu-Eins-Austausch handelte, blieb die bereits bestehende Freigabe auch weiterhin gültig.

Gemäss Richtlinie ENSI-G20 hat sich der Betreiber im Rahmen seiner Verantwortung für den sicheren Betrieb seiner Kernanlage von der Wirksamkeit der Qualitätssicherungsmassnahmen des Herstellers bei der Fertigung von Steuerelementen zu vergewissern. Der Betreiber ist seiner Pflicht nachgekommen und hat die Fertigung der Steuerelemente anforderungsgerecht überprüft.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass das KKB ein angemessenes Programm zur Gewährleistung der Einsatzfähigkeit und Wirksamkeit der Steuerelemente etabliert hat. Der vorsorgliche Austausch von Steuerelementen im KKB wird vom ENSI als sicherheitsgerichtet bewertet.

## **3.4 Strahlenschutz**

### **3.4.1 Organisation und Prozesse des Strahlenschutzes**

#### **Angaben des KKB**

##### *Strahlenschutzorganisation und -personal*

Alle Mitarbeitenden sind verpflichtet, dass die Strahlenbelastung und die Verbreitung radioaktiver Stoffe so gering wie vernünftigerweise möglich gehalten werden<sup>RG-K-1</sup>.

Es gibt einen von der Kraftwerksleitung ernannten Beauftragten für Strahlenschutz<sup>RG-K-1</sup>.

Die für den Strahlenschutz verantwortliche Organisation ist im Kraftwerksreglement dargestellt<sup>TM-16204</sup>. Insgesamt zählte man per 31.12.2016 6 Strahlenschutz-Sachverständige, 4 Strahlenschutztechniker und 10 Strahlenschutzfachkräfte<sup>TM-16600</sup>. Das KKB verfügt für den Normalbetrieb über eine ausreichende Anzahl an qualifizierten und vom ENSI anerkannten bzw. lizenzierten Fachleuten<sup>TM-16204</sup>. Der Mindestbestand an Strahlenschutzmitarbeitenden umfasst gemäss Kraftwerksreglement des KKB 2 Strahlenschutzsachverständige, 2 Strahlenschutztechnikerinnen und -techniker und 4 Strahlenschutzfachkräfte<sup>RG-K-1</sup>.

Die rollende Personalplanung für die Abteilung «KBU Überwachung» des KKB wird von der Axpo anhand einer Datenbank durchgeführt<sup>TM-513-V11007, ENSI/14/1808</sup>. Der Planungszeitraum beträgt zehn Jahre, mindestens einmal jährlich findet ein Gespräch zur Personalplanung zwischen den Human Resources der Axpo und dem Abteilungsleiter Überwachung statt. Der Abteilungsleiter Überwachung stimmt die Personalplanung und -entwicklung im Ressort «Strahlenschutz KBU-S» mit dem Ressortleiter ab.

Bezüglich Belehrungen und allgemeine Ausbildung für das gesamte KKB-Personal im Strahlenschutz wird vom KKB für den Überprüfungszeitraum der PSÜ 2017 auf die Anweisungen AW-A-001 «Einführung, Ausbildung und Betreuung von Fremdpersonal», AW-A-AD-02 «Aus- und Weiterbildung im KKB» und AW-A-AD-003 «Allgemeine Ausbildung KKB» verwiesen<sup>ENSI/14/1808, TM-16600</sup>. Neu eingetretene Mitarbeiter erhalten vor dem ersten Arbeitseinsatz eine Kurzeinführung in den Strahlenschutz von zwei Stunden Dauer. Der Kurzeinführung folgt eine KKB-interne Grundausbildung von einem bis zu vier Tagen, in Abhängigkeit vom Arbeitsgebiet. Angeschlossen wird am PSI eine Basisausbildung von einem bis zu fünf Tagen Dauer, ebenfalls in Abhängigkeit vom Arbeitsgebiet. In regelmässigen festgelegten Intervallen werden Repetitions- und Erweiterungsausbildungen im KKB und am PSI durchgeführt, die von einem bis zu drei Tage dauern. Alle drei Anweisungen waren bis Ende des Jahres 2011 gültig und wurden im Januar 2012 durch Prozesse im integrierten Managementsystem (iMS) ersetzt. Seit November 2016 ist die Arbeitsanweisung AW-K-061 «Grundlegendes Konzept der Kraftwerksausbildung» in Kraft<sup>AW-K-061</sup>.

Die AW-U-95002 «Fachausbildung in der Abteilung KBU» regelt Art, Umfang und Zuständigkeit der Fachausbildung der Mitarbeiter der Abteilung KBU<sup>ENSI/14/1808, TM-16600</sup>. Die zur Erfüllung der aufgabenspezifischen Anforderungen notwendige Basis-, Repetitions- und Ergänzungsausbildung ist für die einzelnen Stellen verbindlich festgelegt. Die direkten Vorgesetzten ermitteln aufgrund der Ausbildungsprogramme und der Ausbildungsdaten im Ausbildungsinformationssystem den Ausbildungsbedarf ihrer Mitarbeiter. Dabei werden die Ist-Qualifikation und das Entwicklungspotential der Mitarbeiter sowie die künftige Entwicklung am Arbeitsplatz mitberücksichtigt. Der Ausbildungsbedarf wird dokumentiert und im Rahmen der Mitarbeitergespräche mindestens jährlich nachgeführt. Für die Einarbeitung von neuen Mitarbeitenden haben die Ressortleiter aufgrund einer Arbeitsplatzanalyse ein Arbeitsplatzeinweisungsprogramm festzulegen. Das Programm ist vom Abteilungsleiter zu genehmigen.

Für Anlagestillstände mit umfangreichem Arbeitspensum in der kontrollierten Zone, wie Brennstoffwechsel und Revisionsabstellungen, erfolgt speziell für den operationellen Strahlenschutz eine Unterstützung durch temporäres Strahlenschutzfachpersonal<sup>TM-16204</sup>. Für dieses Fremdpersonal wird grundsätzlich die gleiche Qualifikation verlangt wie für das Eigenpersonal. Bei der Personalrekrutierung wird grosser Wert auf KKB-Erfahrung gelegt. Die Anzahl des zusätzlichen Strahlenschutzpersonals hängt von Umfang und Art der Arbeiten ab. In den letzten zehn Jahren betrug bei Revisionsabstellungen dessen Anzahl zwischen 28 und 50 Mitarbeitenden. Auch die Wäscherei und die Dosimetrie werden während den Revisionsabstellungen mit angelerntem temporärem Personal verstärkt.

#### *Strahlenschutzaufgaben und Zuständigkeiten*

Die Strahlenschutzaufgaben der Abteilung «Überwachung KBU» sind im Kraftwerksreglement und im Strahlenschutzreglement detailliert aufgeführt<sup>RG-K-1, RG-K-3</sup>.

Der Beauftragte für Strahlenschutz berät die Kraftwerksleitung in allen Belangen des Strahlenschutzes<sup>RG-K-1</sup>. Er ist für die Umsetzung der gesetzlichen und behördlichen Anforderungen des Strahlenschutzes in allen Lebensphasen der Anlage zuständig<sup>TM-16204</sup>. Seine Aufgaben und Kompetenzen sind in seiner Rollenbeschreibung im iMS beschrieben.

Der Beauftragte für Strahlenschutz darf Strahlenschutzaufgaben an ausgebildetes Strahlenschutzpersonal delegieren und Massnahmen für die Erfüllung der gesetzlichen und behördlichen Anforderungen im Bereich Strahlenschutz anordnen<sup>TM-16204</sup>. Dies umfasst das Recht, nicht vorschriftsgemäss ausgeführte Tätigkeiten zu unterbrechen und Personen, welche sich unsachgemäss verhalten bzw. Strahlenschutzvorschriften und -weisungen missachten, aus der kontrollierten Zone zu weisen<sup>RG-K-1</sup>. Er hat das Recht, Anpassungen der Sicherheitsvorkehrungen bezüglich Arbeiten mit ionisierender Strahlung und offenen radioaktiven Strahlenquellen an Erkenntnisse aus dem Betrieb der Anlagen sowie an den Stand von Wissenschaft und Technik bei der Kraftwerksleitung zu beantragen.

Die Aufgaben und Zuständigkeiten des lizenzierten bzw. anerkannten Strahlenschutzpersonals sind in der jeweiligen Funktionsbeschreibung individuell für jeden Mitarbeitenden festgelegt<sup>ENSI/14/1808</sup>. Das Freimessen

von Material und Werkzeug für die Ausfuhr aus der kontrollierten Zone darf nur durch lizenziertes Strahlenschutzpersonal mit einer mindestens der schweizerischen Strahlenschutzfachkraft entsprechenden Ausbildung erfolgen.

### *Strahlenschutzprozesse und -weisungen*

Die Planung (und Ausführung) von Tätigkeiten in der kontrollierten Zone erfolgt grundsätzlich mit Einbezug des Strahlenschutzes<sup>TM-16204</sup>.

Formal ist die Einbindung des Strahlenschutzes in den Betrieb, in die Instandhaltung während Leistungsbetrieb und Revision sowie bei grösseren Projekten im Strahlenschutzreglement, der Weisung «Planung von Revisionsabstellungen (RA), Brennelementwechsel (BW) und Prüfung des Abstellprogramms», der Weisung «Zentrale Planung im Leistungsbetrieb», dem «Instandhaltungskonzept für das Kernkraftwerk Beznau», der «Instandhaltungsordnung der Abteilung KBM (Maschinentechnik)», der «Instandhaltungsordnung der Abteilung Elektrotechnik (KBE)» und der Weisung «Änderungswesen Axpo Kernenergie – Lenkungsdocument» geregelt<sup>TM-16204</sup>.

Die Beschaffung, Lagerung, Ausgabe und Entsorgung von radioaktiven Strahlen- und Prüfquellen ist in der administrativen Weisung «Lagerung und Handhabung von radioaktiven Strahlen- und Prüfquellen» dargestellt<sup>AW-U-00001</sup>. Sie regelt die vorschriftsmässige Buchführung über die radioaktiven Strahlen- und Prüfquellen sowie den strahlenschutzgerechten Umgang mit diesen. Der Einsatz von Röntgeneinrichtungen muss gemäss der Anweisung «Strahlenschutz bei Gepäckdurchleuchtungsanlagen»<sup>AW-U-08001</sup> erfolgen<sup>RG-K-3</sup>.

Der innerbetriebliche Transport von radioaktiven Stoffen ist in der Strahlenschutzvorschrift SU-U-035 festgelegt<sup>SU-U-35</sup>. Das Ein- und Ausschleusen von Gegenständen über die Grenzen der kontrollierten Zone ist in der administrativen Weisung «Ein- und Ausschleusen von Gegenständen über die Grenzen der kontrollierten Zone» geregelt<sup>AW-U-06001</sup>. Weitere Vorgaben sind im Strahlenschutz-Handbuch Block 1 und 2<sup>SS-Handb</sup> zusammengefasst.

### *Eigenbewertung des KKB*

Die Organisation und Verantwortlichkeiten im Bereich Strahlenschutz sind klar geregelt<sup>TM-16204</sup>. Die erforderlichen betrieblichen Weisungen, Handbücher und Dokumente sind vorhanden und werden laufend aktualisiert.

Das Ausbildungskonzept für den Strahlenschutz hat sich bewährt. Die Ausbildung für das Eigen- und Fremdpersonal erfolgt tätigkeitsbezogen und stufengerecht.

Die Personalstärke des Ressorts Strahlenschutz entspricht den Anforderungen. Bei Bedarf wird der Strahlenschutz mit qualifiziertem Fachpersonal verstärkt. Dabei wird darauf geachtet, möglichst Personal mit KKB-Erfahrung einzustellen. Die Erfahrungen mit dem eingesetzten Strahlenschutzfremdpersonal waren gut.

## **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

### *Strahlenschutzorganisation und -personal*

- Art. 16 StSG<sup>StSG</sup>
- Art. 7, 20 und 22 KEG<sup>KEG</sup>
- Art. 7, 30 und 31 KEV<sup>KEV</sup>
- Art. 19, 172 - 175, und 183 StSV<sup>StSV</sup>
- Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung<sup>StSA</sup>
- Richtlinie ENSI-B13<sup>B13</sup>, Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

### *Strahlenschutzaufgaben und Zuständigkeit*

- Art. 11, 12 und 16 StSG<sup>StSG</sup>
- Art: 7, 8 und 41 sowie Anhang 3 KEV<sup>KEV</sup>
- StSV<sup>StSV</sup>

### *Beurteilungsgrundlagen Strahlenschutzprozesse und Weisungen*

- Art. 4, 19 Abs. 2 StSV<sup>StSV</sup>
- Richtlinie ENSI-G15<sup>G15</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Strahlenschutzorganisation und -personal*

Alle im KKB arbeitenden Personen sind korrekterweise für den Strahlenschutz verantwortlich. Die Gliederung der Abteilung «KBU Überwachung» in Ressorts und Equipen ist in den vom KKB eingereichten Dokumenten dargestellt. Sie ist in erster Linie für die Bewältigung der Aufgaben im Strahlenschutz geeignet und erfüllt die rechtlich geforderten Bedingungen an eine Strahlenschutzorganisation.

Während des Überprüfungszeitraums war genügend Fachpersonal mit anerkannter Strahlenschutzausbildung im regulären Personenbestand tätig. Aus der Betriebserfahrung war die Anzahl angemessen. Zudem wurde während den Revisionen und anderen grösseren Vorhaben zusätzlich Fremd-Strahlenschutzpersonal mit adäquaten Ausbildungen verpflichtet. Die vorausschauende Personalplanung wurde während des Überprüfungszeitraums gelebt. Es erfolgten angemessene Aus- und Weiterbildungen des Personals im Strahlenschutz.

Aufgrund der Betriebserfahrung, über die sich das ENSI durch Inspektionen, Fachgespräche, Meldungen und Berichterstattung kontinuierlich informiert, ist diese Anzahl an Strahlenschutzpersonal mit anerkannten Ausbildungen für die Gewährleistung eines vorschriftsgemässen Strahlenschutzes während des Normalbetriebs ausreichend.

Eine aufgrund des Unfalls von Fukushima vom Betreiber durchgeführte Analyse hat dazu geführt, dass der Mindestbestand an Strahlenschutzmitarbeitenden im Überprüfungszeitraum erhöht wurde. Das ENSI konnte die Schlussfolgerung nachvollziehen und begrüsst den Mindestbestand gemäss Kraftwerksreglement des KKB von 2 Strahlenschutz-Sachverständigen (früher 1), 2 Strahlenschutztechnikerinnen und -technikern (früher 1) und 4 Strahlenschutzfachkräften (früher 1)<sup>RG-K-1</sup>.

#### *Strahlenschutzaufgaben und Zuständigkeit*

Die Aufgaben des Bewilligungsinhabers im Bereich Strahlenschutz sind nach Auffassung des ENSI ausreichend im Kraftwerksreglement<sup>RG-K-1</sup> und im Strahlenschutzreglement<sup>RG-K-3</sup> dargelegt. Den zuständigen Organisationseinheiten oder Funktionsträgern im Strahlenschutz sind entsprechende Aufgaben zugeteilt und das lizenzierte Strahlenschutzpersonal verfügt über das notwendige Weisungsrecht zur Durchsetzung von Strahlenschutzbelangen. Auch ist das Freimessen von Material und Werkzeug entsprechend den rechtlichen Vorgaben umgesetzt.

#### *Strahlenschutzprozesse und -weisungen*

Das KKB hat ein Qualitätsmanagementsystem mit Prozessen zur Einbindung des Strahlenschutzes bei Tätigkeiten in der kontrollierten Zone. Die Strahlenschutzplanungen inklusive Optimierungen wurden im Überprüfungszeitraum ohne formalen Prozess umgesetzt. Die Planungen stützten sich auf die Erfahrung von sachkundigen Strahlenschutztechnikern. Die Strahlenschutzplanung für die Revisionsabstellung und den Brennstoffwechsel wurde jeweils in einer Technischen Mitteilung festgehalten. Weitere Weisungen, wie Quelleninventarisierung, innerbetriebliche Transporte etc. sind im Strahlenschutzhandbuch geregelt<sup>SS-Handb</sup>. Die Weisungen beinhalten auch Kapitel zur Überwachung der Einhaltung der gemachten Vorgaben. Das ENSI hält sowohl den Umfang als auch den Detaillierungsgrad der Prozesse und Dokumente als geeignet, um einen anforderungsgerechten Strahlenschutz zu gewährleisten.

#### *Fazit*

Das ENSI stellt fest, dass die Strahlenschutzorganisation inkl. personeller Ressourcen, Aufgaben, Zuständigkeiten, Prozesse und Weisungen mit den gesetzlichen Vorgaben übereinstimmen. Das vom KKB im Überprüfungszeitraum erkannte Verbesserungspotenzial wurde mit der Überarbeitung der KKB-internen Dokumente und der zahlreichen Weisungen umgesetzt. Die Betriebsdokumentation wurde an die detaillierten Anforderungen der Richtlinie ENSI-G09 angepasst.

### 3.4.2 Zonenkonzept

Das Zonenkonzept, d. h. die Einstufung der Räume und Bereiche der kontrollierten Zone in Zonen- und Gebietstypen sowie die Festlegung der damit verbundenen Schutzmassnahmen, ist eine wichtige Vorkehrung im Strahlenschutz. Das Zonenkonzept kann grob unterteilt werden in ein Konzept zum Einschluss radioaktiver Stoffe (Barrierenkonzept) und in ein Konzept zur Verhinderung oder Reduktion externer Exposition (Abschirmungs- und Schliesskonzept).

Der gestaffelte Einschluss offener radioaktiver Stoffe wird in Kernanlagen durch mehrere Barrieren und Zonengrenzen gewährleistet.

#### Angaben des KKB

##### *Zonen- und Gebietstypeneinteilung*

Die Strahlenschutzvorschrift SU-U-002<sup>SU-U-2</sup> beschreibt die Einteilung der kontrollierten Zone entsprechend der vorhandenen oder potentiell möglichen radiologischen Situation in die Zonentypen 0 bis IV<sup>TM-16204</sup>. Zonenpläne (Dosisatlas) in den Beilagen der genannten Strahlenschutzvorschrift vermitteln einen Überblick über die Grundeinteilung der kontrollierten Zone in Zonentypen. Mit dieser Einteilung sollen Personenkontaminationen und Inkorporationen sowie Kontaminationsverschleppungen verhindert werden.

Zusätzlich zur Einteilung der kontrollierten Zone in Zonentypen erfolgt gemäss Richtlinie HSK-R-07 in der Strahlenschutzvorschrift SU-U-002<sup>SU-U-2</sup> eine Einteilung in Gebiete<sup>TM-16204</sup>. Treten an normal zugänglichen Stellen erhöhte Werte der Dosisleistung auf und lassen sich diese nicht eliminieren oder abschirmen, sind diese Gebietstypen zu signalisieren und falls nötig abzusperren<sup>KKB-SB-1</sup>. Die Einteilung erfolgt je nach vorhandenem oder möglichem Strahlenpegel.

Diese Unterteilung hat zum Ziel, unzulässige oder unnötige Strahlenexpositionen zu vermeiden und Personendosen so niedrig wie vernünftig möglich zu halten. Räume und Bereiche mit Ortsdosisleistung über 100 µSv/h werden mit Schildern bzw. Abschrankungen gekennzeichnet. Auch werden weitere Massnahmen, wie das Absperren oder der Zutritt nur mit Strahlenschutz- oder Schichtchefbewilligung, ergriffen.

##### *Anforderungen an die kontrollierte Zone*

Aktivitätsführende Systeme müssen durch mindestens zwei Barrieren von der Umwelt getrennt sein, da der Ausfall einer Barriere gemäss Zwei-Barrieren-Prinzip nicht zu einer signifikanten, nichtbilanzierten Aktivitätsabgabe führen darf<sup>TM-16204</sup>. Muss eine notwendige Barriere planmässig vorübergehend aufgehoben werden, so ist sie in diesem Zeitraum durch eine temporäre Barriere zu ersetzen. Barrieren können Materialbarrieren (z. B. Rohrwand) oder auch Druckbarrieren (z. B. gerichtete Strömung bei Gasen) sein<sup>TM-US-12006</sup>. Zur korrekten Bilanzierung radioaktiver Abgaben muss sichergestellt werden, dass diese über die überwachten Pfade (Kamine und Abgabelungen) erfolgen und keine signifikanten Aktivitäten auf nicht überwachten Pfaden aus der kontrollierten Zone in die Umwelt gelangen können.

Auf den Sicherheitsebenen Normalbetrieb und Betriebsstörungen sollen signifikante, nichtbilanzierte Abgaben aus den Blöcken 1 und 2 des KKB und damit meldepflichtige Ereignisse gemäss Richtlinie ENSI-B03, Pkt. 5.1.1.4 h durch Anwendung des Zwei-Barrieren-Konzeptes vermieden werden.

##### *Abschirmung*

Für die Auslegungen der Abschirmungen werden für jeden Ort die dort maximal auftretenden Strahlenquellen zugrunde gelegt<sup>KKB-SB-1</sup>. Wandstärke und Werkstoff der Abschirmungen sind so bemessen, dass die für die Bevölkerung und für beruflich strahlenexponierte Personen zulässigen Dosisgrenzwerte gemäss den schweizerischen strahlenschutztechnischen Verordnungen und Richtlinien nicht überschritten werden.

Temporäre Abschirmungen werden für Reparaturen und Instandhaltungsarbeiten im Bedarfsfall eingerichtet<sup>TM-16204</sup>.

### *Zutrittsbedingungen: Personen- und Material*

Die kontrollierte Zone umfasst alle Gebäude bzw. Gebäudeteile, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird oder in denen Personen einer Strahlenexposition von mehr als 1 mSv/Jahr ausgesetzt sein können<sup>TM-16204</sup>. Zur kontrollierten Zone gehören die Sicherheitsgebäude 1 und 2, die primären Nebengebäude 1 und 2, die Brennelement(BE)-Lager 1 und 2, das Lager für radioaktive Abfälle des ZWIBEZ und das Dampf-erzeugerlager. Je nach Betriebsart wird der Umladebereich des ZWIBEZ gemäss der AW-U-93002<sup>AW-U-93002</sup> temporär zur kontrollierten Zone erklärt.

Der Zutritt zur kontrollierten Zone erfolgt über die Primärgarderobe im Block 2 oder im Block 1 über die Damen- oder Herrengarderobe Chemie<sup>TM-16204</sup>. Die Primärgarderoben entsprechen dem Konzept nach der Richtlinie HSK-R-07 und sind nach dem Stand der Technik ausgerüstet. Die Bestimmungen für den Zutritt zur kontrollierten Zone sind im Strahlenschutzreglement<sup>RG-K-3</sup> festgelegt. Demnach betritt nur entsprechend ausgebildetes, mit Dosimetern ausgestattetes Personal die kontrollierte Zone<sup>TM-16204</sup>. Es wird bei den zutrittsberechtigten Personen unterschieden zwischen

- beruflich strahlenexponierten Personen gemäss Art. 51 StSV;
- anderen Personen, deren Strahlenexposition auf 1 mSv pro Jahr limitiert ist; sowie
- Besuchern, deren Strahlenexposition für die Dauer des Besuchs auf 0,2 mSv limitiert ist.

Für bestimmte Gebäude und das Fremdpersonal gelten zusätzlich erlassene Vorschriften.

Das Einschleusen von Gegenständen ist in der Administrativen Weisung AW-U-06001 für das Ein- und Ausschleusen<sup>AW-U-06001</sup> geregelt. Grundsätzlich dürfen nur Gegenstände in die kontrollierte Zone eingeführt werden, die dort benötigt werden und nicht bereits verfügbar sind.

### *Austrittsbedingungen: Personen- und Materialfreimessung*

Vor dem Verlassen der kontrollierten Zone haben sich alle Personen unter Verwendung der Personenmonitore auf Kontamination zu überprüfen<sup>TM-16204</sup>. Bei festgestellter Kontamination wird nach Vorschrift SU-U-009 vorgegangen<sup>SU-U-9</sup>.

Im Notfall darf die kontrollierte Zone auch durch Fluchttüren verlassen werden, falls der Fluchtweg über die Garderobe nicht gefahrlos begehbar ist.

Sämtliche Gegenstände sind vor dem Ausschleusen aus der kontrollierten Zone freizumessen. Das Ausschleusen von Materialien aus der kontrollierten Zone wird in der Administrativen Weisung AW-U-06001, «Ein- und Ausschleusen von Gegenständen über die Grenzen der kontrollierten Zone»<sup>AW-U-06001</sup> geregelt.

Zusätzlich unterstützt die Administrative Weisung «Merkblatt über die Verwendung von Maschinen, Werkzeugen und Hilfsmitteln in der Kontrollierten Zone und das Sammeln der anfallenden Abfälle»<sup>AW-U-92001</sup> die Personen, die Materialien ausschleusen, mit dem Merkblatt über die Verwendung von Maschinen, Werkzeugen und Hilfsmitteln in der kontrollierten Zone und das Sammeln der anfallenden Abfälle.

Die Freimessung von Geräten, Werkzeugen, Maschinen usw., die nach dem Ausschleusen weiterverwendet werden, ist gemäss der Beilage 1 der AW-U-06001 zu protokollieren. Für das Öffnen der Wandtore und Ausstürzen der Blöcke 1 und 2 ist eine Freigabe des primärseitig zuständigen Tageskontrolleurs notwendig. Die Bewegungen sind gemäss Beilage 2 der AW-U-06001 zu protokollieren.

Während des Überprüfungszeitraums sind keine Abweichungen wie das unkontrollierte Ausschleusen kontaminierten Materials aufgetreten. Auch kam es zu keinen Kontaminationen ausserhalb der kontrollierten Zonen der beiden Reaktorblöcke.



### *Unterdruckhaltung, gerichtete Luftströmungen*

Die Luft aus der kontrollierten Zone wird von den Abluftanlagen gezielt erfasst, gefiltert und kontrolliert über den Fortluftkamin abgegeben<sup>KKB-SB-1</sup>. Zudem wird durch die Lüftungssysteme in den Gebäuden mit Ausnahme des Containments ein Unterdruck erzeugt, der eine gerichtete Strömung von aussen nach innen erzeugt. Innerhalb der Gebäude sorgt eine Druckstaffelung in den einzelnen Räumen für eine gerichtete Strömung von Räumen mit niedriger Luftkontamination in Räume mit potentiell höherer Kontamination.

Nebengebäude, Notstandgebäude, Hauptkommandoraum und Notstandleitstand verfügen jeweils über eigene Aussenluft- und Abluftanlagen. Räume, in denen grössere Wärmebelastungen auftreten, werden durch eigene Umluftanlagen gekühlt.

Die Lüftungssysteme des Nebengebäudes und des Notstandgebäudes dienen der Temperaturhaltung oder der Lufterneuerung für Räume, in denen sich Personen aufhalten, wie Labors, Hauptkommandoraum, Notstandleitstand usw.

### *Eigenbewertung des KKB*

Während des Überprüfungszeitraums erfolgte keine messbare, signifikante Aktivitätsabgabe über einen nicht bilanzierten Pfad<sup>TM-16204</sup>. Somit haben sich das Zonen- und das Zwei-Barrieren-Konzept bewährt.

Obwohl das Kernkraftwerk Beznau zu den älteren Kernkraftwerken der Welt gehört, sind die Abschirmungen von Anfang an in hinreichender Stärke ausgeführt worden<sup>KKB-SB-1</sup>. Wo die Betriebserfahrung Schwachstellen aufzeigte, erfolgten unter Beachtung der vorhandenen räumlichen Verhältnisse gezielte Nachrüstungen. Diese berücksichtigten auch die Erkenntnisse bezüglich der mutmasslichen Strahlenexposition des Personals im Verlauf von Unfällen.

Die Massnahmen des operationellen Strahlenschutzes beruhen weitgehend auf Praktiken, die sich in Kernanlagen bewährt haben und erfüllen auch die einschlägigen Vorschriften<sup>KKB-SB-1</sup>. Eine Mischung aus routinemässigen Inspektionen und Kontrollen innerhalb der kontrollierten Zone, deren Einteilung in Zonen- und Gebietstypen, Signalisationen und Warntafeln, Zutrittsbeschränkungen, Bekleidungs Vorschriften, Überwachung von Arbeitsvorgängen, ständige und redundante Messung der Strahlendosen und noch weitere Massnahmen leisten ihren Beitrag dazu, dass das Personal vor ionisierender Strahlung hinreichend geschützt ist, und dass die Verschleppung bzw. Ausbreitung von Kontamination verhindert wird. Obwohl in diesem Bereich die Selbstverantwortung des Betriebspersonals im Vordergrund steht, überprüft das Ressort Strahlenschutz die Einhaltung aller Weisungen stets in angemessener Weise.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 79, 80, 82, 84, 85, 106, 126, und Anhang 10 StSV<sup>StSV</sup>
- Art. 12, 15, 16, 42, UraM<sup>UraM</sup>
- Richtlinien HSK-R-07<sup>R-7</sup>, ENSI-A03<sup>A03</sup>
- KTA 1503.3<sup>KTA1503.3</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Zonen- und Gebietseinteilung*

Die in der Strahlenschutzvorschrift<sup>SU-U-2</sup> dargestellte Einteilung der kontrollierten Zonen in Gebietstypen für den Volllastbetrieb und während des Stillstands sowie in Zonentypen erfüllt die Anforderungen der Richtlinie HSK-R-07.

#### *Anforderungen an die kontrollierte Zone*

Gemäss der KTA 1503.3 ist die Möglichkeit einer Aktivitätsableitung aus der kontrollierten Zone nicht anzunehmen, wenn zwischen dem betrachteten System und der Umgebung mindestens zwei Materialbarrieren oder eine Materialbarriere und eine Druckbarriere vorhanden sind und wenn auch unter Störfallbedingungen eine Materialbarriere vorhanden ist. Das im KKB angewendete Zwei-Barrieren-Prinzip setzt diesen Stand der

Technik um, welcher im Einklang mit der Anforderung für das Barrierenkonzept aus Kap. 4.2 Bst. a der Richtlinie ENSI-G02 und in Paragraph 2.14 der IAEA SSR-2/1 (Rev. 1) verankert ist. Für wenige seltene und kurz andauernde Fälle, wie das Öffnen eines Tores, tragen kompensatorische Massnahmen dazu bei, eine Gefährdung für das Personal oder der Umwelt zu minimieren. Es müssen Messungen zum Nachweis der Aktivitätsfreiheit der Luft durchgeführt werden und es dürfen dann keine anderweitigen Arbeiten durchgeführt werden, die radioaktive Stoffe freisetzen können.

#### *Abschirmung*

Zusätzlich zu fest installierten, in erster Linie baulichen Abschirmungen werden temporäre Abschirmungen bei Arbeiten in besonders strahlenintensiven Bereichen eingesetzt<sup>TM-16204</sup>. Dies geschieht während den Revisionsabstellungen oder den BE-Wechseln, sowie bei erforderlichen Instandsetzungsarbeiten, wobei fallweise ein spezifisches Abschirmkonzept ausgearbeitet wird. Anstelle der mit Expositionen verbundenen Anbringung von Abschirmungen werden im KKB häufig auch Anlagenteile grossflächig abgesperrt, wenn dort keine Arbeiten durchgeführt werden. Das ENSI hat bei seinen Inspektionen im KKB den wirksamen Einsatz von Abschirmungen und das Einhalten der Zutrittsbeschränkungen zu abgesperrten Bereichen beobachtet.

#### *Zutrittsbedingungen: Personen und Material*

Die vom KKB allgemein angegebenen Bedingungen für den Zutritt der jeweiligen Personengruppe zur kontrollierten Zone und das Einschleusen von Gegenständen wurden vom ENSI akzeptiert.

#### *Austrittsbedingungen: Personen- und Materialfreimessung*

Durch die obligatorischen Freimessungen von Personen und Material wird die Verschleppung von Kontamination aus der kontrollierten Zone nach aussen unterbunden. Die regelmässig vorgenommenen Triagemessungen sind nach Auffassung des ENSI geeignet, Inkorporationen mit einer Folgedosis über 1 mSv festzustellen (siehe dazu auch Kap. 3.4.4).

#### *Unterdruckhaltung, gerichtete Luftströmungen*

Die Lüftungsanlagen<sup>KKB-SB-1</sup> entsprechen hinsichtlich einer gestaffelten Unterdruckhaltung, der gerichteten Luftströmungen und der Luftwechselraten den Vorgaben der Richtlinie HSK-R-07. Aufgrund der positiven Betriebserfahrung mit den Lüftungsanlagen geht das ENSI davon aus, dass die Zuverlässigkeit dieser Systeme sichergestellt ist.

Als Folge von Beobachtungen des ENSI an der Tür vom Treppenhaus zum Brennelementlager im Block 2 hat das KKB Massnahmen ergriffen, die die korrekte Luftströmungsrichtung gewährleisten soll. So inspizierte das ENSI am 15. Mai 2019 im KKB 1 während der Revisionsabstellung die Einhaltung von Anforderungen des Strahlenschutzes. Dabei wurde festgestellt, dass die Druckstaffelung beim Brennelementlager falsch gerichtet war und die Luftströmung bei geöffneter Schleusentüre vom Brennelementlager ins Treppenhaus führte. Die von einem Bereich mit höherem Kontaminationsrisiko zu einem mit geringerem Kontaminationsrisiko gerichtete Luftströmung beim BE-Lager wurde als Abweichung beurteilt. Aufgrund einer Forderung des ENSI hat das KKB technische und administrative Massnahmen ergriffen, um einen regelkonformen Zustand zu gewährleisten.

#### *Fazit*

Bezüglich der Integrität der Zonengrenzen, der Barrieren zwischen Systemen sowie weiteren Anforderungen an die Kontaminationszonen ist das KKB auf dem Stand der Technik. Die Anlage erfüllt in diesen Punkten die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben.

### 3.4.3 Massnahmen zur Reduktion der Dosis und der Kontamination

#### Angaben des KKB

##### *Begrenzung und Optimierung der Strahlenexposition (ALARA)*

Die gesetzlich vorgeschriebene Dosisoptimierung wird durch folgende Massnahmen erreicht<sup>TM-16204</sup>:

- Jobdosisplanung und -überwachung mit elektronischem Dosimetriesystem;
- Einsatz temporärer Abschirmungen;
- Ausbildung und Training;
- ALARA-Team;
- Wasserchemie während des Zyklus und dem Abfahren;
- Substitution aktivierbarer Werkstoffe.

##### *Strahlenschutzplanungen, Vorbereitung und Kontrolle der Planungsziele*

Während des Überprüfungszeitraums wurden die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G15, Kapitel 4.1.2 «Dosisplanungsziele» ohne formalen Prozess umgesetzt<sup>TM-16204</sup>. Die Ergebnisse der Strahlenschutzplanung für die Kollektivdosen entsprechen den Erwartungen. Die Abweichungen zur Plandosis für einzelne Tätigkeiten betragen für mehr als die Hälfte der Tätigkeiten mehr als +/-20 %, was nicht den Erwartungen entspricht. Für regelmässig ausgeführte Tätigkeiten (wie z. B. BE-Wechsel und Gerüstbau) nehmen die Abweichungen von der Plandosis mit der Zeit ab. Für selten ausgeführte Tätigkeiten ist hingegen kein Trend zu einer genaueren Dosisplanung ersichtlich.

Die meisten grösseren Abweichungen zur Plandosis können mit Ungenauigkeiten bei den Planungsgrundlagen (Personenstunden, Dosisleistung am Arbeitsort und Arbeitsabläufe) begründet werden. Unterschreitungen der Plandosen wurden vielfach nach dem Erstellen der Dosisplanung durch vorgenommene Optimierungen der Arbeitsabläufe erzielt.

Das elektronische Dosimetriesystem erlaubt eine jobspezifische Dosiserfassung<sup>TM-16204</sup>. Die damit festgestellte Kollektivdosis für eine bestimmte Tätigkeit wird mit dem Ansatz aus der Jobdosisplanung verglichen. Das Ergebnis dieses Vergleichs dient in den Folgejahren als Erfahrungsbasis für neue, optimierte Jobdosisplanungen.

##### *Ausbildung und Training*

Für bestimmte, dosisintensive Tätigkeiten wird entsprechend der Jobdosisplanung vorab ein auftragsbezogenes Training durchgeführt, beispielsweise<sup>TM-16204</sup>:

- 2012:
  - Sanierung der Reaktordurchführung Nr. 8,
  - Bergung der Reinigungsbürste aus dem Incore-Rohr H3,
  - Inspektion der Heizrohre der Dampferzeuger,
  - Arbeiten in den Wasserkammern der Dampferzeuger;
- 2015: Transport alter RDB-Deckel ins ZWIBEZ;
- 2016: Inspektion der Heizrohre der Dampferzeuger;
- 2016: Wirbelstromprüfung der Loopanschlussnähte Block 1.

Des Weiteren leistet auch eine zielgerichtete Ausbildung des Betriebs- sowie des Revisionspersonals hinsichtlich strahlenschutztechnischer Aspekte einen wesentlichen Beitrag zur Minimierung der Kollektivdosis.

### *Personendekontamination*

Die Grundsätze für die Personendekontamination sind in der Strahlenschutzvorschrift SU-U-009 festgehalten<sup>SU-U-9</sup>. Die Verantwortlichkeiten, die Verfahren für die Dekontamination, die Überprüfung auf Inkorporation und die Dokumentation sind darin geregelt.

### *ALARA-Team*

Das ALARA-Team wurde 1998 gegründet, um noch gezielter Verbesserungen erreichen zu können, die Arbeitsplanung hinsichtlich des Strahlenschutzes weiter zu optimieren und die interdisziplinäre Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Strahlenschutzes auszubauen<sup>TM-16204</sup>. Es hat den Auftrag, die geplanten Arbeiten unter Strahlenschutzaspekten kritisch zu hinterfragen, weiteres Verbesserungspotential festzustellen und die Abläufe der durchzuführenden Arbeiten im Strahlenfeld zu optimieren, um Dosis und wenn möglich, auch Kosten einzusparen.

### *Verhinderung unnötiger Aktivierung*

Abgelagerte aktivierte Korrosionsprodukte sind für den Aktivitätsaufbau auf den Oberflächen des Primärkreislaufs und entsprechend erhöhte Ortsdosisleistung (ODL) verantwortlich<sup>KKB-SB-1</sup>. Die Hauptquellen der aktivierten Korrosionsprodukte sind die korrosionsbedingte Freisetzung aus Bauteilen, die sich im Bereich der Neutronenstrahlung befinden, und die Freisetzung von Korrosionsprodukten aus den Bereichen ausserhalb des Kerns, unter Berücksichtigung ihrer Zwischenablagerung und Aktivierung auf den Brennstaboberflächen.

Weitere Aktivierungsprodukte im Hauptkühlmittel stammen aus eingebrachten Verunreinigungen (z. B. Sb, Sn, Zn), zum Beispiel aus Betriebs- und Hilfsstoffen. Für die Verwendung der im Primärsystem des Kernkraftwerks Beznau eingesetzten Stoffe an wasserführenden Komponenten werden deswegen maximal zulässige Konzentrationen eingehalten. Diese werden durch das Gefahrenstoffmanagement des KKB überwacht. Mögliche Quellen und die Pfade für den Eintrag aktivierbarer und dosisrelevanter Nuklide werden wiederkehrend systematisch überprüft.

Die organisatorischen Massnahmen zur Verhinderung von unnötiger Aktivierung bestehen aus Massnahmen zur Sicherstellung, dass sich keine unsachgemässen Gegenstände im Bereich der Neutronenstrahlung befinden, sowie Massnahmen zur Vermeidung von Fremdmaterialeintrag in das Primärsystem<sup>KKB-SB-1</sup>.

Vor jedem Wiederanfahren der Anlage werden automatisiert Aufträge für diverse Rundgänge, die durch die Fachabteilungen durchgeführt werden müssen, generiert. Damit wird sichergestellt, dass keine unnötigen Gegenstände im Sicherheitsgebäude verbleiben.

Das Programm zum Vermeiden von Fremdmaterialeintrag (FME-Programm) in das Primärsystem wird durch sachgemässes Vorgehen gemäss Weisung zur Vermeidung von Fremdmaterial umgesetzt. Das FME-Programm enthält eine Methodik zur Einteilung verschiedener Bereiche abhängig von den möglichen Konsequenzen eines allfälligen Fremdmaterialeintrags. Je nach Bereich ist eine entsprechende Markierung vorgesehen und es werden geeignete Anforderungen an die Ausstattung des Bereichs und die Vorgehensweisen bei Tätigkeiten gestellt. Die Weisung zur Vermeidung von Fremdmaterialeintrag definiert weiter Verantwortlichkeiten und listet geeignete Hilfsmittel zur Vermeidung von Fremdmaterialeintrag auf. Ausserdem wird das Vorgehen bei erfolgtem Fremdmaterialeintrag definiert.

### *Verhinderung von Kontaminationsverschleppung, Reduktion der Aktivitäten und Kontaminationen in der Anlage*

Durch die Vorkehrungen des Zonenkonzepts, siehe Kapitel 3.4.2, wird die Kontaminationsverschleppung minimiert<sup>KKB-SB-1</sup>. Im Speziellen sind in der kontrollierten Zone die Reinigungsintervalle besonders kurz, um einer Verschleppung von Kontamination entgegenzuwirken. Die Sauberkeit und der Kontaminationsgrad werden regelmässig gemessen. Übersteigt der Kontaminationspegel 1/3 des für den gegebenen Zonentyp zulässigen Grenzwerts, wird eine Reinigung veranlasst.

Die Reinigung und Dekontamination des Sicherheitsgebäudes und Nebengebäudes erfolgt in regelmässigen Intervallen planmässig, sowie ausserplanmässig bei Erreichen von Interventionsgrenzwerten oder Grenzwerten der regelmässig durchgeführten Oberflächenkontaminationsmessungen<sup>KKB-SB-1</sup>. Die einsetzbaren Reinigungsmittel sind katalogisiert und die Reinigung erfolgt gemäss Herstellervorgaben der eingesetzten Reinigungsmittel.

#### *Eigenbewertung des KKB*

Das Routineüberwachungsprogramm hat sich bewährt<sup>TM-16204</sup>. Die dafür eingesetzten Messgeräte erfüllen die Anforderungen gemäss Richtlinie ENSI-G13. Veränderungen der radiologischen Situation wurden frühzeitig erkannt. Notwendige Strahlenschutzmassnahmen wurden rechtzeitig eingeleitet.

Die Primärgarderoben entsprechen dem Konzept gemäss Richtlinie HSK-R-07 und sind nach dem Stand der Technik ausgerüstet<sup>TM-16204</sup>.

Die Strahlenpegel in den oft begangenen Gebieten und den Anlagenräumen sind auf einem niedrigen Niveau. Als Folge verschiedener Massnahmen sind die Dosisleistungen an den Komponenten aller Hauptkühlkreisläufe mit Ausnahme der Closure Legs im Block 1 niedrig.

Die losen Oberflächenkontaminationen für Beta-Gamma-Strahler liegen praktisch in der ganzen Anlage deutlich unter 3 Bq/cm<sup>2</sup>. Durch die konsequente Anwendung des Zonenkonzeptes und einer Reihe vorbeugender Strahlenschutzmassnahmen bei Tätigkeiten an offenen Strahlenquellen (Einhausungen, Absaugungen) konnten sowohl Ausbreitungen bzw. Verschleppungen von Oberflächenkontaminationen als auch Luftkontaminationen verhindert werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die bisher angewendeten Verfahren und Strahlenschutzmassnahmen zweckmässig sind.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 9 und 10 StSG<sup>StSG</sup>
- Art. 7, 112, 51 bis 53, 56 bis 57, und 84 StSV<sup>StSV</sup>
- Art. 12, 13, 30 - 35, 38, 41 - 46, Anhang 2 - 3, Anhang 5 UraM<sup>UraM</sup>
- Richtlinie ENSI-G15<sup>G15</sup>
- IAEA Safety Standards, Safety requirements No. GSR Part 3<sup>GSR-3</sup>
- NEA-Report 6399<sup>NEA-6399</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

##### *Strahlenschutzplanungen, Vorbereitung und Kontrolle der Planungsziele*

Die vom KKB erstellten Strahlenschutzplanungen und Auswertungen der Jobdosisplanungen werden fachgerecht durchgeführt. Verbesserungspotential besteht bei der Dosisabschätzung für Jobs, die erstmalig oder sehr selten durchgeführt werden. Insbesondere die Abschätzung der effektiven Arbeitszeit im Strahlenfeld durch die jeweiligen Sachbearbeiter ist dabei schwierig und ungenau. Das KKB hat mit den notwendigen Schritten für die Verbesserung der Strahlenschutzplanungen begonnen.

Die jobspezifische Dosiserfassung mit dem elektronischen Dosimetriesystem stellt nach Auffassung des ENSI ein wirksames Mittel für die Abschätzung der Dosen bei zukünftigen gleichen oder ähnlichen Tätigkeiten dar.

Die Kontrolle der Planungsziele ist in den jährlichen Strahlenschutzberichten ausreichend dokumentiert.

##### *Ausbildung und Training*

Das ENSI konnte sich im Rahmen von Inspektionen und Aufsichtsgesprächen davon überzeugen, dass die Strahlenschutzausbildung und Mockup-Trainings einen nennenswerten, positiven Einfluss auf die Minimierung der Individual- und Kollektivdosen haben. Der Ausbildungsumfang für das Strahlenschutzpersonal und die allgemeine Strahlenschutzausbildung des Betriebspersonals werden im Kapitel 3.4.1, Organisation und Prozesse des Strahlenschutzes, Strahlenschutzorganisation und -personal der vorliegenden Stellungnahme detaillierter behandelt.

### *Personendekontamination*

Für die Dekontamination von Personen stehen geeignete Räumlichkeiten und das dafür notwendige Material zur Verfügung. Die Vorgehensweise zur Dekontamination, der Kontrollen und die erforderlichen Dokumentationen sind festgelegt und entsprechen der Strahlenschutzpraxis.

### *ALARA-Team*

Das interdisziplinäre ALARA-Team hat sich im Überprüfungszeitraum bei der Optimierung von Arbeitsabläufen hinsichtlich des Strahlenschutzes nach Meinung des ENSI bewährt.

### *Verhinderung unnötiger Aktivierung*

Das Gefahrenstoffmanagement des KKB hat sich bewährt. Mögliche Quellen und die Pfade für den Eintrag aktivierbarer und dosisrelevanter Nuklide werden systematisch eliminiert.

Die sorgfältige Reinigung von stellithaltigen Ventilsitzen nach Wartungsarbeiten trägt wesentlich zu einer Verringerung des Eintrags von Kobalt in die Systeme bei. Die diesbezüglich durchgeführten Schulungen des Personals sind nützlich und werden wiederholt.

Das ENSI stellte anlässlich seiner Inspektionen fest, dass das Programm zum Vermeiden von Fremdmaterialeintrag (FME-Programm) in das Primärsystem konsequent umgesetzt wird.

### *Verhinderung von Kontaminationsverschleppung, Reduktion der Aktivitäten und Kontaminationen in der Anlage*

Das ENSI hat anlässlich seiner Inspektionen zahlreiche Wischttests durchgeführt und bescheinigt dem Strahlenschutz des KKB, dass die Umsetzung des Zonenkonzepts und die Dekontaminationen in der kontrollierten Zone effektiv sind und dass das KKB eine radiologisch sehr saubere Anlage ist.

### *Fazit*

Das ENSI kommt zum Schluss, dass der betriebliche Strahlenschutz in Übereinstimmung mit dem ALARA-Prinzip optimiert praktiziert wird. Verbesserungspotential bei der Strahlenschutzplanung wurde vom KKB selbst erkannt und es wurden adäquate Massnahmen ergriffen. Der Optimierungsprozess wird weitergeführt und die dazugehörigen Planungsverfahren sowie Strahlenschutz-Freigaben sind im KKB etabliert. Erwähnenswert ist die Tatsache, wonach der enge Zusammenhang zwischen Ortsdosisleistung an den Komponenten des Primärkreislaufs, Fremdstoffeintrag und der Wasserchemie im KKB über die zuständigen Ressorts hinweg beachtet wird.

## **3.4.4 Personendosimetrie und radiologische Überwachung**

### **Angaben des KKB**

#### *Personendosimetrie*

Das KKB betreibt eine eigene Personendosimetriestelle<sup>TM-16204</sup>. Diese ist nach Art. 66 der StSV von der zuständigen Aufsichtsbehörde (ENSI) anerkannt; die Anerkennung muss alle fünf Jahre neu für weitere fünf Jahre beantragt werden. Die am 21. September 2009 ausgestellte Anerkennung war bis zum 30. September 2014 gültig. Im Jahr 2014 wurde die Anerkennung wiederum um fünf Jahre, bis zum 30. September 2019, verlängert. Über die Strahlendosen der in der kontrollierten Zone tätigen Personen wird mittels der Personendosimetrie-Datenbank PERDOS Buch geführt. Alle relevanten Regelungen zur Dosimetrie sind in der Strahlenschutzvorschrift SU-U-001 zusammengestellt<sup>SU-U-1</sup>.

Die Messung der externen Strahlendosen erfolgt mittels zweier voneinander unabhängiger Dosimeter, dem anerkannten, passiven DIS-1-Dosimeter und dem aktiven, elektronischen Personendosimeter (EPD). Bei besonderen Einsätzen werden ergänzend noch Extremitäten- und Neutronendosimeter getragen.

Für DIS-1-Dosimeter und DBR-1-Dosimeterleser gibt es ein umfangreiches Qualitätssicherungsprogramm.

Das EPD-System ist seit 1988 im Einsatz und hat sich als Zweitdosimeter seither sehr gut bewährt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die akustischen Warnsignale und Alarme von der Belegschaft beachtet werden. Das führte in den ersten Jahren nach der Einführung zu einer Absenkung der Strahlenexposition des Personals. Zur Qualitätssicherung werden die EPD jährlich nach einem festgelegten Wiederholungsprüfprogramm mit einer geeigneten Strahlenquelle geprüft.

#### *Kontrolle auf Personenkontamination (2012 bis 2016)*

Nach jedem Aufenthalt in der kontrollierten Zone werden die Mitarbeitenden mit Hilfe von Personenmonitoren auf Kontamination zweifach geprüft<sup>TM-16204</sup>. Die Messschwelle des Grobmonitors beträgt 3 CS Co-60 (9 Bq/cm<sup>2</sup>). Die Alarmschwellen der Detektoren der Feinmonitore werden jeweils einzeln auf das Co-60- zu Alpha-Verhältnis angepasst<sup>TM-680-US15006</sup>. Die Monitore können nur dann passiert werden, wenn keine Kontamination festgestellt worden ist. Wird eine Kontamination festgestellt, muss sich der Mitarbeitende beim Strahlenschutz melden, der mit Hilfe der Strahlenschutzvorschrift SU-U-009<sup>SU-U-9</sup> das Vorgehen für die Personendekontamination festlegt.

Die Qualitätssicherung der Personenmonitore wird mit der routinemässigen Überprüfung des Monitors gemäss Prüfplan PV-U-S001<sup>PV-U-S1</sup> und Prüfvorschrift PV-U-S012<sup>PV-U-S12</sup> gewährleistet.

Im Betrachtungszeitraum wurden bei ca. 408'000 Begehungen 69 mit einfachen Mitteln entfernbare Personenkontaminationen festgestellt<sup>TM-16204</sup>. Dies entspricht ca. 0,2 Kontaminationen pro 1000 Begehungen der kontrollierten Zone. Insgesamt kann diesbezüglich eine Verbesserung im Vergleich zum vorherigen Überprüfungszeitraum (2002 bis 2011) festgestellt werden. Mit einfachen Mitteln nicht entfernbare Personenkontaminationen gab es keine.

#### *Inkorporationsmessungen*

Das in der kontrollierten Zone eingesetzte Eigen- und Fremdpersonal wird mit dem Quickcounter (Triagemonitor) regelmässig auf Inkorporationen untersucht<sup>TM-16204</sup>. Das Untersuchungsintervall ist auf 50 Tage festgelegt, ist aber auch variabel über PERDOS einstellbar, z. B. für Arbeiten während Brennstoffwechsel und Revisionsabstellungen. Nach Arbeiten in Zone IV wird täglich bei Arbeitsende eine Inkorporationsmessung durchgeführt. Fremdpersonal wird in der Strahlenschutzbelehrung angewiesen, eine Eintritts- und eine Austrittsmessung durchzuführen.

Im Falle einer Überschreitung der Messschwelle für Co-60 wird durch das KKB eine Inkorporationsmessung in einer anerkannten Inkorporationsmessstelle veranlasst.

Zur Verbesserung der Ausfallsicherheit wurde 2013 ein zweiter Triagemessplatz des gleichen Typs beschafft und im Eingangsbereich des ZWIBEZ aufgestellt.

Die Qualitätssicherung für den Quickcounter wird mit der routinemässigen Überprüfung des Messplatzes gemäss Prüfplan PV-U-S001<sup>PV-U-S1</sup> und Ausführungsvorschrift IV-E-197001<sup>IV-E-197001</sup> gewährleistet.

Im Überprüfungszeitraum (2012 bis 2016) wurde keine Inkorporation über der Meldeschwelle von 1 mSv festgestellt.

#### *Routinemessprogramm Strahlenschutz*

Zusätzlich zur kontinuierlichen Anlageüberwachung mittels Digital Radiation Monitoring System werden vom Strahlenschutz in den begehbaren Anlagenräumen innerhalb der kontrollierten Zone und im überwachten Bereich ausserhalb der kontrollierten Zone regelmässig eine grosse Anzahl radiologischer Messungen vorgenommen<sup>TM-16204</sup>. Hierfür steht eine ausreichende Anzahl an Messgeräten, die die Anforderungen gemäss Richtlinie HSK-G13 erfüllen, zur Verfügung. Diese Messungen und die damit verbundene visuelle Überprüfung der Örtlichkeiten verschaffen dem Strahlenschutz eine gute Übersicht über den radiologischen Zustand und die Sauberkeit der Anlagen. Alle Kontroll- und Messergebnisse werden in Checklisten festgehalten, die von Equipenchef und Ressortleiter geprüft werden. Ungünstige Veränderungen werden frühzeitig erkannt und geeignete Massnahmen zur Behebung eingeleitet.

Diese umfangreiche Kontrolltätigkeit hat sich bewährt und zu einem radiologisch guten Anlagenzustand beigetragen<sup>TM-16204</sup>. Im Einzelnen werden vom Strahlenschutz folgende Überwachungen ausgeführt:

- Überwachung der Ortsdosisleistungen in der kontrollierten Zone;
- Überwachung der Ortsdosisleistung an den Abluftfilteranlagen;
- kontinuierliche Überwachung der Raumluft in der kontrollierten Zone an häufig begangenen Orten sowie an Arbeitsplätzen mit generell erhöhter Luftkontaminationsgefahr mit Hilfe von Aerosolmonitoren;
- Überwachung der Raumluft in der kontrollierten Zone mittels Luftproben;
- Überwachung der Oberflächenkontamination in der kontrollierten Zone;
- kontinuierliche Überwachung der ZWIBEZ-Fortluft;
- Strahlenüberwachung ausserhalb der kontrollierten Zone.

Wischteste und Aerosolproben können auf den zwei Messplätzen im Strahlenschutzmessraum nuklidspezifisch analysiert werden.

#### *Eigenbewertung des KKB*

Die Dosimetriestelle verfügt über ausreichend Personal sowie die notwendigen Dosimeter und Ausrüstungen<sup>TM-16204</sup>. Die Anforderungen der Dosimetrieverordnung und der einschlägigen ENSI-Richtlinien werden erfüllt.

Das Routineüberwachungsprogramm hat sich bewährt. Die dafür eingesetzten Messgeräte erfüllen die Anforderungen gemäss Richtlinie HSK-G13. Veränderungen der radiologischen Situationen wurden frühzeitig erkannt. Notwendige Strahlenschutzmassnahmen wurden rechtzeitig eingeleitet.

Die regelmässig durchgeführten Alpha-Messprogramme ergaben, dass in beiden Blöcken Alpha-Strahler für den operationellen Strahlenschutz in begehbaren Bereichen nur von untergeordneter Bedeutung sind und mit den üblichen Strahlenschutzmassnahmen und Tenue-Vorschriften keine unzulässige Inkorporation zu befürchten ist<sup>TM-16204</sup>.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 7 Bst. a KEV<sup>KEV</sup>
- Art. 61, 62, 64, 66-71, 77, 89-92, 113 StSV<sup>StSV</sup>
- Art. 32, 38, 41–46, Anhang 2-3 UraM<sup>UraM</sup>
- Dosimetrieverordnung<sup>DosV</sup>
- Richtlinien HSK-R-07<sup>R-7</sup>, und ENSI-G15<sup>G15</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

##### *Personendosimetrie*

Die Strahlenexposition wird gemäss Strahlenschutzverordnung individuell ermittelt. Das KKB verwendet zur Erfassung und Kontrolle der Personendosen zwei einander ergänzende Dosimetriesysteme und erfüllt damit die Anforderungen der Strahlenschutzverordnung und der ENSI-Richtlinien.

##### *Kontrolle auf Personenkontamination*

Der Gerätepark des KKB zur Kontaminationsmessung von Personen ist ausreichend bestückt und erfüllt die Messanforderungen gemäss Strahlenschutzverordnung. Das weitere Vorgehen des Strahlenschutzpersonals bei positivem Befund am Ausgangsmonitor ist ausreichend beschrieben. Im Vergleich zum letzten Überprüfungszeitraum haben sich die Kontaminationen auf 0,2 pro 1000 Begehungen der kontrollierten Zone halbiert.



### *Inkorporationsmessungen*

Die Anforderungen an die Triagemessung werden durch die Messungen mit einem Quickcounter erfüllt. Das weitere Vorgehen bei Inkorporationsverdacht ist festgelegt. Im Überprüfungszeitraum wurde keine meldepflichtige Inkorporation beobachtet.

### *Routinemessprogramm Strahlenschutz*

Die Überwachung der radiologischen Situation ist im KKB gut etabliert und Veränderungen des radiologischen Zustands werden mit den Messprogrammen sicher erkannt.

Im Normalbetrieb konnten mit den vom KKB gewählten Interventions- und Alarmschwellen, Messorten, Messintervallen und zu erfassenden Messgrößen der Routinemessungen nachweislich die Schutzziele des operationellen Strahlenschutzes überwacht werden. Insbesondere konnten im Überprüfungszeitraum Dosisgrenzwertüberschreitungen und schwer beherrschbare Kontaminationsverschleppungen vermieden werden.

### *Fazit*

Das ENSI stellt fest, dass das KKB über ein umfassendes Überwachungskonzept sowie über eine ausreichende, dem Stand der Technik entsprechende Überwachungsinstrumentierung verfügt. Die Beschreibung der Verfahren, der Geräte, der Vorgaben sowie der Zuständigkeiten ist in einer Vielzahl von Dokumenten abdeckend geregelt.

## **3.4.5 Radiologischer Zustand der Anlage, Strahlenexposition des Personals sowie Erfahrung aus Vorkommnissen**

### **Angaben des KKB**

#### *Dosisleistungen in der Anlage*

Die Strahlenpegel in den oft begangenen Räumen der Sicherheitsgebäude Block 1 und 2 während der Anlagenstillstände haben sich im Überprüfungszeitraum im Allgemeinen nicht signifikant verändert<sup>TM-16204</sup>. Die Dosisleistungswerte in den bei Abstellungen begangenen Bereichen der Blöcke 1 und 2 blieben nahezu konstant bei leicht abnehmender Tendenz.

Im Block 1 nahm nach dem Dampferzeuger-Austausch im Jahr 1993 die ODL an den Hauptkühlmittelleitungen zunächst ab, um dann aber wieder generell anzusteigen (s. Abbildung 3.4-1) – ab 2007 vor allem an den Closure Legs<sup>TM-16204</sup>. Die bereits vorgesehenen Massnahmen zur Verbesserung der Situation betreffen die Optimierung der Wasserchemie. Eine Dekontamination der Closure Legs und der Ablassleitung mit Wasserhöchstdruck im Jahr 2016 brachte nur eine geringe Dosisleistungsreduktion. Die ODL an den Closure Legs Block 1 nahm aufgrund der Standzeit seit 2015 ab.

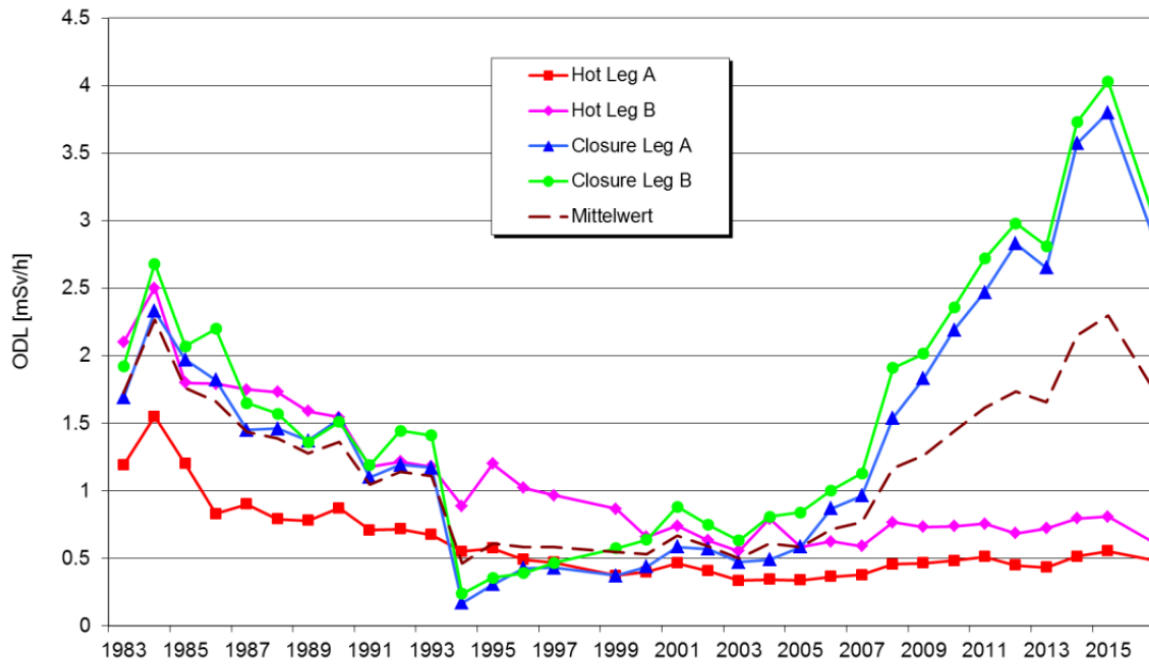


Abbildung 3.4.5-1: Entwicklung der ODL an der Hauptkühlmittelleitung im KKB Block 1

Im Block 2 bewegte sich die ODL auf wesentlich niedrigerem Niveau als im Block 1 (s. Abbildung 3.4-2) und hatte im Überprüfungszeitraum keinen spürbaren Einfluss auf den radiologischen Arbeitsschutz<sup>TM-16204</sup>. Die ODL an den Closure Legs stieg seit 2008 leicht an.

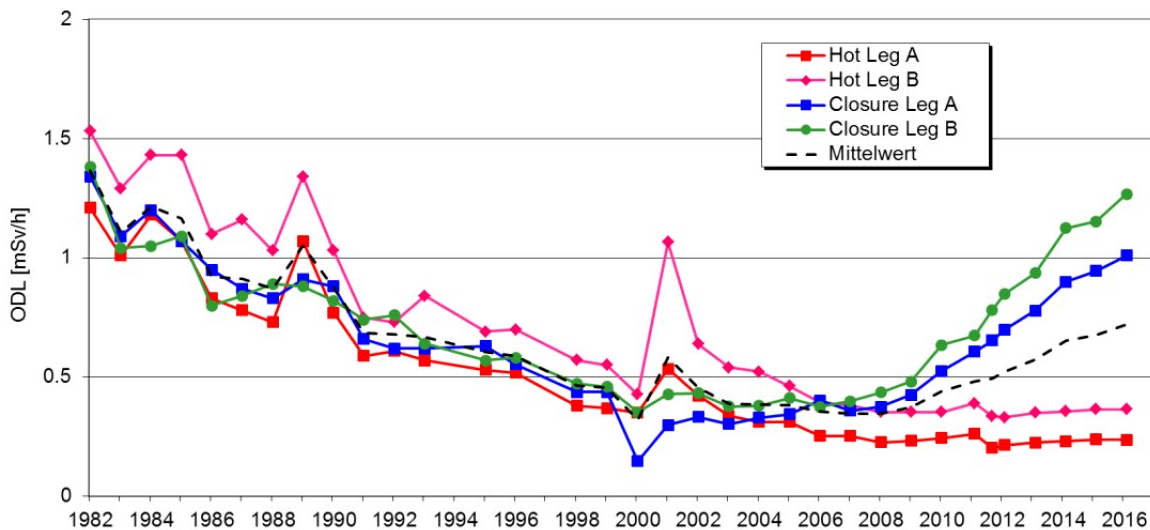


Abbildung 3.4.5-2: Entwicklung der ODL an der Hauptkühlmittelleitung im KKB Block 2

Die an den Mänteln der Dampferzeuger gemessene ODL blieb während des Überprüfungszeitraums in beiden Blöcken auf einem sehr niedrigen Niveau ( $< 0,3 \text{ mSv/h}$ )<sup>TM-16204</sup>.

Die ODL in den Anlagenräumen der Nebengebäude Block 1 und 2 blieben im Überprüfungszeitraum im Wesentlichen konstant<sup>TM-16204</sup>. Einige Raumdosisleistungen zeigen sogar eine leicht abnehmende Tendenz.

Die ODL sind im Block 1, vermutlich infolge der früheren Brennstoffschäden, seit Anfang der siebziger Jahre generell höher als im Block 2.

Als wertvolles Informationsmittel sowie als Orientierungshilfe für das Personal beim Begehen der kontrollierten Zone wurden je nach Strahlenpegel farblich abgestufte ODL-Mappings (Dosisleistungsatlas) angelegt<sup>TM-16204</sup>. Diese sind als Schautafeln am Zugang zu beiden Nebengebäuden und zu beiden Sicherheitsgebäuden angebracht. Sie werden sowohl vom Strahlenschutz zur Einweisung als auch vom Betriebs- und Instandhaltungspersonal genutzt, um den persönlichen Strahlenschutz zu verbessern. Die farblichen Abstufungen entsprechen der Gebietstypeneinteilung nach Richtlinie HSK-R-07.

### *Oberflächenkontaminationen*

Die kontrollierte Zone des KKB ist entsprechend der Richtlinie HSK-R-07 je nach Kontaminationsgrad in Zonentypen 0 bis IV unterteilt<sup>TM-16204</sup>. Durch die konsequente Anwendung dieses Zonenkonzeptes, das disziplinierte Verhalten des Personals, den Einsatz eines guten Reinigungsdienstes und eine Reihe weiterer vorbeugender Massnahmen konnten beide Anlagen während der letzten fünf Jahre in einem radiologisch sehr sauberen Zustand gehalten werden. Unzulässige Ausbreitungen bzw. Verschleppungen von Kontaminationen aus der kontrollierten Zone heraus sind nicht vorgekommen.

Die lose Oberflächenkontamination für Beta-Gamma-Strahler liegt an den normal begehbaren Orten in beiden Anlagen<sup>TM-16204</sup> unterhalb von 3 Bq/cm<sup>2</sup>. Einige wenige Bereiche wie z. B. die Reaktorbecken weisen zwar naturgemäss höhere Kontaminationspegel auf, doch konnten diese im Überprüfungszeitraum problemlos in praktikablen Grenzen gehalten werden.

Bei Oberflächenkontaminationen wird konservativerweise zur Abschätzung der Relevanz der Alpha-Aktivität für den operationellen Strahlenschutz ein Gamma- zu Alpha-Verhältnis von 40:1 angenommen<sup>TM-16204</sup>. Dieses Verhältnis beruht auf der Nachweisgrenze der Personenmonitore für Co-60. Das Verhältnis von Beta-Gamma-Strahler zu Alpha-Strahler kann zum Beispiel durch Ausmessen von Wischproben bestimmt werden. Dieses Verhältnis wird zur Bewertung der Tätigkeit und der Festlegung der notwendigen Schutzmassnahmen herangezogen.

Es werden weiterhin regelmässige Wischtests, Aerosolproben vom Beckenrand und CRUD-Proben bzgl. Gamma/Alpha-Verhältnisse untersucht, um im Fall eines Anstiegs des Alpha-Anteils die internen Gamma-Grenzwerte anzupassen und der geänderten Gefährdungslage Rechnung tragen zu können<sup>TM-16204</sup>. Das Gamma- zu Alpha-Verhältnis ist im hohen Masse system- und komponentenabhängig. Ein geometrischer Mittelwert über alle Systeme und Komponenten kann aufgrund der unterschiedlichen Verhältnisse ab 2015 nicht ermittelt werden, vielmehr wird ein Gamma- zu Alpha-Verhältnis pro System und bzw. oder Arbeitsplatz angegeben.

Wegen des insbesondere im Block 1 sinkenden Gamma- zu Alpha-Verhältnisses wurde 2013 mit der Vorbereitung von Massnahmen begonnen, welche der steigenden Gefährdung durch Alphastrahler Rechnung tragen:

- 2014 wurden die Alarmschwellen der Aerosolmonitore angepasst, um dem zunehmenden Alphaanteil Rechnung zu tragen. Zudem wurden 12 beta-/gamma- und alphaempfindliche Wischtestmessplätze (WIMP 120C) zur Messung von Wischproben und Aerosolfiltern beschafft.
- 2015 wurde ein Breitbandenergiedetektor beschafft, um u. a. Am-241 auf Luftfiltern und Wischtesten messen zu können.
- 2016 wurde ein weiterer Breitbandenergiedetektor beschafft, um dem erhöhten Messbedarf von Luftfiltern und Wischtesten gerecht zu werden.

### *Luftkontaminationen*

Durch die ständigen Bemühungen um eine radiologisch saubere Anlage konnten nennenswerte Luftkontaminationen oberhalb der Richtwerte vermieden werden (siehe Strahlenschutzberichte zu Brennelementwechseln und Revisionsabstellungen während des Zeitraums 2012 bis 2016).

Da die CA-Werte der Luftkontaminationen (in Bq/m<sup>3</sup> gemessen) für Alpha-Strahler wesentlich niedriger als für Beta-Gamma-Strahler sind, muss im operationellen Strahlenschutz den Alpha-Strahlern besondere Beachtung geschenkt werden. Die Relevanz der Alpha-Strahler in allfällig auftretenden Kontaminationen wird nach

dem Verhältnis der Beta-Gamma- zur Alpha-Aktivität beurteilt. Dieses Verhältnis kann durch Ausmessen von Luftproben bestimmt werden.

Der Richtwert für Luftkontamination entspricht im KKB  $78 \text{ Bq/m}^3$ . Konservativ wird zur Abschätzung der Relevanz der Alpha-Aktivität für den operationellen Strahlenschutz das Verhältnis aus den CA-Werten von Co-60 ( $500 \text{ Bq/m}^3$ ) und von Am-241 ( $0,3 \text{ Bq/m}^3$ ) herangezogen, welches 300:1 beträgt (niedrigstes gemessenes Verhältnis).

### *Personendosen*

Im Überprüfungszeitraum betrug die durchschnittliche Kollektivdosis pro Jahr für beide Blöcke zusammen<sup>TM-16204</sup> ca. 645 mSv. Der Beitrag aus den Revisionsabstellungen zu den Kollektivdosen ist naturgemäss im Vergleich zu den BE-Wechseln höher und abhängig vom Aufwand für Instandsetzung oder wiederkehrende Prüfungen. So wurden im Berichtszeitraum von 2012 bis 2016 durchschnittlich 64 Pers.-mSv pro Block und Jahr während BE-Wechsel und 463 Pers.-mSv pro Block und Jahr während Revisionsabstellungen ermittelt.

Die Kollektivdosis für den Leistungsbetrieb betrug zum Ende des Überprüfungszeitraums (2016) weniger als 100 Pers.-mSv jährlich für beide Blöcke<sup>TM-16204</sup>.

Der Anteil des Fremdpersonals an der Kollektivdosis lag<sup>TM-16204</sup> zwischen 43 % und 80 %.

Die maximale Individualdosis lag<sup>TM-16204</sup> in der überwiegenden Zeit unter 10 mSv pro Jahr (betriebsinternes Strahlenschutzziel). Die mittlere Individualdosis betrug seit 2012 zwischen 0,3 und 0,8 mSv/Jahr. Sie konnte gegenüber dem vorherigen Zeitraum, wo sie bei knapp 1 mSv/Jahr lag, weiter reduziert werden. Die höchste Individualdosis seit 2012 betrug 10,7 mSv.

Die Auswertung der während des Aufenthalts in Neutronenfeldern vorschriftsmässig getragenen Neutronendosimeter in der anerkannten Dosimetriestelle des PSI<sup>TM-16204</sup> ergab keine Dosen oberhalb der Nachweisgrenze von 0,5 mSv. Die Auswertung der Teilkörperdosimeter (Fingerringdosimeter) ergab Jahresdosen von max. 15,6 mSv. Dies entspricht 3 % des Grenzwertes von 500 mSv.

### *Vorkommnisse in der eigenen Anlage<sup>TM-16204</sup>*

In den Jahren 2012 und 2013 ereignete sich kein Vorkommnis im Bereich des Strahlenschutzes.

Im 2014 (Ereignis 14-2003) kam es beim Absenken des Wassers im Transferbecken C zu einem unerwarteten Anstieg der Ortsdosisleistung. Die daraus resultierende notwendige Höherstufung des Gebietstyps wurde nicht vorgenommen und deshalb unterblieb auch die notwendige Meldung an das ENSI. Als Folge des Ereignisses wurden u. a. Schulungen der Belegschaft durchgeführt.

Im 2015 (Ereignis 15-1002) wurde die angeordnete Dosimetrie in Zone 0 missachtet. Zwei Personen betraten die kontrollierte Zone 0 auf dem Nebengebäudedach des Blocks 1. Die Zone 0 war zu diesem Zeitpunkt ausgeschildert und auf einem Schild die Dosimetertragepflicht signalisiert. Das Fehlen einer «mechanischen Barriere» (Zutritt ohne eingelestes Dosimeter technisch nicht möglich) kann als beitragender Faktor dem Ereignis zugeordnet werden. Als Folge des Ereignisses wurden Zugänge zur kontrollierten Zone so modifiziert, dass der Zugang nur mit einem eingelestem EPD-Dosimeter gewährt wird. Die Signalisierung der Zone 0 (Dosimetertragepflicht, etc.) beim Zutritt zum Nebengebäudedach wurde in englischer und deutscher Sprache angebracht.

Im 2016 (Ereignis 16-1003) ereignete sich eine Inkorporation bei einem Mitarbeiter im Rahmen einer geplanten Tätigkeit während der Revisionsabstellung. Beim Auskleiden eines Mitarbeitenden im fremdbelüfteten Schutzanzug in der Hochdruckdekontaminations-Kabine bestand der Verdacht auf Inkorporation, da die Person aufgrund Platzmangels nicht in der Schleuse ausgekleidet werden konnte und sich der Wasserdampf durch die Hochdruck-Reinigung in der Box beim Auskleiden des Mitarbeiters dort noch nicht vollständig gelegt hatte. Die Abklärungen haben gezeigt, dass die Folgedosis  $E_{50}$  0,2 mSv beträgt. Als Folge des Ereignisses wurde die Schleuse ausgeräumt und für das Ein- und Auskleiden nutzbar gemacht. Weiter sind von allen Mitarbeitenden des Ressorts Radioaktive Rückstände im halbjährlichen Intervall Routine-Ausscheidungsanalysen durchzuführen. Ebenfalls ist nach Arbeiten in der Zone IV arbeitstäglich eine Inkorporationsmessung am Triagemonitor durchzuführen.

### *Eigenbewertung des KKB*

Die Ortsdosisleistungen liegen im KKB auf einem niedrigen Niveau<sup>TM-16204</sup>. Mit Ausnahme der Closure Legs in Block 1 können die Dosisleistungen an Komponenten der Hauptkühlkreisläufe niedrig gehalten werden.

Die losen Oberflächenkontaminationen für Beta-Gamma-Strahler liegen praktisch in der ganzen Anlage<sup>TM-16204</sup> deutlich unter 3 Bq/cm<sup>2</sup>. Durch die konsequente Anwendung des Zonenkonzeptes und einer Reihe vorbeugender Strahlenschutzmassnahmen bei Tätigkeiten an offenen Strahlenquellen konnten sowohl Ausbreitungen bzw. Verschleppungen von Oberflächenkontaminationen als auch Luftkontaminationen verhindert werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die bisher angewendeten Verfahren und Strahlenschutzmassnahmen zweckmässig sind. In diesem Zusammenhang wird darauf verwiesen, dass auch in Bezug auf die Strahlenexposition durch Alpha-Nuklide die Schutzmassnahmen greifen.

Der gesetzliche Grenzwert für Individualdosen wurde eingehalten<sup>TM-16204</sup>. Die mittlere Individualdosis lag zwischen 0,4 und 0,8 mSv pro Jahr. Nur in 4 Fällen war die Individualdosis im Überprüfungszeitraum höher als 10 mSv pro Jahr.

Die durchschnittliche Kollektivdosis betrug 645 mSv pro Block und Jahr. Mit diesem Wert liegt das KKB im besten Quartil für Druckwasserreaktoren (WANO Performance Indicator CRE). Die niedrigen Kollektivdosen konnten durch die Unterstützung der Tätigkeiten durch den Strahlenschutz am Arbeitsplatz, temporäre Abschirmungen, Mockup-Training, Optimierungsmassnahmen des ALARA-Teams und eine konsequente Umsetzung des Zonenkonzeptes erreicht werden. Der Anteil des Fremdpersonals an der Kollektivdosis lag zwischen 42 und 80 %.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 61, 62, 64, 66-71, 77, 89-92, 113 StSV<sup>StSV</sup>
- Art. 38, 41-46, Anhang 2-3 UraM<sup>UraM</sup>
- Richtlinien HSK-R-07<sup>R-7</sup> und ENSI-G15<sup>G15</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Dosisleistungen in der Anlage*

Die im Überprüfungszeitraum stabile bzw. leicht sinkende Tendenz bei den Dosisleistungen in den Räumen der Sicherheitsgebäude Block 1 und 2 ist eine positive Entwicklung. Die Massnahmen zur Verbesserung der Situation sind in der vorliegenden Stellungnahme im Kap. 3.5 «Wasserchemie» beschrieben und bewertet. An den Primärkomponenten ist allerdings ein markanter Anstieg der ODL festgestellt worden, am deutlichsten bei den Closure Legs im Block 1 und weniger ausgeprägt im Block 2. Das KKB hat im Block 1 eine Dekontamination der Closure Legs und der Ablassleitung mit Wasserhöchstdruck im Jahr 2016 durchführen lassen. Die Aktion ergab nur eine geringe Dosisleistungsreduktion. Das ENSI ist daher der Auffassung, dass die Entwicklung der Dosisleistungen weiter zu beobachten ist und wird dies im Rahmen der Aufsicht weiterverfolgen.

Das ENSI beurteilt den radiologischen Zustand aufgrund eigener Inspektionen und der Kontrolle der periodischen Berichterstattung des KKB im Überprüfungszeitraum als mit den Vorgaben übereinstimmend. Die Dosisleistungen liegen in der Regel sehr tief und deutlich niedriger als die jeweiligen Interventionsschwellen. In wenigen Fällen hatte das KKB Massnahmen, wie Absperrungen oder Abschirmungen, treffen müssen, die durchwegs rasch und erfolgreich verliefen, sodass der Zustand der Anlage ohne Verzögerungen mit den Vorgaben übereinstimmte.

#### *Oberflächenkontaminationen*

Das Zonenkonzept des KKB hat sich aus Sicht des ENSI bewährt. Die losen Oberflächenkontaminationen durch Beta-Gamma-Strahler an den begehbaren Orten in der kontrollierten Zone sind allgemein sehr tief. Das KKB hat die umfangreichen Untersuchungen zu den Beta-Gamma- zu Alpha-Verhältnissen mittels Wischtests, Aerosolproben vom Beckenrand und CRUD-Proben konsequent fortgesetzt. Diese Analysen werden auch weiterhin gemacht und in Aufsichtsgesprächen thematisiert. Die genauen Informationen über Alpha-Kontaminationen unterstützen die Überwachung der Anlage und den Strahlenschutz des Personals<sup>EPRI-A</sup>. Das ENSI

bescheinigt dem KKB sehr tiefe Oberflächenkontaminationen, die vom Strahlenschutz im Überprüfungszeitraum ergriffenen Optimierungs- bzw. Überwachungsmassnahmen haben Wirkung gezeigt.

#### *Luftkontaminationen*

Nennenswerte Luftkontaminationen sind im KKB während des Überprüfungszeitraums nicht aufgetreten.

#### *Personendosen*

Das ENSI stellt fest, dass der Dosisgrenzwert für das Personal klar eingehalten wurde. Der Trend für die Kollektiv- und Individualdosis im KKB während des Überprüfungszeitraums ist gleichbleibend. Diese Tendenz hat mehrere, nicht immer eindeutig quantifizierbare feststellbare Ursachen (namentlich Länge und Umfang der Revisionen, Abschirmmassnahmen, zonenkonformes Verhalten des Personals), die alle unterschiedlich stark die akkumulierten Dosen beeinflussten.

Dem Dosisgrenzwert werden innerbetriebliche Interventionsschwellen wie z. B. Tagesdosislimiten, Dosiskontingente und Dosisplanungsziele vorgelagert. Das ENSI hat sich mittels Inspektionen, Fachgesprächen und der Berichterstattung vergewissert, dass sich der Strahlenschutz im KKB im Hinblick auf die Anwendung innerbetrieblicher Schwellen und die Einhaltung von Zielen für die Individual-, Job- und Kollektivdosen und damit die Umsetzung des Optimierungsprinzips gut entwickelt hat. Die höchste Individualdosis seit 2012 bis heute betrug 10,7 mSv und wurde im Jahr 2015 akkumuliert.

#### *Vorkommnisse in der eigenen Anlage*

Nach den Ereignissen «Erhöhte Ortsdosisleistung im Transferbecken C» und «Missachtung der angeordneten Dosimetrie in Zone 0» in den Jahren 2014/2015 wurden vor allem die Schulungen des Personals verbessert. Das Ereignis «Inkorporation bei einem Mitarbeiter im Rahmen einer geplanten RA-Tätigkeit» im Jahr 2016 war nicht meldepflichtig. Es führte zu Optimierungen bei den Arbeitsabläufen und einer Intensivierung der Inkorporationsüberwachung. Alle Ereignisse im Bereich des Strahlenschutzes hatten eine eher geringere Auswirkung auf die Sicherheit des Personals.

#### *Fazit*

Das ENSI stellt aufgrund seiner Inspektionen sowie der Meldungen und der Berichterstattung des KKB fest, dass die Aktivitätskonzentrationen und Dosisleistungen in der Anlage, mit Ausnahme einiger Primärkreiskomponenten auf ein im internationalen Vergleich niedriges Niveau gesenkt und auf diesem stabil gehalten werden konnte. Die Kontamination mit Alpha-strahlenden Nukliden wurde intensiv beobachtet und hatte bei den Arbeiten die entsprechenden Schutzmassnahmen zur Folge. Die Strahlenexposition des Personals war optimiert.

### **3.4.6 Sanitätsdienst in der kontrollierten Zone**

#### **Angaben des KKB**

Die Betriebssanität muss alle Aspekte der Ersten Hilfe im KKB lückenlos sicherstellen. Innerhalb des Kraftwerksreglements und der verschiedenen speziellen Reglemente und Anweisungen sind die Organisation, die Alarmierung, die Besammlungsorte, die Lage des Sanitätszimmers, sowie die Zusammenarbeit mit internen und externen Stellen geregelt. Die Form der Alarmierung sowie die Art der Notfälle, bei denen die Equipe aufgeboden wird, sind geregelt. Je nach Verfügbarkeit kann die Betriebssanität entweder durch den Leiter der Betriebssanität, den Ausbildungsverantwortlichen, dessen Stellvertreter oder das bestgeeignete Mitglied der Betriebssanität im Einsatzfall geführt werden.

Die Form der Alarmierung sowie die Art der Notfälle, bei denen die Equipe aufgeboden wird, sind geregelt. Die Abläufe für die einzelnen Funktionsstufen sind auf verschiedenen Checklisten zusammengestellt. Die strahlenschutztechnischen Belange bei der Ersten Hilfe werden durch die Notfallequipe Strahlenschutz, welche immer parallel zur Notfallequipe Betriebssanität aufgeboden wird, wahrgenommen. Patienten aus der kontrollierten Zone werden bei einer Einlieferung ins Spital immer von einer vollständig ausgerüsteten Strahlenschutzfachkraft begleitet. Personen nach einem Strahlenunfall werden im Universitätsspital Zürich behandelt.

Das Ausbildungsprogramm umfasst Übungslektionen, Einsatzübungen mit der Betriebsfeuerwehr, Überraschungseinsätze und Schlussübungen. Die Grundausbildung jedes Mitglieds der Betriebs sanität umfasst die Kurse Ersthelfer Stufen 1 bis 3 gemäss Interverband Rettungswesen mit einem zeitlich definierten Rahmen. Für die Schichtsanitäter umfassen die notwendigen Kenntnisse Ampelschema, Patientenbeurteilung nach ABC (Airways, Breathing, Circulation), Anwendung der Cardiopulmonalen Reanimation, Lagerung, Druckverband und die Anwendung des Erste-Hilfe-Rucksacks. Für die Ausbildung stehen der Equipe insgesamt vier gut ausgerüstete Räume zur Verfügung. Als zentraler Behandlungs- oder Besammlungsort dient das Sanitätszimmer, dessen Inventar regelmässig durch den designierten Werksarzt überprüft wird. Zusätzlich ist neben vier Sanitätsposten noch Sanitätsmaterial auf dem Werksareal verteilt vorhanden.

Das detaillierte jährliche Ausbildungsprogramm ist im Notfallreglement enthalten<sup>TM-16700</sup>. Im Jahr 2016 wurden die Betriebs sanität und die Betriebsfeuerwehr organisatorisch zusammengeführt. Die Anforderungen an die Betriebs sanitäter und deren Ausbildung sind seit dem 1. Januar 2016 im Reglement der Betriebsfeuerwehr sowie in der Administrativen Weisung «Sanitätszug der Betriebsfeuerwehr»<sup>AW-U-95001</sup> geregelt. Neben den Wiederholungsausbildungen und Übungseinsätzen werden als Ergänzung zwecks Weiterbildung der Betriebs sanitäter an Vorträgen von Fachpersonen praxisbezogene Themen behandelt.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Grundlagen der Ersten Hilfe des Schweizerischen Samariterbunds
- Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz<sup>ARGV3</sup> sowie Wegleitung zu dieser Verordnung

### **Beurteilung des ENSI**

Die Betriebs sanität muss nach einem Unfall oder bei einer akuten Erkrankung Erste Hilfe leisten oder lebensrettende Sofortmassnahmen durchführen. Sie muss ausserdem dafür besorgt sein, dass die Patienten bei Bedarf möglichst schnell adäquate Hilfe von aussen erhalten, eine Unterstützung, die auch die Aufbietung von externen Stellen wie der REGA oder der Ambulanz beinhaltet. Diese Abläufe sind im KKB dokumentiert und den Beteiligten bekannt. Weil in einem Kernkraftwerk Unfälle oder akute Erkrankungen auch in der kontrollierten Zone auftreten können, müssen die erforderlichen Massnahmen auch unter erschwerten radiologischen oder erschwerten räumlichen Bedingungen durchgeführt werden können. Die organisatorische Zusammenlegung mit der Feuerwehr widerspiegelt dabei die notwendige enge Zusammenarbeit vor Ort bei der Bergung von verletzten Personen und deren Versorgung. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Betriebsstrahlenschutz ist unumgänglich und die Sanitäter müssen ausserdem bei der Versorgung von Patienten die Vorgaben des Strahlenschutzes erfüllen können. Die angepasste Organisationsstruktur verhilft dazu, die Ausbildungen zu optimieren und die Abläufe im Ernstfall effektiver zu gestalten.

Die Anzahl der Betriebs sanitäterInnen ist für einen Betrieb der Grössenordnung des KKB adäquat. Die Organisation der Betriebs sanität des KKB ist auch in Hinsicht auf Ereignisse, die externe Strahlenexposition, Kontamination oder Inkorporation beinhalten, geregelt. Die Einrichtungen, Menge und Art der Ausrüstung und die Ausbildung beruhen auf den aktuellen Grundlagen für die Erste Hilfe und die Betriebs sanitäten. Das ENSI hat keine zu beanstandenden Belange gefunden. Der Sanitätsdienst in der kontrollierten Zone des KKB erfüllt alle Anforderungen.

#### **3.4.7 Abgabe radioaktiver Stoffe**

Die bis heute gültigen zulässigen Abgaben radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre und an die Aare sind in den Auflagen gemäss Ziffer 3.2 der bundesrätlichen Verfügung betreffend die Betriebsbewilligung des Kernkraftwerks Beznau (Block 2) vom 3. Dezember 2004 für das gesamte KKB, d. h. für Block 1 und 2, festgelegt. Darauf basierend setzte die damalige HSK das im Überprüfungszeitraum gültige Abgabe- und Umgebungsüberwachungsreglement im Dezember 2007 in Kraft.

### **Angaben des KKB**

Die Jahresabgaben des KKB mit der Abluft lagen im Überprüfungszeitraum bezogen auf die Abgabelimiten im Mittel bei 0,4 % für Edelgase, bei 0,15 % für Iod und bei 0,017 % für Aerosole und maximal bei 0,6 % für

Edelgase, bei 0,3 % für Iod und bei 0,023 % für Aerosole. Beim Abwasser wurden pro Jahr bezogen auf die Abgabelimiten im Mittel 0,016 % für ein Gemisch ohne Tritium und 12,3 % für Tritium und maximal 0,03 % für ein Gemisch ohne Tritium und 17,6 % für Tritium ausgeschöpft. Die Aktivitätsabgaben des KKB mit der Abluft waren im Überprüfungszeitraum sehr niedrig. Der ausführliche Vergleich der Abwasserabgaben zeigt, dass für die flüssigen radioaktiven Abgaben (ohne Tritium) der Zielwert von 1 GBq pro Jahr in den Jahren 2010 bis und mit 2016 immer unterschritten und damit die Auflage 3.5 der Verfügung des Bundesrats vom 3. Dezember 2004 zur unbefristeten Betriebsbewilligung für das KKB 2 erfüllt wurde. Für Tritium, das durch die Abwasserbehandlung nicht zurückgehalten werden kann, sind die auf die Reaktorleistung normierten Abgaben für die betrachteten Vergleichsanlagen innerhalb der zu erwartenden Schwankungsbreite ähnlich. Die Abgabelimiten gemäss bundesrätlicher Verfügung und Abgabereglement wurden stets eingehalten.

Als weitere Beurteilungsgrundlage behandelt und bewertet das KKB die durch die Abgaben hervorgerufenen potenziellen Strahlenexpositionen in der Umgebung. Für die zugrunde liegenden Berechnungen wird auf die in den Jahresberichten des ENSI publizierten Dosiswerte verwiesen, welche gemäss den Modellen und Parametern der Richtlinie ENSI-G14 berechnet wurden. Die im betrachteten Zeitraum vom ENSI publizierten Dosen für Kleinkinder, Jugendliche (10-jährig) und Erwachsene lagen nicht nur deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwertes von 0,3 mSv nach Richtlinie ENSI-G15, sondern auch unterhalb des in den Artikeln 5 und 6 StSV (1994) genannten Dosiswertes von 0,01 mSv, unter dem eine Tätigkeit in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gelten kann.

Aufgrund seiner Darlegungen sieht das KKB aktuell keinen Bedarf zu einer weiteren Reduktion der radioaktiven Abgaben an die Umgebung.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 26 StSG<sup>StSG</sup>
- Art. 7, 111, 112 und 113 StSV<sup>StSV</sup>
- Betriebsbewilligung für das KKB 2
- Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Beznau für das KKB<sup>HSK10/260</sup> resp. dessen Neuausgabe<sup>ENSI/14/2492</sup>
- Richtlinien ENSI-G14<sup>G14</sup> und ENSI-G15<sup>G15</sup>

### Beurteilung des ENSI

Das ENSI nimmt die periodischen Sicherheitsüberprüfungen der Werke jeweils zum Anlass zu überprüfen, ob der quellenbezogene Dosisrichtwert gemäss Art. 7 StSV resp. Richtlinie ENSI-G15 mit den in der Betriebsbewilligung und dem Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Beznau für das KKB festgeschriebenen Abgabegrenzwerten für luftgetragene und flüssige Emissionen auch im Licht der neuesten Anpassungen der Strahlenschutzgesetzgebung und des Standes von Wissenschaft und Technik eingehalten ist. Die vom ENSI für das KKB durchgeführten Dosisberechnungen zeigen, dass keine Veranlassung besteht, die gültigen Abgabelimiten anzupassen.

Die Abgaben luftgetragener und flüssiger radioaktiver Stoffe an die Umwelt werden im Einklang mit Art. 111 bis 113 StSV und den daraus abgeleiteten Festlegungen in der Betriebsbewilligung und im Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Beznau für das KKB vom Betreiber gemessen, dokumentiert und dem ENSI monatlich gemeldet.

Die Abgabemessungen des KKB werden vom ENSI stichprobenweise durch vierteljährliche eigene Messungen überprüft. Des Weiteren werden Bilanzierung und Buchführung durch jährlich stattfindende Inspektionen kontrolliert. Bei den Vergleichsmessungen wurde im Rahmen der Messgenauigkeit immer eine gute Übereinstimmung festgestellt, bei den Inspektionen konnte sich das ENSI jeweils von der ordnungsgemässen Bilanzierung, Buchführung und Meldung der Abgabewerte überzeugen.



Das ENSI ist mit der Schlussfolgerung des KKB einverstanden, dass im Überprüfungszeitraum die Abgabelimiten für flüssige und gasförmige Abgaben immer deutlich unterschritten wurden. Die daraus berechnete maximale Dosis für Personen der Umgebungsbevölkerung war gering.

Im Rahmen der OSPAR-Kommission berichtet das ENSI kraftwerksspezifisch periodisch über die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser, die verwendeten Reinigungsverfahren sowie die durchgeführten und geplanten Massnahmen zur Verringerung der radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser. Die Abbildung 3.4.7-1 zeigt die Entwicklung der flüssigen Abgaben des KKB verglichen mit den im Rahmen der OSPAR-Kommission erhobenen Daten anderer europäischer Reaktoren. Aus dieser Abbildung ist die Reduktion unter den Zielwert von 1 GBq pro Jahr ab dem Jahr 2007 deutlich zu erkennen. Seit 2007 liegen die flüssigen Abgaben des KKB damit in der Grössenordnung des Medians der europäischen Reaktoren.

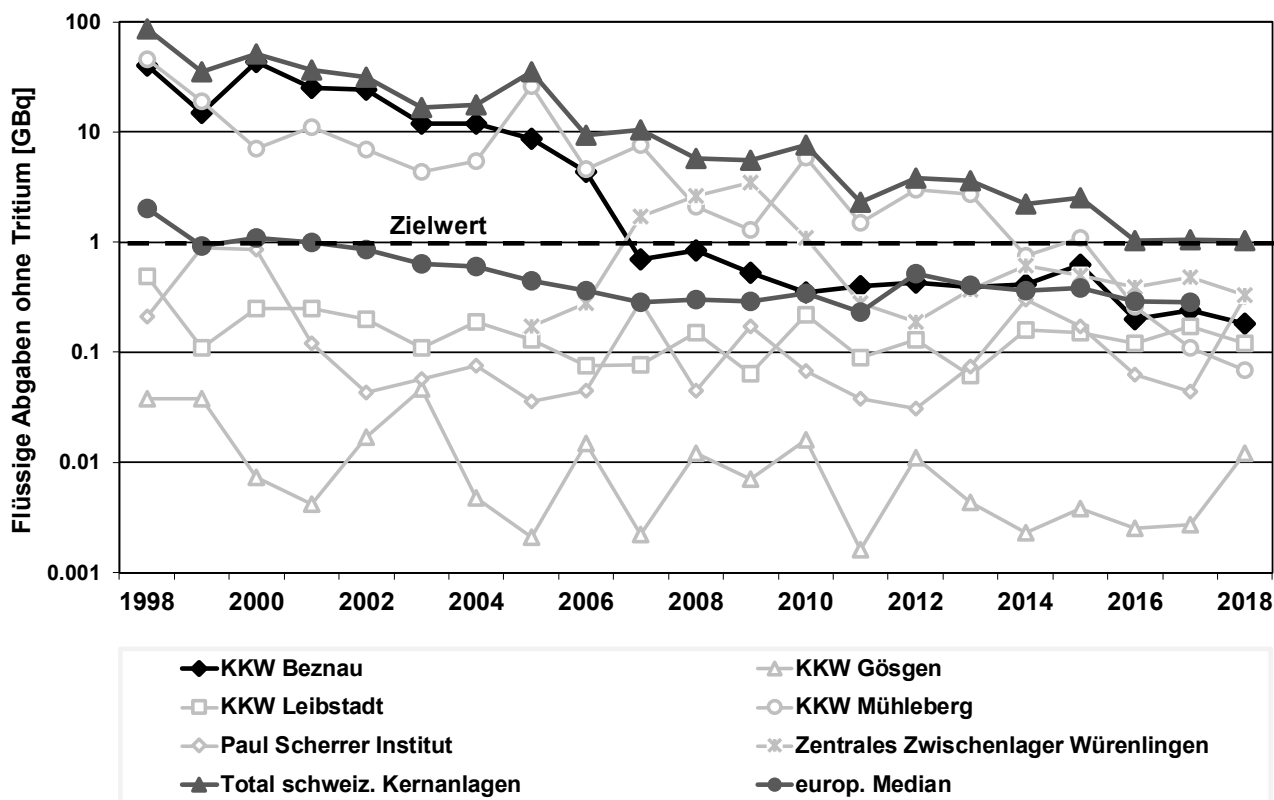


Abbildung 3.4.7-1: Abwasserabgaben des KKB im Vergleich mit dem Median anderer europäischer Reaktoren gemäss OSPAR<sup>OSP</sup> und den Abgaben der anderen schweizerischen Kernanlagen

### 3.5 Wasserchemie und Aufbereitungssysteme

Qualität und Inhaltstoffe des Primär- und Sekundärkühlmittels sind für den sicheren, störungsfreien und umweltschonenden Betrieb der Anlage mitverantwortlich. Um die Qualität der Kühlmittel sicherzustellen, sind regelmässige Analysen mittels geeigneter Methoden notwendig. Dabei sind vor allem Korrosions-, Spalt- und Aktivierungsprodukte, Bor und Lithium, bestimmte Anionen sowie die Leitfähigkeit von Interesse. Eine gute Wasserqualität ist eine Voraussetzung, um das Auftreten von Brennelementhüllrohrschäden zu minimieren und Spannungsrisskorrosion weitestgehend zu vermeiden. Ferner kann dadurch die dosisleistungsbestimmende Kontamination an innenseitig wasserbenetzten Oberflächen von Komponenten und Rohrleitungen begrenzt werden. Um den hohen und komplexen Anforderungen gerecht zu werden, sind zudem umfangreiche Aufbereitungsanlagen erforderlich. Ergänzend sind Systeme zur Dosierung von Zusatzstoffen im Reaktorkühlmittel und im sekundären Wasser-Dampf-Kreislauf notwendig. Aus dem Reaktorkühlmittel austretende, nicht kondensierbare Gase müssen spezifisch behandelt und gesetzeskonform an die Umwelt abgegeben werden.

Die Angaben zur Wasserchemie und zu den Aufbereitungssystemen sind dem PSÜ-Dokument «Wasserchemie» des KKB<sup>TM-16204</sup> entnommen. Im Folgenden werden in erster Linie Änderungen und Besonderheiten, die sich im Überprüfungszeitraum ergeben haben, dargelegt und bewertet.

### 3.5.1 Reaktorkühlmittelchemie

#### Angaben des KKB

Im KKB wird die sogenannte modifizierte koordinierte Bor/Lithium-Fahrweise angewandt. Dabei wird die Lithiumkonzentration entsprechend der Borsäurekonzentration so angepasst, dass der gewünschte pH<sub>300</sub>-Wert so konstant wie möglich gehalten wird. Da jedoch eine obere Limite für die Lithiumkonzentration besteht, kann der gewünschte pH<sub>300</sub>-Wert von 7,2 erst unterhalb einer bestimmten Borsäurekonzentration erreicht werden.

Die bis Juni 2011 geltende obere Lithium-Limite von 2,5 ppm Li ermöglichte es erst ab der zweiten Zyklus-hälfte, den Ziel-pH<sub>300</sub>-Wert zu erreichen.

Um bereits zu Beginn des Zyklus minimale Korrosionsraten zu erreichen und damit den Aktivitätsaufbau<sup>TM-16000</sup> (Ortsdosisleistung an den Closure Legs, d. h. den Leitungen von den Dampferzeugern zu den Reaktorhauptpumpen) zu verringern, wurde der pH<sub>300</sub>-Wert von 7,2 bereits zu Beginn des Zyklus eingestellt. Dazu wurde eine Erhöhung der oberen Limite der Technischen Spezifikationen (TS) für Lithium auf 5 ppm notwendig, die vom ENSI im Jahr 2011 freigegeben wurde.

Die bisherige Fahrweise mit einem Ziel-pH<sub>300</sub>-Wert von 7,2 hat sich bewährt. Das Korrosionsverhalten der Primärkreislaufkomponenten ist insofern optimal, als dass im Reaktorkühlmittel bei Normalbetrieb selten Korrosionsproduktkonzentrationen von mehr als 1 ppb Fe, Ni, Co oder Cr nachweisbar sind.

Die Einstellung der Borkonzentration im Reaktorkühlmittel erfolgt im KKB durch Dosierung von Borsäure mit natürlicher B-10/B-11-Isotopenzusammensetzung. In beiden Blöcken liegt die Borkonzentration bei Zyklusbeginn zwischen 950 und 1150 ppm Bor und am Zyklusende bei 0 bis 35 ppm Bor. Die gemessenen Borkonzentrationen stimmen gut mit den berechneten Borkonzentrationen der Kernausslegung überein. Dadurch wurde der Kern im Überprüfungszeitraum optimal ausgenutzt und es sind diesbezüglich keine Massnahmen notwendig.

Um die Borsäure zu neutralisieren und den optimalen pH<sub>300</sub>-Wert zu erreichen, wird dem Reaktorkühlmittel Lithium-7-Hydroxid beigemischt. Die koordinierte modifizierte Bor/Lithium-Fahrweise mit der seit 2011 eingesetzten Anpassung, dass der Ziel-pH<sub>300</sub>-Wert schon zu Beginn des Zyklus etabliert wird, hat sich im KKB bewährt. Im November 2012 kam es wegen einer fehlerhaften Auslösung eines Sicherungsschutzschalters im nichtnuklearen Anlagenbereich, die in der Folge zu einem Ausfall der Speisewasserversorgung der Dampferzeuger führte, zu einem schwachen, sicherheitstechnisch unbedeutenden Ausschlag des pH-Wertes nach unten.

Die Konzentrationswerte für Wasserstoff, Sauerstoff, Chlorid und Fluorid im Reaktorkühlmittel befanden sich für beide Blöcke während des Überprüfungszeitraums ständig innerhalb der TS-Limiten. Somit besteht diesbezüglich kein Handlungsbedarf.

Die Korrosionsproduktkonzentrationen lagen in beiden Blöcken auf sehr niedrigem Niveau, was auf keine Korrosionsprobleme schliessen lässt.

Die Konzentrationen von mobilisiertem CRUD (Ablagerungen auf Brennstaboberflächen) waren im Leistungsbetrieb in beiden Blöcken durchgehend unterhalb der TS-Limite von 1 ppb und bedürfen deshalb keiner Massnahmen.

Die Konzentrationen der Spaltprodukte I-131 und Cs-137 lagen unterhalb der TS-Limiten. Brennelementschäden traten in beiden Blöcken keine auf. Es traten auch während den Revisionsarbeiten keine strahlenschutztechnischen Probleme aufgrund von Spaltprodukten auf. Somit hat sich die praktizierte Chemiefahrweise im Reaktorkühlmittel bewährt.

Die Verläufe der Tritiumkonzentrationen im Reaktorkühlmittel entsprechen in beiden Blöcken des KKB den Erwartungen und waren jeweils zu jedem Zeitpunkt unterhalb der TS-Limiten. Massnahmen sind dementsprechend keine erforderlich. Im März 2012 gab es einen Einbruch der Tritiumkonzentration im Reaktorkühlmittel vom Block 2. Dieser entstand durch eine Reaktorschnellabschaltung wegen einer Dichtungsleckage an der Reaktorhauptpumpe A. Ein weiterer Einbruch in der Tritiumkonzentration im Reaktorkühlmittel vom Block 1 im Juni 2014 wurde durch eine ungeplante Abstellung zur Reparatur der PRW-Leitung hervorgerufen.

Die Aktivitätskonzentration im Reaktorkühlmittel von Co-58 und Co-60 blieb in beiden Blöcken auf konstantem und vergleichbarem Niveau. Während des Überprüfungszeitraums lag die Aktivitätskonzentration von Co-58 bei ca. 10 % von Co-60.

Die Aktivitätskonzentration im Reaktorkühlmittel von Sb-124 war in beiden Blöcken auf vergleichbarem Niveau, wobei die Aktivitätskonzentrationen im Block 1 tendenziell etwas höher lagen.

Während der Abfahrreinigung bei den Revisionsabstellungen und bei den Brennelementwechseln werden Aktivierungsprodukte von den Primärkreislaufoberflächen mobilisiert, was im Reaktorkühlmittel zu einer um mehrere Grössenordnungen höheren Aktivitätskonzentration der jeweiligen Nuklide führt.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Technische Spezifikationen des KKB<sup>KKB-TS</sup>
- Richtlinie ENSI-B03<sup>B03</sup>
- EPRI-Guidelines «PWR Primary Water Chemistry Guidelines»<sup>EPRI-SW-Chem</sup>, «Pressurized Water Reactor Primary Water Zinc Application Guidelines»<sup>EPRI-SW-Zinc</sup> und «Benchmarking Shutdown Chemistry Control Recommendations in the Pressurized Water Reactor Primary Water Chemistry Guidelines»<sup>EPRI-SW-SDChem</sup>
- VGB-Richtlinie für das Wasser in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren<sup>VGB401J</sup>
- IAEA Safety Standards SSG-13<sup>SSG-13</sup>

### Beurteilung des ENSI

Die vom KKB angewandte modifizierte koordinierte Lithium/Bor-Fahrweise mit konstantem pH<sub>300</sub> über den gesamten Zyklus hat sich bewährt und als besonders vorteilhaft hinsichtlich Minimierung der mobilisierbaren Korrosionsproduktmenge erwiesen. Das ENSI schliesst sich der Bewertung des KKB an, dass eine niedrige Korrosionsproduktkonzentration im Reaktorkühlmittel eine geringfügige Korrosion der Primärkreislaufkomponenten begründet. Dennoch steigt die Dosisleistung an den Closure Legs in beiden Blöcken an und scheint bisher durch die Fahrweise noch nicht positiv beeinflusst worden zu sein. Das ENSI verfolgt im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit die vom Betreiber noch zu erwägenden, wasserchemischen Massnahmen, um dem Dosisanstieg an den Closure Legs entgegenzuwirken.

Die Konzentrationen an Spalt- und Aktivierungsprodukten sowie von Tritium im Reaktorkühlmittel waren über den ganzen Überprüfungszeitraum auf konstant tiefem Niveau und grundsätzlich innerhalb der TS-Limiten. Diesbezüglich sind keine gezielten Massnahmen erforderlich.

Das ENSI steht regelmässig mit dem KKB in Kontakt und wird über allfällige Änderungen im Vorfeld informiert. Die DZO (depleted zinc oxide) Fahrweise wird vom KKB derzeit nicht in Erwägung gezogen. Ausser bei den Closure Legs ist die Dosisleistung im Primärkreislauf auch verhältnismässig niedrig, sodass von Seiten des ENSI keine zwingende Notwendigkeit zur Einführung der DZO-Dosierung gesehen wird.

Das ENSI stellt fest, dass das KKB bereits vor dem Überprüfungszeitraum eine Reihe von Massnahmen getroffen hat, die nun einen positiven Einfluss auf die Wasserchemie und ihre Folgen haben. Die vorgenommenen Änderungen waren darauf ausgerichtet, Komponenten und Systeme vor Korrosion zu schützen und den Aufbau von innenseitigen Kontaminationen zu minimieren.

## 3.5.2 Chemie- und Volumenregelsysteme

### Angaben des KKB

Der erforderliche hohe Reinheitsgrad des Reaktorkühlmittels wird durch die Reinigung über die Mischbett-Ionenaustauscher KCH 19A/B im Ablass sichergestellt. Dadurch können sowohl Korrosionsprodukte in gelöster und ungelöster Form als auch Spaltprodukte und Verunreinigungen anderer Art entfernt werden. Zusätzlich sind in der Ablassreinigung dedizierte Ionenaustauscher zur Entfernung von Lithium und Borsäure installiert, die bei Bedarf zugeschaltet werden können. Über das Chemie- und Volumenregelsystem werden dem Reaktorkühlmittel Wasserstoff, Lithiumhydroxid, Wasserstoffperoxid, Borsäure oder Hydrazin zudosiert.

### *Dekontaminationsfaktoren für Aktivierungs- und Spaltprodukte*

Der Mischbett-Ionenaustauscher KCH 19A wird nur während der Abststellungen verwendet. Kurz vor jeder geplanten Abststellung werden die Harze gewechselt. Das Mischungsverhältnis von Kationen- zu Anionenharz wurde laufend optimiert. Von 2006 bis 2015 wurden 300 Liter Kationenharz und 400 Liter Anionenharz verwendet. Ab 2015 wurden zu den Harzen 150 Liter makroporöses Kationenharz als zusätzliche Deckschicht hinzugefügt.

Für den Leistungsbetrieb wird der Mischbett-Ionenaustauscher KCH 19B verwendet. Die Harzmischung blieb im Überprüfungszeitraum mit je 400 Liter Kationenharz und Anionenharz immer gleich. Das Kriterium für einen Harzwechsel war bis zum Jahr 2008 die Erschöpfung der Harze (schlechte Dekontaminationsfaktoren oder Natriumabgabe). So konnten die Harze ca. sieben bis acht Jahre eingesetzt werden.

Da im Reaktorkühlsystem und auf den Oberflächen der Primärkreislaufkomponenten ein steigender Trend von Sb-124 zu verzeichnen war, werden seit 2008 die Harze im KCH 19B nun präventiv nach fünf Jahren Betriebszeit gewechselt. Grund dafür ist, dass das Antimon durch die stark basischen Ionenaustauscherharze nicht stark gebunden ist und deshalb die Harze bezüglich Antimons eine tiefe Aufnahmekapazität aufweisen. Durch einen frühzeitigen Harzwechsel kann mehr Antimon aus dem Reaktorkühlmittel entfernt werden. Aufgrund der positiven Erfahrungen werden die Harzmischung und das 2008 eingeführte Wechselintervall beibehalten.

Der Kationenaustauscher KCH 31 dient der Entfernung von Lithium aus dem Reaktorkühlmittel. Die Harze wurden bis zu deren Erschöpfung bezüglich Lithiums betrieben. Das führte zu einer Betriebsdauer von ca. sechs Jahren. Die Harzmenge wurde beim Harzwechsel im KCH 31 vom Block 1 im Jahr 2004 und beim Block 2 im Jahr 2006 von 350 auf 400 Liter Kationenharz erhöht, was bislang zu keiner markanten Betriebszeitverlängerung geführt hat. Beim Betrieb des KCH 31 darf es zu keiner ungewollten Erhöhung oder Erniedrigung der Borkonzentration im Reaktorkühlsystem kommen. Deshalb muss die Differenz der Borkonzentration zwischen Reaktorkühlmittel und Kationentauscher weniger als 250 ppm Bor betragen. Diese Borkonzentrationsdifferenz war im Überprüfungszeitraum nie grösser als 10 ppm, ausser in einem begründbaren Ausnahmefall bei der Erstinbetriebnahme des KCH 31 nach dem Brennelementwechsel im Block 2 (23 ppm Bor) am 24. September 2012. Die Betriebsweise des KCH 31 hat sich bewährt und wird beibehalten. Die zusätzliche Analyse der Borkonzentration nach KCH 31 und deren Vergleich mit dem Reaktorkühlmittel trägt zur Reaktivitätskontrolle bei und wird fortgeführt.

Der Anionenaustauscher KCH 28 dient der Entfernung von Borsäure aus dem Reaktorkühlmittel. Die Kapazität des Ionenaustauschers liegt bei ca. 160 ppm Bor bezogen auf das Reaktorkühlmittel und enthält 1200 Liter Anionenharze. Die Betriebsweise des KCH 28 hat sich aufgrund der Erfahrungen bewährt und wird beibehalten.

Der Volumen-Ausgleichstank KCH 1 (VAT) dosiert dem Reaktorkühlmittel Wasserstoff über ein Wasserstoffpolster zu. Die Wasserstoffdosierung ins Reaktorkühlmittel war stets gewährleistet. Die niedrigen Sauerstoffkonzentrationen belegen die fast vollständige Abwesenheit von Sauerstoff im Reaktorkühlmittel. Die tieferen Wasserstoffkonzentrationen wurden durchwegs direkt nach dem Anfahren gemessen. Durch mehrfaches Ausstossen des VAT wurde die Konzentration rasch wieder auf > 90 Vol-% H<sub>2</sub> angehoben. Beim Maximalwert von 2,07 Vol-% O<sub>2</sub> im Block 2 am 17. Februar 2014 wurde die O<sub>2</sub>-Konzentration durch einmaliges Ausstossen des VAT sofort wieder auf < 0,1 Vol-% O<sub>2</sub> verringert. Die tieferen Edelgasmesswerte im März 2012 im Block 2 sind durch die ungeplante Reaktorschnellabschaltung begründet. Die tieferen Edelgasmesswerte im Juni 2014 im Block 1 sind durch die ungeplante Abststellung zur Reparatur der PRW-Leitung verursacht. Die Konzentrationen der Edelgase im KCH 1 im Block 1 liegen ca. 30-fach über denen vom Block 2. Die Ursache liegt in der höheren Trampuran-Konzentration, verursacht durch frühere Brennelementschäden mit Brennstoffaustrag im Block 1. Die positive Betriebserfahrung und die Zuverlässigkeit der Wasserstoffdosierung über das Gaspolster im KCH 1 gibt zu keinen Änderungen Anlass.

In den Borsäuretanks KCH 2A/B ist Borsäure in einer Konzentration von 20000 – 22500 ppm Bor gelagert. Diese Borsäure dient dem Aufborieren des Reaktorkühlmittels beim Abfahren, nach einer Leistungstransiente oder nach einem Störfall. Deshalb ist die Konzentration und Menge an gelagerter Borsäurelösung für die Reaktivitätskontrolle sehr wichtig und in den TS verankert. Die gelagerte Menge und die Bor-Konzentration des

Borsäurekonzentrats werden laufend kontrolliert. Die Borkonzentration steigt stetig durch Aufkonzentration (Verdunstungseffekte in den Borsäure tanks). Ab 2009 wurde ein Betriebsband für die Borkonzentration (zwischen 21000 ppm und 22000 ppm Bor) mit einem Sicherheitsabstand zur TS-Limite eingeführt. Diese Vorgehensweise hat sich bewährt und wird beibehalten. Die mehrmaligen Über- und Unterschreitungen der TS-Limiten der Borkonzentration in einem Tank im Überprüfungszeitraum waren nicht sicherheitsrelevant, da jeweils der andere Borsäure tank KCH 2 verfügbar war.

#### *Restwärmesystem*

Neben der Abführung der Restwärme aus dem Reaktorkühlmittel stellt das Restwärmesystem die Reinigung des Reaktorkühlmittels über die Mischbettionenaustauscher KCH 19A/B («Kleiner Reinigungskreislauf») sicher. Zusätzlich kann mit dem Restwärmesystem das Wasser in der Reaktorgrube über den Mischbettionenaustauscher JCH 21 («Grosser Reinigungskreislauf») gereinigt werden.

Aufgrund des geringen Durchsatzes von ca. 4 - 5 l/s über den JCH 21 im Vergleich mit der Wassermenge von 1'000'000 Liter in der Reaktorgrube wird der «Grosse Reinigungskreislauf» seit 2009 nicht mehr betrieben.

#### *Sicherheits- und nukleare Hilfssysteme*

Das Primäre Zusatzwasser (KDW) muss weitgehend sauerstofffrei sein, um Sauerstoffkorrosion und Ansammlungen von Knallgas im Reaktorkühlmittel zu verhindern. Der KKB-interne Grenzwert von Sauerstoff im Reaktorkühlsystem beträgt 100 ppb O<sub>2</sub>. Die Leitfähigkeit soll 1 µS/cm nicht überschreiten um sicher zu gehen, dass keine Verunreinigungen ins Reaktorkühlmittel gelangen.

Beim Primären Zusatzwasser handelt es sich um Wasser aus der Vollentsalzung, das zusätzlich entgast wurde und damit sauerstofffrei ist. Der O<sub>2</sub>-Gehalt im Block 1 lag praktisch über den gesamten Überprüfungszeitraum über dem betrieblichen Grenzwert von 100 ppb O<sub>2</sub>. Das KKB gibt als mögliche Ursache dafür eine Undichtigkeit der Membrane an. Der Sauerstoffgehalt wurde im Oktober 2012, im Juni 2013 (nach der Abstellung), im Dezember 2013, im September 2014, im Dezember 2014, im Juni 2015 und im Dezember 2016 durch gleichzeitiges Befüllen mit entgastem Deionat und Entleeren des KDW-Tanks bei ca. 55 % Füllvolumen auf unter 100 ppb O<sub>2</sub> gesenkt. Im April, Mai, Juli und September 2016 wurde der KDW-Tank mit entgastem Wasser aufgefüllt, weshalb sich die Sauerstoff-Konzentration reduzierte. Im Block 2 wurde im Juli 2014 und im Oktober 2015 während und nach dem Tankbefüllen eine erhöhte Sauerstoffkonzentration gemessen. Die Überschreitungen der betrieblichen Grenzwerte von 100 ppb O<sub>2</sub> und 1 µS/cm Leitfähigkeit, verursacht durch Tankinspektionen und -revisionen während den Revisionsabstellungen, stellten für den Betrieb des KKB und dessen Sicherheit kein Problem dar und waren aufgrund vorher ausgeführter Tätigkeiten (Membranwechsel, Tankinspektion, etc.) zu erwarten. Durch Entleeren und Neubefüllen der Tanks oder durch Auffüllen und gleichzeitiges Entleeren bei ca. 50 % Füllmenge konnten die Werte rasch in den gewünschten Bereich korrigiert werden.

Aufgrund der seit 2009 dauernd erhöhten Sauerstoffkonzentration im Primären Zusatzwasser vom Block 1 wurden im Überprüfungszeitraum mehrere Massnahmen ergriffen, um diese permanent wieder zu senken. Keine der ergriffenen Massnahmen führte jedoch zum Erfolg. Das Resultat der letzten getroffenen Massnahme, bei welcher 2017 der Tank mit einer Kunststoff-Folie abgedeckt und ein Stickstoffpolster über der Membran errichtet wurde, steht noch aus.

Die beiden Borwassertanks (BOTA) stellen für verschiedene, sicherheitsrelevante Systeme (z. B. Containmentsprühsystem JCS 1) einen Borwasservorrat bereit. Die Borkonzentrationen in den BOTA lagen im Überprüfungszeitraum immer über der TS-Mindestkonzentration von 4000 ppm Bor. Es wurde lediglich eine Unterschreitung der Konzentration von 4000 ppm Bor im BOTA des Blocks 1 im Juli 2015 während der Revisionsabstellung 2015-1 gemessen. Die TS-Vorgabe für die Mindestkonzentration an Bor ist aber in diesem Anlagenzustand nicht anwendbar.

Die Druckspeicher (JSI 6/7) gehören zu den passiven Sicherheitseinspeisesystemen. In den TS-Limiten ist ein Konzentrationsbereich für Borsäure von 4000 - 5000 ppm Bor vorgegeben. Alle Werte, die innerhalb des Überprüfungszeitraums gemessen wurden, waren innerhalb der TS-Limiten.

Das Wasser in den Brennelementlagerbecken (FAC) für bestrahlte Brennelemente muss gemäss TS eine Borkonzentration von mindestens 2500 ppm Bor aufweisen. Um in allen verbundenen Systemen gleiche Borkonzentrationen zu haben (Reaktorgrube, FAC, JCS 1) und Verdünnungseffekte zu verhindern, wurde die Borkonzentration im FAC seit 1991 schrittweise auf ca. 4000 ppm Bor erhöht. Die Brennelementlagerbeckenreinigung hat die Aufgabe, inaktive und radioaktiv gelöste Verunreinigungen und Feststoffe aus dem Wasser der Lagerbecken zu entfernen. Das Brennstofflagerbeckenwasser wird mit einem Durchfluss von 5,6 kg/s über den Feststofffilter FAC 14 und, falls Arbeiten im Brennstoffbecken anfallen, zusätzlich über den Mischbettionenaustauscher FAC 28A gereinigt. Die Anforderungen an die Wasserqualität im Brennstofflager konnten immer eingehalten werden. Durch die Borkonzentration von circa 4000 ppm Bor ist genügend Abstand zu der TS-Limite von 2500 ppm Bor vorhanden. Der Ionenaustauscher FAC 28A wird mit jeweils 400 Liter Kationen- und 400 Liter Anionenaustauscherharzen gefüllt. Im Überprüfungszeitraum wurde in beiden Blöcken je zweimal ein Harzwechsel durchgeführt. Der Grund für den Harzwechsel war meistens ein zu grosser Druckabfall über den FAC 28A. Auch prophylaktische Harzwechsel, wenn die voraussichtliche Betriebsdauer des FAC 28A 100 Tage überschreiten würde, wurden durchgeführt.

Ursache für einen zu grossen Druckabfall über den FAC 28A ist die Zersetzung der Harze durch eine Reaktion mit dem sich im Brennstofflagerwasser befindlichen Wasserstoffperoxid (ca. 4 ppm  $H_2O_2$ ). Auch intensiviertes Spülen der Harze während der Ausserbetriebnahme konnte bislang die Betriebszeiten dieser Harze nicht verlängern. Seit 2013 (Block 2) bzw. 2014 (Block 1) wird neu das Kationenaustauscherharz Lewatit S200 (anstelle von Lewatit S100) eingesetzt, was die Betriebszeiten möglicherweise günstig beeinflussen könnte.

Die Betriebsweise der Brennstofflagerreinigung hat sich bewährt und soll beibehalten werden.

Das Primäre Zwischenkühlsystem (KAC) dient der Wärmeabfuhr von verschiedenen Komponenten des Primärkreislaufs. Das KAC selber wird durch Aarewasser gekühlt. Um der Korrosion im KAC-System vorzubeugen, wird Kaliumchromat dosiert ( $> 175$  ppm  $CrO_4$ ) und der pH-Wert zwischen 8 und 9 gehalten. Alle gemessenen Werte lagen im empfohlenen Bereich. Aufgrund der guten Erfahrungen und keinerlei Anzeichen für Materialprobleme (z. B. Korrosion) gibt es keinen Bedarf zur Änderung der Konditionierung des KAC.

#### *Abfahren der Anlage*

Die chemische Überwachung des Abfahrprozesses wurde Anfang der achtziger Jahre durch eine gezielte Abfahrchemie ergänzt, welche laufend optimiert wurde.

Die Aktivitätskonzentrationen der Abfahrpeaks von Co-58 lagen zum Anfang des Überprüfungszeitraums im Block 1 etwa 5-fach niedriger als im Block 2. Um den seit 2001 ansteigenden Trend der Co-58-Peaks beim Abfahren zu brechen, war eine Optimierung der Abfahrchemie erforderlich. Diese «Optimierte Abfahrchemie» konnte den Trend der Co-58-Peaks umkehren. Gegen Ende des Überprüfungszeitraumes konnten die Co-58-Peaks in beiden Blöcken um etwa einen Faktor 30 reduziert werden. Die Höhe der Co-60-Abfahrpeaks im Block 1 blieben nahezu konstant bis leicht steigend. Nach der Reaktorschnellabschaltung im März 2012 wegen einer Dichtungsleckage an der Reaktorhauptpumpe A vom Block 2 stieg der Abfahrpeak von Co-60 auf etwa  $1,6E9$  Bq/m<sup>3</sup>, was ca. dreimal mehr war als in der vorherigen Abstellung. Im anschliessenden Brennelementwechsel im August 2012 wurde wieder ein tieferer Co-60-Abfahrpeak von  $2E8$  Bq/m<sup>3</sup> gemessen. Die Beurteilung der Messungen während des Abfahrens der Anlagen zeigte, dass ein Teil des Co-60 schon beim Abkühlen unterhalb 130 °C von den Primärkreislaufoberflächen gelöst wird. Deshalb wurde ab 2012 die Abkühlphase zwischen 130 °C und 80 °C verlängert. Die Massnahme erbrachte nicht den gewünschten Erfolg, weshalb weitere Massnahmen definiert wurden. Dazu gehörten das Identifizieren und Reduzieren von Kobaltquellen, die mechanische Dekontamination der Innenoberfläche der beiden Closure Legs vom Block 1 mit Wasser-Höchstdruckverfahren und das Optimieren der Chemie bei Leistungsbetrieb.

Da das Inventar von Kobalt nicht ohne weiteres zu reduzieren ist, wurde nach erfolgter Inventur aller Kobaltquellen die Suche gegen Ende 2016 abgeschlossen. Umgesetzt wurde seit Juni 2011 die bereits erwähnte Einstellung des Ziel-pH<sub>300</sub>-Werts von 7,2 zu Beginn des Zyklus. Die Closure Legs vom Block 1 wurden im Oktober 2016 mit dem Wasser-Höchstdruckverfahren dekontaminiert. Die endgültige Quantifizierung des Erfolges der Dekontamination wurde im Frühling 2017 durchgeführt. Die Dekontamination konnte aber nicht den gewünschten Erfolg bringen.

## Anfahren der Anlage

Die Hauptziele der Anfahrchemie nach Brennelementwechsel bzw. Revisionsabstellung sind die maximale Entfernung des gelösten Sauerstoffes beim Aufheizen, das Einstellen der geforderten Wasserstoffkonzentration vor dem Kritischfahren und ein schnelles Erreichen des optimalen pH300-Wertes von 7,2. Das praktizierte Anfahren der Anlage hat sich bewährt, weshalb keine Anpassungen notwendig sind.

## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Technische Spezifikationen des KKB<sup>KKB-TS</sup>

EPRI-Guidelines «PWR Primary Water Chemistry Guidelines»<sup>EPRI-SW-Chem</sup>, «Pressurized Water Reactor Primary Water Zinc Application Guidelines»<sup>EPRI-SW-Zinc</sup> und «Benchmarking Shutdown Chemistry Control Recommendations in the Pressurized Water Reactor Primary Water Chemistry Guidelines»<sup>EPRI-SW-SDChem</sup>

VGB-Richtlinie für das Wasser in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren<sup>VGB401J</sup>

## Beurteilung des ENSI

Das ENSI anerkennt die aus Betriebserfahrungen hervorgegangenen Änderungen, wie z. B. das Heraufsetzen der Harzwechselfrequenz beim KCH 19B aufgrund der Antimonkonzentration auf den Primärkomponenten oder das Anpassen des Mischbettharzes im KCH 19A durch den Zusatz einer zusätzlichen Deckschicht an makroporösem Kationenharz zur besseren Kolloidentfernung, als Fortschritt. Die Erweiterung des Betriebsbandes der Borsäurekonzentration in den Borsäuretanks KCH 2A/B kann während des Überprüfungszeitraumes als positiv bewertet werden. Die Betriebsweisen des Kationenaustauschers KCH 31 und des Anionenaustauschers KCH 28 haben sich bewährt und bedürfen aus Sicht des ENSI keiner Änderung.

Das Einspeisen von Wasserstoff mittels eines Gaspolsters im Volumen-Ausgleichstank KCH 1 in das Reaktorkühlmittel hat sich als sehr zuverlässig erwiesen und wird vom ENSI als sinnvoll betrachtet.

Das ENSI hat die Angaben des KKB geprüft, wonach die gemäss den TS geforderten Borkonzentrationen im BOTa, der Druckspeicher (JS 6/7) und des Brennelementlagerbeckens im Überprüfungszeitraum in beiden Blöcken grundsätzlich eingehalten wurden. Die Unterschreitung der Borkonzentration von 4000 ppm im BOTa während der Revisionsabstellung 2015 im Block 1 ist keine Unterschreitung nach TS, da zu diesem Zeitpunkt die Anlage im Anlagenzustand 6 «Brennelementwechsel» war, welcher keine Anforderungen an die Borkonzentration im BOTa stellt. Anhand der Ergebnisse sieht das ENSI keine Notwendigkeit für das KKB, die bestehende Verfahrensweise zu ändern.

Der Verzicht des KKB auf den Einsatz des «Grossen Reinigungskreislaufs» mittels des Restwärmekühlsystems aufgrund des geringen Durchsatzes über den JCH 21 hat im Überprüfungszeitraum zu keiner Reduktion der Reinheit des Reaktorkühlmittels geführt und ist somit nach Auffassung des ENSI gerechtfertigt.

Die Sauerstoffkonzentration im primären Zusatzwasser liegt seit dem Brennelementwechsel 2009 im Block 1 fortwährend nur knapp unter 100 ppb O<sub>2</sub> oder meistens darüber. Die Annahme des KKB, dass als mögliche Ursache dafür eine Undichtigkeit der Membrane verantwortlich ist, scheint plausibel. Während des Überprüfungszeitraums wurden mehrere Versuche zum Heruntersetzen der Sauerstoffkonzentration unternommen. Die meisten davon waren nur temporär erfolgreich oder erfolglos. Das Resultat der letzten getroffenen Massnahme steht noch aus. Diesbezüglich erwartet das ENSI vom KKB eine Stellungnahme.

## Forderung 3.5.2-1

*Das KKB hat dem ENSI das Resultat der im 2017 initiierten Massnahme zur Leckfindung im KDW-Tank (Primäres Zusatzwasser) vom Block 1 mitzuteilen. Führt diese Massnahme nicht zum Erfolg, hat das KKB aufzuzeigen, welche weiteren Massnahmen zur Klärung der Ursache für die erhöhte Sauerstoffkonzentration im primären Zusatzwasser geplant werden, und einen Terminplan für diese anzugeben (Termin: 15. Dezember 2022).*

Die Betriebsweise des Ionenaustauschers FAC 28A zur Reinigung des Brennstofflagerwassers, welche am Anfang des Überprüfungszeitraums modifiziert wurde, hat sich bewährt und bedarf keiner Änderung.

Aufgrund der Angaben des KKB sind nach Auffassung des ENSI keine Änderungen bei der Konditionierung des Primären Zwischenkühlsystems (KAC) notwendig.

Das KKB hat die bereits früher optimierte Abfahrchemie im Überprüfungszeitraum weiterentwickelt, um die bestmögliche Reinigung des Primärkreislaufes zu erzielen und dementsprechend die Dosisleistung weiter zu reduzieren sowie die Wasserqualität zu verbessern. Diese Massnahme konnte den weiteren Anstieg der Dosisleistung an den Closure Legs in beiden Blöcken allerdings nicht verhindern. Auch die weiteren wasserchemischen Massnahmen haben keinen Einfluss auf den Dosisleistungsanstieg an den Closure Legs. Die im Oktober 2016 durchgeführte Dekontamination mit einem Wasser-Höchstdruckverfahren hat ebenfalls nicht den erwünschten Erfolg gebracht. Sowohl die optimierte Abfahrweise als auch die langjährig praktizierte Anfahrweise werden vom ENSI als angemessen eingestuft, da grundsätzlich tiefe Dosisleistungswerte – mit Ausnahme der Closure-Legs – an den Komponenten des Reaktorkühlsystems gemessen werden.

### 3.5.3 Sekundärwasserchemie

#### Angaben des KKB

Die chemische Fahrweise des Sekundärkreislaufs dient vor allem dazu, die Integrität der Dampferzeuger-Heizrohre als Barriere zwischen Reaktorkühlmittel und Sekundärkreislauf aufrecht zu erhalten. Aufgrund der vorherrschenden thermischen und hydraulischen Bedingungen der beiden Kreisläufe sind die Heizrohre hohen Belastungen ausgesetzt und somit anfällig auf Spannungsrisskorrosion. Zu einer geringen chemischen Belastung der Dampferzeuger trägt auch ein dichter Kondensator bei. Bei wasserseitig undichtem Kondensator gelangt Aarewasser und bei sekundärseitiger Undichtigkeit im Vakuumteil Luft in den Sekundärkreislauf.

Im KKB wird die Hoch-AVT (All Volatile Treatment)-Fahrweise angewandt. Dabei wird das Sekundärkreislaufwasser durch die Dosierung von Hydrazin in die Überströmkanäle der Niederdruckturbinen konditioniert. Die Dosiermenge an Hydrazin richtet sich nach dem pH-Wert (bei 25 °C) im Hauptkondensat. Der Ziel-pH-Wert liegt zwischen 9,8 und 9,9. Als Zusatzwasser wird nur Wasser aus der Vollentsalzung verwendet. Durch diese Fahrweise werden die korrosiven Angriffe auf die Oberflächen von Leitungen und Komponenten sowie der Eintrag von Sauerstoff, Eisen, Kupfer und Chlorid in die Dampferzeuger auf ein Minimum reduziert.

In den TS sind keine Grenzwerte für die Sekundärwasserchemie definiert. Ausgewählte chemische Messgrößen für die Überwachung der Sekundärwasserqualität werden online gemessen und im Anlageinformationssystem erfasst. In einer Betriebsvorschrift sind die relevanten Betriebsgrenzen genannt. Im Laborhandbuch sind die Analysenparameter des Sekundärkreislaufwassers einschliesslich der Normal- und Grenzwerte sowie der Messintervalle aufgeführt. Im Überprüfungszeitraum gab es keine Verletzung von Grenzwerten.

#### *Hauptkondensat*

In einer Betriebsvorschrift sind die für das Hauptkondensat (LKH) geltenden Betriebsgrenzen für die online erfassten chemischen Messwerte wie Sauerstoffkonzentration und Leitfähigkeit nach Kationenaustauscher festgehalten. Die Sauerstoffkonzentration im LKH bei Lastbetrieb bewegte sich in beiden Blöcken immer unter der Interventionsschwelle von 12 ppb O<sub>2</sub>. In der Regel war die Sauerstoffkonzentration kleiner als 5 ppb O<sub>2</sub>.

Die Leitfähigkeiten nach dem Kationenaustauscher im LKH bei Lastbetrieb befanden sich in beiden Blöcken des KKB immer unter der Interventionsschwelle von 0,2 µS/cm. Die Werte im Block 1 lagen meistens unter 0,12 µS/cm, während diejenigen vom Block 2 bei ca. 0,14 µS/cm lagen. Der pH-Wert (bei 25 °C) bei Leistungsbetrieb wurde in beiden Blöcken zwischen 9,8 und 9,9 im LKH eingestellt. Kurzzeitige, betrieblich bedingte Veränderungen erforderten eine Anpassung der Hydrazindosierung, wodurch der pH-Wert von 9,8 kurzzeitig unterschritten wurde. Die Überwachungsstrategie im Hauptkondensat hat sich bewährt. Jeglicher Eintrag von Verunreinigungen wurde frühzeitig erkannt und es konnten Gegenmassnahmen eingeleitet werden, bevor die Werte auch nur annähernd eine Interventionsschwelle erreichten. Somit besteht kein Handlungsbedarf für eine Änderung der Überwachungsstrategie des Hauptkondensates.



### *Dampferzeuger-Abschlammung*

In den Dampferzeugern werden die Verunreinigungen bis zu 300-fach aufkonzentriert. Somit ist die Wasserqualität im Dampferzeugerwasser schlechter als in den anderen Teilen des Wasser-Dampf-Kreislaufs. Die geforderte Wasserqualität in den Dampferzeugern wird im Normalbetrieb durch kontinuierlichen Betrieb der Dampferzeuger-Abschlammung gewährleistet. In einer Betriebsvorschrift sind die für die Dampferzeuger-Abschlammung geltenden Betriebsgrenzen für die online erfassten chemischen Messwerte festgehalten. Hier sind die Natriumkonzentration und die Leitfähigkeit nach Kationenaustauscher relevant. Die Natriumkonzentration in der Dampferzeuger-Abschlammung bei Lastbetrieb bewegte sich in beiden Blöcken des KKB durchwegs unter der Interventionsschwelle von 10 ppb Na. Fast durchwegs betrug sie weniger als 1 ppb Na. Lastschwankungen, Turbinentrips oder betriebliche Ereignisse liessen die Natriumkonzentration kurzzeitig etwas ansteigen. Durch Erhöhen der Abschlammmenge konnte die Natriumkonzentration in diesen Fällen rasch wieder auf Normalwerte gesenkt werden. Die Leitfähigkeit nach Kationenaustauscher lag bei Lastbetrieb in beiden Blöcken bei ca.  $0,12 \pm 0,02 \mu\text{S/cm}$ . Lastschwankungen, Turbinentrips oder betriebliche Ereignisse liessen die Leitfähigkeit nach Kationenaustauscher kurzzeitig etwas ansteigen. Durch Erhöhen der Abschlammmenge konnte sie rasch wieder auf Normalwerte gesenkt werden. Die Chloridkonzentration im Abschlammwasser bewegte sich bei Lastbetrieb in beiden Blöcken fast durchwegs bei  $< 1 \text{ ppb Cl}$ . Lastschwankungen, Turbinentrips oder betriebliche Ereignisse waren Ursache für geringe kurzfristige Anstiege der Chloridkonzentration bis maximal 3 ppb Cl.

Die Überwachungsstrategie der Dampferzeuger-Abschlammung hat sich bewährt. Jeglicher Eintrag von Verunreinigungen wurde frühzeitig genug erkannt und es konnten Gegenmassnahmen eingeleitet werden, bevor die Werte auch nur annähernd an eine Interventionsschwelle gelangten. Somit besteht kein Handlungsbedarf für eine Änderung der Überwachungsstrategie der Dampferzeuger-Abschlammung.

### *Speisewasser*

Die Sauerstoffkonzentration im Speisewasser (LSH) vom Block 1 lag im Hauptspeisewassersystem LSH 11 und 12 bei ca. 1 ppb mit maximal 4 ppb O<sub>2</sub>. Im Hauptspeisewassersystem LSH 21 und 22 vom Block 2 waren die Messwerte durchschnittlich bei 2 ppb O<sub>2</sub> mit einem Maximum von 11 ppb O<sub>2</sub>, wobei die höheren Messwerte durch Luft in der Probeentnahmeleitung verursacht worden sein könnten. Die für den Sekundärkreislauf relevanten Korrosionsprodukte lagen für beide Blöcke im Mittel bei 1 ppb Fe, kurzzeitig bei 7 ppb Fe und meistens bei  $< 1 \text{ ppb Cu}$ . Ausführlichere Analysen wurden regelmässig im Rahmen von Korrosionsprodukt-Bilanzierungen durchgeführt. Der Eintrag von Korrosionsprodukten in die Dampferzeuger war somit gering. Die praktizierte Konditionierung des Sekundärkreislaufwassers mit Hydrazin und einem pH-Wert von 9,8 - 9,9 im Hauptkondensat hat sich bewährt. Es sind keine Anpassungen der Sekundärwasserchemie notwendig.

### *Demineralisiertes Zusatzwasser*

Das demineralisierte Zusatzwasser (LKZ) wird benötigt, um den Sekundärkreislauf zu füllen und das Wasserinventar zu ergänzen. Somit ist die Reinheit des LKZ Voraussetzung für eine gute Wasserqualität im Sekundärkreislaufwasser. Jeder Block hat zwei LKZ-Tanks mit je 300 m<sup>3</sup> Füllvolumen. Im Block 1 erforderte die Wasserqualität im Überprüfungszeitraum keinen Wasseraustausch. Aufgrund von Reparaturen mussten im Block 2 der Tank 1 und der Tank 2 jeweils einmal im 2015 entleert und neu gefüllt werden.

Die praktizierte Überwachungsstrategie hat sich bewährt und muss nicht angepasst werden.

### *Abfahrchemie*

Für den Sekundärkreislauf existiert keine spezielle Abfahrchemie. Es wird jedoch darauf geachtet, dass die Belastung der Dampferzeuger so gering wie möglich ist. Dies wurde durch maximal möglichen Durchfluss während des Abfahrens und die möglichst späte Ausserbetriebnahme der Dampferzeuger-Abschlammung erreicht. Die Betriebserfahrung gibt zu keinen Veränderungen Anlass.

### *Stillstandchemie (Konservierung)*

Während eines Stillstands von mehr als fünf Tagen wurden die Dampferzeuger mit Levoxin 35 % auf ca. 120 ppm Hydrazin konserviert. Bisher waren in den Dampferzeugern keine Anzeichen sichtbar, die eine Verkürzung der nicht konservierten Phase oder eine Erhöhung der Hydrazinkonzentration erfordern würden.

Bei sehr langen Abstellungen, wie dies für Block 1 von März 2015 bis März 2018 der Fall war, werden die Komponenten, wenn möglich, trocken konserviert. Wo dies nicht möglich ist, wie z. B. bei Pumpen, wird nach Herstellervorgaben konserviert.

#### *Anfahrchemie*

Beim Aufheizen und Anfahren der Anlage ist beim Sekundärkreislauf wichtig, dass die Belastung der Dampferzeuger minimal ist. Dies wurde bisher durch die früheste mögliche Inbetriebnahme der Dampferzeuger-Ab-schlämmung mit maximal möglichem Durchfluss erreicht. Ein weiteres Ziel ist, möglichst rasch die optimale Konditionierung des Wassers im Sekundärkreislauf einzustellen. Dies wurde durch die frühe Inbetriebnahme der Hydrazindosierung mit maximaler Dosiermenge erreicht. Nach dem Anfahren der Anlage wurde die Ab-schlammmenge zusammen mit der Hydrazindosiermenge anhand der Messwerte optimal eingestellt. Diese Vorgehensweise beim Anfahren hat sich für den Sekundärkreislauf bewährt und muss nicht angepasst werden.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Technische Spezifikationen des KKB<sup>KKB-TS</sup>
- EPRI Guideline «PWR Secondary Water Chemistry Guidelines»<sup>EPRI-SW-SecW</sup>
- VGB-Richtlinie für das Wasser in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren<sup>VGB401J</sup>
- VGB-Standard «Feed Water, Boiler Water and Steam Quality for Power Plants / Industrial Plants»<sup>VGB-FeedW</sup>
- IAEA Safety Standards SGG-13<sup>SSG-13</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Die Hydrazindosierung zur Reduzierung der Metallabgaberraten und zur Vermeidung von selektiver Korrosion hat sich bewährt und entspricht dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die ermittelte Korrosionsproduktbilanz in den Dampferzeugern mit Daten von 2000 bis 2008 zeigt, dass keine chemische Reinigung erforderlich ist. Dies wurde bereits in der Stellungnahme des ENSI zur PSÜ 2012 bewertet<sup>ENSI/14/2244</sup>. Das ENSI stimmt diesem Vorgehen weiterhin zu.

Generell lagen die gemessenen Analysenparameter im Bereich der Normalwerte. Nur in wenigen Fällen kam es zu höheren Werten. Alle genannten Konzentrationsänderungen konnten vom KKB plausibel begründet und durch Überwachungsmassnahmen erkannt und mit geeigneten Gegenmassnahmen korrigiert werden.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass das KKB bestrebt ist, die gute Wasserqualität auf der Sekundärseite auf hohem Niveau zu halten. Wenn notwendig, ergreift das KKB die erforderlichen Massnahmen. Es sind keine Änderungen der Sekundärwasserchemie oder der dafür notwendigen Überwachungsmassnahmen notwendig.

### **3.5.4 Qualitätssicherung**

#### **Angaben des KKB**

Die Qualitätssicherung im Chemielabor soll die Richtigkeit, Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse der Labor- und Online-Analysen gewährleisten. Die Qualitätssicherung der chemischen Analysen wird durch ein System von Prüfverfahren sichergestellt, sodass die Prüfergebnisse richtig und zuverlässig sind und somit eine qualifizierte Überwachung der Kraftwerkschemie und der flüssigen und gasförmigen Abgaben des Kraftwerkes erfolgt. Dazu wird die kontinuierliche Qualitätssicherung durch eine fortlaufende Dokumentation der Ergebnisse und Revision der Vorschriften nachgewiesen.

Die Anforderungen an eine qualitätsgesicherte Laboranalytik sind in einer übergeordneten Qualitätsvorschrift<sup>QV-U-UC001</sup> beschrieben. Die Qualitätsvorschrift beschreibt, wie die Qualitätssicherung der Geräte (Prüfmittel) und Laboranalytik durchgeführt werden muss. Die Qualitätssicherung der Analysenverfahren wird durch Analysen von zertifizierten Standards gemäss den geltenden Arbeitsvorschriften und Prüfvorschriften durchgeführt. Die Beurteilung der Messergebnisse erfolgt durch statistische Auswertung der Messergebnisse in

Mittelwert-Kontrollkarten. Seit 2013 werden die Mittelwert-Kontrollkarten elektronisch in einem neuen CIS-Modul (Chemie-Informationssystem) nachgeführt.

#### *Laborhandbuch*

Das Laborhandbuch beschreibt Art und Umfang der periodisch durchzuführenden Analysen und Messungen zur Überwachung der Systeme bzw. Kraftwerkschemie und die Qualitätssicherung. Es basiert auf internationalen Normen und Erfahrungen sowie auf dem Kraftwerksreglement, den Technischen Spezifikationen und Betriebsschemata. Das Laborhandbuch besteht aus vier Teilen: Grundlagen der chemischen Überwachung, Arbeitsvorschriften, Qualitätssichernde Massnahmen sowie Betriebs- und Routinevorschriften.

#### *Probeentnahme und -aufbewahrung*

Die korrekte Durchführung der Analysen beginnt mit der Probeentnahme. Zur Entnahme von Proben existiert eine allgemeine Probeentnahmevorschrift<sup>AV-U-UC053</sup>. Diese enthält Richtlinien zur Probeentnahme (Vorspülen) und Probeaufbewahrung (Probengefässe, Konservierung). Wo sinnvoll, wurden separate Vorschriften für einzelne spezielle Probeentnahmen wie z. B. die Probeentnahme aus den Borsäuretanks KCH 2A/B<sup>AV-U-UC070</sup> erstellt.

#### *Durchführung der Analysen*

Um die Messergebnisse untereinander vergleichen zu können, ist die korrekte Durchführung der Analysen durch Arbeitsvorschriften (AV) sichergestellt. In den AV sind jeweils der Zweck der Analyse, die Verfahrensgrundlagen, erforderliche Reagenzien, erforderliche Geräte, die Durchführung der Analyse bzw. der Messung, die Ergebnisberechnung, die Genauigkeit und Nachweisgrenzen und die Überprüfung und Kalibrierung enthalten. Vor der Inkraftsetzung werden die Arbeitsvorschriften erprobt und für den Routinebetrieb getestet. Nach erfolgreicher Testphase werden die revidierten oder neuen AV im Laborhandbuch aufgenommen.

#### *Dokumentation der Qualitätssicherung der Prüfmittel*

Alle Messgeräte des Chemielabors sind in die Prüfmittel-Prüflisten<sup>QV-U-UC001</sup> aufgenommen worden. Für jedes Gerät wurde eine Prüfvorschrift einschliesslich Protokoll- und Nachweisblatt erstellt. Jährlich wird ein Plan aller im Folgejahr durchzuführenden Qualitätssicherungs-Massnahmen aufgestellt. Die Pläne sind für jedes Labor (Primär bzw. Sekundär), sowie für Labor- und Online-Messgeräte separat aufgestellt.

#### *Ringversuche*

Die Durchführung von Ringversuchen bietet die Möglichkeit einer externen Qualitätssicherung des Labors. Sie vermitteln ein Bild über die Leistungsfähigkeit des eigenen Labors im Vergleich zu anderen Labors und ermöglichen die Früherkennung von Trends und systematischen Fehlern. Die Teilnahme an Ringversuchen wird auch vom ENSI gefordert.

Die Absicherung der Qualitätssicherung (QS) der Laboranalytik durch ein QS-Programm und die Teilnahme an Ringversuchen hat sich bestens bewährt. Folgende Massnahmen aus dem QS-Programm wurden und werden umgesetzt: Natrium und Lithium werden seit 2012 mittels Kationenionenchromatographie bestimmt, eine neue Gamma-Messgeometrie mit 250 ml für Abwasserproben wurde 2016 eingeführt und eine neue Analysenmethode für Sr-89/90 wurde 2016 eingeführt.

Die zukünftigen Ringversuche werden zeigen, ob die umgesetzten Massnahmen die Analytik wie gewünscht verbessert haben.

#### *WANO Peer Review*

Die Qualitätssicherung und Organisation des Chemielabors wird regelmässig durch Peer Reviews der WANO (World Association of Nuclear Operators) überprüft. Mit einem Team von Experten anderer Kernkraftwerke führt die WANO in den Kernkraftwerken Peer Reviews durch. Im Jahr 2013 wurde während dem Follow-up der Stand der Umsetzung der Massnahmen aus dem Peer Review von 2011 überprüft. Bei diesen beiden Überprüfungen durch die WANO wurde der Stand der Umsetzungen als noch nicht genügend bewertet. Aus diesem Grund wurde ein Gefahrstoffverantwortlicher eingestellt und eine neue Softwarelösung eingeführt.

Im Peer Review von 2016 wurden weder eine Area for Improvement noch eine Performance Deficiency im Bereich Chemie identifiziert. Dies belegt auch die Wirksamkeit der Anstrengungen bezüglich des Gefahrstoffmanagements.

#### *Qualitätssicherung der Betriebs- und Hilfsstoffe*

Sämtliche Vergleichsmessungen des ENSI bzw. des Bundesamtes für Gesundheit, Sektion Umweltradioaktivität, zeigten, dass das KKB die Bilanzierungen der radioaktiven Abgaben korrekt durchgeführt hat.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Technische Spezifikationen des KKB<sup>KKB-TS</sup>
- VGB-Richtlinie für das Wasser in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren<sup>VGB401J</sup>
- IAEA Safety Standards SGG-13<sup>SSG-13</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB hat gezeigt, dass es bestrebt ist, die Qualität der Analysen- und Messergebnisse regelmässig überprüfen zu lassen, um diese dauerhaft hoch zu halten. Allfälligen Besonderheiten wird nachgegangen, um, falls erforderlich, diese entsprechend zu korrigieren und zu dokumentieren. Das ENSI sieht diese Vorgehensweise als sicherheitsgerichtet an. Die regelmässige Teilnahme an Ringversuchen wird vom KKB beibehalten. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden wie bisher durch das KKB im Sinne der Qualitätssteigerung berücksichtigt. Die WANO Peer Reviews erbringen ebenfalls nützliche Hinweise für Verbesserungen. Das Einführen eines Gefahrstoffverantwortlichen führte bereits dazu, dass beim darauffolgenden WANO Peer Review keine Area for Improvement oder ein Performance Deficiency festgestellt werden konnte. Somit ist das ENSI mit dem Vorgehen des KKB diesbezüglich einverstanden.

### **3.6 Umgebungsüberwachung**

Die Überwachung der Direktstrahlung und der Radioaktivität in der Umgebung ist – in Ergänzung zur Abgabelimittierung und Berechnung der Dosis aus den erfolgten Emissionen – eine weitere wichtige Kontrollmassnahme zum Schutz der Bevölkerung. Dabei wird unter anderem überprüft, ob die Immissionsgrenzwerte gemäss Art. 24 StSV eingehalten werden. Im Weiteren werden mit der Umgebungsüberwachung die Art. 191 bis 195 StSV umgesetzt.

Die Immissionsmessungen des Betreibers und der Behörde erfolgen gemäss dem Umgebungsüberwachungsprogramm (Art. 193 StSV) im bereits erwähnten Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Beznau. Beteiligt sind neben dem KKB selbst (bzw. dem PSI im Auftrag der Axpo) das Bundesamt für Gesundheit (BAG), die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), das Institut Universitaire de Radiophysique (IRA), die Universität Bern sowie das Kantonale Labor des Kantons Aargau und das ENSI.

#### **Angaben des KKB**

Das PSI führte im Auftrag der Axpo im Überprüfungszeitraum im Rahmen von Art. 103 StSV (1994) Messungen der Ortsdosis mit Thermolumineszenz-Detektoren (TLD) am Zaun und in der Umgebung (insgesamt 42 Messpunkte), radioanalytische Untersuchungen von Staubfangplatten (14 Standorte) und Luftfiltern (2 Standorte), Regensammlern (2 Standorte), Bodenproben (2 Probenahmeorte), Grasproben (6 Probenahmeorte) sowie im aquatischen Milieu radioanalytische Untersuchungen von Aarewasser (3 Probenahmeorte) durch. Daneben führten weitere Stellen wie BAG, ENSI, EAWAG, NAZ und andere Bundes- und kantonale Stellen im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogramms Messungen in der Umgebung der Anlage durch.

Bei der Bewertung der Resultate der Umgebungsüberwachung während des Beurteilungszeitraums kommt das KKB zu folgenden Schlussfolgerungen:

- In der Nahumgebung des PSI und des KKB konnten keine Dosen resp. Dosisleistungen oberhalb der Immissionsgrenzwerte gemessen werden.
- Bei der Beprobung der luftgetragenen Radioaktivität (Luftsammler, Staubfangplatten, Regensammler) konnten keine Nuklide nachgewiesen werden, die mit dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke in Zusammenhang gebracht werden können.
- In sämtlichen Bodenproben wurden signifikant Radionuklide aus den Kernwaffentests der 60er Jahre (z. B. Pu-239, Am-241, Sr-90) und dem Tschernobyl-Ereignis aus dem Jahr 1986 (Cs-137) nachgewiesen. In Grasproben konnte ausschliesslich Sr-90 in geringen Mengen nachgewiesen werden.
- In Lebensmitteln konnte keine Erhöhung von künstlichen Radionukliden gemessen werden, die auf den Betrieb des KKB zurückführbar wären.
- Beim Wasserpfad waren bei Wasserproben mit Ausnahme von Tritium (H-3) keine anthropogenen Radionuklide im Aarewasser nachweisbar. Partikelproben aus der Sedimentfalle in der Aare beim Wehr Klingnau zeigten Spuren von künstlichen Radionukliden wie Mn-54, Co-58, Co-60 und Cs-137.

Gemäss Schlussfolgerungen des KKB erfüllt der vom PSI im Auftrag der Axpo durchgeführte Teil des Umgebungsmessprogramms die gesetzlichen Anforderungen gemäss Art. 103 StSV(1994). Der Betrieb der beiden Blöcke 1 und 2 verursacht keine signifikante Erhöhung der Dosen in der Umgebung. Insbesondere wurden keine Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten festgestellt. Abgesehen von der laufenden Anpassung an neue technische Entwicklungen bei den Analyse- und Messverfahren sind nach Meinung des KKB keine Veränderungen des Überwachungsprogrammes erforderlich.

### Beurteilungsgrundlage des ENSI

- Art. 17 StSG<sup>StSG</sup>
- Art. 102 bis 106 StSV (1994) resp. Art. 191 bis 195 StSV (2017)<sup>StSV</sup>
- Richtlinie ENSI-G15<sup>G15</sup>
- Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Beznau für das KKB<sup>HSK10/260</sup> resp. dessen Neuausgabe<sup>ENSI/14/2492</sup>

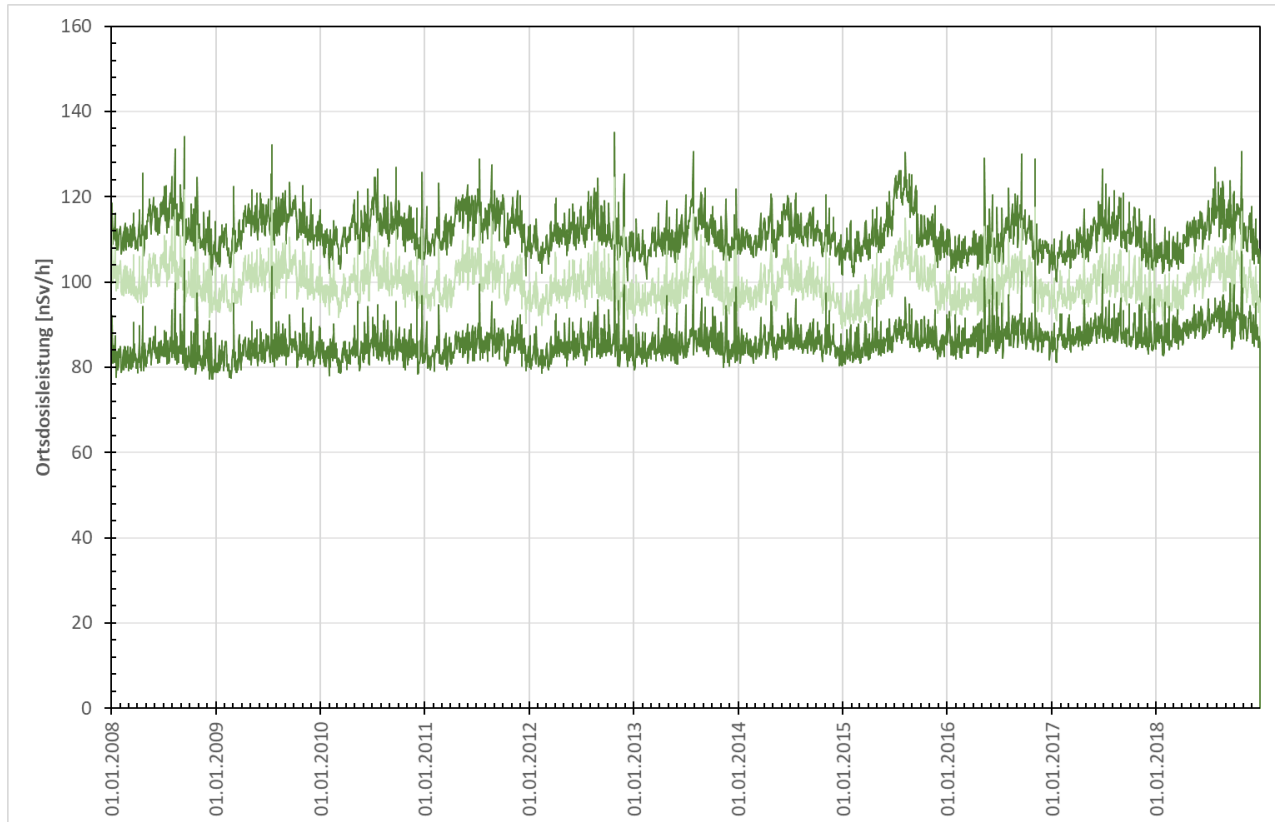
### Beurteilung des ENSI

Das ENSI bewertet das Umgebungsüberwachungsprogramm, das in Absprache zwischen ENSI und BAG festgelegt worden ist, als geeignet, um den gesetzlichen Auftrag gemäss Art. 191 - 195 StSV zu erfüllen. Das Messprogramm berücksichtigt hinsichtlich der Auswahl und der Festlegung der zu überwachenden Medien, der Probenahmeorte, der Messhäufigkeit, der Verfahren zur Probenerhebung und für Messungen sowie der zu erreichenden Messempfindlichkeiten die folgenden Aspekte:

- den Abgabepfad, die Menge, die Zusammensetzung und die physikalische und chemische Form der aus dem KKB freigesetzten radioaktiven Stoffe;
- die Ausbreitung und Ablagerung radioaktiver Stoffe in der Umwelt sowie den Übergang in Pflanzen und Nahrung;
- die Besiedlungsstruktur und Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung.

Im Sinne einer Beweissicherung wird zusätzlich zu den im Reglement genannten Messungen bei allen schweizerischen Kernkraftwerken die Umgebung jedes zweite Jahr mit einem Helikopter aeroradiometrisch ausgemessen. Das KKB ist bei diesen Messungen jeweils nicht als Strahlenquelle erkennbar.

Mit der Veröffentlichung und Beurteilung der erhobenen Messwerte in den jährlich erscheinenden Berichten «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» des BAG und im Strahlenschutzbericht des ENSI wird der gesetzliche Auftrag gemäss Art. 194 der StSV erfüllt. Ein Beispiel für eine Auswertung von Messdaten ist in Abbildung 3.6-1 gegeben, in welcher der Wertebereich der MADUK-Sonden im Messring KKB für die Jahre 2008-2018 dargestellt ist. Seit dem Jahr 2008 (Einbau von zwei Niederdosisdetektoren pro MADUK-Sonde) sind die jahreszeitlichen Schwankungen zu erkennen.



**Abbildung 3.5.4-1: Wertebereich der Tagesmittelwerte aller MADUK-Messstationen im Messring KKB im Zeitraum von 2008 bis 2018. Die helle Linie stellt dabei den Medianwert dar.**

Das ENSI beurteilt Qualität, Verfügbarkeit und Aussagekraft der Umgebungsüberwachungsdaten als sehr hoch. Die aus der Umgebungsüberwachung insgesamt gewonnenen Resultate stützen die Schlussfolgerungen des KKB, dass nur in Ausnahmefällen die in der Umgebung erhobenen Messwerte durch den Betrieb des KKB beeinflusst sind. So zeigten beispielsweise im aquatischen Milieu Sedimentproben im Überprüfungszeitraum vereinzelt Spuren von künstlichen Radionukliden wie Mn-54, Co-58, Co-60 und Cs-137, welche teilweise mit dem Betrieb des KKB in Zusammenhang gebracht werden können. Gleichwohl zeigen die Messergebnisse des Umgebungsüberwachungsprogramms, dass alle Immissionsgrenzwerte für Luft und Gewässer gemäss Art. 24 StSV und der quellenbezogene Dosisrichtwert sowie der Richtwert für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerkareals gemäss Richtlinie ENSI-G15 im Überprüfungszeitraum immer eingehalten wurden.

### 3.7 Entsorgung

Gemäss Art. 9 Abs. 1 KEG sind abgebrannte Brennelemente als radioaktive Abfälle zu entsorgen; gemäss Art. 51 Bst. a Ziff. 1 gelten sie als hochaktive radioaktive Abfälle. Die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente wird jedoch in vorliegendem Kapitel übersichtshalber separat behandelt (Kap. 3.7.4). Letzteres gilt auch für die Reaktorabfälle und die ausgedienten Grosskomponenten (Kap. 3.7.3).

Gemäss Art. 3 Bst. b KEG umfasst die Entsorgung die Konditionierung, die Zwischenlagerung und die Lagerung der radioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager. Obwohl nicht explizit eingeschlossen, werden

auch die Transporte der radioaktiven Abfälle, einschliesslich der abgebrannten Brennelemente, unter dem vorliegenden Kapitel (Kap. 3.7.5) behandelt.

Die gemäss Richtlinie ENSI-A03 Kap. 5.8.4 Bst. b hinsichtlich der vorgesehenen Abfall- und Brennstoffbewirtschaftung für den Langzeitbetrieb geforderten Sicherheitsnachweise werden in Kap. 10.3.2 behandelt.

### 3.7.1 Anfall und Konditionierung radioaktiver Abfälle

#### Angaben des KKB<sup>TM-16207</sup>

##### *Anfall und Behandlung der radioaktiven Rohabfälle*

Beim Betreiben, Instandhalten, Reparieren, Ändern und Ersetzen der Systeme und Komponenten in der kontrollierten Zone fallen radioaktive Abfälle in allen drei Aggregatzuständen (fest, flüssig und gasförmig) an. Die gasförmigen Betriebsabfälle werden grundsätzlich im Rückstandsgassystem bearbeitet. Das Rückstandsgassystem wird im Bericht «Rückstandsaufbereitung» und die aus dem Rückstandsgassystem abgegebene Aktivität wird im Bericht «Strahlenschutz und Strahlenüberwachung» behandelt. Deshalb wird im Folgenden lediglich auf die festen und flüssigen Betriebsabfälle eingegangen. Der Anfall an radioaktiven Abfällen variiert je nach Betriebszustand; während der langen Revisionsabstellung im Jahr 2015 stieg das Volumen z. T. deutlich an.

#### – Radioaktive Abwässer

Bei den radioaktiven Abwässern unterscheidet das KKB zwischen den Abwässern aus den Aktivduschen und der Wäscherei und denjenigen aus den übrigen Bereichen der kontrollierten Zonen.

Das Volumen der Duschen- und Wäschereiabwässer lag im Fünfjahresmittel (Überprüfungszeitraum 2012 bis 2016) bei 1'005 m<sup>3</sup>. Die Aufbereitung dieser Abwässer erfolgt mittels Zentrifugation. Die dabei anfallenden Schlämme werden gesammelt, getrocknet und schliesslich dem in der Plasmaanlage bei der Zwischenlager Würenlingen AG (Zwilag) zu verarbeitenden verbrennbaren Mischabfall zugegeben.

Im Fünfjahresmittel fielen 1'113 m<sup>3</sup> radioaktive Abwässer aus den übrigen Bereichen der kontrollierten Zonen an. Die Aufbereitung dieser Abwässer erfolgt mit dem System AURA (Aufbereitung der radioaktiven Abwässer), wobei der grösste Teil seit dem Jahr 2007 mittels Nanofiltration aufbereitet wird. Kleinere Mengen werden auch über Neutralisation und/oder Zentrifugation behandelt, sowie in Einzelfällen durch Fällung. Der bei der Aufbereitung der Abwässer aus den kontrollierten Zonen anfallende Schlamm (AURA-Schlamm) wird angesammelt und im KKB periodisch konditioniert.

Schliesslich fallen aus den Wasserreinigungskreisläufen verbrauchte radioaktiv beladene Ionenaustauscherharze und Filterkerzen an. Die Harze werden angesammelt und im KKB periodisch konditioniert. Die Filterkerzen werden je nach Dosisleistung dem verbrennbaren Mischabfall für die Zwilag zugegeben oder im KKB konditioniert.

##### *Bewertung des KKB*

Das KKB bewertet die Systeme zur Aufbereitung der radioaktiven Abwässer als leistungsfähig, funktionsfähig und zweckmässig. Die Kapazitäten sind ausreichend; die anfallenden Abwässer werden jeweils zeitnah verarbeitet. Die festen Rückstände (Schlämme) werden planmässig konditioniert und das behandelte Restwasser im Rahmen der Abgabelimiten über den Wasserpfad abgegeben.

#### – Feste Betriebsabfälle

Die festen radioaktiven Abfälle werden entsprechend den Abfallannahmebedingungen der Plasma- bzw. der Konditionieranlagen der Zwilag in die drei Abfallsorten «verbrennbar», «schmelzbar» und «zementierbar» eingeordnet, wobei die verbrennbaren Abfälle mit einem jährlichen Anfall von rund 14'500 kg überwiegen.

Beim verbrennbaren Mischabfall handelt es sich vorwiegend um nicht dekontaminierbares Strahlenschutz- und weiteres Verbrauchsmaterial, dessen Menge in erster Linie durch die Dauer der Revisionsabstellungen und den Umfang der Arbeiten in der kontrollierten Zone bestimmt wird. Diese Abfälle werden

im KKB sortiert, verpackt, verpresst und zur Verarbeitung in der Plasmaanlage an die Zwiilag abgegeben. Im Überprüfungszeitraum wurden 715 Abfallgebände à 200 l mit verbrennbaren Rohabfällen im KKB produziert.

Bei den schmelzbaren Abfällen handelt es sich hauptsächlich um metallische, ausgebaute Systeme, Komponenten und Teile, welche wenn möglich dekontaminiert und freigemessen werden. Der jährliche Anfall an schmelzbaren Mischabfällen variiert stark, wobei seit 2009 ein sinkender Trend erkennbar ist, weil die Materialien nach Möglichkeit zunehmend dekontaminiert oder der Abklinglagerung zugeführt werden. Die Zerlegung, Dekontamination und Freimessung erfolgt zum Teil im KKB selbst oder alternativ bei der Zwiilag. Insgesamt konnten im Überprüfungszeitraum 95'608 kg freigemessen werden. Die verbleibenden schmelzbaren radioaktiven Abfälle wurden entweder im Rahmen der Zwiilag-Annahmebedingungen den verbrennbaren Mischabfällen beigemischt oder, wenn grössere Mengen anfallen, wie beim Revisionsstillstand im Jahr 2015, den Annahmebedingungen entsprechend direkt als schmelzbare Abfälle verpackt und zur Verarbeitung in der Plasmaanlage an die Zwiilag abgeliefert. Im Überprüfungszeitraum wurden neun Abfallgebände à 200 l mit schmelzbaren Rohabfällen im KKB gefüllt.

Unter dem Begriff «zementierbare» Abfälle werden Mischabfälle wie Betonbruchstücke, Kies und Bauschutt zusammengefasst, welche nicht dekontaminiert und freigemessen werden können. Diese werden an die Zwiilag abgeliefert, wo sie entweder in kleineren Mengen dem schmelzbaren Mischabfall beigemischt oder in grösseren Mengen direkt in Beton-Containern konditioniert werden. Auch asbesthaltige Rohabfälle, welche nicht in der Zwiilag-Plasmaanlage verarbeitet werden können, werden den zementierbaren Abfällen zugeordnet. Im Überprüfungszeitraum wurden 44 Abfallgebände à 200 l mit zementierbaren Rohabfällen im KKB gefüllt.

Ferner fallen im KKB Abluftfilterkästen aus mobilen und stationären Lüftungsanlagen an. Sie werden gesammelt und periodisch an die Zwiilag abgegeben. Dort werden sie zerlegt, die inaktiven Bestandteile freigemessen und das kontaminierte Material wird in der Plasmaanlage verarbeitet. Im Jahr 2013 wurden 180 Abluftfilterkästen zur Konditionierung in die Zwiilag transportiert und im Folgejahr entsorgt. Am Ende des Überprüfungszeitraums waren noch 154 transportbereit verpackte Abluftfilterkästen im KKB gepuffert.

#### *Bewertung des KKB*

Die festen radioaktiven Betriebsabfälle werden effizient und effektiv verarbeitet, sortiert und dekontaminiert. Die Kapazitäten für die Vorbereitung der verbrennbaren Mischabfälle zur Behandlung in der Plasmaanlage reichen aus, um alle Abfälle zeitnah zu verarbeiten. Auch die Kapazitäten für die Dekontamination der schmelzbaren Abfälle reichen in der Regel aus, um die angefallene Menge zu verarbeiten. Wegen dem geänderten Alpha-zu-Beta/Gamma-Kontaminationsverhältnis nimmt der Aufwand für die Dekontamination aber stark zu. Falls die Kapazitäten der Dekontamination kurzfristig nicht ausreichen, werden die Abfälle im Hinblick auf eine spätere Behandlung gepuffert. Wenn innerhalb kurzer Zeit grössere Mengen Abfall oder grosse Teile anfallen, welche mit den Einrichtungen im KKB nicht oder nur schwer zu verarbeiten sind, werden diese zur weiteren Behandlung an die Zwiilag abgegeben.

#### *Konditionierung der radioaktiven Abfälle im KKB*

Die bei der Abwasserbehandlung und bei der Wasserreinigung anfallenden AURA-Schlämme bzw. Ionenaustauscherharze werden in Tanks angesammelt und periodisch im KKB konditioniert. Dies gilt auch für Filterkerzen, wenn diese aufgrund ihrer Dosisleistung nicht den verbrennbaren Mischabfällen zugegeben werden können.

#### – AURA-Schlamm

Aus dem AURA-System fielen im Überprüfungszeitraum im jährlichen Mittel 1'068 kg Schlamm an, bezogen auf einen Feststoffgehalt von 25 Gew.-%. Der AURA-Schlamm wird gemäss dem vom ENSI genehmigten Abfallgebändetyp (AGT) J-B-115 in 200-Liter-Fässern mit Zementmörtel verfestigt. Zwecks Optimierung des Abfallproduktvolumens wurde im 2012 die Menge Zementtrockenmischung im Abfallgebände um 50 kg erhöht. Damit konnte pro Gebände rund 30 kg mehr AURA-Schlamm verfestigt werden.



So resultierten anstelle von zwölf Abfallgebinden pro Kampagne nur noch deren zehn. Insgesamt wurden im Überprüfungszeitraum 52 Gebinde des AGT J-B-115 im KKB produziert.

– Ionenaustauscherharze

Aus den Wasserreinigungssystemen fielen im Überprüfungszeitraum im jährlichen Mittel 2,5 m<sup>3</sup> an radioaktiv beladenen Ionenaustauscherharzen an. Die Harze werden gemäss dem vom ENSI genehmigten Abfallgebindetyp (AGT) J-B-116 in 200-Liter-Fässern mit Polystyrol verfestigt. Insgesamt wurden im Überprüfungszeitraum 70 Gebinde des AGT J-B-116 im KKB produziert.

– Filterkerzen

Filterkerzen, welche aufgrund ihrer (zu hohen) Dosisleistung nicht dem verbrennbaren Mischabfällen zugegeben werden können, werden gemäss dem Abfallgebindetyp (AGT) J-B-55 in 200-Liter-Fässern mit Zementmörtel verfestigt. Im Überprüfungszeitraum wurde lediglich ein Gebinde des AGT J-B-55 im KKB produziert.

*Bewertung des KKB*

Durch die lange Erfahrung und Optimierung bei der Konditionierung der radioaktiven Abfälle können alle Abfallgruppen effizient und spezifikationskonform konditioniert werden. Die Prozesse und Verfahren haben sich etabliert. Für die Verfestigung und Konditionierung der Filterkerzen, des AURA-Schlammes und der Ionenaustauscherharze stehen genügend Kapazitäten zur Verfügung. Die Anlagen sind prozess- und strahlenschutzmassig optimiert. Durch gezielte Schulung des Personals konnte die interne Erfahrung behalten und weitergegeben werden.

*Konditionierung der radioaktiven Abfälle in der Zwiilag*

Die vom KKB an die Zwiilag abgelieferten verbrennbaren, schmelzbaren und zementierbaren Abfälle werden in der Zwiilag konditioniert.

– Verbrennbare und schmelzbare Abfälle

Im Überprüfungszeitraum lieferte das KKB 302 Fässer mit verbrennbarem und 106 Fässer mit schmelzbarem Abfall an die Zwiilag. Während des Überprüfungszeitraums wurden in der Plasmaanlage 351 Fässer des KKB mit verbrennbarem und 106 mit schmelzbarem Abfall verarbeitet. Zudem wurden weitere 313 Fässer mit anderen Abfällen in der Plasmaanlage verarbeitet. Dabei handelt es sich um flüssige Abfälle, Abfälle, welche in der Zwiilag bei der Behandlung von KKB-Komponenten angefallen sind, sowie um Sekundärschlamm, den die Zwiilag dem KKB zugeteilt hat. Total wurden dabei 341 Kokillen des vom ENSI genehmigten AGT J-Z-104 für das KKB hergestellt. Diese Gebinde werden in der Zwiilag zwischengelagert.

*Bewertung des KKB*

Das Verfahren des Sortierens und Verpackens der verbrennbaren und schmelzbaren Abfälle für den Plasmaofen der Zwiilag hat sich etabliert. Die Zusammenarbeit mit der Zwiilag verläuft problemlos. Per Ende des Überprüfungszeitraums befanden sich insgesamt 425 Gebinde mit verbrennbarem und 206 Gebinde mit schmelzbarem Mischabfall im Schwachaktivlager (SAA-Lager) ZWIBEZ und bei der Zwiilag. Erfahrungsgemäss können die schmelzbaren Mischabfälle in den nächsten 4 bis 5 Jahren konditioniert werden. Auf Grund des erfolgreichen Betriebs der Plasmaanlage werden keine Mischabfälle mehr im KKB hochdruckverpresst. Ein genehmigter Abfallgebindetyp liegt aber vor, und die erforderlichen Einrichtungen sind vorhanden und funktionstüchtig.

– Mineralische und metallische Abfälle

Mineralische und metallische Abfälle, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder Menge nicht in der Plasmaanlage verarbeitet werden können, sowie weitere beim Betrieb der Plasmaanlage anfallende und dem KKB anteilmässig zugewiesene mineralische Abfälle werden in der Zwiilag in Beton-Containern vergossen. Im Jahr 2012 wurden zwei und in den Jahren 2013 und 2014 je ein KT-C12 mit Ausbrüchen aus dem

Plasmaofen (AGT J-Z-301) konditioniert. Künftig sollen Beton-Container vom Typ LC statt KC verwendet und dazu entsprechende neue AGT spezifiziert werden.

### *Abschliessende Bewertung des KKB zur Konditionierung der radioaktiven Abfälle*

Die Entsorgung der radioaktiven Betriebsabfälle erfolgte unter Berücksichtigung des Minimierungsgebotes effektiv, effizient und ohne nennenswerte Probleme. Im Überprüfungszeitraum wurden total 118 m<sup>3</sup> an konditioniertem Abfallvolumen produziert, mehr als die Hälfte davon in der Plasmaanlage der Zwiilag. Mit den vorhandenen Einrichtungen im KKB und in der Zwiilag gibt es für alle Arten von anfallenden radioaktiven Betriebsabfällen einen Entsorgungspfad. Die Konditionierung erfolgte ohne wesentliche Probleme und alle garantierten Parameter wurden eingehalten. Die bisher konditionierten Abfallgebände sind vollständig dokumentiert und im Informationssystem für radioaktive Materialien (ISRAM) erfasst.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 50 und Art. 54 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und ENSI-B05<sup>B05</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die radioaktiven Abfälle des KKB werden nach genehmigten Abfallgebändetypen konditioniert. Die Konzentrate aus der Abwasserreinigung (AURA-Schlamm) sowie die Ionenaustauscherharze und die Filterkerzen werden KKB-intern konditioniert. Fragen betreffend die zwecks Optimierung des Abfallproduktvolumens ab dem Jahr 2012 vorgenommene Erhöhung der Zementtrockenmischung in den Abfallgebänden des AGT J-B-115 (AURA-Schlamm) wurden in einem Fachgespräch mit dem KKB am 22. Februar 2019 geklärt; in einer daraufhin mit KKB-Schreiben vom 04. April 2019 nachgereichten Technischen Mitteilung<sup>UR19001</sup> wies das KKB die Spezifikationskonformität sämtlicher bis dato hergestellter Abfallgebände des AGT J-B-115 nach. Somit können alle 127 im Überprüfungszeitraum im KKB konditionierten Abfallgebände als spezifikationskonform bezeichnet werden.

Die übrigen radioaktiven Abfälle werden im KKB nach den Klassen «verbrennbar», «schmelzbar» und «zementierbar» sortiert und zur weiteren Behandlung und Konditionierung an die Zwiilag abgegeben. Aus der Verarbeitung in der Plasmaanlage resultierten im Überprüfungszeitraum 341 spezifikationskonform konditionierte Abfallgebände («Kokillen-Fässer»). Zur Konditionierung der zementierbaren Abfälle sieht die Zwiilag vor, künftig Beton-Container vom Typ LC statt KC zu verwenden und dazu entsprechende neue AGT zu spezifizieren. Die neuen LC-Container gewähren u. a. eine bessere Volumenausnutzung und Stapelbarkeit. Die Typengenehmigungsanträge stehen aber noch aus.

Alleinig die KKB-Aussage, wonach immer noch die Möglichkeit bestehe, Abfallgebände mit hochdruckverpresstem Abfall herzustellen und dazu ein genehmigter Abfallgebändetyp vorliege, kann das ENSI nur bedingt nachvollziehen. Nach Wissen des ENSI fand letztmals im Jahre 2001 eine Hochdruckverpressungskampagne statt; dabei wurden 200 Gebinde des genehmigten AGT J-B-98 hergestellt. Gemäss KKB-Spezifikation TM-650-UR01006 wird dieser AGT nicht mehr hergestellt. Dies hielt auch die damalige HSK in ihrer Beurteilung HSK 14/681 vom 24. Januar 2003 fest. Da es aber nicht geplant ist, diesen Abfallgebändetyp in absehbarer Zeit wieder zu produzieren, kann die Klärung dieses Punktes bis auf weiteres offen bleiben.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die vom KKB in Anspruch genommenen Abfallkonditionierungskonzepte und -anlagen dem Stand der Technik entsprechen und die Verarbeitungskapazitäten ausreichend sind. Das ENSI wird sich im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit davon überzeugen, dass allfällige Rückstände an unkonditionierten schmelzbaren Abfällen zeitnah verarbeitet werden.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Kriterien der Richtlinie ENSI-B05 grundsätzlich erfüllt sind. Das ENSI kann die diesbezüglichen PSÜ-Betrachtungen des KKB nachvollziehen und, zusätzlich gestützt auf die Inspektionsergebnisse der letzten Jahre, die Ergebnisse bestätigen.

### 3.7.2 Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle

#### Angaben des KKB<sup>TM-16207</sup>

Am Standort Beznau werden die radioaktiven Abfälle im Lager für schwachaktive Abfälle (SAA-Lager) des ZWIBEZ sowie im Rückstandslager (RS-Lager) aufbewahrt.

#### *Lager für schwachaktive Abfälle (SAA-Lager) des ZWIBEZ*

Im SAA-Lager werden entsprechend den Annahmebedingungen neben schwachaktiven konditionierten Abfällen z. T. auch Rohabfälle, kontaminierte Komponenten (z. B. die zwei im Jahr 2015 eingelagerten ausgedienten Reaktordruckbehälterdeckel), Materialien zum Abklingen sowie diverse kontaminierte Betriebsgegenstände (Ersatzteile, Werkzeuge, Abschirmungen) gelagert. Das Lagergut ist frei von loser Oberflächenkontamination bzw. kontaminationsfrei verpackt.

Die konditionierten Abfallgebilde werden im SAA-Lager ZWIBEZ in Lagercontainern gelagert. Ein ZWIBEZ-Lagercontainer Typ II kann maximal 72 Abfallgebilde aufnehmen. Die Grundfläche des SAA-Lagers bietet Platz für 55 Lagercontainer. Die Höhe erlaubt maximal 8 aufeinandergestapelte Lagen von Containern. Damit können maximal 440 Container oder 31'680 Abfallgebilde eingelagert werden. Im Überprüfungszeitraum wurden 233 konditionierte 200-Liter-Konzentratgebilde vom RS-Lager in das SAA-Lager verlagert. Ende 2016 waren im SAA-Lager ZWIBEZ 1'989 konditionierte Abfallgebilde eingelagert.

Im SAA-Lager ZWIBEZ stehen ferner 178 in 1-m<sup>3</sup>-Betoncontainern verpackte Abfallgebilde (ehemals vorgesehen für die Meeresversenkung). Im Jahr 2013 wurden 143 dieser Container in Lagercontainern platziert; die restlichen 35 Betoncontainer stehen noch am Boden.

In einem Lagercontainer darf sich nur gleichartiges Lagergut befinden, wie konditionierte Abfallgebilde, Rohabfälle, Materialien zur Abklinglagerung oder schwachaktive Materialien.

Im SAA-Lager ZWIBEZ wird jährlich eine Inspektion des Lagerinventars durchgeführt. Im Jahr 2012 wurden bei zwei Abfallgebilden des AGT J-B-00081 neue Rostschäden beobachtet. Derartige Rostschäden sind seit längerem bekannt und wurden schon früher bei 64 weiteren Gebilden beobachtet. 24 dieser Gebilde wurden in KC-T12-Container verpackt, weil bei diesen die Integrität der Gebilde gefährdet war. Die übrigen 40 schadhafte Gebilde stehen in einem Lagercontainer und werden jährlich inspiziert. Bei 12 dieser Gebilde wurde eine leichte Zunahme der Rostschäden beobachtet. Die zwei neuen schadhafte Gebilde aus dem Jahr 2012 wurden zu den bestehenden 40 anderen schadhafte Gebilden in den Lagercontainer gestellt. Ein weiteres, bereits im Jahr 2011 als auffällig befundenes Referenzgebilde (Rostflecken), wurde im Jahr 2014 zwecks gezielter Überwachung ebenfalls zu den o. g. schadhafte Gebilden in den Lagercontainer gestellt. Ansonsten wurden im Überprüfungszeitraum keine neuen schadhafte Gebilde identifiziert. Am Ende des Überprüfungszeitraums wiesen somit 67 Gebilde im SAA-Lager ZWIBEZ Rostschäden auf.

#### *Rückstandslager (RS-Lager)*

Im RS-Lager werden ausschliesslich konditionierte und kontaminationsfreie Abfälle aus dem Betrieb des KKB gelagert.

Das RS-Lager ist in zwei Bereiche aufgeteilt: einer für 100-Liter-Gebilde und einer für 200-Liter-Gebilde. Sämtliche Gebilde werden liegend gelagert. Der Bereich für 100-Liter-Gebilde enthält 15 Reihen, in welchen 12 Gebilde nebeneinander und mit einer maximalen Höhe von 18 Gebilden gelagert werden. Total hat dieser Bereich eine Kapazität von 3'240 100-Liter-Gebilden. Am Ende des Überprüfungszeitraum waren 2'785 Gebilde in diesem Bereich eingelagert. Es handelt sich dabei ausschliesslich um Gebilde mit verfestigten Harzen. Da 100-Liter-Fässer nicht mehr für die Konditionierung verwendet werden, werden keine zusätzlichen Gebilde mehr in diesem Bereich eingelagert. Auf den obersten Reihen sind für die jährliche Lagerinspektion alle schadhafte Gebilde und Referenzgebilde platziert. Der 200-Liter-Bereich enthält 14 Reihen, in welchen neun Gebilde nebeneinander liegen und mit einer maximalen Höhe von 14 Gebilden gelagert werden. Total hat dieser Bereich eine Kapazität von 1'764 Abfallgebilden. Am Ende des Überprüfungszeitraums waren 1'464 Abfallgebilde in diesem Bereich eingelagert. Es handelt sich dabei um konditionierte Harze, AURA-Schlamm

und Filterkerzen. Da die Lagerkapazität im 200-Liter-Bereich fast ausgeschöpft war, wurden im Überprüfungszeitraum 233 Gebinde des Abfallgebindetyps J-B-75 «Verdampferkonzentrate» vom RS-Lager in das SAA-Lager ZWIBEZ umgelagert. Damit befinden sich am Ende des Überprüfungszeitraums keine Konzentratgebände mehr im RS-Lager.

Im RS-Lager wird jährlich eine Inspektion des Lagerinventars durchgeführt. Dabei werden ausgewählte Gebinde auf der obersten Reihe visuell mittels der Krankamera und einer Fotodokumentation inspiziert. Im Bereich, in dem die 100-Liter-Gebinde gelagert werden, wurden jährlich 60 ausgewählte Referenzgebände inspiziert. Weiter wurden drei Gebinde mit Deformationsschäden und 52 Gebinde mit optischen Auffälligkeiten wie eingetrocknete Zementtropfen, ausgelaufenes Styrol oder Farbschäden durch Styroldämpfe inspiziert. Im Bereich, in dem die 200-Liter-Gebinde gelagert werden, wurden jährlich alle ausgewählten Referenzgebände der Harzgebände inspiziert. Von den übrigen Gebinden (AURA-Schlamm, Filter, Konzentrate) wurden alle Gebinde auf den obersten Reihen inspiziert, da von diesen nicht alle Referenzgebände auf den obersten Lagen liegen. Weiter wurden Gebinde mit bekannten Schäden (Fassdeformationen oder Rostschäden) oder mit optischen Auffälligkeiten (eingetrocknete Zementtropfen) inspiziert. Im Überprüfungszeitraum wurden bei keinem Referenzgebände Schäden beobachtet. Die Schäden und optischen Auffälligkeiten der übrigen inspizierten Gebinde hatten sich im Vergleich zu den Vorjahren nicht verändert.

#### *Bewertung des KKB zur Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle*

Alle konditionierten Abfallgebände im SAA-Lager ZWIBEZ sowie im RS-Lager sind in der ISRAM-Datenbank dokumentiert. Sie haben eine Endlagerfähigkeitsbescheinigung der Nagra. Die meisten dieser Gebinde können ohne spezielle Massnahmen in vorhandenen Typ-A-Verpackungen jederzeit transportiert werden. Für Abfallgebände mit einer Dosisleistung grösser als ca. 10 mSv/h (RS-Lager) wird als zusätzliche Massnahme voraussichtlich eine Abschirmung in Form eines Betoncontainers erforderlich sein. Bei 18 Abfallgebänden aus dem RS-Lager (AGT J-B-50 «Harze in Polystyrol») wird die erlaubte Aktivität für einen Transport in einer Typ-A-Verpackung überschritten. Diese Gebinde müssen daher in einer Typ-B-Verpackung transportiert werden.

Im Überprüfungszeitraum herrschte immer ein sicherer Lagerbetrieb. Bei Unregelmässigkeiten wurden die notwendigen Massnahmen rasch umgesetzt. Mit dem RS-Lager und dem SAA-Lager ZWIBEZ verfügt das KKB über genügend Zwischenlagerkapazität für die Einlagerung der Betriebsabfälle. Insbesondere reicht die Lagerkapazität des SAA-Lagers ZWIBEZ sowohl für die noch anfallenden Betriebsabfälle bis zum Ende des Anlagenbetriebs als auch für die Stilllegungsabfälle.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und ENSI-G04<sup>G04</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Im Rahmen der PSÜ 2012 hatte das ENSI eine fundierte Bewertung bezüglich der Transportfähigkeit von Abfallgebänden, welche aufgrund ihres Aktivitäts- oder Nuklidinventars nicht als Typ-A-Versandstücke transportiert werden können, gefordert. Bei der Bearbeitung dieser Forderung identifizierte das KKB 18 Gebinde des AGT J-B-50, die eine Typ-B-Verpackung erfordern. Am Ende des Überprüfungszeitraums war deren Transportfähigkeit noch nicht abschliessend nachgewiesen. Diese Forderung wurde aber unterdessen erfüllt; in der vom ENSI erteilten Zulassung CH/8061/B(M)-96 (Rev. 0) vom 01. September 2018 sind die 18 Gebinde des KKB durch die Inhaltsbeschreibung abgedeckt und damit ab diesem Datum transportfähig<sup>ENSI-2018-10-18</sup>. Somit sind sämtliche im KKB zwischengelagerten konditionierten Abfallgebände transport-, zwischen- und endlagerfähig.

Mit dem SAA-Lager ZWIBEZ und dem RS-Lager verfügt das KKB grundsätzlich über genügend Kapazität für seine radioaktiven Betriebsabfälle bis zum Betriebsende bei einer angenommenen Betriebsdauer von 60 Jahren. Ob die Kapazitäten des SAA-Lagers ZWIBEZ auch noch für die Stilllegungsabfälle ausreichen, kann das ENSI mangels entsprechender Mengengerüste und fundierter Analyse des KKB nicht beurteilen. Das ENSI stellt fest, dass zurzeit ein beachtliches Lagervolumen durch Grosskomponenten (RDB-Deckel) beansprucht

wird (siehe folgendes Kapitel). Da diese aber im Rahmen der Stilllegung zu entsorgen sind, ist davon auszugehen, dass diese Lagerkapazitäten zu gegebenem Zeitpunkt wieder frei werden. Zudem stellt das ENSI fest, dass das KKB im SAA-Lager ZWIBEZ Abklinglagerung betreibt. Diesbezüglich sind die Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 sowie der Richtlinie ENSI-B04 zu beachten. Das ENSI wird die Umsetzung im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit, z. B. im Rahmen seiner Inspektionen, prüfen und bewerten.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Kriterien der Richtlinie ENSI-G04 grundsätzlich erfüllt sind. Das ENSI kann die diesbezüglichen PSÜ-Betrachtungen des KKB nachvollziehen und, zusätzlich gestützt auf die Inspektionsergebnisse der letzten Jahre, die Ergebnisse bestätigen.

### 3.7.3 Umgang mit Reaktorabfällen und Grosskomponenten

#### Angaben des KKB<sup>TM-16207</sup>

##### *Reaktorabfälle*

Unter Reaktorabfällen versteht das KKB Komponenten, welche im Reaktor dem Neutronenfluss ausgesetzt waren und demzufolge aktiviert sind, selber aber keine Spaltstoffe enthalten und nicht mehr weiterverwendet werden. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um zwei Gruppen von Gegenständen: Brennelement-Einsätze wie Fingerzapfen, Steuerelemente, Vergiftungselemente und Neutronenquellen, sowie Komponenten der Kerneinbauten wie Baffle Bolts, Split Pins und Bestrahlungsproben. Diese Reaktorabfälle bestehen ganz oder teilweise aus Stahl.

Die Reaktorabfälle werden in den betrieblichen Lagerbecken gelagert. Der grösste Teil davon befindet sich in den Brennelement-Lagergestellen (BE-Lagergestellen). Hier hat es (pro Block) mehrere Fingerzapfenkanister und Behälter für Baffle Bolts und Split Pins sowie einen Sammelbehälter (mit Deckel) für Kleinteile, in dem sich Primärquellen- und Vergiftungselemente aus den ersten Zyklen befinden. Zudem werden in den BE-Lagergestellen auf ausgedienten Brennelementen verschiedene Arten von Brennelement-Einsätzen gelagert: alte Fingerzapfen und Steuerelemente sowie Sekundärquellenelemente aus früheren Zyklen. Ein kleiner Teil der Reaktorabfälle befindet sich ausserhalb der BE-Lagergestelle in diversen Behältnissen, welche sich neben den Lagergestellen, aber noch innerhalb des Beckens befinden. Dabei handelt es sich um offene Sammelbehälter für Kleinteile aus Stahl, Behälter zur Lagerung von Split Pins (aus Austauschkampagnen 1987/1988) und offene Körbe mit Henkel, in denen sich ausgebaute Kleinteile der Brennelement-Transfereinrichtung vom Block 1 befinden.

In einer Messaktion Anfang 2012 hat das KKB die Dosisleistung der verschiedenen Komponenten der Reaktorabfälle bzw. der Behälter, die diese Komponenten enthalten, bestimmt. Mit Hilfe des Programms MicroShield wurde daraus die Co-60-Aktivität ermittelt. Damit konnte (konservativ) abgeschätzt werden, dass die Gesamtaktivität aller Reaktorabfälle in den Lagerbecken beider Blöcke den Wert  $3,0 \cdot 10^{14}$  Bq nicht übersteigt (Stand 31. Dezember 2014). Hierbei handelt es sich um eine Momentaufnahme, da das Leitnuklid Co-60 mit einer Halbwertszeit von 5,27 Jahren zerfällt.

Eine Degradation der Reaktorabfälle in Form von starkem Rosten oder sonstiger Zersetzung ist bisher nicht beobachtet worden.

##### *Bewertung des KKB der Reaktorabfälle*

Reaktorabfälle, welche sich in den betrieblichen BE-Lagerbecken des KKB befinden, sind inventarisiert und dokumentiert. Um unnötige Strahlendosen für das Personal zu vermeiden, soll die Entsorgung der Reaktorabfälle zusammen mit den restlichen aktivierten Komponenten im Rahmen der Stilllegung erfolgen. Entsprechende Abfälle mit weitaus grösseren Aktivitäten wurden bereits in der Schweiz in MOSAIK-Behältern konditioniert. Bis zum Zeitpunkt der Stilllegung ist eine Degradation der Reaktorabfälle bei den vorliegenden Stählen nicht zu erwarten. Auch sollte sich bis zur Stilllegung das Inventar der Reaktorabfälle gegenüber dem aktuellen Stand nicht mehr signifikant erhöhen, da alle Steuerelemente noch im 2014 ersetzt wurden und ein Austausch von anderen Komponenten nicht ansteht.

### Grosskomponenten

Auf dem Areal des KKB waren im Überprüfungszeitraum folgende (ausgediente) Grosskomponenten eingelagert:

- Vier Dampferzeuger (DE): seit 1993 zwei DE aus Block 1, eingelagert im Dampferzeugerlager (DE-Lager), und seit 1998 zwei DE aus Block 2, eingelagert im Hochaktivlager (HAA-Lager) ZWIBEZ. Damit keine Aktivitätsfreisetzung erfolgen kann, sind alle Öffnungen der DE dicht verschlossen. Das Entsorgungskonzept sieht vor, dass spätestens dann, wenn der Platz im HAA-Lager für Transport- und Lagerbehälter (TLB) mit abgebrannten Brennelementen (BE) benötigt wird, in einem ersten Schritt die inaktiven sekundären Teile der DE abgetrennt und entsorgt werden. Die verbleibenden, aktiven Teile können dann im DE-Lager weiter gelagert werden. Die definitive Entsorgung erfolgt zum Zeitpunkt der Stilllegung.
- 17 Hauptkühlmittelleitungsteile, welche beim Ersatz der vier DE ebenfalls ersetzt wurden. 16 Teile sind im DE-Lager eingelagert, ein Teil im SAA-Lager ZWIBEZ. Die Teile sind mittels Flansches dicht verschlossen oder in Plastikfolien verpackt, sodass keine Aktivitätsfreisetzung stattfinden kann. Es ist vorgesehen, die Hauptkühlmittelleitungsteile anlässlich der Stilllegung zu entsorgen.
- Vier Statoren der Motoren der Hauptkühlmittelpumpen, welche zwischen 2000 und 2003 ausgebaut wurden. Sie waren im SAA-Lager ZWIBEZ eingelagert und wurden 2014/2015 in der ZwiLag entsorgt.
- Die beiden RDB-Deckel aus Block 1 und Block 2 wurden im Jahr 2015 in das SAA-Lager ZWIBEZ eingelagert. Sie wurden jeweils in einen Behälter, bestehend aus einem äusseren Transportbehälter, einer inneren Abschirmhülse und einer unteren Abschirmplatte verpackt. Die Abschirmungen dienen dazu, die maximale Oberflächendosisleistung auf kleiner als 7,5 mSv/h zu begrenzen, entsprechend der Annahmebedingung des SAA-Lagers ZWIBEZ. Die Dichtheit der Lagerbehälter stellt sicher, dass während der Lagerung keine Aktivität im Lager freigesetzt wird. Die Oberflächen der freiliegenden Bereiche (Flanschseite und Bolzenlöcher) der RDB-Deckel wurden zur Vermeidung einer Kontaminationsverschleppung mit einem Farbanstrich versehen. Die zwei Behälter werden auf einem speziellen Lagergestell, bestehend aus 12 leeren ZWIBEZ-Containern und einem Aufbau, gelagert. Die definitive Entsorgung der RDB-Deckel erfolgt zum Zeitpunkt der Stilllegung der Anlagen, nach dem dann geltenden Regelwerk und dem aktuellen Stand der Technik.

Im November 2012 wurden an einer Schweißnaht eines Dampferzeugers im DE-Lager Kontaminationsspuren festgestellt, weil die Dichtheit der Abdeckungen nicht mehr gegeben war. Daraufhin wurden zusätzliche Hauben auf alle Blindflanschen der beiden Dampferzeuger geschweisst und die kontaminierten Stellen dekontaminiert. Seitdem wird die Kontrolle des radiologischen Zustands der Dampferzeuger wöchentlich durchgeführt.

### Bewertung des KKB der eingelagerten Grosskomponenten

Alle auf dem Werksareal eingelagerten Grosskomponenten sind vollständig dokumentiert und in ISRAM erfasst. Es liegen entsprechende Steckbriefe sowie die zugehörigen Entsorgungskonzepte vor.

Weitere Grosskomponenten werden in den nächsten Jahren voraussichtlich nicht ausgebaut.

Die Lagerkapazität des DE-Lagers ist abhängig von Anzahl und Grösse der Grosskomponenten. Zurzeit sind die beiden ausgebauten Dampferzeuger vom Block 1 und 16 Teile der Hauptkühlmittelleitungen aus beiden Blöcken im DE-Lager eingelagert. Grundsätzlich ist dort Platz für insgesamt vier DE-Unterteile vorhanden. Im Bedarfsfall können die eingelagerten Teile der Hauptkühlmittelleitungen ins SAA-Lager ZWIBEZ eingebracht werden.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und ENSI-G04<sup>G04</sup>

### Beurteilung des ENSI

Im Rahmen der PSÜ 2012 hatte das ENSI ein Entsorgungskonzept für die in den BE-Lagerbecken lagernden Reaktorabfälle gefordert. Diese Forderung wurde termingerecht vom KKB erfüllt<sup>ENSI-2017-02-23</sup>.

Das ENSI stellt fest, dass die Reaktorabfälle und die ausgedienten Grosskomponenten sorgfältig inventarisiert und dokumentiert sind. Über die Inventare der Reaktorabfälle berichtet das KKB regelmässig im Jahresbericht Sicherheit des KKB. Für die Grosskomponenten liegen Steckbriefe vor. Sowohl die Reaktorabfälle als auch die ausgedienten Grosskomponenten sollen im Rahmen der Stilllegung entsorgt werden und bis dahin weiter abklingen. Dieses Vorgehen erachtet das ENSI als zweckmässig, da daraus eine verminderte Strahlenbelastung für das Personal und weitere Synergien resultieren. Bis dahin stehen ausreichend Lagerkapazitäten zur Verfügung. Die eigentlichen Entsorgungskonzepte wird das ENSI zu gegebenem Zeitpunkt (bei der Stilllegung) beurteilen.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Kriterien der Richtlinie ENSI-G04 grundsätzlich erfüllt sind. Das ENSI kann die diesbezüglichen PSÜ-Betrachtungen des KKB nachvollziehen und, zusätzlich gestützt auf die Inspektionsergebnisse der letzten Jahre, die Ergebnisse bestätigen.

### 3.7.4 Entsorgung der abgebrannten Brennelemente

#### Angaben des KKB<sup>TM-16207</sup>

##### *Integrität der abgebrannten Brennelemente und der zugehörigen Lagergestelle*

Die Brennelemente sind für die Belastungen ausgelegt, welchen sie während des Einsatzes im Kern unter normalen und auch unter Störfallbedingungen ausgesetzt werden. Während der Lagerung in den Lagerbecken sind sie keinerlei Belastungen ausgesetzt. Ein «spontanes» Defektwerden während der relativ kurzen Lagerung in den betrieblichen Lagerbecken kann somit ausgeschlossen werden.

Das KKB schliesst eine Veränderung der Geometrie der Lagergestelle der betrieblichen BE-Lagerbecken (Nasslager) durch mechanische Einwirkung aus. Es geht aufgrund der Werkstoffwahl (rostfreier Stahl) von einer Korrosionsbeständigkeit der Lagerbeckengestelle und der Beckenauskleidung gegen das Lagerbeckenmedium (wässrige Borsäurelösung) aus. Qualität und Zusammensetzung des Lagerbeckenmediums werden periodisch durch die Abteilung Chemie überwacht.

Ein Überwachungskonzept zur vollumfänglichen Inspektion der betrieblichen BE-Lagergestelle existiert nicht und ist durch die grosse Anzahl bereits belegter Lagerpositionen schwer realisierbar. Da jedoch fast alle Lagerpositionen im Laufe eines Jahres mindestens einmal belegt werden, wird eine unzulässige Veränderung der Geometrie der BE-Lagergestelle durch das KKB ausgeschlossen.

Ende der 1980er Jahre führten Korrosionsreaktionen an den Neutronenabsorbern (Boral) der Sandwichkonstruktion von Stahl und Boral der BE-Lagergestelle in einem anderen schweizerischen Kernkraftwerk zum Ausbeulen des Innenblechs einer BE-Lagerposition. Das Ausbeulen führte zu einer Querschnittsverengung von bis zu 12 mm.

Da die BE-Lagergestelle im KKB von der gleichen Firma wie im betroffenen schweizerischen Kraftwerk gefertigt worden waren, wurden mehrere visuelle Inspektionen (Dezember 1987, März/April 1989) der Lagerpositionen durchgeführt. Zusätzlich wurden 638 Lagerpositionen von insgesamt 640 mit Hilfe eines Dummy-BE auf Gängigkeit geprüft. Dabei wurden keine sichtbaren Veränderungen und keine Querschnittsverengungen der Lagerpositionen festgestellt.

Aus den Inspektionsergebnissen zog das KKB den Schluss, dass die Lagergestelle nicht von der geschilderten Problematik, dem Ausbeulen, betroffen sind. Daher wurde vom KKB entschieden, dass keine weiteren Inspektionen der BE-Lagergestelle erforderlich sind.

Die US-NRC berichtete mit der NRC Information Notice 2009-26 und der Resolution of Generic Safety Issues: Issue 196 grundsätzlich über das gleiche Problem.

Bisher waren im KKB

- keinerlei Verformungen der Auskleidung der Lagerpositionen (Ausbeulen bzw. Schwellen) optisch feststellbar;

- kein Aufsteigen von Gasblasen in Folge einer Korrosionsreaktion des Lagerbeckenwassers mit den Borlplatten beobachtet; und
- keinerlei mechanische Behinderung beim Einsetzen oder Entnehmen von Brennelementen aus bzw. in die Lagergestelle im Zuge der jährlichen Revisionen/BE-Wechsel festgestellt worden.

Da man das Problem aus Sicht des KKB, falls vorhanden, bereits eindeutig festgestellt hätte, sieht das KKB die Korrektheit der Entscheidung, keine weiteren Inspektionen der BE-Lagergestelle durchzuführen, als bestätigt an.

#### *Defekte Einzelstäbe und Brennstabsegmente*

Das KKB hat derzeit zwölf undichte Brennstäbe und neun gekapselte Brennstäbe eingelagert. Die gekapselten Brennstäbe wurden einer Dichtheitsprüfung unterzogen und weisen Leckraten von  $2,8 \cdot 10^{-9}$  bis  $7,2 \cdot 10^{-8}$  mbar·l/s auf. Alle defekten Brennstäbe befinden sich in einem speziellen Behälter (Fuel Rod Storage Rack, FDSR), der im betrieblichen Lagerbecken des Blocks 2 eingestellt ist. Die undichten Brennstäbe stammen aus den Jahren 1990, 1994 und 2011, die gekapselten Brennstäbe aus den Jahren 1994 bis 1996. Im Überprüfungszeitraum gab es keine weiteren Einlagerungen.

Der FDSR ist nicht für den Transport oder die Zwischenlagerung in einem Transport- und Lagerbehälter (TLB) geeignet. Für die Entsorgung in einem TLB hat das KKB bereits 2009 mit externen Partnern ein Behältnis (Quiver) entwickelt. Das KKB sieht vor, diesen Quiver auf den heutigen Stand anzupassen und ihn dann entweder in der Behälterbauart HI-STAR 180 oder CASTOR V/19 (CH) einzusetzen. Hierzu sind Machbarkeitsstudien beauftragt und Zulassungsverfahren initiiert.

#### *Bewirtschaftung der Lagerbecken*

Das KKB verfügt über jeweils 560 Stellplätze für Brennelemente (BE) in den betrieblichen Lagerbecken des Blocks 1 und des Blocks 2. Die Stellplätze dienen primär zur Aufbewahrung von abgebrannten BE. Weiterhin werden kurzzeitig frische BE eingelagert und weitere Stellplätze für Reaktorabfälle und den FDSR verwendet. Sowohl in den Lagerbecken des Blocks 1 als auch des Blocks 2 werden immer mindestens 121 Stellplätze freigehalten, um jederzeit den gesamten Reaktorkern entladen zu können.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingung waren die Stellplätze der Lagerbecken über den Überprüfungszeitraum nahezu maximal belegt. Zum einen ist dies verursacht durch die Beladestrategie für die TLB und dadurch bedingte stark unterschiedliche Abklingzeiten der BE und zum anderen durch verspätete Lieferungen von TLB aufgrund technischer Schwierigkeiten. Im Überprüfungszeitraum wurden fünf TLB mit insgesamt 185 BE beladen.

Die Dichtheit der BE wird durch die Überwachung des Beckenwassers und der Raumstrahlung sowie durch anlassbezogene Inspektionen nachgewiesen. Weiterhin existieren Einrichtungen und ein Prozess für visuelle Inspektionen der Brennelemente hinsichtlich Länge, Durchbiegung und Oxidschichtdicke. Defekte Brennstäbe eines Brennelements werden durch Stahldummies ersetzt und im FDSR gelagert. Die Transportfähigkeit der Brennelemente wird durch Überwachungsmaßnahmen, Inspektionen und Entfernen defekter Stäbe sichergestellt.

#### *Trockene Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle*

Die Lagerkapazität im ZWIBEZ beträgt 36 Stellplätze im Lagerbereich 1, 12 Stellplätze im Lagerbereich 2 (derzeit mit den 1999 ausgebauten Dampferzeugern des Blocks 2 belegt) und 12 Stellplätze in der Eingangshalle. 12 weitere Stellplätze sind im Zentralen Zwischenlager Würenlingen (ZZL) vorhanden, wovon acht bereits mit TLB für hochaktive Wiederaufarbeitungsabfälle belegt sind. Im ZWIBEZ wurden bis zum Ende des Überprüfungszeitraums (31.12.2016) acht TLB eingelagert.

Das KKB rechnet bis zum Ende der 60-jährigen Betriebsdauer mit ca. 1800 BE verteilt auf 55 Behälter, davon acht Behälter vom Typ TN24GB, sieben Behälter vom Typ CASTOR V/19 (CH) und 40 Behälter vom Typ HI-STAR 180. Da das ZWIBEZ über insgesamt 60 Stellplätze verfügt, sind die Lagerkapazitäten für eine Betriebsdauer von 60 Jahren ausreichend bemessen.



Hinsichtlich der Lagerbewirtschaftung und des Stellplatzkonzepts verweist das KKB auf den jährlich aktualisierten Bericht zum Stand der Langzeitplanung für TLB des KKB und die Nachweise zur Wärmeabfuhr der HAA-Halle des ZWIBEZ bei einer vollständigen Einlagerung mit TLB vom Typ HI-STAR 180<sup>Axpo-2018-06-25, holtec-2015-07-02</sup>. Das KKB unterscheidet dabei zwischen vier Nutzungsphasen:

- a) Nutzungsphase I: Einlagerung von Dampferzeugern im Lagerbereich 2
- b) Nutzungsphase II: Einlagerung von TLB im Lagerbereich 1
- c) Nutzungsphase III: Einlagerung von TLB im Lagerbereich 2 nach Entsorgung der Dampferzeuger
- d) Nutzungsphase IV: Einlagerung von weiteren TLB in der Eingangshalle

Sowohl im ZWIBEZ als auch im ZZL werden die Dichtheit und die Temperatur der Behälter überwacht. Die erforderlichen Kontrollen sind in entsprechenden Arbeitsvorschriften niedergelegt. Bisher erbrachte die Überwachung keine Befunde. Bezüglich der Alterungsüberwachung von TLB wird ein Prozess entwickelt, der die Vorgehensweisen für die Erstellung einer Gap-Analyse und eines Alterungsüberwachungsprogramms enthält. Die Gap-Analyse wird von den Behälterherstellern erstellt und bewertet die Transportfähigkeit der TLB, wenn keine gefahrgutrechtliche Zulassung mehr vorliegt.

Die Rückführung aller Wiederaufarbeitungsabfälle des KKB ist abgeschlossen. Die Lagerung der Abfälle erfolgt in acht TLB: ein TLB vom Typ TN81, drei TLB vom Typ HAW 20/28 CG und vier TLB vom Typ HAW28M. Die Zwischenlagerung der abgebrannten BE erfolgt zukünftig nicht mehr in TLB vom Typ TN24GB, da ohne aufwendige Weiterentwicklung des Behältertyps die Aufnahme von Mischoxid-BE nicht möglich ist. Die Entsorgung soll vielmehr mit TLB vom Typ HI-STAR 180 und CASTOR V/19 (CH) erfolgen. Die Lizenzierung des HI-STAR 180 ist aufgrund technischer Schwierigkeiten noch nicht abgeschlossen. Daher wird zunächst der zugelassene und für das ZWIBEZ freigegebene Behältertyp CASTOR V/19 (CH) eingesetzt.

Hinsichtlich der Transportfähigkeit der im ZWIBEZ (TN24GB) und im ZZL (TN81, HAW 20/28 CG, HAW28M) eingelagerten Behälterbauarten für abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle verweist das KKB auf eine gültige gefahrgutrechtliche Zulassung zum Einlagerungszeitpunkt. Die Zwischenlagerfähigkeit wird durch die Freigabe der Behälterbauart für das jeweilige Zwischenlager gewährleistet. Die Aufrechterhaltung der Transport- und Zwischenlagerfähigkeit wird über das Alterungsmanagement sichergestellt. Bezüglich des Langzeitverhaltens des Tragkorbmateriale für den TLB vom Typ TN24GB haben sowohl der Behälterhersteller als auch das KKB Untersuchungsprogramme durchgeführt. Aufgrund der Ergebnisse sind für die eingelagerten Behälter keine Probleme bei der Langzeitlagerung zu erwarten.

#### *Bewertung des KKB*

Das KKB kommt in allen wesentlichen Teilaspekten zu einer positiven Bewertung. Hinsichtlich der Behälterverfügbarkeit verweist das KKB auf den inzwischen zugelassenen und freigegebenen TLB vom Typ CASTOR V/19 (CH), der die Entsorgungssicherheit auch bei Verzögerungen anderer Behälterprojekte sicherstellt. Technische Lösungen für die Entsorgung defekter Brennstäbe sind initiiert. Die Fragestellungen bezüglich des Tragkorbmateriale betrachtet das KKB als gelöst. Ein Alterungsmanagement für TLB wurde aufgesetzt.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-G02<sup>G02</sup> und ENSI-G04<sup>G04</sup>
- KTA 3602<sup>KTA3602</sup>
- NRC Information Notice 2009-26<sup>NRC-IN2009-26</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Gemäss Richtlinie ENSI-G02 müssen zur Nasslagerung die Brennelement-Lagergestelle so ausgelegt sein, dass die Brennelemente beim bestimmungsgemässen Betrieb gegen Beschädigung geschützt sind und dass die Brennelemente jederzeit aus den Gestellen entnommen werden können, wobei die Möglichkeit geometrischer Veränderungen von Brennelementen und Brennelementkästen zu berücksichtigen sind. Die Integrität der Brennelement-Lagergestelle ist über die gesamte Einsatzzeit zu gewährleisten, dabei ist insbesondere

das Langzeitverhalten aller verwendeten Werkstoffe unter den gegebenen Einsatzbedingungen zu berücksichtigen.

Ähnliche bzw. identische Vorgaben zum Nachweis der Integrität und Funktionsfähigkeit der BE-Lagergestelle werden auch in anderen kerntechnischen Regelwerken gefordert<sup>KTA3602</sup>. In der vom KKB erwähnten NRC Information Notice 2009-26<sup>NRC-IN2009-26</sup> findet sich eine klare Aufforderung zur Überwachung von BE-Lagerstellen mit BORAL-Neutronenabsorbbern, insbesondere wenn diese über die geplante Lebensdauer/Einsatzdauer von 40 Jahren hinaus verwendet werden sollen. Die Aufforderung der NRC Information Notice wird durch die Ergebnisse des durch EPRI durchgeführten, über 20 Jahre dauernden Untersuchungsprogramms im BE-Lagerbecken des US Kernkraftwerkes Zion bestätigt<sup>EPRI-1019110, EPRI-3002008195, EPRI-3002008196</sup>.

Die Entscheidung des KKB, keine weiteren Inspektionen der BE-Lagergestelle durchzuführen, ist nicht ausreichend begründet. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass das KKB bereits in die sechste Dekade seiner Betriebszeit geht und die Lagergestelle auch über den Betrieb hinaus während der Stilllegung noch benötigt werden, also weit über die ursprünglich vorgesehene Nutzungszeit hinaus, ist eine Überprüfung des Zustands der Gestelle der BE-Nasslagers notwendig. Damit soll sichergestellt werden, dass ein Ausbeulen von Blechen des BE-Lagergestells und damit eine Querschnittsverengung der Abstellpositionen frühzeitig erkannt wird und die Entnahme von Brennelementen aus den Gestellen (ohne sie zu beschädigen) jederzeit gewährleistet ist.

Daher ergibt sich folgende Forderung:

#### **Forderung 3.7.4-1**

*Das KKB hat bis zum 30. September 2022 darzulegen, wie es zukünftig den Nachweis der Integrität der BE-Lagergestelle der Nasslager sowie der Möglichkeit der schadensfreien Entnahme von Brennelementen aus diesen Gestellen über die gesamte Einsatzzeit erbringen wird.*

Zur Beurteilung der Integrität der abgebrannten Brennelemente sei auf Kap. 3.3.2.4.2 der vorliegenden Stellungnahme verwiesen.

Im Überprüfungszeitraum sind keine weiteren Defektstäbe angefallen. Bestand und Aufbewahrungskonzept sind unverändert. Hinsichtlich der Entsorgung in TLB verfolgt das KKB in Zusammenarbeit mit Behälterherstellern die Anpassung eines existierenden Spezialbehältnisses (Quiver). Hierzu sind Machbarkeitsstudien beauftragt (CASTOR V/19) und Zulassungsverfahren initiiert (HI-STAR 180). Das KKB orientiert sich damit am aktuellen Stand der Technik: Es sind weltweit nur vereinzelt Spezialbehältnisse für die Einlagerung in TLB zugelassen. Der TLB vom Typ CASTOR V/19 ist einer dieser TLB. Allerdings ist das in Deutschland zugelassene Spezialbehältnis nicht der vom KKB favorisierte Quiver, sondern ein ähnliches Behältnis. Anfall, Bestand und Aufbewahrung der Defektstäbe sind ohne Beanstandung und werden vom ENSI positiv beurteilt. In Bezug auf das Entsorgungskonzept anerkennt das ENSI die Aktivitäten des KKB, die eine zeitnahe Entsorgungslösung in TLB erwarten lassen.

Die Bewirtschaftung der Lagerbecken ist gemäss der Auflage 11 der unbefristeten Betriebsbewilligung des Blocks 2 zu gestalten: Demnach sind abgebrannte Brennelemente unter nachfolgenden Voraussetzungen der Trockenlagerung zuzuführen:

- ein Behälter kann mit der maximal vorgesehenen Anzahl von Brennelementen beladen werden; und
- die Beladung erfolgt bei optimaler Anordnung der Brennelemente im Behälter hinsichtlich der Einhaltung der Trockenlagerbedingungen.

Das vom KKB implementierte Konzept für die Auslagerung von abgebrannten Brennelementen aus den Brennelementlagerbecken folgt dieser Vorgabe. Wesentliche Merkmale dieses Konzepts sind

- Berücksichtigung aller Beladungen bis zur vollständigen Entsorgung aller Brennelemente des KKB; und
- Zurückhalten kühlerer Brennelemente, um eine vollständige Beladung auch der letzten zu beladenden Behälter zu ermöglichen.

Dies bedeutet zum einen eine vollständige Füllung der jeweiligen Behälter mit Brennelementen, um Teilbeladungen zu vermeiden und damit den vorhandenen Zwischenlagerplatz optimal zu nutzen. Zum anderen sind möglichst homogene Beladungen anzustreben, um die Trockenlagerbedingungen nicht unnötig zu strapazieren. Insbesondere gegen Ende der Laufzeit eines Kernkraftwerks wird in der Regel eine schnelle Brennstofffreiheit angestrebt, die zu einer grösseren Sicherheit und einer geringeren Strahlenbelastung bei anstehenden Rückbaumasnahmen beiträgt. Um in dieser Situation Beladungen mit abdeckender Gesamtwärmeleistung sicherzustellen, ist ein Mischen von Brennelementen mit kürzeren und längeren Abklingzeiten unerlässlich. Die Realisierung solcher Mischbeladungen bewirkt einen höheren Beckenbelegungsgrad, da eine entsprechende Auswahl an Brennelementen mit unterschiedlichen Charakteristiken dazu benötigt wird. Damit steht ein erhöhter Beckenbelegungsgrad im KKB nicht grundsätzlich im Gegensatz zur Auflage 11 der unbefristeten Betriebsbewilligung des Blocks 2.

Das KKB hat dies im Konzept für die Brennelemententsorgung berücksichtigt. Das ENSI verfolgt die Beckenbelegung und die Beladestrategie engmaschig im jährlich einzureichenden Bericht zum Stand der Langzeitplanung für TLB des KKB<sup>Axpo-2018-06-25</sup> und hat auch in diesem Zusammenhang das Konzept positiv beurteilt<sup>ENSI-2019-03-26</sup>. Die Überwachungsmassnahmen des KKB stellen die Transportfähigkeit der BE sicher. Das ENSI hat sich hiervon und von der Richtigkeit der Angaben sowohl im Technischen Bericht zum aktuellen Stand der Langzeitplanung für Transport- und Lagerbehälter<sup>Axpo-2018-06-25</sup> als auch bei Inspektionen im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit<sup>ENSI/14/2559</sup> überzeugt.

In Bezug auf die Lagerkapazität des ZWIBEZ ist zu berücksichtigen, dass die zur Diskussion stehenden TLB eine unterschiedliche Anzahl an BE aufnehmen können: Der TLB vom Typ CASTOR V/19 (CH) ist für die Aufnahme von maximal 19 BE ausgelegt, während der TLB vom Typ HI-STAR 180 je nach Tragkorbausführung 32 bzw. 37 BE aufnehmen kann. Das KKB hat hierzu eine zum Bericht<sup>Axpo-2018-06-25</sup> ergänzende Betrachtung vorgelegt, die nachweist, dass bei einer Verwendung von bis zu 20 TLB vom Typ CASTOR V/19 (CH) die Lagerkapazität des ZWIBEZ inklusive der verfügbaren Stellplätze im ZZL ausreicht<sup>Axpo-2016-06-29</sup>. Das ENSI hat diese ergänzende Betrachtung geprüft und grundsätzlich positiv beurteilt<sup>ENSI-2016-12-15</sup>. Allerdings sind die bisher offiziell vorgelegten Nachweise für die Wärmeabfuhr im ZWIBEZ nur für 48 TLB in den Lagerbereichen 1 und 2 gültig<sup>steag-2005-10-12</sup>. Eine Erweiterung dieser Zwischenlagerkapazität muss dem ENSI offiziell als Gesuch eingereicht werden. Das Überwachungskonzept für TLB im ZWIBEZ ist angemessen. Für die Bewertung der Alterungsüberwachung wird auf Kap. 10.3.2 verwiesen.

Die Beschaffung von TLB für die Zwischenlagerung von Wiederaufarbeitungsabfällen wurde im Überprüfungszeitraum abgeschlossen. Alle Wiederaufarbeitungsabfälle sind zurückgeführt und eingelagert. Bezüglich TLB für abgebrannte BE verfolgt das KKB im Hinblick auf die Entsorgungssicherheit eine Strategie, die auf die Verfügbarkeit von zwei alternativen Typen von TLB abzielt: CASTOR V/19 (CH) und HI-STAR 180. Während die Behälterbauart CASTOR V/19 (CH) zwischenzeitlich zugelassen und für die Zwischenlagerung im ZWIBEZ freigegeben ist, ist das früher gestartete Projekt HI-STAR 180 durch signifikante Verzögerungen geprägt. Daher steht momentan nur die Behälterbauart CASTOR V/19 (CH) für Beladungen zur Verfügung. Ursache für die Verzögerungen im Projekt HI-STAR 180 sind in erster Linie technische Schwierigkeiten. Das KKB hat hierauf mit einer Priorisierung und der Bereitstellung zusätzlicher Ressourcen für dieses Projekt angemessen reagiert.

Zum Ende des Überprüfungszeitraums (31. Dezember 2016) verfügten mit Ausnahme der Behälterbauart HAW 20/28 CG alle vom KKB verwendeten TLB-Typen (TN81, HAW28M, TN24GB) über eine gültige gefahrtgutrechtliche Zulassung. Die Zwischenlagerfreigaben für alle Behälterbauarten sind unbegrenzt gültig. Zur langfristigen Sicherstellung der Lager- und Transportfähigkeit auch über die Auslegungsbasis von 40 Jahren hinaus plant das KKB den Aufbau eines Alterungsmanagements. Das KKB orientiert sich dabei an internationalen Empfehlungen<sup>IAEA-2014-03</sup> und dem Leitfaden des ENSI<sup>ENSI-AN-10412</sup>. Weitere Aspekte der langfristigen Lager- und Transportfähigkeit werden in Kap. 10.3.2 behandelt.

### 3.7.5 Transporte

#### Angaben des KKB<sup>TM-16207</sup>

##### *Qualitätsmanagementsystem*

Die Prozesse betreffend den Transport sind nunmehr im integrierten Managementsystem abgebildet. Die Prozessbeschreibungen basieren auf den einschlägigen nationalen und internationalen Gefahrgutvorschriften, dem schweizerischen Strahlenschutz- und Kernenergierecht sowie der Richtlinie ENSI-B03 und umfassen

- den Transport von Kernbrennstoffen;
- den Empfang; und
- den Versand von radioaktiven Stoffen.

Das KKB hat einen Gefahrgutbeauftragten für die Klasse 7 und einen Gefahrgutbeauftragten für alle anderen Klassen benannt. Zusätzlich gibt es weitere Personen, die ebenfalls über die entsprechenden Schulungsnachweise gemäss GGBV verfügen und als Transportkoordinatoren für die Einhaltung der qualitätssichernden Massnahmen beim Transport radioaktiver Stoffe verantwortlich sind. Für Personen, die am Transport gefährlicher Güter beteiligt sind, besteht ein Ausbildungskonzept für funktionsbezogene Aus- und Weiterbildungs-massnahmen.

Zur Unterstützung der Transportabwicklung stehen Checklisten zur Verfügung. Im Falle des Transports von Kernbrennstoffen oder Abfällen aus der Wiederaufarbeitung kommen zusätzlich übergeordnete Qualitätspläne zum Einsatz. Seit 2012 werden Transporte mit dem Programm ISRAM 7 elektronisch erfasst.

##### *Transporte*

Im Überprüfungszeitraum wurden nachfolgende Transporte durchgeführt:

- zwischen 2012 und 2016 insgesamt sechs Transporte zur Rückführung hochaktiver (CSD-V) sowie schwach- und mittelaktiver (CSD-C und CSD-B) Wiederaufarbeitungsabfälle zum ZZL;
- jährliche Transporte zur Anlieferung von durchschnittlich 40 unbestrahlten Uran-Brennelementen; und
- durchschnittlich 30 Transporte pro Jahr von sonstigen radioaktiven Stoffen wie Werkzeugen, Betriebsabfällen oder Proben.

Im Rahmen innerbetrieblicher Transfers wurden zwischen 2012 und 2016 vier Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen im ZWIBEZ eingelagert. Bezüglich der verwendeten Behälter waren im Überprüfungszeitraum keine Auffälligkeiten zu vermelden.

##### *Audits, Inspektionen, Vorkommnisse*

Zusätzlich zu zwei externen Audits bei Beförderern im In- und Ausland hat das KKB im Überprüfungszeitraum drei interne Audits im Bereich der Beförderung gefährlicher Güter durchgeführt. Letztere blieben bis auf kleinere Anpassungen von Prozessabläufen befundfrei. Das ENSI führte im Überprüfungszeitraum acht Inspektionen beim Transport von radioaktiven Stoffen im KKB durch. Im Überprüfungszeitraum traten keine meldepflichtigen Vorkommnisse gemäss der Richtlinie ENSI-B03 auf.

Das KKB hat im Überprüfungszeitraum lediglich formale Abweichungen bei Eingangskontrollen wie Besetzung und Kennzeichnung oder fehlerhaften Eintragungen in Beförderungspapieren festgestellt. Die Verursacher wurden in allen Fällen durch das KKB informiert und Verbesserungs-massnahmen eingefordert.

##### *Bewertung des KKB*

Mit Verweis auf die Ergebnisse radiologischer Kontrollen, die lediglich formalen Abweichungen, die kontinuierlichen Verbesserungs-massnahmen, die organisatorische Struktur und die unterstützenden Prozesse gelangt das KKB zu einer positiven Bewertung der Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe. Das KKB führt diese positive Bewertung insbesondere auf den Einsatz spezialisierter Beförderer und ein hohes Mass an Sorgfalt bei Absendern und Empfängern zurück.

Das KKB kommt auch zu einer positiven Bewertung im Hinblick auf die Handhabung, Wartung und Dekontaminierbarkeit der Behälter. Ursächlich hierfür sind der Einsatz bekannter Behältertypen und die effiziente und sicherheitsgerichtete Zusammenarbeit aller am Transport Beteiligten.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-A03<sup>A03</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Qualitätsmanagementsystem*

Das KKB bildet alle Beförderungsvorgänge radioaktiver Stoffe in seinem Qualitätssicherungssystem ab, dessen Anwendung das ENSI mehrmals jährlich im Rahmen von Inspektionen beim Versand oder Empfang radioaktiver Stoffe prüft. Dabei wurde generell Übereinstimmung mit den Vorgaben festgestellt, in seltenen Fällen auch Verbesserungsbedarf bei den administrativen Aspekten der Transportdurchführung, welcher jeweils kurzfristig umgesetzt wurde.

#### *Transporte*

Sämtliche Transporte von Kernbrennstoff vom und zum KKB sowie alle Transporte sonstiger radioaktiver Stoffe wurden unter Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen und in Übereinstimmung mit den gültigen Transportvorschriften abgewickelt.

Die innerbetrieblichen Transfers und die Einlagerung der drei Transport- und Lagerbehälter vom Typ TN24GB im ZWIBEZ wurden unter Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen und in Übereinstimmung mit den anwendbaren Betriebsvorschriften durchgeführt. In Folge einer Inspektion des ENSI wurden die Betriebsvorschriften angepasst, um die Strahlenschutzmassnahmen weiter zu optimieren.

#### *Audits, Inspektionen, Vorkommnisse*

Das ENSI hat im Überprüfungszeitraum acht Inspektionen beim Empfang und Versand radioaktiver Stoffe durchgeführt. Vereinzelt traten Befunde hinsichtlich der Mitführung von Dokumenten auf, die durch Schulungsmassnahmen und Anpassungen von Checklisten behoben wurden.

Bei der Handhabung und dem innerbetrieblichen Transfer von Transport- und Lagerbehältern des Typs TN24GB in das ZWIBEZ wurden im Rahmen von Inspektionen des ENSI nachfolgende Befunde hinsichtlich der Strahlenschutzüberwachung festgestellt:

- beim Aufsetzen des Primärdeckels nach einer Beladung war nicht genügend Personal zur Strahlenschutzüberwachung anwesend; und
- bei der Überführung eines Behälters vom Reaktorgebäude ins ZWIBEZ war die Standzeit des beladenen Behälters auf dem Hof vor dem Haupteingang zu lang.

Das KKB hat im ersteren Fall das Personal zur Strahlenschutzüberwachung verstärkt und im letzteren Fall den Zeitpunkt der Dokumentationsprüfung optimiert und damit die erforderliche Standzeit wesentlich verringert. In nachfolgenden Inspektionen des ENSI sind keine diesbezüglichen Befunde mehr aufgetreten. Im Überprüfungszeitraum gab es keine Vorkommnisse betreffend den Transport radioaktiver Stoffe oder die Handhabung von Behältern.

Das ENSI stellt zusammenfassend fest, dass das Personal des KKB alle Anforderungen an die Fachkunde und die Zuverlässigkeit für die korrekte Abwicklung von Transporten der Klasse 7 nach dem Gefahrgutrecht erfüllt. Aus erkannten Mängeln werden die nötigen Konsequenzen gezogen und durch eine kontinuierliche Verbesserung von Arbeitsvorschriften und Prozessen umgesetzt.

## **3.8 Betriebserfahrung in vergleichbaren Anlagen**

### **3.8.1 Prozess zur Auswertung**

#### **Angaben des KKB**

Im KKB wird eine Vielzahl an Quellen für die Auswertung externer Betriebserfahrung verwendet. Das Vorgehen für die Auswertung externer Betriebserfahrung ist im Prozess «Auswertung von Ereignissen in anderen Anlagen» festgelegt. Die administrative Weisung «Auswertung von Ereignissen in anderen Anlagen» enthält die detaillierten Ablaufbeschreibungen für die Analyse von externen Ereignissen. Dabei werden die Schritte «Screening», «Auswahl», «fachtechnische Bearbeitung» und «Beurteilung und Massnahmen» beschrieben und die Verantwortlichkeiten für die einzelnen Schritte festgelegt. Bei der Auswahl der für das KKB bedeutenden Ereignisse ist massgebend, ob ein ähnliches Ereignis im KKB ebenfalls denkbar wäre. Von den ca. 7500 gesichteten Vorkommnissen wurden im Überprüfungszeitraum 369 externe Erfahrungs- und Ereignisberichte im interdisziplinären Arbeitsteam «Externe Ereignisse» als relevant oder interessant für das KKB klassiert. Aus diesen Ereignissen wurden allfällig notwendige Massnahmen abgeleitet, und deren Wirksamkeit wird kurz- oder mittelfristig bewertet.

Aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen mit der Möglichkeit der sofortigen behördlichen Ausserbetriebnahme der Anlage ist der Prozess der Erfahrungsauswertung im KKB nach Dringlichkeit aufgebaut. Für externe Vorkommnisse mit einer höheren INES-Einstufung als 1 erfolgt eine sofortige Überprüfung der Auslegung der Anlage. Alle anderen Vorkommnisse werden nach dem Standardprozess ausgewertet.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 36 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB verfügt über Prozesse, die eine systematische Auswertung von Betriebserfahrungen vergleichbarer Anlagen ermöglichen. Dabei werden die Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus den Ereignissen auf das KKB geprüft und allfällige Massnahmen abgeleitet.

Die Bearbeitung externer Vorkommnisse im KKB erfüllt die Vorgaben der KEV und der Richtlinie ENSI-G07.

### **3.8.2 Erfahrungen, Erkenntnisse, abgeleitete Massnahmen**

Das KKB hat im Überprüfungszeitraum fünf Ereignisse der Stufe 2 und drei der Stufe 1 der internationalen INES-Ereignisskala erfasst und bewertet. Weiterhin sind aus den ca. 7500 erhaltenen Mitteilungen insgesamt 253 externe Ereignisse, die keine oder nur eine geringe sicherheitstechnische Bedeutung (INES below scale) hatten, klassifiziert, bewertet und nachvollziehbar in einer Datenbank erfasst worden. Das KKB listet die insgesamt 116 Vorkommnisse, die als relevant eingestuft wurden, auf und stellt die aus den Erkenntnissen abgeleiteten Massnahmen dar. Das KKB weist zusätzlich darauf hin, dass Änderungen, die als Massnahmen aus Themen des internationalen Vorkommnisgeschehens resultieren, ebenfalls in der periodischen Berichterstattung des Jahresberichts Sicherheit nach Richtlinie ENSI-G08 aufgeführt werden. Mit der Verfolgung externer Ereignisse sollen vorbeugende Massnahmen im KKB eingeführt und so ein Beitrag zur Vermeidung von Feststellungen oder internen Ereignissen geleistet werden.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 36 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

## **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI anerkennt den vom KKB bewerteten Umfang der analysierten externen Vorkommnisse mit einer besonderen Bedeutung für das KKB und solche mit einer Bewertung der Stufe 2 oder höher der internationalen INES-Skala als zweckmässig. Eine Überprüfung der Auslegung des KKB ist im Sinne der Ausserbetriebnahme-Verordnung auf Basis der jeweils verfügbaren vorgenommen worden. Das ENSI hat die gemäss Richtlinie ENSI-B02 im Rahmen der periodischen Berichterstattung in den jeweiligen Monatsberichten des Überprüfungszeitraums aufgeführten Sachverhalte geprüft und mit den Angaben in der PSÜ 2017 verglichen. Die aus den durchgeführten Analysen abgeleiteten Massnahmen sind grösstenteils umgesetzt. Sie betreffen im Wesentlichen Prozessablauffolgen und -arbeitschritte.

### **3.8.3 Verfolgen des Standes von Wissenschaft und Technik**

#### **Angaben des KKB**

Um den Stand von Wissenschaft und Technik zu verfolgen, nutzt das KKB diverse Mittel. Dazu gehören z. B. die Teilnahme an User-Group-Meetings der Westinghouse Owners Group, die Teilnahme an Peer Reviews und Technical Support Missions der WANO, die Mitarbeit in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen, der Besuch von Fachtagungen und Konferenzen sowie das Studium von Fachliteratur. Die einzelnen Abteilungen nutzen diese Mittel fachspezifisch und stellen dadurch sicher, dass der Stand von Wissenschaft und Technik beim Betrieb des KKB Beachtung findet.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 36 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB nutzt eine Vielzahl von Möglichkeiten, um den Stand von Wissenschaft und Technik zu verfolgen. Die genutzten Mittel werden fachspezifisch und somit dezentral eingesetzt.

Die Verfolgung des Standes von Wissenschaft und Technik im KKB erfüllt die Vorgaben der KEV und der Richtlinie ENSI-G07.





## 4 Sicherheitsrelevante Anlageteile

### 4.1 Übersicht

In diesem Kapitel werden entsprechend der Richtlinie ENSI-A03 sicherheitsrelevante Anlageteile des Kernkraftwerks hinsichtlich ihrer Auslegung, ihrer Betriebserfahrung und ihres Zustands bewertet. Hierfür sind die gesammelten Betriebserfahrungen im Überprüfungszeitraum sowie der aktuelle Ist-Zustand mit den gesetzlichen, behördlichen und normativen Vorgaben sowie sonstigen Dokumenten, die den Stand von Wissenschaft und Technik darstellen, zu vergleichen. Hierzu gehören auch die Überprüfung der sicherheitstechnischen Einstufung (Klassierung) sowie die Analyse zeitabhängiger Veränderungen (Alterungseffekte), welche die Sicherheit und Verfügbarkeit der Anlageteile beeinträchtigen können. Dieser Beurteilung kommt hinsichtlich eines zukünftig sicheren Betriebs des Kernkraftwerks eine hohe Bedeutung zu.

Die Instandhaltungs- und Alterungsüberwachungsprogramme zur Erfassung, Bewertung und zum Erhalt von Zustand und Funktionalität sind systemübergreifend in Kap. 5 beschrieben.

Die bewerteten Anlageteile werden nachfolgend in Bauwerke, Primärkreislauf, verfahrenstechnische Sicherheits- und Hilfssysteme, elektro- und leittechnische Sicherheits- und Hilfssysteme sowie einige weitere wichtige Einrichtungen unterschieden.

Die zu den einzelnen Anlageteilen erstellten Unterkapitel sind wie folgt strukturiert: Als Einführung wird zunächst die Funktion bzw. Aufgabe, der Aufbau, die Anordnung und die Betriebsweise sowie die sicherheitstechnische Klassierung kurz erläutert. Hierbei werden die Angaben aus den Sicherheitsberichten oder anderen dem ENSI vorliegenden Dokumenten des Betreibers ohne Beurteilung zusammengefasst. Des Weiteren werden die Angaben des KKB bezüglich

- Erfahrung aus dem Betrieb, z. B. Verfügbarkeit, Ausfallverhalten und Vorkommnisse;
- Prüfungen, d. h. Ergebnisse der wiederkehrenden Prüfungen bzw. Funktionsprüfungen;
- Anlagenänderungen und Änderungen der «Technischen Spezifikationen»;
- Instandsetzung und Wartung;
- Alterungsüberwachung und
- Überprüfung der Auslegung

aufgeführt und anschliessend eine Beurteilung aus Sicht des ENSI gegeben.

Das ENSI hat mit Verfügung vom 26. Mai 2016<sup>ENSI-2016-05-26</sup> für alle schweizerischen Kernkraftwerke die Erdbebengefährdungsannahmen auf Grundlage der Erkenntnisse aus der «Neubestimmung der Erdbebengefährdung an den Kernkraftwerksstandorten in der Schweiz»<sup>ENSI-AN-9657</sup> neu festgelegt und eine Aktualisierung der Sicherheitsnachweise verlangt. Die entsprechenden Analysen und Nachweise des KKB werden im laufenden Aufsichtsverfahren geprüft. So wird die Aktualisierung der deterministischen Störfallanalyse betreffend Erdbeben für die Störfallkategorien 2 und 3 vom KKB im Rahmen des KKB-Projekts NEUSI (vgl. Kap. 2.4) durchgeführt. Dementsprechend ist die Überprüfung der Auslegung der sicherheitsrelevanten Anlageteile hinsichtlich der neuen Erdbebengefährdungsannahmen nicht Gegenstand der vorliegenden Stellungnahme.

## 4.2 Bauwerke des KKB

### 4.2.1 Klassierung

#### Angaben des KKB

Die Gebäude sind entsprechend ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz klassiert (vgl. Tabelle 4.2-1). Die für die bauliche Auslegung massgebende Einwirkung ist meist das Erdbeben. Die sicherheitsrelevanten Gebäude werden den Bauwerksklassen BK I bzw. BK II zugeordnet. Zur BK I gehören alle Gebäude, in welchen Systeme (mechanische und elektrische Ausrüstungen der Erdbebenklasse EK I bzw. Sicherheitsklassen SK1-3 und elektrische Klasse 1E) angeordnet sind, die für ein sicheres Abschalten der Anlage und für die Abfuhr der Nachwärme erforderlich sind, oder deren Ausfall die Freisetzung einer bedeutenden Menge radioaktiver Stoffe verursachen kann. Diese Gebäude müssen auf die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Belastungen durch das Sicherheitserdbeben ausgelegt werden. Der BK II sind alle Gebäude zugeordnet, die auf die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Belastungen durch das Betriebserdbeben ausgelegt werden müssen, also SK 4- bzw. 0E-klassierte Komponenten enthalten.

Die Kühlwassergebäude und Kühlwasserreinigungskanäle sind vom KKB in die Bauwerksklasse «Bauwerksklasse mit Auflage» eingeteilt (Symbol «-\*»). Dies besagt, dass weder im Leistungsbetrieb noch im Stillstand der Kühlwasserstrom zum Saugleitungskollektor im Pumpengarten des Maschinenhauses z. B. durch Erdbeben, Treibgut, Trümmerteile, Extremwetter und Baumassnahmen beeinträchtigt werden darf.

Die Bauten des Hydraulischen Kraftwerks Beznau sind im kerntechnischen Sinne unklassiert. Für das Stauwehr wurde dennoch eine ausreichende Festigkeit für die Einwirkungen eines Erdbebens entsprechend den Erdbebengefährdungsannahmen «PRP Intermediate Hazard» nachgewiesen. Das Wehr untersteht der Aufsicht des Bundesamts für Energie.

**Tabelle 4.2-1: Klassierung der Bauwerke**

Gebäude	Bezeichnung	Fertigstellung	Bauwerksklasse
Sicherheitsgebäude	1US/UR	1968	BK I
	2US/UR	1970	BK I
Nebengebäude A	1UN (A)	1968	BK I
	2UN (A)	1970	BK I
Nebengebäude B	1UN (B)	1968	BK I
	2UN (B)	1970	BK I
Nebengebäude C	1UN (C)	1968	BK I
	2UN (C)	1970	BK I
Nebengebäude D	1UN (D)	1968	BK I
	2UN (D)	1970	BK I
Nebengebäude E	1UN (E)	1968	BK I
	2UN (E)	1970	BK I
Notstandgebäude	1UP	1991	BK I
	2UP	1990	BK I
Filtergebäude (SIDRENT)	1UY	1993	BK I
	2UY	1992	BK I
Notspeisewassergebäude	UU	1999	BK I

Gebäude	Bezeichnung	Fertigstellung	Bauwerksklasse
Notstandbrunnen	UX	1987	BK I
BOTA-Gebäude	UU	1985	BK I
Dieselgebäude Nord	1UT	2015	BK I
	2UT	2015	BK I
Werkhalle	UC	1990	BK II
Primärgarderobe	UJ	1997	BK II
Maschinenhaus (Südteil)	1UM	1968	
	Westteil, grosse Halle		BK II
	Ostteil		BK I
Maschinenhaus (Nordteil)	2UM	1970	
	Westteil, grosse Halle		BK II
	Ostteil		BK I
Kühlwasserreinigungsgebäude	1UK	1968	-*
	2UK	1970	-*
Kühlwasserkanal	1PRH	1966	-*
	2PRH	1969	-*
Unterirdische Bauwerke	UV		
Versorgungskanäle	UV150	1985-1988	BK I
	UV155	1989	BK II
	UV106	1969	BK I
	UV111	1968	BK I
Notbrunnen	UV111	1968	BK I
Rückstandslager	R	1975	BK I
Laborgebäude	L	1969	BK II
Hydraulisches Kraftwerk Beznau	-	1902	-

\* mit der Auflage, dass der Kühlwasserstrom zum Saugleitungskollektor im Pumpengarten des Maschinenhauses nicht beeinträchtigt werden darf

## Beurteilungsgrundlage des ENSI

– Richtlinie ENSI-G01<sup>G01</sup>

## Beurteilung des ENSI

Die sicherheitstechnische Klassierung entspricht der vom ENSI zustimmend beurteilten<sup>ENSI/14/2244</sup> Klassierung in der PSÜ 2012. Ebenso entspricht die sicherheitstechnische Klassierung der beiden Neubauten (Dieselgebäude Nord und Süd) den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G01.

### 4.2.2 Bauliche Änderungen

#### Angaben des KKB

Das KKB beschreibt die im Überprüfungszeitraum durchgeführten Neubauten, Umbauten und bautechnischen Nachrüstungen in den Technischen Mitteilungen zu den einzelnen Gebäuden<sup>TM-16341 bis TM-16345, TM-16347, TM-16351, TM-16352</sup>. Die Tabelle 4.2-2 zeigt eine Übersicht über die wichtigsten baulichen Änderungen.

**Tabelle 4.2-2: Neubauten, Umbauten und bautechnische Nachrüstungen im Überprüfungszeitraum der PSÜ 2017**

Projekt	Betroffene Gebäude	Jahr
AUTANOVE, Neubau	Dieselgebäude Nord und Süd <sup>TM-16352</sup>	bis 2015
HERA, Ersatz RDB-Deckel (Aus-sparung, Wiederverschluss)	Reaktorgebäude <sup>TM-16351</sup> Versorgungskanal <sup>TM-16345, TM-16346</sup>	2014/2015
Verstärkung Ventilboden im Reak-torgebäude	Reaktorgebäude <sup>TM-16351</sup>	2015
Ersatz Umluftkühler im Contain-ment (Rückverankerung)	Reaktorgebäude <sup>TM-16351</sup>	2015
NABELA, Nachrüstung Brennele-ment-Lagerbecken (Kernbohrungen, Aussparungen, Befestigungen)	Notstandgebäude <sup>TM-16341</sup> Brennelementlagergebäude <sup>TM-16343</sup>	bis 2015
EBELAG, Erdbeben-Ertüchtigung Brennelementlagergebäude	Brennelementlagergebäude <sup>TM-16343</sup>	2015
AM Installation Diesel auf dem Dach des Notstandgebäudes	Notstandgebäude <sup>TM-16341</sup>	2013
NASE, neue Stahlbetonwände (Erdbeben-Ertüchtigung)	Nebengebäude A <sup>TM-16343</sup>	2015
Ertüchtigung PRW-System (Ver-ankerungen Rohrleitungen), Ein-bau USV (Verankerungen)	Nebengebäude C und E <sup>TM-16343</sup> Maschinenhaus <sup>TM-16344</sup>	bis 2017
NEXIS, Ersatz Anlageninformati-onssystem (Verankerungen, Aus-sparungen)	Notstandgebäude <sup>TM-16341</sup> Nebengebäude C, D und E <sup>TM-16343</sup> Maschinenhaus <sup>TM-16344</sup>	2015
VITAL-USV, Unterbruchfreie Stromversorgung (Verankerun-gen)	Nebengebäude D <sup>TM-16343</sup>	2016
Ersatz Ladegleichrichter und Wechselrichter (Verankerungen)	Nebengebäude D <sup>TM-16343</sup> Notstandgebäude <sup>TM-16341</sup>	2015

### Beurteilungsgrundlage des ENSI

- Richtlinie ENSI-A03<sup>A03</sup>

### Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat die sicherheitsrelevanten Neubauten (Dieselgebäude Nord und Süd) sowie die baulichen Änderungen und Eingriffe in klassierte Baustrukturen jeweils im Rahmen des Aufsichtsverfahrens geprüft und zur Ausführung freigegeben. Die Änderungen und Eingriffe stehen im Zusammenhang mit Ertüchtigungsmassnahmen und Austauschaktionen von Komponenten und wurden erfolgreich abgeschlossen.

### 4.2.3 Qualifikation bautechnischer Strukturen

#### Angaben des KKB

Zur Erfüllung der ENSI-Forderung 5.2-1 aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 (Nachweis der Tragsicherheit der Bauwerke auch bei Anwendung der aktuellen Normen und der Berücksichtigung aktualisierter Einwirkungen) hat das KKB die «Bewertung der Baustrukturen, Aktualität der zur Qualifikation verwendeten Normen»<sup>TM-18014</sup> im Rahmen der PSÜ 2017 eingereicht. Mit dieser Untersuchung wird nachgewiesen, dass in allen sicherheitsrelevanten Bauwerken sowohl die baustatischen als auch die brandschutztechnischen Anforderungen gemäss den aktuellen Normen des SIA erfüllt werden.

Als Ergebnis der Grobprüfung der PSÜ-Unterlagen hatte das ENSI die folgenden zwei Nachforderungen betreffend die Bauwerke gestellt:

- 4.1-1: Für die in den klassierten Gebäuden des KKB vorhandenen sekundären (nichttragenden) Mauerwerkswände ist entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03, Kap. 5.3 eine Übersicht mit Stellungnahme zu erarbeiten. Diese soll alle vorhandenen Mauerwerkswände auflisten, deren Gefährdungspotential bewerten und die bereits durchgeführten bzw. die noch erforderlichen Ertüchtigungsmassnahmen aufzeigen.
- 4.1-2: Entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03, Kap. 5.3 sind die im KKB vorhandenen Befestigungsarten und Befestigungselemente, die vor dem Inkrafttreten des Befestigungskonzepts der GSKL<sup>GSKL-B-2</sup> ausgeführt wurden, zu erfassen. Basierend darauf ist ein Vorgehen für deren Beurteilung vorzulegen.

Das KKB hat zur Erfüllung dieser Nachforderungen eine Technische Mitteilung<sup>TM-19025</sup> eingereicht.

- Diese enthält eine Übersicht über die vorhandenen Mauerwerkswände und über die bei diesen bisher durchgeführten Ertüchtigungsmassnahmen. Gemäss Angaben des KKB sind die Mauerwerkswände als nichttragend zu betrachten und weisen keine nukleare Bauwerksklassierung auf. Hinsichtlich einer eventuellen Gefährdung der Integrität oder Funktion sicherheitsrelevanter Komponenten durch seismische Interaktionen mit den noch vorhandenen und nicht ertüchtigten Mauerwerkswänden verweist das KKB auf die aktuelle probabilistische Sicherheitsanalyse des KKB.
- Die genannte Technische Mitteilung enthält auch eine Zusammenstellung der Befestigungsarten und Befestigungselemente und beschreibt das Vorgehen für deren Beurteilung. Gemäss Angaben des KKB weisen die vorhandenen Befestigungsarten und Befestigungselemente bezüglich der statischen Lasten auch zum aktuellen Zeitpunkt eine ausreichende Qualifikation auf. Im Rahmen von zukünftigen Nachrüst- oder Umbauprojekten soll die Sicherheit der alten Bestandsverankerungen durch Anwendung des Teils 2 des Befestigungskonzepts GSKL-BAU-002<sup>GSKL-B-2</sup> gewährleistet werden.

#### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinie ENSI-A03<sup>A03</sup>
- Tragwerksnormen des SIA; insbesondere SIA 260 bis 267<sup>SIA 260 bis SIA 267</sup>, SIA 269<sup>SIA 269</sup>, SIA 469<sup>SIA 469</sup>

#### Beurteilung des ENSI

Das ENSI bestätigt seine Forderung 5.2-1 «Bewertung der Baustrukturen, Aktualität der zur Qualifikation verwendeten Normen» aus der PSÜ 2012 mit der Technischen Mitteilung «Bewertung der Baustrukturen, Aktualität der zur Qualifikation verwendeten Normen, SÜSILA, Übergeordnetes Auslegungskonzept»<sup>TM-18014</sup> als erfüllt. Damit ist der Nachweis erbracht, dass die Bauwerke die aktuellen Tragwerksnormen des SIA bezüglich Tragsicherheit und Feuerwiderstand erfüllen.

Die Übersicht über die vorhandenen Mauerwerkswände und über die bei diesen bisher durchgeführten Ertüchtigungsmassnahmen ist umfassend. Eine Beurteilung einer eventuellen Gefährdung der Integrität oder Funktion sicherheitsrelevanter Komponenten durch seismische Interaktionen mit den noch vorhandenen und nicht ertüchtigten Mauerwerkswänden im Rahmen der probabilistischen Sicherheitsanalyse ist zielführend.

Die Zusammenstellung der Befestigungsarten und Befestigungselemente und das Vorgehen für deren Beurteilung sind nachvollziehbar. Das geplante Vorgehen, dass im Rahmen von zukünftigen Nachrüst- oder Umbauprojekten die Sicherheit der alten Bestandsverankerungen durch Anwendung des Teils 2 des revidierten Befestigungskonzepts GSKL-BAU-002<sup>GSKL-B-2</sup> gewährleistet werden soll, erfüllt die Anforderungen des ENSI. Dieser Teil 2 wird gegenwärtig vom ENSI überprüft. Die Nachforderungen 4.1-1 und 4.1-2 aus der Grobprüfung der PSÜ 2017 sind damit erfüllt.

#### 4.2.4 Gesamtbewertung

##### Angaben des KKB

An Gebäuden und bautechnischen Systemen wurden im Überprüfungszeitraum nebst den Unterhaltsarbeiten Inspektionen und Anlagenrundgänge durchgeführt. Die Inspektions- und Überwachungspraxis für den gesamten Gebäudepark und dessen bautechnische Systeme gibt eine breit abgestützte Erfahrung in der Zustandsbeurteilung. Schäden werden rechtzeitig erkannt und erforderliche Massnahmen initiiert. Die Inspektionen attestieren den überprüften Gebäuden einen guten bis sehr guten Zustand. Die Gebäudestrukturen sind robust und die bautechnischen Systeme erfüllen deren Funktion zuverlässig. Die betrachteten Bauten und bautechnischen Systeme erfüllen die Voraussetzungen für einen zuverlässigen Weiterbetrieb.

##### Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat die im Überprüfungszeitraum ausgeführten Neubauten des KKB – die Dieselgebäude Nord und Süd – sowie die Änderungen und Eingriffe in klassierte Baustrukturen im Rahmen des Aufsichtsverfahrens geprüft. Es bestätigt den einwandfreien Zustand der Bauwerke. Mit den baulichen Unterhaltsarbeiten sowie mit den Inspektionen des bewährten Alterungsüberwachungsprogramms wird sichergestellt, dass bauliche Mängel frühzeitig erkannt und behoben werden.

#### 4.3 Primärkreislauf des KKB

In den bisherigen Stellungnahmen zu Periodischen Sicherheitsüberprüfungen wurde das nukleare Dampferzeugungssystem unter dem Thema «Sicherheitsrelevante Anlagenteile» beurteilt. Mit Einführung der Richtlinie ENSI-A03 ist als Teil der PSÜ der Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb unter anderem mit der Bewertung des Zustands der Grosskomponenten erforderlich. Damit werden die wesentlichen Bestandteile der Bewertung der Primärkreislaufkomponenten im Rahmen der Bewertung des Langzeitbetriebs vorgenommen. Es wird daher an dieser Stelle im Wesentlichen auf die betreffenden Abschnitte in dieser Stellungnahme verwiesen.

Der Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb wird durch das KKB in der Technischen Mitteilung «Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb»<sup>TM-16800</sup> beurteilt. Für die Betriebserfahrung und den Zustand des Nuklearen Dampferzeugungssystems wird auf die beiden Systemberichte «Reaktorkühlsystem (JRC)»<sup>TM-16301</sup> und «Druckhaltesystem (JRC)»<sup>TM-16302</sup> verwiesen. Im Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb wird der Zustand der Grosskomponenten Reaktordruckbehälter (RDB), Dampferzeuger, Druckhalter und der grossen Rohrleitungen im Hinblick auf den Langzeitbetrieb bewertet. Die Hauptkühlmittelpumpen werden im Systembericht «Reaktorkühlsystem (JRC)» detailliert behandelt.

In Anlehnung an die Übersicht zu den einzelnen verfahrenstechnischen Systemen (vgl. Kap. 4.4) ist in der folgenden Tabelle aufgezeigt, zu welchen Teilaspekten Besonderheiten im Überprüfungszeitraum zu bewerten waren oder Themen in Hinblick auf den Langzeitbetrieb detaillierter behandelt werden und in welchen Kapiteln der vorliegenden Stellungnahme diese behandelt werden.

**Tabelle 4.3-1: Überblick über die sicherheitstechnische Beurteilung des Primärkreislaufs**

KBK*	Systembezeichnung	Vorkommnisse	Prüfprogramm	Änderungen	Instandhaltung**	Alterungsüberwachung	Auslegung
JRC	Kühlkreislauf	-	Kap. 10.1	Kap. 10.1	-	Kap. 10.1	Kap. 4.4.3
JRC	Druckhaltung	-	-	-	-	Kap. 10.1	-

\* = Kernkraftwerk-Beznau-Kennzeichnungssystem

\*\* = Die Instandhaltung umfasst die Teilgebiete Wartung, Instandsetzung und Prüfungen (siehe ENSI-B06, Anhang 1).

Für das Reaktorkühlsystem wurden bei der Überprüfung der Auslegung durch das KKB Abweichungen festgestellt, für welche das KKB bereits Massnahmen vorgesehen hat. Diese werden im Kapitel 4.4 dargestellt und bewertet.

Anders als bei den verfahrenstechnischen Systemen ist für die Grosskomponenten das Thema Alterungsüberwachung in der Beurteilung des ENSI betrachtet, auch wenn sich keine besonderen Erkenntnisse oder Massnahmen aus dem Alterungsüberwachungsprogramm ergeben haben. Dies erfolgt aufgrund der besonderen Bedeutung der Grosskomponenten für den Langzeitbetrieb und den hierfür bei der Bewertung zu betrachtenden zeitlich begrenzten Zustandsanalysen z. B. in Bezug auf Versprödung und Ermüdung, welche eine vorausschauende Prognose auf den Zeitraum des Langzeitbetriebs erfordern. Diese Bewertungen finden sich im Kapitel 10.1 (Zustand von Grosskomponenten), in dem der Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb behandelt wird. Des Weiteren werden dort Besonderheiten bei den Wiederholungsprüfungen, wie die Sonderprüfung des Grundmaterials des RDB, sowie wesentliche Änderungen, wie z. B. der Austausch der RDB-Deckel aufgeführt und bewertet. Wo erforderlich, wird auf Unterschiede zwischen den beiden Blöcken eingegangen.

## 4.4 Verfahrenstechnische Sicherheits- und Hilfssysteme

Das ENSI stützt sich bei seiner Beurteilung im Wesentlichen auf die Darlegungen und Bewertungen des Betreibers, die im Rahmen der PSÜ beim ENSI eingereicht wurden. Punktuell wurden dazu auch weitere Unterlagen, wie Vorkommnisberichte und Änderungsanträge aus dem Überprüfungszeitraum herangezogen. Die Ausrüstungen der Elektro- und Leittechnik werden in Kap. 4.5 behandelt.

### 4.4.1 Beurteilungsgrundlage des ENSI

– Richtlinie ENSI-A03<sup>A03</sup>

### 4.4.2 Übergeordnete Beurteilung der Auslegung, der Betriebserfahrung und des Zustandes

Das KKB hat für jedes der in Tabelle 4.4-1 aufgeführten Systeme eine Beurteilung durchgeführt und die jeweiligen Systemberichte im Rahmen der PSÜ 2017 eingereicht<sup>TM-16301 bis TM-16340</sup> bis <sup>TM-16348, TM-16350</sup>. Die Systembewertungen weisen einen identischen Aufbau auf.

### Angaben des KKB

Basierend auf der Darlegung der sicherheitsrelevanten Systemfunktion und der für die Störfallbeherrschung erforderlichen Komponenten erfolgte in einem ersten Schritt die Überprüfung der Klassierung der Systemkomponenten anhand der Richtlinie ENSI-G01. Das KKB kommt zu dem Ergebnis, dass die Klassierung der mechanischen Komponenten den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G01 entspricht.

Des Weiteren wurden die Auslegungs- und Funktionsanforderungen an die zur Störfallbeherrschung erforderlichen, aktiven Komponenten festgelegt. Das KKB kommt zu dem Ergebnis, dass nicht alle den Sicherheits-

klassen SK 2 und SK 3 zugeordneten Komponenten für die Beherrschung des SSE (ENSI-2015) sicherheitstechnisch notwendig sind und damit den Belastungen aus dem SSE (ENSI 2015) standhalten müssen. Komponenten, für die kein entsprechender Nachweis erforderlich ist, werden der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet.

In einem zweiten Schritt erfolgte die Überprüfung der Auslegungsvorgaben und der Qualifikation der Systemkomponenten, indem die Auslegung der Systeme mit den in der Vergangenheit spezifizierten Auslegungsforderungen (Auslegungsdaten, Lastfälle, Akzeptanzkriterien) auf Konformität verglichen wurden. Ausgenommen von dieser und der weiteren Überprüfung werden Abgänge und Kleinleitungen mit  $DN \leq 50$  mm, da das KKB solche als robust einschätzt.

Jedes System wurde in Bereiche mit gleichen Auslegungsdaten unterteilt. Für die Überprüfung wurden Bauvorschriften, Auslegungsspezifikationen und Auslegungsberechnungen, Funktionsnachweise sowie Herstellungsdokumente und Bauüberwachungsberichte herangezogen. Des Weiteren wurden die Ergebnisse der Zustandsbeurteilung nach der Richtlinie NE-05 «Zustandsbeurteilung von neu oder höher klassierten vorhandenen Komponenten» ausgewertet, die für nicht nuklear ausgelegte und nicht nuklear abgenommene Komponenten in der Vergangenheit nachträglich durchgeführt wurde. Der Schwerpunkt lag hier in der Beurteilung des technischen Zustandes dieser Komponenten insbesondere anhand der konstruktiven Gestaltung (Dimensionierung, Werkstoffe), der Qualitätsnachweise bei der Herstellung und Montage, der Festigkeitsnachweise und der Betriebserfahrungen. Aus der Konformitätsprüfung (Soll-Ist-Vergleich) und der Zustandsbeurteilung hat das KKB bei den überprüften Systemen Abweichungen identifiziert.

Im dritten Prüfschritt wurden die Betriebserfahrung und der Zustand der Systeme seit der letzten PSÜ beurteilt. Hierfür wurden durchgeführte Systemänderungen und aufgetretene Vorkommnisse dargelegt sowie die Erkenntnisse aus der Instandhaltung, aus Wiederholungsprüfungen und der Alterungsüberwachung ausgewertet. Das KKB kommt bei allen Systemen zu dem Ergebnis, dass deren Funktionsbereitschaft und damit deren Zuverlässigkeit nachgewiesen werden konnte.

In der jeweiligen zusammenfassenden Systembewertung kommt das KKB zu dem Ergebnis, dass aufgrund der durchgeführten Systemänderungen das Sicherheitsniveau der Anlage erhöht wurde und für alle überprüften Systeme die vorhandenen Überwachungsprogramme einen langfristigen und sicheren Betrieb gewährleisten. Das KKB hat zur Behebung der aus der Überprüfung der Auslegung und Qualifikation identifizierten Abweichungen Massnahmen abgeleitet und diese mit Bearbeitungsprioritäten versehen. Massnahmen, die eine Überprüfung der konstruktiven Ausführung einzelner Systembereiche erfordern, wurden als kurzfristig durchzuführen eingestuft. Abweichungen aus der Zustandsbeurteilung und Abweichungen rein dokumentarischer Art wurden als mittel- oder langfristig umzusetzen eingestuft. Mit den zu ergreifenden Massnahmen ist aus Sicht des KKB der Weiterbetrieb der Anlage uneingeschränkt möglich.

Das KKB hat mit den Schreiben vom 30. Juni 2020<sup>KKB-2020-06-30</sup> und vom 30. Oktober 2020<sup>KKB-2020-10-30</sup> einen Terminplan für die mit hoher Priorität (kurzfristig) umzusetzenden Massnahmen eingereicht. Demnach plant das KKB, die damit verbundenen Untersuchungen und daraus ggf. resultierende Ertüchtigungsmassnahmen gestaffelt bis Ende 2021 durchzuführen bzw. zu planen. Gemäss dem Schreiben vom 15. Dezember 2020<sup>KKB-2020-12-15</sup> plant das KKB, die als mittelfristig eingestufteten Massnahmen gestaffelt bis Ende 2025 umzusetzen. Insbesondere für die aus der Konformitätsprüfung und der Zustandsbeurteilung abgeleiteten Massnahmen bedarf es nach Aussage des KKB eines Zeitfensters bis 2025, da diese Massnahmen auch zerstörungsfreie Prüfungen an Komponenten beinhalten, die nur während der Revisionen durchgeführt werden können. Zur systematischen Überprüfung, ob bei seismischem Versagen von Komponenten, die der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet sind, potenziell Komponenten der Erdbebenklasse EK I gefährdet werden können, plant das KKB Anlagenbegehungen bis Ende 2022. Für derartige EK-I\*-Komponenten sind Anforderungen an die Standfestigkeit bei SSE (ENSI-2015) zu stellen.

## Beurteilung des ENSI

Im Rahmen der Grobprüfung der vom KKB ursprünglich Mitte 2018 eingereichten PSÜ-Dokumente hatte das ENSI gefordert, dass die Systembewertungen der verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme um die in der Richtlinie ENSI-A03 festgelegte Überprüfung der Auslegungsvorgaben zu ergänzen sind. In den neu



eingereichten Systembewertungen sind aus Sicht des ENSI die gemäss Kapitel 5.3.1 der Richtlinie ENSI-A03 zu berücksichtigenden Themenbereiche abgedeckt.

In der Tabelle 4.4-1 wird basierend auf den Darlegungen und Bewertungen des KKB für die verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme die übergeordnete Beurteilung des ENSI zusammengefasst. In den nachfolgenden Kapiteln wird nur noch auf diejenigen Systeme eingegangen, die nach Beurteilung des ENSI wesentliche Änderungen erfahren haben, Auslegungsabweichungen aufweisen oder im Überprüfungszeitraum hinsichtlich Wirksamkeit, Zuverlässigkeit oder Zustand Auffälligkeiten zeigten.

Folgende Kriterien wurden bei der Bewertung der Systeme zugrunde gelegt:

- Änderungen: Bewertet werden wesentliche Änderungen zur Anpassung der Anlage an den internationalen Stand der Nachrüsttechnik oder Massnahmen zur Verbesserung der Beherrschung potenzieller Störfälle sowie Änderungen in der sicherheitstechnischen Klassierung.
- Auslegung: Es erfolgt eine Beurteilung, sofern das KKB bei der Konformitätsprüfung und der Zustandsbeurteilung technische Abweichungen und daraus abgeleitete Massnahmen identifiziert hat oder das ENSI bei der Bewertung ausgewählter Komponenten technische Abweichungen festgestellt hat.
- Prüfprogramm: Bewertet werden das gehäufte Auftreten von Befunden bzw. Befunde, die bedeutende Untersuchungen oder umfassende Verbesserungsmassnahmen zur Folge hatten.
- Vorkommnisse: Bewertet werden ein gehäuftes Auftreten meldepflichtiger Vorkommnisse bzw. Vorkommnisse, die bedeutende Untersuchungen oder umfassende Verbesserungsmassnahmen zur Folge hatten.
- Instandhaltung: Bewertet werden eine relativ hohe Anzahl ungeplanter Instandhaltungsmassnahmen sowie Erweiterungen der Instandhaltungsprogramme.
- Alterungsüberwachung: Bewertet werden eine relativ hohe Anzahl von Befunden sowie Erweiterungen der Alterungsüberwachungsprogramme.

Im Rahmen der Überprüfung identifizierte Auffälligkeiten bei den genannten Bewertungsschwerpunkten sind anhand der Markierungen in der Tabelle 4.4-1 zu erkennen. Systeme, die keines dieser Auswahlkriterien erfüllen, zeigen aus Sicht des ENSI auf Grundlage der eingereichten Unterlagen einen guten allgemeinen Zustand und kaum Auffälligkeiten und werden daher nicht detailliert bewertet.

Im Überprüfungszeitraum der PSÜ 2017 wurden im KKB wesentliche Anlagenänderungen umgesetzt, mit denen bereits im vorhergehenden Überprüfungszeitraum der PSÜ 2012 begonnen wurde und die die Erweiterung bestehender und die Errichtung neuer verfahrenstechnischer Systeme betreffen. Insgesamt gesehen haben diese Änderungen aus Sicht des ENSI nochmals zur Verbesserung der Anlagensicherheit beigetragen.

Das ENSI folgt der Bewertung des KKB, dass die mechanische Klassierung der verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme grundsätzlich den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G01 entspricht. Die vom KKB vorgenommene Einstufung ausgewählter Komponenten in die Erdbebenklasse EK I\* erachtet das ENSI vom Grundsatz her als angebracht, da im Rahmen der Aktualisierung der Erdbebennachweise vom KKB aufgezeigt wurde<sup>TM-511-R18046</sup>, dass zur Beherrschung des SSE (ENSI-2015) nicht alle sicherheitstechnisch klassierten verfahrenstechnischen Systeme erforderlich sind. Die in die Erdbebenklasse EK I\* eingestufteten Komponenten gehören ausschliesslich Systemen an, die seit der Anlagenerrichtung in Betrieb sind. Im Zusammenhang mit der Errichtung der Notstandssysteme und der Festlegung höherer Erdbebengefährdungsannahmen wurde lediglich ein Teil dieser ursprünglichen Systeme im Hinblick auf die Sicherstellung der Notstandfunktionen seismisch requalifiziert<sup>HSK15/88</sup>. Hierbei handelt es sich vornehmlich um den Primärkreis mit den anschliessenden Leitungen bis zur zweiten Absperrarmatur sowie die zur sekundärseitigen Wärmeabfuhr erforderlichen Systeme LDA und LDF. Das heutige Erdbebenbeherrschungskonzept im KKB stützt sich auf diese requalifizierten Systeme, die Notstandssysteme JSI, JNA, LNA und LNB sowie die später nachgerüsteten Systeme LSE und JES ab.

Nach dem Verständnis des ENSI können Systemkomponenten dann in die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft werden, wenn weder deren Funktion noch deren Integrität oder Standsicherheit bei SSE (ENSI-2015) gefor-

dert sind. Diesem Grundsatz ist das KKB bei der Überprüfung der Erdbebenklassierung der mechanisch aktiven Systemkomponenten allerdings nur teilweise gefolgt. Zudem besteht aufgrund der noch nicht abgeschlossenen Überprüfung der Notwendigkeit eines Standsicherheitsnachweises einzelner Komponenten in Systemen, die nicht direkt für die Beherrschung des SSE (ENSI-2015) erforderlich sind, noch ein Vorbehalt bezüglich der Einstufung in die Erdbebenklasse EK I\*. Hierbei handelt es sich insbesondere um ursprüngliche Systeme, die seismisch nicht requalifiziert wurden, im Containment untergebracht sind und bei deren Versagen Notstandssysteme gefährdet werden könnten. Die Klassierung in EK I und EK I\* ist damit als noch nicht abgeschlossen zu bewerten.

Wie in den nachfolgenden systemspezifischen Bewertungen (vgl. nachfolgende Kapitel 4.4.3 bis 4.4.25) festgehalten, sind des Weiteren in einzelnen ursprünglichen Systemen die Anforderungen an Komponenten, deren Funktion oder Integrität für die Beherrschung des SSE (ENSI-2015) erforderlich sind, nicht korrekt festgelegt worden. Damit ist aus Sicht des ENSI noch keine für das Aufsichtsverfahren erforderliche, eindeutige Erdbebenklassierung gegeben.

#### **Forderung 4.4.2-1**

*Das KKB hat unter Berücksichtigung der Forderungen des ENSI in den systemspezifischen Kapiteln dieser Stellungnahme die Einstufung der Komponenten in die Erdbebenklassen EK I und EK I\* unter der Massgabe anzupassen, dass Komponenten nur dann in die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft werden, wenn weder deren Funktion noch deren Integrität oder Standsicherheit für die einzelfehlersichere Beherrschung des SSE (ENSI-2015) erforderlich sind. Hierfür sind systematische Anlagenbegehungen zur Überprüfung der seismischen Rückwirkungsfreiheit von EK-I\*-Komponenten durchzuführen. Die Integrität und die Standsicherheit der Komponenten bzw. mögliche Versagensfolgen sind zu bewerten.*

*Basierend auf dieser Bewertung sind die bestehenden Komponentenlisten bis zum 31. Dezember 2022 so zu überarbeiten, dass die spezifischen Anforderungen an den Erdbebennachweis für EK-I- und EK-I\*-klassierte Komponenten (Funktion/Integrität/Standsicherheit) festgelegt sind. Die Erdbebenklassierung der einzelnen Systembereiche ist in den zugehörigen Systemschaltplänen farblich einzutragen.*

*Die Dokumentation der Überprüfung der EK-I\*-Komponenten, die überarbeiteten Komponentenlisten und die zugehörigen Systemschaltpläne sind dem ENSI bis zum 31. Dezember 2022 einzureichen.*

Die in die Erdbebenklasse EK I\* einzustufenden Systemkomponenten wurden bei der ursprünglichen Erdbebenauslegung beider Blöcke des KKB in die sogenannte seismische Klasse 1 eingestuft. Komponenten dieser Klasse wurden damals gegen ein Erdbeben mit einer maximalen Beschleunigung an der Fundamentplatte des Reaktorgebäudes von 0,12 g in horizontaler und 0,08 g in vertikaler Richtung ausgelegt. Diese Basisauslegung muss aus Sicht des ENSI auch bei Ersatz von oder Änderungen an EK-I\*-klassierten Systemkomponenten (mindestens) beibehalten werden und ist entsprechend in den Auslegungsspezifikationen festzuhalten.

#### **Forderung 4.4.2-2**

*Bei Ersatz und Änderung sind EK-I\*-Komponenten so auszulegen, dass diese den zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Belastungen durch das SSE (Errichtungszeitpunkt) unter Beibehaltung der ursprünglich festgelegten Anforderungen an Funktionalität, Integrität oder Standfestigkeit standhalten. Ein entsprechendes Verfahren ist vom KKB bis zum 31. März 2022 zu etablieren.*

Das ENSI hat die vom KKB für mechanisch aktive, EK-I-klassierte Komponenten angegebenen Funktionsnachweise stichprobenweise geprüft. Die Stichprobe wurde auf Basis der im KKB-Bericht «Aktualisierung der Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) für KKB gemäss ENSI-Verfügung vom 26.05.2016»<sup>TM-511-R18046</sup> dargestellten Abfahrpfade festgelegt, die zur Beherrschung des SSE (ENSI-2015) mindestens erforderlich sind. Mit wenigen Ausnahmen kommt das ENSI zum Ergebnis, dass die vom KKB eingereichten Unterlagen keine Funktionsnachweise nach anerkannten deterministischen Regeln beinhalten, sondern in vielen Fällen lediglich die Nachweisanforderungen spezifiziert sind. Diese Funktionsnachweise stellen mit den für die seismische Rückwirkungsfreiheit erforderlichen Standsicherheits- und Integritätsnachweisen (vgl. Forderung 4.4.2-1), aus Sicht des ENSI eine wesentliche Grundlage für den in der ENSI-Verfügung vom 26. Mai 2016 (Dispositivziffer 2.D) geforderten Erdbebennachweis dar.

**Forderung 4.4.2-3**

*Es ist zeitlich gestaffelt für sämtliche EK-I-Komponenten aufzuzeigen, dass ein Funktions-/Integritäts-/Stand-sicherheitsnachweis entsprechend den in den jeweiligen Systemberichten festgelegten Anforderungen nach für die Auslegung von Komponenten anerkannten, deterministischen Regeln unter Berücksichtigung der zum Zeitpunkt der Systemerrichtung festgelegten Erdbebengefährdung durchgeführt wurde. Hierbei sind die Forderungen in den jeweiligen Systemkapiteln der Stellungnahme zu berücksichtigen. Komponenten ohne solche Nachweise und Komponenten, deren vorliegende Auslegungsdokumentation noch nicht vom KKB überprüft ist, sind sicherheitstechnisch zu bewerten und es ist ein Zeitplan für die Nachweisführung bzw. die Überprüfung der existierenden Auslegungsdokumentation vorzulegen.*

*Für die zeitliche Staffelung der Überprüfung bzw. Bewertung bei fehlenden Nachweisen / fehlender Überprüfung der Auslegungsdokumentation und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung / Überprüfung gilt Folgendes:*

*30. September 2022:*

*EK-I-Komponenten der Systeme JRC, LSE, LNA, JSI, JES, LNB*

*15. Dezember 2022:*

*EK-I-Komponenten der Systeme LDA/LDF, JAC, JNA, KCH, QIA, QNA*

*31. März 2023:*

*EK-I-Komponenten der Systeme PRW, KAC, KIV/Sicherheitsgebäudeisolation, KHV, SHV*

*30. Juni 2023:*

*EK-I-Komponenten der Systeme LSH, LSN, LBW, JCS, FAC/FEC, sowie Komponenten, die aufgrund der Erkenntnisse der systematischen Anlagenbegehungen (vgl. Forderung 4.4.2-1) als EK-I-Komponenten einzustufen sind.*

Bei der Überprüfung der Einhaltung der Auslegungsvorgaben und der Qualifikation wurden vom KKB in mehreren Systemen Abweichungen festgestellt. Aus Sicht des ENSI ist die vom KKB durchgeführte Unterscheidung zwischen Abweichungen technischer und dokumentarischer Art sinnvoll. Auf die Abweichungen dokumentarischer Art wird in den nachfolgenden Kapiteln nicht mehr eingegangen.

Auf die vorliegenden Abweichungen technischer Art, aus denen das KKB als Massnahmen eine Überprüfung der konstruktiven Ausführung einzelner Systembereiche sowie die Durchführung zusätzlicher Zustandsprüfungen und Dimensionierungsrechnungen für Komponenten ableitet, wird in den nachfolgenden Kapiteln detailliert eingegangen. Die Priorisierung dieser Massnahmen durch das KKB erachtet das ENSI für weitgehend nachvollziehbar. Bei einigen technischen Abweichungen konnte das ENSI der Bewertung und Einstufung des KKB nicht folgen. In den jeweiligen systemspezifischen Kapiteln dieser Stellungnahme wird auf diese Punkte eingegangen und entsprechende Forderungen werden erhoben. Die vom KKB geplante Umsetzung der kurzfristigen Massnahmen bis Ende 2021 und der mittelfristigen Massnahmen bis spätestens Ende 2025 beurteilt das ENSI weitgehend als angebracht. Mit Schreiben vom 1. April 2021<sup>ENSI-2021-04-1</sup> hat das ENSI die zeitgerechte Umsetzung dieser Massnahmen gefordert, wobei der Zeitplan für die mittelfristig umzusetzenden Massnahmen noch konkreter unter Berücksichtigung der sicherheitstechnischen Bedeutung der betroffenen Systeme darzulegen ist. Das KKB hat einen entsprechenden Terminplan eingereicht<sup>KKB-2021-06-25</sup>. Mit Schreiben vom 5. August 2021<sup>ENSI-2021-08-5</sup> hat das ENSI bestätigt, dass das KKB die Planung für die Umsetzung der mittelfristigen Massnahmen in drei Abschnitten (von Ende 2023 bis Ende 2025) entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung der Systeme durchgeführt hat. Das ENSI wird die Umsetzung der Massnahmen im laufenden Aufsichtsverfahren verfolgen.

Für die kurzfristig umzusetzenden Massnahmen fehlt aus Sicht des ENSI eine sicherheitstechnische Einordnung durch das KKB, anhand derer aufgezeigt wird, dass die durch die betroffenen verfahrenstechnischen Systeme auszuführenden Sicherheitsfunktionen in ausreichender Weise gewährleistet sind. Nach Prüfung der festgestellten Abweichungen technischer Art kommt das ENSI zum Ergebnis, dass diese den Weiterbetrieb beider Blöcke des KKB bis zur abschliessenden Überprüfung der als kurzfristig eingestuften Abweichungen nicht in Frage stellen. Die Umsetzung der als kurzfristig priorisierten Massnahmen bis Ende 2021 verfolgt das

ENSI parallel zur Erstellung der vorliegenden Stellungnahme im Aufsichtsverfahren. Sollten sich aus diesen zusätzlichen Überprüfungen konkrete Auslegungsmängel ergeben, sind diese durch das KKB anhand der gesetzlichen Vorgaben sicherheitstechnisch einzuordnen und die Anlage ist ggf. zur Behebung dieser Mängel ausser Betrieb zu nehmen. Die Umsetzung der als mittelfristig priorisierten Massnahmen, die teilweise bereits im 2021 beginnt, aber auch darüber hinaus andauern wird, wird ebenfalls im Aufsichtsverfahren verfolgt.

Aus Sicht des ENSI zeigt die Auswertung der vorliegenden Betriebserfahrung, dass die verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme im KKB eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen und in einem guten Zustand sind.

**Tabelle 4.4-1 Überblick über die sicherheitstechnische Beurteilung der verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme**

KBK*	Systembezeichnung	Klassierung**	Vorkommnisse	Prüfprogramm	Änderungen	Instandhaltung***	Alterungsüberwachung	Auslegung	ENSI-Bewertung
JRC	Kühlkreislauf Druckhaltung	SK 1, 1E, EK I	-	Kap. 10.1	Kap. 10.1	-	Kap. 10.1	X	Kap. 4.4.3
LDA, LDF, MTB	Frischdampfsystem	SK 2, 1E, EK I	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.4
LSH	Hauptspeisewassersystem	SK 2, 1E	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.5
LSN	Hilfsspeisewassersystem	SK 2, 1E	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.6
LSE	Notspeisewassersystem	SK 2, 1E, EK I	-	-	X	-	-	X	Kap. 4.4.7
LNA	Notstand-Speisewassersystem	SK 2, 1E, EK I	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.8
JSI	Sicherheitseinspeisewassersystem	SK 2, 1E, EK I	-	-	X	-	-	X	Kap. 4.4.9
JAC	Restwärmesystem	SK 1/2, 1E, EK 1	X	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.10
JNA	Notstand-Sperrwassersystem	SK 2, 1E, EK I	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.11
JES	Notsperrwassersystem	SK 2, 1E, EK I	-	-	X	-	-	X	Kap. 4.4.12
KCH	Chemie- und Volumenregelsystem	SK 2, 1E°, EK II/*	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.13
LNB	Notstand-Brunnenwassersystem	SK 3, 1E, EK I	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.14
LBW	Brunnenwassersystem	SK 2/3, 1E, EK II/*	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.15

KBK*	Systembezeichnung	Klassierung**	Vorkommnisse	Prüfprogramm	Änderungen	Instandhaltung***	Alterungsüberwachung	Auslegung	ENSI-Bewertung
PRW	Primäres Neben Kühlwassersystem	SK 3, 1E	X	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.16
KAC	Primäres Zwischenkühlsystem	SK 3/2, 1E, EK I/I*	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.17
PRH	Hauptkühlwassersystem	-	-	-	-	-	-	-	-
KIV, TP	Sicherheitsgebäudeabsper- rung-Isoliersperwasser- system	SK 2/3, 1E, EK I/I°	-	-	X	-	-	X	Kap. 4.4.18
KHV	Gefilterte Druckentlastung SIDRENT	SK 2, 1E, EK I	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.19
JCS	Containment-Sprühsystem	SK 2, 1E/0E, EK I	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.20
KHV	Containment-Umluftsystem	SK 2, 1E, EK I/I*	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.21
KHV	Wasserstoffabbausystem	SK 3, 1E/0E, EK I	-	-	-	-	-	-	-
KHV	Ringraum-Unterdruckhaltung	SK 3, 1E, EK I	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.22
KHV, SHV	Lüftungssysteme	SK 3/4, 1E, EK I/II	-	-	X	-	-	X	Kap. 4.4.23
QIA / QNA	Steuerluftsystem	SK 2/3/UK, 1E, EK I	-	-	-	-	-	X	Kap. 4.4.24
FAC, FEC	Brennelement-lagerbecken-Kühlsysteme	SK 3/UK, EK I/I*/UK, 0E	-	-	X	-	-	X	Kap. 4.4.25
PKZ	Sekundäres Zwischenkühl-system	SK 2/3, EK I*, 1E	-	-	-	-	-	-	-
PRN	Sekundäres Neben Kühl-wassersystem	SK 3/UK, UK, UK	-	-	-	-	-	-	-
KSL	Probenahme-system	SK 1/2/4/UK,	-	-	-	-	-	-	-

KBK*	Systembezeichnung	Klassierung**	Vorkommnisse	Prüfprogramm	Änderungen	Instandhaltung***	Alterungsüberwachung	Auslegung	ENSI-Bewertung
		EK I/I*, 1E							
KWD	Rückstandsaufbereitung	SK 2/3/4/UK, EK I/I*/II/UK, 1E/0E	-	-	-	-	-	-	-
	Reinigungskreisläufe HKM und BOTA	SK 2/3, EK I*, 1E	-	-	-	-	-	-	-
	Stahldruck-schale Sicherheitsgebäude	SK2, EK I	In Kap. 10.1 (Zustand von Grosskomponenten) behandelt						Kap. 10.1.5

X = Auffälligkeiten und Änderungen, auf die detailliert eingegangen wird

\* = Kernkraftwerk-Beznau-Kennzeichnungssystem

\*\* = Mechanische, vorherrschende sicherheitstechnische Klassierung gemäss Richtlinie HSK-R-06 vom Mai 1985

- SK 1 bis SK 4: Sicherheitsklassen für mechanische Ausrüstungen;
- EK I und EK II: Erdbebenklassen;
- 1E und 0E: Sicherheitsklassen für elektrische Ausrüstungen (1E°: Systemkomponenten nur für bestimmte Funktionen 1E-klassiert)

\*\*\* = Die Instandhaltung umfasst die Teilgebiete Wartung, Instandsetzung und Prüfungen (siehe ENSI-B06, Anhang 1).

#### 4.4.3 Reaktorkühlsystem und Druckhaltesystem

Das Reaktorkühlsystem besteht im Wesentlichen aus:

- Reaktordruckbehälter (RDB) mit Kerneinbauten;
- Hauptkühlmittelleitungen mit zwei Reaktorhauptpumpen;
- zwei Dampferzeugern;
- Druckhaltesystem mit Druckausgleichsleitung.

Das Reaktorkühlsystem hat folgende sicherheitstechnische Aufgaben:

- Aufnahme der im Leistungsbetrieb durch Kernspaltung erzeugten Wärme und deren Transport in die Dampferzeuger zur Produktion von Dampf (Zwangsumwälzung des Hauptkühlmittels);
- Abführen der Nachwärme aus dem System beim Ab- und Anfahren, beim Stillstand sowie bei Störfällen zusammen mit anderen Systemen, die Nachwärme aus dem System abführen;
- Gewährleistung des sicheren Einschlusses des Hauptkühlmittels.

#### 4.4.3.1 Auslegung

##### Angaben des KKB

###### *Klassierungsüberprüfung*

Das Reaktorkühlsystem und alle daran anschliessenden Rohrleitungen und Armaturen bis und mit der zweiten Abschlussarmatur sind der mechanischen Sicherheitsklasse SK 1 und der Erbebenklasse EK I zugeordnet.

Für die Störfallbeherrschung werden die Hauptkomponenten des Reaktorkühlreislaufes und des Druckhaltesystems sowie die Rohrleitungen benötigt, welche diese Komponenten verbinden. Weiterhin sind hierfür die Ablass- und Hilfsablassleitung bis zur Systemgrenze des KCH-Systems sowie deren Abgänge (> DN25) bis zur zweiten Absperrarmatur erforderlich.

In den Tabellen 2-1 der technischen Mitteilungen «Reaktorkühlsystem (JRC)»<sup>TM-16301</sup> und «Druckhaltesystem (JRC)»<sup>TM-16302</sup> sind die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung zusammengestellt. Die Reaktorhauptpumpen und die Druckhalter-Sprühventile müssen während und nach dem SSE (ENSI-2015) die Anforderungen an die Integrität erfüllen. Mit Ausnahme der Druckhalter-Sicherheitsventile, die während und nach einem SSE (ENSI-2015) die Anforderungen an die Funktionsfähigkeit erfüllen müssen, müssen die übrigen Komponenten des Druckhaltesystems während eines SSE (ENSI-2015) lediglich integer und danach funktionsfähig sein.

In den Tabellen 2-2<sup>TM-16301, TM-16302</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikationen zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsanforderungen aus diesen Tabellen sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht.

###### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen sind technisch zu bewertende Abweichungen festgestellt worden:

- Die Erfüllung der heutigen Auslegungsanforderungen an Reaktorhauptpumpen soll überprüft und kurzfristig dargelegt werden<sup>KKB-2020-06-30</sup>.
- Die Nachweislücke bezüglich Auslaufverhalten der Reaktorhauptpumpen bei SSE (Errichtungszeitpunkt) soll kurzfristig geschlossen werden. Hierzu ist möglicherweise ein erhöhter Zeitbedarf erforderlich. Das KKB gibt hierfür einen Zeithorizont bis Ende 2021 an<sup>KKB-2020-06-30</sup>.
- Die unterschiedlichen Segmente der Sprüh- und Hilfssprühleitungen JRC XP 0005 und 0008 mit Auslegungstemperaturen von 360 °C und 343 °C bei einer Betriebstemperatur von 344 °C werden mittelfristig überprüft.

###### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Für in der Vergangenheit nicht nuklear ausgelegte und abgenommene Komponenten des JRC-Systems hat das KKB eine Zustandsbeurteilung vorgenommen. In der Zustandsüberprüfung des JRC-Systems wurden 5 Handarmaturen DN 50 ohne rechnerischen Nachweis in der Zustandsbewertung identifiziert. Die ausreichende Dimensionierung wurde nachbewertet. Die 2004 dem Sachverständigen nicht vorgelegten Druckprüfbescheinigungen der Wasservorlagebehälter wurden aufgefunden und sind im Dokument KKB579D0210 mit den Qualifizierungsunterlagen zusammengefasst.

Hinsichtlich aktueller Anforderungen wurden keine Abweichungen festgestellt.

###### *Qualifikation*

Die Komponenten mit mechanisch aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind identifiziert und aufgelistet. Neben den Reaktorhauptpumpen sind dies die Druckhaltersprüh-, Sicherheits- und Isolierventile. Neben seismischen Nachweisen sind für den Fall, dass die betreffende Komponente nach oder während eines SSE (ENSI-2015) eine Funktion ausführen muss, oder Funktionsanforderungen bei weiteren Auslegungsstörfällen

hat, zusätzlich rechnerische Funktionsnachweise aufgeführt oder ein für Störfallszenarien repräsentativer Systemfunktionstest (RV) zugeordnet.

## **Beurteilung des ENSI**

### *Klassierungsüberprüfung*

Die für die Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten des Reaktorkühlsystems und die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind nach Beurteilung des ENSI weitgehend vollständig erfasst. Bisher nicht in Tabelle 2-1<sup>TM-16301</sup> aufgenommen wurden die während des Leistungsbetriebs offenen Isolierventile JRC AOV 0459 A und JRC LCV 0459 B der Ablassleitung, die bei einem Füllstandsabfall im Druckhalter einen Zu-Befehl vom Notstandschutzsystem zur Sicherstellung der Primärkreisintegrität erhalten.

### **Forderung 4.4.3-1**

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Ablassisolierventile JRC AOV 0459 A und JRC LCV 0459 B als mechanische Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung einzustufen und die Funktionsanforderungen an diese Armaturen in der Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 festzulegen.*

Die Erdbebenklassierung der Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung und deren Funktionsanforderungen in der Tabelle 2-1 sind ansonsten korrekt festgelegt.

Die Systemauslegungsanforderungen in den Tabellen 2-2<sup>TM-16301, TM-16302</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in den vom KKB referenzierten Systemspezifikationen und in den Fusszeilen zu diesen Tabellen nachvollziehbar und korrekt.

### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Reaktorhauptpumpen wurden gemäss damaliger nuklearer Bauvorschrift ausgelegt und gebaut. Das Auslaufverhalten der Reaktorhauptpumpen bei Erdbeben war damals nicht Gegenstand des Nachweises. Aus Sicht des ENSI sind dazu zusätzliche Abklärungen notwendig. Vorab hat das KKB in einem Fachgespräch vom 18. September 2020<sup>ENSI/14/2924</sup> dargestellt, dass das ungestörte Auslaufverhalten bei Erdbebennachweisen von bauähnlichen Pumpen in anderen Anlagen (San Onofre 1, Mihama, C.Yankee) nachgewiesen wurde. Insbesondere verwies das KKB auf den vorliegenden Erdbebennachweis von Westinghouse für die Anlage San Onofre 1 (USA, Kalifornien) hin und verglich dabei die relevante Spaltmasse zwischen den Pumpen. Das KKB kommt zu dem Ergebnis, dass ein ausreichendes Auslaufverhalten der Hauptpumpe im KKB zu erwarten ist, wenn die seismische Auslenkung der Hauptpumpe des KKB ähnlich der von San Onofre 1 ist. Eine Analyse des KKB-Pumpenverhaltens ist auf Basis der aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 für Ende 2021 vorgesehen. Diese Analysen prüft das ENSI so wie auch die Umsetzung der anderen als kurzfristig priorisierten Massnahmen, die bis Ende 2021 umgesetzt werden sollen, parallel zur Erstellung der vorliegenden Stellungnahme im Aufsichtsverfahren.

Das ENSI sieht zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund der Darlegung des KKB und der eigenen Beurteilung keine Notwendigkeit für sofortige Massnahmen.

Bei den festgestellten Auslegungsabweichungen im Bereich der Maschinenteknik mit unterschiedlichen Auslegungssegmenten der Sprüh- und Hilfssprühleitungen JRC XP 0005 und 0008 wird die mittelfristige Überprüfung und Bereinigung der Temperaturangaben vom ENSI als angemessen akzeptiert. Auswirkungen auf die Ausführung der Komponenten sind nach Wertung des ENSI nicht zu erwarten.

### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die Nachbewertung des KKB der offenen Punkte aus der Zustandsbeurteilung gemäss NE-05 ist nachvollziehbar und wird vom ENSI akzeptiert.



### *Qualifikation*

Die Angaben zur Qualifikation mechanisch aktiver Komponenten des JRC-Systems wurden vom ENSI stichprobenartig auf Plausibilität und Nachvollziehbarkeit geprüft. Für die seismischen Nachweise der Druckhalter-sicherheits- und Isolierventile einschliesslich der Entlastungs- und Impulsleitungen wurden vom KKB Walk-down-Berichte aus 2007 herangezogen. Hierin wurden offene Punkte bezüglich möglicher Interaktion bei Versagen von Verankerungen nicht erdbebenrelevanter Komponenten identifiziert. Im Rahmen der zur Dispositivziffer 2 B der ENSI-Verfügung zu den neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015<sup>ENSI-2016-05-26</sup> eingereichten Unterlagen hat das KKB weitergehende Informationen hierzu eingereicht, wonach dieser Punkt behandelt und unkritisch ist. Das ENSI kommt in seiner Stellungnahme<sup>ENSI/14/2951</sup> zum Schluss, dass die im aktualisierten Nachweis kreditierten Fragility- und HCLPF-Werte insgesamt in plausiblen Bereichen liegen und aus der Umsetzung des identifizierten Verbesserungspotenzials keine einschneidenden Änderungen zu erwarten sind.

#### **4.4.3.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Mit den Massnahmen aus der Konformitätsprüfung wird sichergestellt, dass Abweichungen zeitgerecht bereinigt oder durch Ersatzmassnahmen abgedeckt werden.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI hat das Reaktorkühlsystem einen guten allgemeinen Zustand. Die Beurteilung des Zustands der Grosskomponenten des Reaktorkühlsystems (Reaktordruckbehälter und nukleares Dampferzeugersystem) erfolgt in Kap. 10.1 der vorliegenden Stellungnahme. Dort sind (vgl. auch Kap. 4.3) wegen ihrer Bedeutung für den Langzeitbetrieb die Themen «Prüfprogramm», «Änderungen» und «Alterungsüberwachung» behandelt.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten offenen Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.3-1 stellt die Funktion des Reaktorkühlsystems und des Druckhaltesystems nicht in Frage.

#### **4.4.4 Frischdampfsystem**

Das Frischdampfsystem besteht im Wesentlichen aus dem Frischdampf-Abblasesystem (LDA), der Frischdampfstation (LDF) und dem Turbinenbypass (MTB). Das System hat die betriebliche Aufgabe, den in den Dampferzeugern erzeugten Dampf über die Frischdampfstation an die Turbogruppen abzuführen. Die Abblaseregelventile (1 – 3) und die Turbinenbypassventile kommen bei Betriebsstörungen zum Einsatz. Bei Störfällen (Ausfall der Hauptwärmesenke) wird nach der Isolation der Frischdampfleitungen über die Abblaseregelventile (4 + 5) Dampf an die Umgebung abgegeben, um die sekundärseitige Wärmeabfuhr sicherzustellen. Ein unzulässiger Druckaufbau im Sekundärkreislauf wird mit den Dampferzeuger-Sicherheitsventilen der Frischdampfstation verhindert.

##### **4.4.4.1 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die sicherheitsrelevanten Ausrüstungen des Frischdampfsystems sind der Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Die Komponenten der hydraulischen Regelung der Abblaseregelventile sind in die Sicherheitsklasse 3 und in die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft, da diese nicht für die Beherrschung des

SSE (ENSI-2015) erforderlich sind. Die Abblaseregelventile müssen nach einem SSE (ENSI-2015) für das längerfristig erforderliche, gezielte Abfahren der Anlage vor Ort per Hand geöffnet werden.

Für die Störfallbeherrschung werden die Frischdampfleitungen einschliesslich der DE-Sicherheitsventile, der Frischdampf-Schnellschlussventile, der Abblaseisolierventile und der Abblaseregelventile benötigt.

Die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind in der Tabelle 2-1 der technischen Mitteilung «Frischdampfsystem (LDA, LDF, MTB)»<sup>TM-16311</sup> zusammengestellt. Die DE-Sicherheitsventile und die Frischdampf-Schnellschlussventile müssen während und nach einem SSE (ENSI-2015) funktionsfähig sein. Die Abblaseregelventile 4 und 5 und die Abblaseisolierventile sind jeweils einem Dampferzeuger zugeordnet und müssen während eines SSE (ENSI-2015) die Anforderungen an die Integrität und danach an die Funktionsfähigkeit erfüllen.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16311</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikationen zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsdaten in dieser Tabelle sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste. Im Rahmen einer mittelfristig umzusetzenden Massnahme aus der Konformitätsprüfung sollen die Auslegungsgrundlagen der hydraulischen Regelung der Abblaseregelventile überprüft und im Sinne einer Systemspezifikation in den Sicherheitsbericht aufgenommen werden.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die im Sicherheitsbericht festgelegten Auslegungsdaten sind nach Angabe des KKB hinsichtlich des Druckes und der Temperatur weitgehend konsistent mit den thermohydraulischen Systemanforderungen und konservativ abdeckend.

Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen sind neben dokumentarischen Abweichungen auch technische Abweichungen festgestellt worden. Die aus den festgestellten technischen Abweichungen abgeleiteten Massnahmen werden hinsichtlich Dringlichkeit priorisiert:

- Die festgestellten Abweichungen bei den Auslegungstemperaturen (285 / 300 °C) der Abblaseisolierventile LDA MOV 5674-A/B sowie bei den Messblenden LDF FE 0484/0494 werden aufgrund eines Warmfestigkeitsvergleichs als vernachlässigbar bewertet.
- Für die DE-Sicherheitsventile 11/12LDF 5624 A/B und 11/12LDF 5627 A/B liegen keine Dimensionierungsrechnungen vor. Wanddickenmessungen und Dimensionierungsrechnungen nach Bauvorschrift sollen mittelfristig durchgeführt werden.
- Für die Abblase-Regelventile LDA LOV 5956-4/5 liegen keine Dimensionierungsrechnungen vor. Wanddickenmessungen und Dimensionierungsrechnungen nach Bauvorschrift sollen mittelfristig durchgeführt werden.

#### *Qualifikation*

Das KKB führt in der Tabelle 2.1<sup>TM-16311</sup> auf, welche Komponenten des LDA/LDF-Systems einen Funktions- oder Integritätsnachweis für das SSE (ENSI-2015) und welche Komponenten einen Integritätsnachweis bei Abschaltversagen benötigen. In den Tabellen 2-6 und 2-10 bzw. Beilage 3 sind die jeweils vorhandenen Nachweisdokumente aufgelistet.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten des Frischdampfsystems zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierungen der Komponenten sowie die Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) in der Tabelle 2-1<sup>TM-16311</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt.

Das aufgrund der seismisch nicht ausreichend robusten hydraulischen Regelung erforderliche Notöffnen der Abblaseregelventile 4 und 5 von Hand war vom ENSI im Rahmen des deterministischen Nachweises zur Be-

herrschaft des 10'000-jährlichen Erdbebens im Oktober 2013 bewertet und zum damaligen Zeitpunkt akzeptiert worden. Das ENSI fordert nunmehr aufgrund des in der neu veröffentlichten Richtlinie ENSI-G02 festgelegten Standes der Nachrüsttechnik die Einreichung eines Ertüchtigungskonzepts (vgl. Forderung 2.2.6-1). Die vom KKB vorgesehene Massnahme zur Überprüfung der Auslegungsgrundlagen der hydraulischen Regelung der Abblaseregelventile und deren Aufnahme in den Sicherheitsbericht wird seitens des ENSI befürwortet.

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16311</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht und in den Fusszeilen zu dieser Tabelle nachvollziehbar und korrekt.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Bewertung des KKB der Abweichungen der Auslegungstemperatur bei den Abblaseisolierventilen und Blenden des Frischdampfleitungssystems wird vom ENSI akzeptiert.

Die mittelfristig geplante Überprüfung der Dimensionierungsberechnung der Frischdampf-Abblaseventile LDA LOV 5956-4/5 wird vom ENSI akzeptiert. Bauteile des FD-Abblaseventils wurden bereits im ENSI-Geschäft 14/12/055 bei der Prüfung der Möglichkeit einer durchgehend erdbebenfesten Ansteuerung der Frischdampf-Abblaseventile analysiert. Es ergaben sich hierbei grössere Reserven bei der mechanischen Auslegung und manueller Bedienung. Die dort ausgewiesene Absicherung der Spannungen auf Stufe C gewährleistet nach KTA 2201.4 bei korrekter Berücksichtigung aller Belastungen eine Funktionssicherheit nach SSE. Die seismische Robustheit der automatischen Ansteuerung der Ventile konnte nicht nachgewiesen werden (siehe Forderung 2.2.6-1).

Die mittelfristig geplante Überprüfung der Dimensionierungsberechnung der DE-Sicherheitsventile wird vom ENSI akzeptiert, da gemäss Bauüberwachungsbericht baumustergeprüfte und nachträglich speziell für die Abblasesituation (erhöhter Gegendruck) im KKB überprüfte Sicherheitsventile eingebaut wurden.

#### *Qualifikation*

Die in den Tabellen 2-6 und 2-7 bzw. Beilage 3 aufgeführten Nachweisdokumente wurden vom ENSI stichprobenartig für drei ausgewählte Komponententypen, das DE-Sicherheitsventil LDF 5624-A, das Frischdampf-Schnellschlussventil LDF 5612-A und das Frischdampf-Abblaseregelventil LDA LOV 5956-4 auf Plausibilität und Nachvollziehbarkeit geprüft.

Die erforderlichen Funktionsnachweise unter Störfallbedingungen sind weder aus den eingereichten Unterlagen zu den Ventilen noch aus den eingereichten Unterlagen zur Rohrleitung ersichtlich. Erläuterungen, durch welche Massnahmen die Funktion der Komponenten gewährleistet ist, sind in der technischen Mitteilung «Frischdampfsystem (LDA, LDF, MTB)»<sup>TM-16311</sup> nicht enthalten.

Die Überprüfung des Vorliegens von Nachweisen bzw. bei fehlenden Nachweisen Bewertung und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung für EK-I-Komponenten ist bereits Gegenstand der Forderung 4.4.2-3. Eine darüber hinaus gehende Forderung ist hier nicht erforderlich.

### **4.4.4.2 Gesamtbewertung**

#### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum traten in den Frischdampfsystemen beider Blöcke, bis auf wenige Befunde oder Störungen an einzelnen Komponenten, keine signifikanten Verfügbarkeitseinschränkungen auf. Die Funktionsprüfungen an Komponenten der Frischdampfsysteme wurden alle mit positivem Ergebnis abgeschlossen, d. h. alle geforderten Prüfkriterien wurden erfüllt. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren grundsätzlich gewährleistet.

Die in den Steckbriefen diskutierten Alterungsmechanismen werden mit den bestehenden Überwachungs- und Instandhaltungsmassnahmen rechtzeitig festgestellt. Aus der Alterungsüberwachung ergeben sich keine Beschränkungen für die anvisierte Betriebsdauer. Die Wartungs- und Prüfpläne wurden auf Grund des Rückflusses der Prüfergebnisse und der Betriebserfahrungen fortlaufend aktualisiert und angepasst. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten der Frischdampfsysteme wird als gut bewertet.

Die Sicherstellung des zukünftig sicheren Betriebs erfolgt neben den im Rahmen des Instandhaltungsprogramms durchgeführten Wartungen, Instandsetzungen und Funktionsprüfungen durch das Wiederholungsprüfprogramm und durch das Alterungsüberwachungsprogramm.

Im Rahmen des Projekts NEUSI wird die Auslegung der Frischdampfsysteme hinsichtlich seismischer Robustheit gemäss neuer Erdbebengefährdungsannahmen (ENSI 2015) untersucht.

Mit den Massnahmen aus der Konformitätsprüfung wird sichergestellt, dass Abweichungen zeitgerecht bereinigt oder durch Ersatzmassnahmen abgedeckt werden. In Summe ist dadurch der Weiterbetrieb der Frischdampfsysteme aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI zeigen die Ergebnisse der Betriebsüberwachung, dass sich die Frischdampfsysteme beider Blöcke in einem guten Zustand befinden.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen und die vom ENSI geforderten Überprüfungen von Erdbebennachweisen (Forderung 4.4.2-3) stellen die Funktion der Frischdampfsysteme beider Blöcke nicht in Frage.

### **4.4.5 Hauptspeisewassersystem**

Das Hauptspeisewassersystem dient dazu, Wasser aus den Speisewassertanks mit Hilfe der Speisewasserpumpen in die Dampferzeuger zu fördern. In Verbindung mit der Speisewasserregelung hat es die Aufgabe, die Füllstände in den Dampferzeugern zu halten und zu regeln.

#### **4.4.5.1 Auslegung**

#### **Angaben des KKB**

##### *Klassierungsüberprüfung*

Das Hauptspeisewassersystem ist mehrheitlich unklassiert. Die Komponenten im Bereich der Dampferzeuger bis zur zweiten Absperrarmatur sind für die Containment-Isolation von Bedeutung und tragen zur Integrität der Sekundärseite bei. Sie sind deshalb der Sicherheitsklasse SK 2 sowie der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Für die Störfallbeherrschung werden die in SK 2 klassierten Komponenten benötigt.

In der Tabelle 2-1 der technischen Mitteilung «Hauptspeisewassersystem LSH»<sup>TM-16312</sup> sind die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung zusammengestellt. Alle in dieser Tabelle aufgeführten Ventile sind in EK I klassiert und müssen während des SSE (ENSI-2015) integer und danach funktionsfähig sein.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16312</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsdaten in dieser Tabelle entsprechen den Angaben im Sicherheitsbericht.

##### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen sind technisch zu bewertende Punkte festgestellt worden:

- Die strukturmechanischen Berechnungen und Ertüchtigungen der Speisewasserleitungen LSH XP 5188-200 im Rahmen der seismischen Qualifizierung im Projekt REQUA erfolgten auf Basis der Sicherheitsklasse 2 – Anforderungen nach ASME III-NC. Nach den Anforderungen der aktuellen Richtlinie ENSI-G11 sind bei den Speisewasserleitungen bis zur ersten Isolationsvorrichtung die Anforderung der Bauvorschrift ASME III NB umzusetzen. Dies wurde im Rahmen der LSH-Systemnachweise berücksichtigt.
- Die komponentenspezifischen zulässigen Werte der Handabsperrarmaturen LSH 6700 und LSH 6701 können mit den vorliegenden Unterlagen nicht bestätigt werden. Die Auslegungsanforderungen für Druck und Temperatur betragen 75,8 bar bei 218 °C. Die Armaturen sind nach Angaben des KKB betriebsbewährt für einen Druck von 57 bar. Weitere Abklärungen und Massnahmen sind gemäss Tabelle 4-1 der

Technischen Mitteilung «Hauptspeisewassersystem LSH»<sup>TM-16312</sup> nicht vorgesehen. Gemäss Beilage 3 der genannten Technischen Mitteilung wird die konstruktive Ausführung untersucht und ggf. ertüchtigt.

## Beurteilung des ENSI

### Klassierungsüberprüfung

Die mechanischen Komponenten des Hauptspeisewassersystems zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierung der Komponenten sowie deren Funktionsanforderungen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16312</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt angegeben. Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16312</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht und in den Fusszeilen zu der genannten Tabelle nachvollziehbar und korrekt.

### Identifizierte technische Auslegungsabweichungen

Die angeführte Abweichungsbewertung der Bauvorschriften der Speisewasserleitungen stellt aus Sicht des ENSI keine Abweichung dar, da die Regelung nicht neu mit der Richtlinie ENSI-G11 eingeführt wurde, sondern bereits in der Richtlinie HSK-R-06 vom Mai 1985 enthalten war. Gemäss Angabe des KKB wurden die erforderlichen Nachweise auch bereits 1995 erbracht.

Die Argumentation, warum eine Betriebsbewährung der Armaturen LSH 6700 und LSH 6701 bei 57 bar belastbar für Auslegungssicherheiten bei 75,8 bar und 218 °C sein soll, ist für das ENSI unverständlich. Im Gegensatz dazu ist nach Beilage 3<sup>TM-16312</sup> eine Überprüfung der festgestellten Auslegungsabweichung bei den Hand-Armaturen LSH 6700 und LSH 6701 vorgesehen. Die Überprüfung der konstruktiven Ausführung ist nach Wertung des ENSI zielführend.

### Forderung 4.4.5-1

*Die Massnahmen gemäss Beilage 3 der technischen Mitteilung «Hauptspeisewassersystem LSH»<sup>TM-16312</sup> (Untersuchung und ggf. Ertüchtigung der Armaturen LSH6700 und LSH6701) sind bis zum 30. September 2023 umzusetzen und dem ENSI zu melden.*

### 4.4.5.2 Gesamtbewertung

#### Angaben des KKB

Das Hauptspeisewassersystem zeigte im Überprüfungszeitraum, bis auf wenige Befunde oder Störungen an einzelnen Komponenten, keine signifikanten Einschränkungen im Betrieb. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren gewährleistet. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Alle Funktionsprüfungen an Komponenten des Hauptspeisewassersystems wurden mit positivem Ergebnis abgeschlossen, d. h. alle geforderten Prüfkriterien wurden erfüllt.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

## Beurteilung des ENSI

Nach Beurteilung des ENSI hat das Hauptspeisewassersystem einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.5-1 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Hauptspeisewassersystems nicht in Frage.

### 4.4.6 Hilfsspeisewassersystem

Das Hilfsspeisewassersystem (LSN) fördert zur Gewährleistung der Nachwärmeabfuhr aus dem Primärkreislauf bei abgeschalteter Hauptspeisewasserversorgung oder bei Störfällen (Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung) Wasser in die Dampferzeuger. Das System erfüllt damit sowohl betriebliche als auch sicherheitsrelevante Aufgaben und ist jeweils in beiden Blöcken zweisträngig aufgebaut. Jeder Strang ist einem der beiden

Dampferzeuger zugeordnet und so ausgelegt, dass die von der zugehörigen Hilfsspeisewasserpumpe aus einem der beiden Speisewasserbehälter geförderte Wassermenge zur Nachwärmeabfuhr ohne gleichzeitiges Abfahren ausreichend ist. Nach der Erschöpfung des Vorrats an Hauptspeisewasser kann eine langfristige Versorgung durch das Brunnenwassersystem LBW (Anschlüsse auf den Saugseiten der Hilfsspeisewasserpumpen) erstellt werden.

#### **4.4.6.1 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die Komponenten des Hilfsspeisewassersystems sind der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und zum Teil der Erdbebenklasse EK I\* sowie zum Teil der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Für die Störfallbeherrschung werden die mechanischen Komponenten in den Saug- und Druckleitungen der Hilfsspeisewasserpumpen, in der Druckausgleichsleitung des Mindestmengenventils der Pumpe, in der Querverbindung zwischen den beiden Strängen zu den Dampferzeugern und in den Einspeiseleitungen der Feuerwehranschlüsse benötigt.

Von den Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung, die in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Hilfsspeisewassersystem (LSN)»<sup>TM-16308</sup> zusammengestellt sind, sind die Komponenten in den Saug- und Druckleitungen der Hilfsspeisewasserpumpen bis zu den Absperrschiebern in die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft und haben keine Anforderung beim SSE (ENSI-2015). Aufgrund verschiedener Diskussionen mit dem ENSI hat das KKB die seismischen Anforderungen an aktive EK-I\*-Komponenten überprüft und in der technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> neu festgelegt. Die Überprüfung des KKB für die EK-I\*-Komponenten des LSN-Systems mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung hat ergeben, dass diese keine Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) zu erfüllen haben, dass aber zu prüfen ist, ob von diesen eine Gefährdung für EK-I-Komponenten ausgeht und daher eine Anforderung hinsichtlich «Standicherheit» zu stellen ist. Die weiteren in den Druckleitungen bis zu den Dampferzeugern befindlichen Komponenten (Hilfsspeisewasserregelventile und Rückschlagklappen) sind der Erdbebenklasse EK I zugeordnet und müssen, mit einer Ausnahme, während des SSE (ENSI-2015) geschlossen bleiben. Die Ausnahme betrifft die Rückschlagklappen LSN 5908 und 5911 direkt vor den Dampferzeugern, die zur Sicherstellung der Einspeisung mit dem Notspeisewassersystem und dem Notstand-Speisewassersystem während und nach dem SSE (ENSI-2015) öffnen müssen.

Die in der Tabelle 2-2<sup>TM-16308</sup> für die verschiedenen Systemteilbereiche zusammengestellten Systemauslegungsdaten entsprechen den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste.

###### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen sind neben dokumentarischen Abweichungen auch technische Abweichungen festgestellt worden. Die Massnahmen zu den festgestellten technischen Abweichungen werden hinsichtlich ihrer Dringlichkeit priorisiert:

- Die Druckleitungen LSN XP 5907/5907-1 und 5907-2 von den Hilfsspeisewasserpumpen LSN 0001/0002 bis zu den Motorabsperrschiebern LSN MOV 5906 sind gemäss den Anforderungen des ASME-Codes nicht ausreichend bemessen. Die unzureichende Bemessung der Druckleitung LSN XP 5907 wurde auch in der NE-05-Zustandsbewertung als offener Punkt ausgewiesen. Die Hilfsspeisewasserpumpen sind als mechanisch aktive Komponenten eingestuft, müssen aber weder Integritäts- noch Standsicherheitsanforderungen Fall eines SSE (ENSI-2015) erfüllen. Die Mindestwandstärken der Druckleitungen wurden nach DIN 2413 überprüft. Hierbei wurden Margen festgestellt. Weitere Überprüfungen werden nicht für erforderlich gehalten.
- Die konstruktive Ausführung der Regelventile LSN LCV 0488-C und 0498-C soll kurzfristig überprüft und bewertet werden, da komponentenspezifische zulässige Werte mit den vorliegenden Unterlagen nicht bestätigt werden können.

- Die Dimensionierungsrechnung des Mindestmengenventils LSN 5905 wurde aufgrund der festgestellten abweichenden Auslegungsanforderungen (89 bar bei 200 °C / 81,4 bar bei 175 °C) überprüft. Die Wanddicken sind ausreichend für die Dimensionierung gegen Innendruck. Weitere Massnahmen werden nicht vorgesehen.

Die Überprüfung der konstruktiven Ausführung der Regelventile LSN LCV 0488-C und 0498-C soll bis spätestens Ende 2021 umgesetzt werden<sup>AN-513-RA20027</sup>.

#### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Für in der Vergangenheit nicht nuklear ausgelegten und abgenommenen Komponenten des LSN-Systems hat das KKB eine Zustandsbeurteilung vorgenommen. In der Zustandsüberprüfung wurden neben der bereits oben genannten unzureichenden Bemessung nach ASME-Code bei 4 weiteren Komponenten offene Punkte identifiziert:

- Bei den saugseitigen Rückschlagklappen LSN 5002 und den zugehörigen Absperrarmaturen LSN 5903 sowie den Saugleitungen LSN XP 5901-1 sind aufgrund nicht dokumentierter Materialprüfungen Verwechslungsprüfungen und Stempelungskontrollen vorgesehen.
- Für die Mindestmengenventile LSN 5905 werden Stücklisten erstellt.

#### *Qualifikation*

Das KKB führt in der Tabelle 2-1<sup>TM-16308</sup> auf, welche Komponenten des Hilfsspeisewassersystems einen Funktions- oder Integritätsnachweis für das SSE (ENSI-2015) und welche Komponenten einen Integritätsnachweis bei Abschaltversagen benötigen. In den Tabellen 2-7 und 2-10 bzw. Beilage 3<sup>TM-16308</sup> sind die jeweils vorhandenen Nachweisdokumente aufgelistet.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Die zur Störfallbeherrschung erforderlichen mechanischen Komponenten des Hilfsspeisewassersystems sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Da die Hilfsspeisewasserregelventile zur Vermeidung einer Überspeisung der Dampferzeuger vom Notstandschutzsystem angesteuert würden, ist deren Funktionserhalt bei SSE (ENSI-2015) aus Sicht des ENSI sinnvoll und die daraus folgende Einstufung in die Erdbebenklasse EK I korrekt. Zusätzlich erhalten auch die Hilfsspeisewasserpumpen vom Notstandschutzsystem einen Aus-Befehl. Die Einstufung ist aber nicht konsistent mit der Einstufung im Anhang A des Sicherheitsberichts, der aber ohnehin gemäss einer vom KKB vorgesehenen Massnahme aus der Konformitätsprüfung mittelfristig hinsichtlich der in den Systembewertungen festgelegten Erdbebenklassierungen überprüft werden soll. Insgesamt sind die in der Tabelle 2-1<sup>TM-16308</sup> angegebenen Klassierungen und Funktionsanforderungen der Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung nach Beurteilung des ENSI korrekt. Die vom KKB vorgesehene Prüfung einer allfällig erforderlichen Standsicherheit der EK-I\*-Komponenten des LSN-Systems mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung ist Gegenstand der Forderung 4.4.2-1.

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16308</sup> stimmen mit den Angaben im Sicherheitsbericht überein und sind korrekt.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Hilfsspeisewasserpumpen LSN 0001/0002 sowie die Druckleitungen LSN XP 5907/5907-1 und 5907-2 sind der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet. Die Komponenten sind in die Sicherheitsklasse SK 2 eingestuft und unterliegen damit der Überwachung durch einen Sachverständigen. Die Anwendung der DIN 2413 liefert als Berechnungsnorm maximal zulässige Innendrucke für Geradrohre und Bögen und wurde von der damaligen HSK als konventionelle Bauvorschrift mit niedrigeren Sicherheiten für das SK 2 klassierte Hilfsspeisewassersystem akzeptiert. Obwohl DIN 2413 explizit darauf hinweist, dass Biegebelastungen und Lasten aus Wärmedehnung sowie weitere Zusatzlasten in der Norm nicht behandelt sind, diese aber berücksichtigt werden müssen, wurde in den vorgelegten Unterlagen lediglich der Innendruck von Geradrohren bewertet. Das ENSI

stimmt der Bewertung des KKB in diesem Punkt nicht zu, alle Zusatzlasten sind zu berücksichtigen. Die Anwendung konventioneller Bauvorschriften wird vom ENSI für den Leitungsabschnitt ausserhalb des Containments akzeptiert. Innerhalb des Containments sind nukleare Bauvorschriften anzuwenden.

Da die fehlenden komponentenspezifischen zulässigen Werte der Regelventile LSN LCV 0488-C und 0498-C im Detail nicht näher erläutert sind, ist die als kurzfristig eingestufte Untersuchung der konstruktiven Ausführung der Regelventile für das ENSI nicht nachvollziehbar. Das ENSI wird die Ergebnisse dieser durchzuführenden Untersuchung im Rahmen der Aufsicht prüfen und bewerten.

Die Überprüfung der Dimensionierungsrechnung des Mindestmengenventils LSN 5905 für die erhöhten Auslegungsdaten ist auf die Innendruckbeanspruchung beschränkt und somit nicht ausreichend zur Beurteilung der in Tabelle 2-1 (für Auslegungsstörfälle ausgenommen SSE) geforderten Funktionsfähigkeit. Das ENSI stimmt der Bewertung des KKB in diesem Punkt nicht zu.

#### **Forderung 4.4.6-1**

*Das KKB hat für beide Blöcke die Auslegung der SK 2 klassierten Komponenten des Hilfsspeisewassersystems ab und mit der Hilfsspeisewasserpumpe bis zu dem zugehörigen Dampferzeuger vollständig (einschliesslich aller Zusatzlasten) nach den Anforderungen aktueller Bauvorschriften zu bewerten und dem ENSI bis zum 31. März 2023 einen entsprechenden Bericht einzureichen.*

#### *Qualifikation*

Die in Tabelle 2-7 bzw. Beilage 3<sup>TM-16308</sup> aufgeführten Funktionsnachweise wurden vom ENSI stichprobenhaft für die Rückschlagklappen 11/12 LSN 5912 geprüft. Der gemäss Tabelle 2-1<sup>TM-16308</sup> erforderliche Dichtheitsnachweis nach SSE (Errichtungszeitpunkt) zur Vermeidung einer Rückströmung bei einer LSE/LNA-Einspeisung der Dampferzeuger ist aus dem eingereichten Bauüberwachungsbericht KKB669D0324 nicht ersichtlich.

Die Überprüfung des Vorliegens von Nachweisen bzw. bei fehlenden Nachweisen Bewertung und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung für EK-I-Komponenten ist bereits Gegenstand der Forderung 4.4.2-3. Eine darüber hinausgehende Forderung ist hier nicht erforderlich.

#### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die weiteren geplanten Massnahmen zum Schliessen von Dokumentationslücken aus der NE-05-Zustandsbewertung werden vom ENSI als angemessen und zielführend bewertet.

#### **4.4.6.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum traten in den Hilfsspeisewassersystemen beider Blöcke, bis auf wenige Befunde oder Störungen an einzelnen Komponenten, keine signifikanten Verfügbarkeitseinschränkungen auf. Die Funktionsprüfungen an Komponenten des Hilfsspeisewassersystems wurden alle mit positivem Ergebnis abgeschlossen, d. h. alle geforderten Prüfkriterien wurden erfüllt. Die sicherheitstechnischen Funktionen der Hilfsspeisewassersysteme waren jederzeit ausreichend gewährleistet.

Die in den Steckbriefen diskutierten Alterungsmechanismen werden mit den bestehenden Überwachungs- und Instandhaltungsmassnahmen rechtzeitig festgestellt. Für das Hilfsspeisewassersystem wurden keine neuen relevanten Erkenntnisse aus den Betriebserfahrungen oder neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik zu potentiellen Alterungsmechanismen gewonnen. Aus der Alterungsüberwachung ergeben sich keine Beschränkungen für die anvisierte Betriebsdauer. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten der Hilfsspeisewassersysteme wird als gut bewertet.

Die Sicherstellung des zukünftig sicheren Betriebs erfolgt neben den im Rahmen des Instandhaltungsprogramms durchgeführten Wartungen, Instandsetzungen und Funktionsprüfungen durch das Wiederholungsprüfprogramm und durch das Alterungsüberwachungsprogramm.



Im Rahmen des Projekts NEUSI wird die Auslegung der Hilfsspeisewassersysteme hinsichtlich seismischer Robustheit gemäss neuer Erdbebengefährdungsannahmen (ENSI-2015) untersucht.

Mit den Massnahmen aus der Konformitätsprüfung wird sichergestellt, dass Abweichungen zeitgerecht beseitigt oder durch Ersatzmassnahmen abgedeckt werden. In Summe ist dadurch der Weiterbetrieb der Hilfsspeisewassersysteme aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI zeigen die Ergebnisse der Betriebsüberwachung, dass sich die Hilfsspeisewassersysteme beider Blöcke in einem guten Zustand befinden.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten offenen Punkte und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.6-1 stellen die Funktion der Hilfsspeisewassersysteme beider Blöcke zurzeit aufgrund der Betriebserfahrung nicht in Frage. Die Sicherheitsfunktion der Bespeisung der Dampferzeuger in beiden Blöcken ist als Redundanz zum Hilfskühlwassersystem sowie nach einem SSE (ENSI 2015) über das Notstand-Speisewassersystem (Kapitel 4.4.8) und das Notspeisewassersystem (Kapitel 4.4.7) sichergestellt.

### **4.4.7 Notspeisewassersystem**

Das Notspeisewassersystem dient bei Störfällen (Ausfall des Hauptspeisewasser- und des Hilfsspeisewassersystems) der Versorgung der Dampferzeuger, um die sekundärseitige Nachwärmeabfuhr sicherzustellen. Im Anforderungsfall fördert die Notspeisewasserpumpe automatisch Wasser aus dem Notspeisewassertank in die Dampferzeuger. Die Einspeisemenge des Notspeisewassersystems ist so bemessen, dass in Verbindung mit der Dampfabgabe aus den Dampferzeugern über die Abblaseregelventile die Zuschaltbedingungen für das Restwärmesystem erreicht werden.

Die Notspeisewassersysteme beider Blöcke sind auf der Druckseite der Notspeisewasserpumpen über eine Querverbindungsleitung miteinander verbunden, sodass bei einer unverfügbaren Notspeisewasserpumpe im Bedarfsfall durch manuelles Öffnen der Armaturen in dieser Verbindungsleitung die Dampferzeugerbespeisung mit dem Notspeisewassersystem des anderen Blocks sichergestellt werden kann.

#### **4.4.7.1 Änderungen**

##### **Angaben des KKB**

Im Zuge des Projektes AUTANOVE wurde das Notspeisewassersystem in jedem Block um eine neue, automatische, gesicherte und seismisch qualifizierte Nachspeisung aus dem Notstandbrunnen erweitert, mit welcher auch nach einem SSE (Errichtungszeitpunkt), Brunnenwasser aus dem Notstandbrunnen über erdbebensichere Leitungen in den entleerten Notspeisewassertank nachgespeist werden kann. Hierzu wurde je Block eine neue Notspeisewasser-Brunnenwasserpumpe in den Notstandbrunnen eingebracht. Über eine Querverbindung kann jede dieser Brunnenpumpen auch in den Notspeisewassertank des anderen Blockes einspeisen. Zusätzlich wurde der bisherige Motor (380 V) der Notspeisewasserpumpen gegen einen 6-kV-Motor getauscht und von den Schienen 14/24BFL (380 V) auf die vollständig geschützten, neuen Notstromschienen 18/28BX (6 kV) in den neuen Dieselgebäuden umgelegt, um den Anlaufstrom und den damit verbundenen Spannungsabfall zu begrenzen.

Mit der neuen Nachspeisung des Notspeisewassertanks aus dem Notstandbrunnen und der optimierten Notstromversorgung der Notspeisewasserpumpe wurde die Robustheit der Dampferzeugerbespeisung erhöht.

### **Beurteilung des ENSI**

Mit der neuen elektrischen Versorgung des Notspeisewassersystems je Block durch einen seismisch qualifizierten Notstromdiesel steht zusätzlich zum Notstand-Speisewassersystem (LNA) ein seismisch qualifizierter Nachkühlstrang zur Verfügung.

Mit der gesicherten und seismisch qualifizierten Nachspeisung von Brunnenwasser aus dem Notstandbrunnen in den Notspeisewassertank ist der Einsatz des Notspeisewassersystems im Falle eines schweren Erdbebens nicht mehr durch den Wasservorrat des Notspeisewassertanks, d. h. auf höchstens 6 Stunden, begrenzt. Die Notstand-Brunnenwasserpumpen und die neuen Notspeisewasser-Brunnenwasserpumpen verfügen über separate Leitungssysteme und sind, bis auf die gemeinsam genutzte Versorgung aus dem Notstandbrunnen, unabhängig voneinander. Die Untersuchung der Auslegungsgrundlagen des Notstandbrunnens hatte ergeben, dass die Ergiebigkeit des Notstandbrunnens auch bei einem Parallelbetrieb der Nachspeisung in den Notspeisewassertank und des Notstand-Brunnenwassersystems ausreichend ist und dass die Funktion des Notstand-Brunnenwassersystems durch den Einsatz der neuen Notspeisewasser-Brunnenwasserpumpen nicht beeinträchtigt wird. Das ENSI hatte daher der neuen Nachspeisung von Notstandbrunnenwasser in die Notspeisewassertanks und der Umlegung der Versorgung der Notspeisewasserpumpe auf die neue Notstromschiene im Dieselgebäude zugestimmt.

Das ENSI beurteilt die Nachrüstung als eine massgebliche Verbesserung der sekundärseitigen Nachwärmeabfuhr für die Beherrschung schwerer Erdbeben.

#### **4.4.7.2 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die Komponenten des Notspeisewassersystems sind in die mechanische Sicherheitsklasse SK 2 und die Erdbebenklasse EK I eingestuft. Die Notspeisewasser-Brunnenwasserpumpe ist der mechanischen Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet.

Zu den mechanischen Komponenten des Notspeisewassersystems, die für die Störfallbeherrschung gebraucht werden, zählen

- die Komponenten des Einspeisestrangs von dem Notspeisewassertank zu den beiden Dampferzeugern (inklusive der mitgenutzten Leitungsabschnitte des Hilfsspeisewassersystems direkt vor der Einspeisung in die Dampferzeuger);
- die Mindestmengenleitung der Notspeisewasserpumpe und die stromabwärts hinter der Pumpe abzweigende Querverbindung zum jeweils anderen Block;
- die Brunnenwasser-Nachspeiseleitung, die Notspeisewasser-Brunnenwasserpumpe und die aufklassierten Rückschlagklappen (LSE 4505 bzw. LSE 4473) sowie die sonstigen Komponenten zur Einspeisung in den Notspeisewassertank (Trink- bzw. Feuerlöschwasser).

Die Komponenten des Notspeisewassersystems mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind inklusive des mitgenutzten Teils des Hilfsspeisewassersystems in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Notspeisewassersystem (LSE) inkl. LSN-Einspeiseleitungsabschnitt»<sup>TM-16309</sup> zusammengestellt. Bis auf die Komponenten zur Nachspeisung aus dem Notstandbrunnen, die während des SSE (ENSI-2015) integer bleiben und erst danach aktiv verfahren werden müssen, haben alle übrigen Komponenten während und nach einem SSE (ENSI-2015) eine aktive Funktion für die Störfallbeherrschung.

In der Tabelle 2-1<sup>TM-16309</sup> sind die Rückschlagarmaturen des Hilfsspeisewassersystems (11/12LSN 5909 und 11/12LSN 5912) an der Systemgrenze zum Notspeisewassersystem nicht aufgenommen, da diese bei einer Notspeisewassereinspeisung lediglich ihre geschlossene Stellung beibehalten müssen. Dies gilt auch für die Rückschlagarmatur (LSE 4505) zur möglichen Trinkwassernachspeisung in den Notspeisewassertank.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16309</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikationen für die verschiedenen Systemteilbereiche zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Auslegungsvorgaben in den Systemspezifikationen sind konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht.

Das KKB weist in einer Fussnote zur Tabelle 2-2<sup>TM-16309</sup> darauf hin, dass für die Rohrleitungsabschnitte des LSE-Systems innerhalb des Containments die Störfalltemperatur im Containment von 130 °C auslegungsbestimmend ist.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die in den Systemspezifikationen festgelegten Auslegungsdaten sind nach Angabe des KKB hinsichtlich Druckes und Temperatur weitgehend konsistent mit den thermohydraulischen Systemanforderungen und konservativ abdeckend. Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen ist neben dokumentarischen Abweichungen auch eine technische Abweichung festgestellt worden. Die Umsetzung der aus der festgestellten technischen Abweichung abgeleiteten Massnahme wird als kurzfristig erforderlich priorisiert:

- Die unterschiedlichen Druckangaben (102 bar / 89 bar) und Temperaturangaben (50 °C / 200 °C) für die Rohrleitungsabschnitte LSE XP 0010-200 innerhalb des Containments werden hinsichtlich Auslegung und Störfall-Umgebungsbedingungen (130 °C) überprüft.

Die Massnahme soll bis spätestens Ende März 2021 umgesetzt werden<sup>AN-513-R20021</sup>.

#### *Qualifikation*

Das KKB führt in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Notspeisewassersystem (LSE) inkl. LSN-Einspeiseleitungsabschnitt»<sup>TM-16309</sup> auf, welche Komponenten des LSE-Systems einen Funktions- oder Integritätsnachweis für das SSE (ENSI-2015) und welche Komponenten einen Integritätsnachweis bei Abschaltversagen benötigen. In der Tabelle 2-7<sup>TM-16309</sup> bzw. Beilage 3 sind die jeweils vorhandenen Nachweisdokumente aufgelistet.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Aus Sicht des ENSI sind die mechanischen Komponenten des Notspeisewassersystems, die für die Störfallbeherrschung benötigt werden, vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierung der mechanisch aktiven Komponenten und deren Funktionsanforderungen sind in der Tabelle 2-1<sup>TM-16309</sup> nach Beurteilung des ENSI korrekt angegeben. Das ENSI hat sich auch davon überzeugt, dass in den für das Hilfsspeisewassersystem eingereichten Unterlagen (siehe Kapitel 4.4.6) die Dichtheit der Rückschlagklappen 11/12LSN 5909 und 11/12LSN 5912 beim SSE (ENSI-2015) gefordert ist, die für die Funktion des Notspeisewassersystems erforderlich ist.

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16309</sup> sowie die festgestellten Abweichungen sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zur Tabelle 2-2<sup>TM-16309</sup> nachvollziehbar und korrekt. Das ENSI stimmt mit dem KKB überein, dass für die Einspeiseleitungen des Notspeisewassersystems innerhalb des Containments die Störfalltemperatur von 130 °C auslegungsbestimmend ist und der Sicherheitsbericht entsprechend zu präzisieren ist.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Das KKB hat die als kurzfristig priorisierte Überprüfung durchgeführt<sup>TM-513-RA20022</sup> und kommt zum Ergebnis, dass für die Rohrleitungsabschnitte LSE XP 0010-200 innerhalb des Containments der Nachweis für das Wertepaar 102 bar und 130 °C im Rahmen der damaligen Systemauslegung erbracht wurde und damit keine Ertüchtigungsmassnahmen erforderlich sind. Die zugehörigen Referenzunterlagen wurden nicht mit eingereicht. Nach der dem ENSI vorliegenden Systemspezifikation sind die Angaben jedoch plausibel.

#### *Qualifikation*

Die in Tabelle 2-7<sup>TM-16309</sup> bzw. Beilage 3 aufgeführten Nachweisdokumente wurden vom ENSI für mechanisch aktive Komponententypen des Notspeisewassersystems stichprobenartig auf Plausibilität und Nachvollziehbarkeit geprüft. Für die Notspeisewasserpumpen LSE0001 wurde entgegen den Anforderungen in Tabelle 2-1<sup>TM-16309</sup> die Funktionsfähigkeit gemäss der Komponentenspezifikation AS-M-089 der Pumpe nach dem SSE (Errichtungszeitpunkt) spezifiziert und nachgewiesen. Der erforderliche Funktionsnachweis für das Mindestmengen-Rückschlagventil LSE 4453 geht aus den eingereichten Unterlagen nicht hervor.

Die Überprüfung des Vorliegens von Nachweisen bzw. bei fehlenden Nachweisen Bewertung und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung für EK-I-Komponenten ist bereits Gegenstand der Forderung 4.4.2-3. Eine darüber hinausgehende Forderung ist hier nicht erforderlich.

#### **4.4.7.3 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum traten lediglich aufgrund von Korrosionsbefunden an einzelnen Schrauben des Druckleitungsflansches der neuen Notspeisewasser-Brunnenwasserpumpen geringfügige Verfügbarkeitseinschränkungen der Notspeisewassersysteme beider Blöcke auf. Die Ergebnisse der Prüfungen und Funktionstests bestätigen den ansonsten guten Zustand der Komponenten der Notspeisewassersysteme in beiden Blöcken. Die sicherheitstechnischen Funktionen des Systems waren jederzeit ausreichend gewährleistet.

Die Sicherstellung des zukünftig sicheren Betriebs erfolgt neben den im Rahmen des Instandhaltungsprogramms durchgeführten Wartungen, Instandsetzungen und Funktionsprüfungen durch das Wiederholungsprüfprogramm und durch das Alterungsüberwachungsprogramm. Aus Sicht des KKB ergeben sich aus der Alterungsüberwachung keine Beschränkungen für die geplante Betriebsdauer. Die in den Steckbriefen diskutierten Alterungsmechanismen werden mit den bestehenden Überwachungs- und Instandhaltungsmassnahmen rechtzeitig festgestellt. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet.

Im Rahmen des Projekts NEUSI wird die seismische Robustheit der Notspeisewassersysteme unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 untersucht.

Mit den Massnahmen aus der durchgeführten Konformitätsprüfung wird sichergestellt, dass Abweichungen zeitgerecht bereinigt oder durch Ersatzmassnahmen abgedeckt werden. In Summe ist dadurch der Weiterbetrieb der Notspeisewassersysteme aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI zeigen die Ergebnisse der Betriebsüberwachung, dass sich die Notspeisewassersysteme beider Blöcke in einem guten Zustand befinden.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellte technische Abweichung hat sich nach vertiefter Prüfung als nicht sachgerecht herausgestellt. Die vom ENSI geforderten Überprüfungen von Erdbebenachweisen (Forderung 4.4.2-3) stellen die Funktion der Notspeisewassersysteme beider Blöcke nach einem SSE (ENSI-2015) nicht in Frage.

#### **4.4.8 Notstand-Speisewassersystem**

Das Notstand-Speisewassersystem dient bei Störfällen (mit Ausfall des Speisewasser- und des Hilfsspeisewassersystems) dazu, Wasser aus dem Notstand-Speisewassertank, der bei Bedarf aus dem Notstandbrunnen aufgefüllt werden kann, zu den beiden Dampferzeugern zu fördern und, in Verbindung mit dem Frischdampfsystem, die sekundärseitige Nachwärmeabfuhr aus dem Primärkreislauf sicherzustellen.

Das einsträngige Notstand-Speisewassersystem erfüllt seine Funktion weitgehend unabhängig von dem Hilfsspeisewassersystem (LSN) und dem Notspeisewassersystem (LSE). Die Einspeiseleitung teilt sich druckseitig der Notstand-Speisewasserpumpe in zwei Leitungen auf, die jeweils einem der beiden Dampferzeuger zugeordnet sind. Diese Leitungen binden an die Dampferzeuger-Einspeiseleitungen des Notspeisewassersystems an.

#### 4.4.8.1 Auslegung

##### Angaben des KKB

###### *Klassierungsüberprüfung*

Das Notstand-Speisewassersystem LNA ist der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Zu den mechanischen Komponenten, die für die Störfallbeherrschung benötigt werden, gehören die Komponenten

- in den Einspeiseleitungen vom Notstand-Speisewassertank bis zu den Einbindungen in das Notspeisewassersystem;
- in der Mindestmengenleitung der Notstand-Speisewasserpumpe; und
- in der Nachspeiseleitung vom Notstandbrunnen in den Notstand-Speisewassertank.

Die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Notstand-Speisewassersystem (LNA)»<sup>TM-16310</sup> zusammengestellt und haben durchweg eine aktive Funktion nach einem SSE (ENSI-2015) zu erfüllen. Während des SSE (ENSI-2015) gilt dies nur für die Komponenten in den Einspeiseleitungen vom Tank in die Dampferzeuger. Die übrigen Komponenten, die für die erst längerfristig erforderliche Nachspeisung in den Notstand-Speisewassertank oder für die direkte Bespeisung der Dampferzeuger aus dem Notstandbrunnen benötigt werden, müssen dagegen lediglich die Anforderungen an die Integrität erfüllen.

Die in der Tabelle 2-2<sup>TM-16310</sup> für die verschiedenen Systemteilbereiche zusammengestellten Systemauslegungsdaten sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste und konsistent oder konservativ zu den Angaben in den Auslegungsspezifikationen.

###### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die in den Systemspezifikationen festgelegten Auslegungsdaten sind nach Angabe des KKB hinsichtlich Druckes und Temperatur weitgehend konsistent mit den thermohydraulischen Systemanforderungen und konservativ abdeckend.

Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen sind jedoch neben dokumentarischen Abweichungen auch technische Abweichungen festgestellt worden. Die aus den festgestellten technischen Abweichungen abgeleiteten Massnahmen werden hinsichtlich ihrer Dringlichkeit priorisiert:

- Die unterschiedlichen Auslegungstemperaturen (100 °C / 93 °C) für die Notstand-Speisewasserleitung LNA XP 0004 werden als vernachlässigbar bewertet.
- Bei der Notstand-Speisewasserleitung LNA XP 0002 sowie den Rückschlagklappen LNA 2420 und 2421 wurden Abweichungen im Auslegungsdruck (102 bar / 89 bar) festgestellt. Die Komponenten wurden hinsichtlich Innendruckbeanspruchung mit einer Überschlagsrechnung bewertet, welche deutliche Reserven ausweist. Weitere Massnahmen sind nicht vorgesehen.
- Bei diversen LNA-Komponenten wurden Abweichungen bei den Temperatúrauslegungsanforderungen (93 °C / 50 °C) festgestellt. Die Auslegungsanforderungen sollen durch ein Versuchsprogramm belegt und auf eine Temperatur von 50 °C mittelfristig reduziert werden.

###### *Qualifikation*

Das KKB führt in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Notstand-Speisewassersystem (LNA)»<sup>TM-16310</sup> auf, welche Komponenten des LNA-Systems einen Funktions- oder Integritätsnachweis für SSE (ENSI-2015) und welche Komponenten einen Integritätsnachweis bei Abschaltversagen benötigen. In der Tabelle 2-4<sup>TM-16310</sup> bzw. Beilage 3 sind die jeweils vorhandenen Nachweisdokumente aufgelistet.

## Beurteilung des ENSI

### *Klassierungsüberprüfung*

Aus Sicht des ENSI sind die zur Störfallbeherrschung erforderlichen mechanischen Komponenten des Notstand-Speisewassersystems vollständig erfasst. Die in der Tabelle 2-1<sup>TM-16310</sup> angegebenen Erdbebenklassierungen der Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung und deren Funktionsanforderungen sind korrekt.

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16310</sup> sowie die festgestellten Abweichungen sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zur Tabelle 2-2<sup>TM-16310</sup> des KKB nachvollziehbar und korrekt.

### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Bewertung der geringfügig unterschiedlichen Auslegungstemperatur der NS-Speisewasserleitung LNA XP 0004 wird vom ENSI aufgrund des geringen Festigkeitsabfalls akzeptiert.

Die vom KKB durchgeführte Sofortbewertung der NS-Speisewasserleitung LNA XP 0002 und der Rückschlagklappen LNA 2420 und 2421 zeigt aus Sicht des ENSI auf, dass Auslegungsreserven für einen 15 % höher anzusetzenden Auslegungsdruck vorhanden sind. Allerdings enthält die Erstbewertung für das ENSI mehrere unplausible Angaben. Die laut Komponentenliste angegebene Betriebstemperatur wurde nicht berücksichtigt, der Innendurchmesser von 13,6 mm für eine 3-Zoll-Rückschlagklappe ist ungewöhnlich klein. Das ENSI stimmt der Bewertung des KKB in diesem Punkt nicht zu.

Die betroffenen Rückschlagklappen unterliegen der Überwachung durch einen vom ENSI beauftragten Sachverständigen.

### **Forderung 4.4.8-1**

*Die korrekte Auslegung der NS-Speisewasserleitung LNA XP 0002 und der Rückschlagklappen LNA 2420 und 2421 sowie der Funktionsnachweis der mechanisch aktiven Rückschlagklappen für alle Lastfallstufen ist dem Sachverständigen des ENSI bis zum 31. März 2022 zur Überprüfung einzureichen.*

Die vorgesehene Reduzierung der Temperatúrauslegungsanforderung diverser LNA-Komponenten ist freigabepflichtig.

### *Qualifikation*

Die in Tabelle 2-4<sup>TM-16310</sup> bzw. Beilage 3 aufgeführten Nachweisdokumente wurden vom ENSI stichprobenartig für zwei Komponententypen, die Notstand-Speisewasserpumpe 19/29LNA 0001 sowie die Notstand-Speisewasserregelventile 19/29LNA LCV 2419 und 2452, auf Plausibilität und Nachvollziehbarkeit geprüft.

Die gemäss Tabelle 2-1<sup>TM-16310</sup> erforderlichen Nachweise für die Notstand-Speisewasserpumpen 19/29LNA 0001 sind aus dem eingereichten Bauüberwachungsbericht nicht ersichtlich. Aus den Rohrleitungsunterlagen zur «as-built-reconciliation» KKB669D0022\_Vol 4 konnte das ENSI Angaben zu den vorhandenen und zulässigen Stützenlasten auf die Pumpe 29LNA0001 entnehmen. Daraus geht hervor, dass die Stützenlasten im Service Level D auf die zulässigen Lasten des Service Levels B beschränkt wurden. Damit werden die regelmässigen Funktionstests als repräsentativ für die Notfallbedingungen vom ENSI akzeptiert. Die Überprüfung des Funktionsnachweises für die im Projekt NANO angesetzten SSE-Lasten wird vom ENSI für die Notstand-Speisewasserpumpe 29LNA 0001 bestätigt. Für die Pumpe 19LNA0001 wurden keine entsprechenden Dokumente eingereicht.

Die erforderlichen Nachweise für die Notstand-Speisewasserregelventile 19/29LNA LCV 2419 und 2452 bezüglich der Funktion beim SSE (Errichtungszeitpunkt) und der Integrität beim Abschaltversagen sind aus dem eingereichten Bauüberwachungsbericht KKB660D0053 nicht ersichtlich.

Die Überprüfung des Vorliegens von Nachweisen bzw. bei fehlenden Nachweisen Bewertung und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung für EK I-Komponenten ist bereits Gegenstand der Forderung 4.4.2-3. Eine darüber hinaus gehende Forderung ist hier nicht erforderlich

#### **4.4.8.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum traten im Notstand-Speisewassersystem beider Blöcke keine relevanten Verfügbarkeitseinschränkungen auf. Alle Funktionsprüfungen an Komponenten der Notstand-Speisewassersysteme wurden mit positivem Ergebnis abgeschlossen, d. h. alle geforderten Prüfkriterien wurden erfüllt. Die sicherheitstechnischen Funktionen der Notstand-Speisewassersysteme waren jederzeit ausreichend gewährleistet.

Die Sicherstellung des zukünftig sicheren Betriebs erfolgt neben den im Rahmen des Instandhaltungsprogramms durchgeführten Wartungen, Instandsetzungen und Funktionsprüfungen durch das Wiederholungsprüfprogramm und durch das Alterungsüberwachungsprogramm. Hieraus resultieren keine weiteren Massnahmen. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten der Notstand-Speisewassersysteme wird als gut bewertet.

Im Rahmen des Projekts NEUSI wird die seismische Robustheit der Notstand-Speisewassersysteme unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen (ENSI-2015) untersucht.

Mit den Massnahmen aus der durchgeführten Konformitätsprüfung wird sichergestellt, dass Abweichungen zeitgerecht bereinigt oder durch Ersatzmassnahmen abgedeckt werden. In Summe ist dadurch der Weiterbetrieb der Notstand-Speisewassersysteme aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI zeigen die Ergebnisse der Betriebsüberwachung, dass sich die Notstand-Speisewassersysteme beider Blöcke in einem guten Zustand befinden.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.8-1 sowie die vom ENSI geforderten Überprüfungen von Erdbebennachweisen (Forderung 4.4.2-3) stellen die Funktion der Notstand-Speisewassersysteme beider Blöcke nach einem SSE (ENSI-2015) nicht in Frage.

#### **4.4.9 Sicherheitseinspeisesystem**

Das Sicherheitseinspeisesystem gewährleistet die Kühlung und die Unterkritikalität des Reaktors nach Kühlmittelverluststörfällen und nach einem Dampferzeugerheizrohrbruch sowie darüber hinaus die Niveau- und Druckhaltung im Primärkreislauf bei einem Frischdampfleitungsbruch. Die wesentlichen Funktionen des Sicherheitseinspeisesystems sind die Einspeisung von Kühlmittel bei einem Kühlmittelverluststörfall aus dem Borwasservorratstank (BOTA) und den Druckspeichern in den Primärkreislauf sowie, nach Erschöpfung der Vorräte im BOTA und in den Druckspeichern, die anschliessende Rezirkulation von gekühltem Leckwasser aus dem Sumpf in den Primärkreislauf. Bei intaktem Primärkreislauf kann das System auch zur Nachwärmeabfuhr eingesetzt werden.

##### **4.4.9.1 Änderungen**

##### **Angaben des KKB**

Seit November 2016 werden die Druckspeicher im Block 1 (10JSI 0006 und 10JSI 0007) mit Hilfe von Lufteheizern erwärmt, um eine geforderte minimale Borwassertemperatur von 30 °C sicherzustellen. Damit wird im Anforderungsfall das Risiko eines Sprödbbruchversagens der Stützen im Bereich der Einbindung der Druckspeicherleitungen in den Primärkreis durch PTS (Pressurized Thermal Shock) deutlich verringert. Im Block 2 ist diese Massnahme nicht nötig.

## Beurteilung des ENSI

Die Temperatur des Druckspeicherwassers hat bei den Störfallbetrachtungen einen direkten Einfluss auf die Strukturanalysen des Reaktordruckbehälters (RDB), wobei höhere Werkstofftemperaturen des RDB sein Sprödbbruchverhalten verbessern. Die in den entsprechenden Analysen zugrunde gelegte Temperatur von 30 °C wurde im Jahre 2018 in die Technischen Spezifikationen des Blockes 1 als Mindestwert aufgenommen. Mit einer entsprechend hohen Raumtemperatur und deren Überwachung ist sichergestellt, dass das Kühlmittel in den Druckspeichern beim Leistungsbetrieb mindestens 30 °C hat. Um die erforderliche Raumtemperatur zu gewährleisten, wurden betriebliche Heizlüfter im Druckspeicherraum aufgestellt, deren Wirksamkeit mit Hilfe von Versuchen nachgewiesen worden war. Die Heizlüfter wurden vom ENSI akzeptiert, da sie nur bis zum Eintritt des Störfalles und nicht zur Störfallbeherrschung benötigt werden, und damit auch nur eine betriebliche Einrichtung darstellen. Das ENSI hatte in der Stellungnahme zum Langzeitbetrieb der beiden Blöcke im Jahre 2010 festgestellt, dass der Block 2 eine deutlich geringere Versprödung als Block 1 aufweist, und daher nur für den Block 1 eine zusätzliche Analyse gefordert. Als Massnahme zur Verbesserung der Sprödbrechtsicherheit wurde daraufhin mit der Temperaturhaltung der Borwasservorlage in den Druckspeichern des Blockes 1 eine zusätzliche Sicherheitsmarge geschaffen.

### 4.4.9.2 Auslegung

#### Angaben des KKB

##### *Klassierungsüberprüfung*

Die Auswahl der für die Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten erfolgt auf Basis der verschiedenen Einspeisepfade des Sicherheitseinspeisesystems. Weitere betrachtete Systemabschnitte sind die Notstandkaltfahrleitung, die Testleitung der Notstand-Sicherheitseinspeisepumpe sowie die Abgangsleitungen bis zu der zweiten Absperrarmatur an den Systemgrenzen zu anderen Systemen mit einem Leitungsdurchmesser von  $DN \geq 50$  mm. Systemabschnitte und Komponenten anderer Systeme, die für die Funktion des Sicherheitseinspeisesystems benötigt werden, werden bei dem jeweiligen System behandelt.

Die Komponenten des Sicherheitseinspeisesystems sind der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I (bzw. EK I\*) zugeordnet. Die Rohrleitungsabschnitte von der Einbindung ins Reaktorkühlsystem bis zur zweiten Absperrarmatur sind in die Sicherheitsklasse SK 1 eingestuft.

In der Tabelle 2-1 der technischen Mitteilung «Sicherheitseinspeisesystem (JSI)»<sup>TM-16304</sup> sind die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung zusammengestellt. Diese Komponenten sind entweder in die Erdbebenklasse EK I oder EK I\* eingestuft.

Für die Störfallbeherrschung bei SSE (ENSI-2015) sind die Komponenten erforderlich, die für die Funktion der Notstandpfade notwendig sind. Die Notstandkomponenten selber müssen während des SSE (ENSI-2015) integer und nach dem SSE (ENSI-2015) funktionsfähig sein.

Bei einigen Komponenten der Originalausrüstung, die nicht zur Beherrschung des SSE (ENSI-2015) erforderlich sind, bestehen dennoch Anforderungen bei einem solchen Erdbeben. Wenn Komponenten aufgrund der örtlichen Gegebenheiten EK-I-Komponenten gefährden könnten, ist die Anforderung auf Standsicherheit zu überprüfen. Darüber hinaus müssen Komponenten (Sicherheitseinspeisepumpen, Absperrarmaturen), die eine direkte Anbindung an den BOTA aufweisen, während sowie nach einem SSE (ENSI-2015) integer bleiben, damit sie nicht bei einem solchen Erdbeben undicht werden und zu einem Wasserverlust aus dem BOTA führen.

Die Systemauslegungsanforderungen in der Tabelle 2-2<sup>TM-16304</sup> sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht.



### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Bei der Überprüfung der Auslegung sind technisch zu bewertende Abweichungen festgestellt worden:

- Abweichung A2: Die Saugleitungen der Sprüh- und Sicherheitseinspeisepumpen sind ab dem Motorventil MOV 0850-A nicht für die geforderte Auslegungstemperatur nachgewiesen (nachgewiesen für 40 °C, Auslegungsanforderung ist 130 °C). Die Bemessung der Leitungen wurde für den Service Level A überprüft, die Service Level B, C und D sollen kurzfristig festigkeitstechnisch nachbewertet werden.
- Abweichung A21: Teilbereiche der Notstand-Saugleitung sind im Sicherheitsbericht mit einem zu geringen Auslegungsdruck spezifiziert (spezifiziert für 3 bar, Anforderung bis zu 13,5 bar). Die ausreichende Bemessung wurde für Service Level A überprüft. Der Sicherheitsbericht und die technische Datenbank sollen korrigiert werden.
- Abweichung A11: Die Saugleitungen vor den Sicherheitseinspeisepumpen JSI 0001-B und -C sind ab dem Motorventil MOV 0905 nicht für die geforderte Auslegungstemperatur nachgewiesen (nachgewiesen für 40 °C, Auslegungsanforderung ist 130 °C). Die Bemessung der Leitungen wurde für den Service Level A überprüft. Weitere technische Massnahmen sind nicht vorgesehen.
- Abweichung A61: Die Druckauslegung der Rohrleitung JSI XP 0012 ist aus den vorliegenden Dokumenten nicht zweifelsfrei ersichtlich. Die konstruktive Ausführung soll kurzfristig festigkeitstechnisch überprüft werden.

### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

In der Zustandsbewertung des JSI-Systems wurden insgesamt sechs Lücken identifiziert. Die Dringlichkeit der vom KKB als notwendig erachteten Abhilfemassnahmen wird pauschal als mittelfristig eingestuft. Dies betrifft insbesondere die Saugleitungen der Sicherheitseinspeisepumpen JSI 0001-B/C, der Containmentsprühumpen JCS 0002-A/B und die Druckleitungen der Rezirkulationspumpen JSI 0002 A/B/C/D, für welche Materialnachweise, Konstruktionsunterlagen, klare Isometrieangaben, Rohrleitungs- und Supportnachweise fehlen. Hierzu sind stichprobenweise Materialanalysen an Flanschen, Schweisnahtprüfungen und Dimensionierungsrechnungen vorgesehen. Die Halterungen sollen im Projekt NEUSI neu bewertet werden.

Die Komponenten mit mechanisch aktiver Funktion für die Störfallbeherrschung sind identifiziert und aufgelistet. Neben seismischen Nachweisen sind für den Fall, dass die betreffende Komponente nach oder während eines SSE (ENSI-2015) eine Funktion ausführen muss oder Funktionsanforderungen bei weiteren Auslegungsstörfällen hat, zusätzlich rechnerische Funktionsnachweise aufgeführt oder ein für Störfallszenarien repräsentativer Systemfunktionstest zugeordnet. Bei den motorangetriebenen Armaturen der SK 1 und SK 2 ist ein Nachweis bezüglich Absteuerversagen vorhanden.

Festgestellte Abweichungen von Angaben in den Komponentenlisten oder der SAP-Datenbank, die aus Sicht des KKB unnötig konservative Auslegungsanforderungen enthalten, sollen dort korrigiert werden.

Ein Weiterbetrieb der Anlage ist nach Angabe des KKB aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

## **Beurteilung des ENSI**

### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten des Sicherheitseinspeisesystems, die für die Störfallbeherrschung benötigt werden, sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst und bilden die Pfade des Sicherheitseinspeisesystems unter Berücksichtigung der einbezogenen systemfremden Leitungsabschnitte und Komponenten korrekt ab.

Die Angaben in der Tabelle 2-1<sup>TM-16304</sup> zu den Erdbebenklassierungen der Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung und deren Funktionsanforderungen sind aus Sicht des ENSI bis auf die Sicherheitsgebäudeisolation (vgl. Kap. 4.18) korrekt. Die Funktionen der Komponenten des Systems decken die unterstellten Systemfunktionen in den Störfallanalysen ab.

Bei einem Vergleich der Funktionsanforderungen der Komponenten des Sicherheitseinspeisesystems (JSI) und des Restwärmesystems (JAC) mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung bei SSE (ENSI-2015) (Tabellen 2-1 der Systembewertungen) hat das ENSI festgestellt, dass aus den Angaben des KKB geschlossen werden kann, dass der Stillstandbetrieb bei SSE (ENSI-2015) nicht berücksichtigt ist. Daraus resultiert die folgende Forderung:

#### **Forderung 4.4.9-1**

*Das KKB hat die Funktionsanforderungen für die Notstandkomponenten, die für die Beherrschung des SSE (ENSI-2015) im Stillstandbetrieb notwendig sind, festzulegen und zu begründen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI bis zum 31. März 2022 einzureichen.*

Die Systemauslegungsanforderungen in der Tabelle 2-2<sup>TM-16304</sup> an die verschiedenen Systemteilbereiche sowie die festgestellten Abweichungen sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle 2-2<sup>TM-16304</sup> des KKB nachvollziehbar und korrekt. Bei den Systemteilbereichen, bei denen die Angaben nicht eindeutig sind, werden die verfahrenstechnischen Anforderungen an das System korrekt hergeleitet.

*Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

#### **Forderung 4.4.9-2**

*Bei den Abweichungen A11, A2 und A21 des Sicherheitseinspeisesystems ist zusätzlich zu der vom KKB als Massnahme definierten festigkeitstechnischen Überprüfung der Level B-, C- und D-Lastfälle auch die Gültigkeit des Funktionsnachweises der angeschlossenen mechanisch aktiven Komponenten zu überprüfen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen.*

*Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die Beurteilung der offenen Punkte und Lücken in den Zustandsbeurteilungen gemäss NE-05 ist nach Wertung des ENSI nur in Teilen zielführend:

- Die vorgesehenen spektroskopischen Materialuntersuchungen und Wanddickenmessungen wertet das ENSI als zielführend, um die vorhandenen Lücken hinsichtlich des Materials und der konstruktiven Gestaltung zu schliessen bzw. einer Bewertung zugänglich zu machen.
- Die stichprobenweisen Oberflächenrissprüfungen an Schweißnähten bei Komponenten, bei denen Prüfungen zwar bestätigt sind, aber Prüfprotokolle fehlen, werden vom ENSI begrüsst.
- Das ENSI begrüsst die Neuaufnahme der Isometrien des JSI-Systems, um diese Dokumentationslücke zu schliessen und damit eine Basis für die Bewertung der Rohrleitungssysteme zu haben.
- Die fehlenden rechnerischen Nachweise der Rohrleitungen im Bereich der Sicherheitseinspeisepumpen, der Containmentsprüh-pumpen und der Rezirkulationspumpen können durch die vorgesehene stichprobenweise Materialuntersuchung an Flanschen nicht ersetzt werden. Die in den Jahren 2014/15 erstellten neuen Isometrien können aus Sicht des ENSI in den genannten Spannungsanalysen von 2002 und 2009 noch nicht berücksichtigt sein. Die Vorbehalte der NE-05-Zustandsbeurteilung diesbezüglich bleiben bestehen. Der referenzierte Bericht von 2009 behandelt nur den Block 2, geht aber nicht auf die gleichzeitige Gültigkeit für Block 1 ein, obwohl die Zustandsbewertung auf Unterschiede in beiden Blöcken hinweist. Weiterhin ist für das ENSI unverständlich, warum keine Massnahmen im Bereich der Rezirkulationspumpen vorgesehen sind, obwohl hier in der Zustandsbewertung auf die nicht vorhandenen Rohrleitungsrechnungen im Containment hingewiesen wird und die referenzierten Berechnungen nur die Situation im Nebengebäude A analysieren. Die Neubewertung der Halterungen des JSI-Systems im Rahmen des Projektes NEUSI wird vom ENSI begrüsst. Aufgrund der unklaren und unvollständigen Gesamtsituation erwartet das ENSI aber auch eine Neubewertung der hier angesprochenen Rohrleitungen inklusive einer Bewertung der Pumpen hinsichtlich Standsicherheit, Integrität und Funktion entsprechend den Anforderungen der Tabelle 2-1. Der Bericht zur Zustandsbewertung der Pumpen liefert nur Aussagen zum Service-Level A und macht keine Angaben zu Stutzenlasten und Standsicherheit.

**Forderung 4.4.9-3**

*Die rechnerischen Nachweise der Rohrleitungsanlage im Bereich der Sicherheitseinspeisepumpen, der Containmentprühpumpen und der Rezirkulationspumpen inklusive Verankerung und Pumpenbelastungen sind einschliesslich der zu unterstellenden Erdbebenlasten gesamthaft zu bewerten. Die Bewertung ist dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen.*

Die Angaben zur Qualifikation mechanisch aktiver Komponenten des JSI-Systems wurden vom ENSI stichprobenartig geprüft.

Bei mechanisch aktiven Armaturen ist gemäss der zugehörigen Spezifikation die Integrität und unterbrechungsfreie Funktion unter allen Auslegungs- und Betriebsbedingungen gefordert. Die seismischen Belastungen wurden mit mindestens 4 g in allen Richtungen vorgegeben. Zusätzlich zu den Integritätsanforderungen der Bauvorschrift ASME III wurde für die aktiven Armaturen die Einhaltung der Vorgaben des Reg.-Guides 1.48 der USNRC zur Adressierung der Funktionsanforderungen spezifiziert. Die Funktion unter ungünstigster Belastung aus seismischen und Betriebslasten wurde durch Biegeprüfungen an jeweils repräsentativen Armaturen qualifiziert (Typenprüfung). Die Betätigung erfolgte je nach Anforderung jeweils während oder nach der simulierten Belastung aus Betrieb und Erdbeben. Der Auslegungsdifferenzdruck wurde berücksichtigt und entsprechend aufgebracht. Die Qualifizierung wurde mit dem Dichtheitsnachweis im Sitz abgeschlossen. Bei MOV wird ein Nachweis des Integritätserhalts bei Abschaltversagen zusätzlich zu den ASME-III-Nachweisen spezifiziert.

Ähnliche Vorgaben sind in der älteren Spezifikationen AS-M-008 enthalten. Dort wird jedoch noch keine Typenprüfung spezifiziert. Das damalige Vorgehen ohne Typenprüfung wird vom ENSI akzeptiert, solange deutliche Margen bei den elastischen Spannungsnachweisen vorhanden sind.

Neben den übergeordneten allgemeinen Spezifikationen wurden im Rahmen der PSÜ-Unterlagen keine Armaturenlisten oder Armaturendatenblätter mit den armaturenspezifischen Angaben vorgelegt. Die konkreten technischen Daten für die einzelnen Armaturen sowie die Protokolle oder Berichte zur Biegeprüfung (Typenprüfung) fehlen. Die referenzierten Dokumente zu Funktionsnachweisen beziehen sich mehrfach auf elektrische Prüfungen und sind für die Bewertung der Funktionsnachweise mechanisch aktiver Komponenten nach Wertung des ENSI nicht ausreichend. Zielführend sind z. B. Zusammenstellungen wie im Dokument SK-38/25626 in KKB603D0304. Hierin sind allerdings nicht alle mechanisch aktiven MOV des JSI-Systems aufgeführt. Die seismisch qualifizierten Armaturenbeschleunigungen sind zwar im Bericht enthalten, sind aber nicht übersichtlich zusammengestellt. Das ENSI hält eine aktuelle Übersicht der qualifizierten Parameter und Einstellwerte der für die Beherrschung von Störfällen erforderlichen mechanisch aktiven Komponenten zusammen mit den zugehörigen Antriebsdaten für sicherheitsgerichtet und erforderlich.

Bei Stichprobenprüfungen des ENSI wurden Diskrepanzen bei einzelnen Angaben festgestellt:

- Im Gegensatz zu JSI MOV 0850-A sind bei JSI MOV 0850-B keine Funktionsnachweise analog KKB603D0303 referenziert. Der Bauüberwachungsbericht KKB662D0176 bestätigt für JSI MOV 0850-A lediglich die Standardanforderungen aus AS-N-003 und nicht die Zusatzanforderungen für aktive MOV aus KKB660D0024. Darüber hinaus wird die Armatur JSI MOV 0850-A im Bauüberwachungsbericht als passiv deklariert, also für aktive Funktion nicht bestätigt. Für JSI MOV 0850-B sind keine Qualifizierungsunterlagen angegeben.
- Beim der RSK JSI 0926-D wurden im Berechnungsbericht hohe Armaturenbeschleunigungen > 6 g horizontal ausgewiesen (KKB581D056). Die Funktion der Armatur wird gemäss Angaben in Tabelle 2-7<sup>TM-16304</sup> über Routinevorschriften und Funktionstests sichergestellt. Es ist für das ENSI nicht ersichtlich, warum mit diesen Routineprüfungen die hohen Erdbebenbeschleunigungen abgedeckt sind.

#### **Forderung 4.4.9-4**

*Die Diskrepanzen bei den Nachweisen der Armatur JSI MOV 0850-B sind zu klären. Die zu qualifizierenden Funktionsanforderungen sind übersichtlich zusammenzustellen. Die Quellen der Nachweise sind zu referenzieren. Falls Routineprüfungen und betriebliche Funktionstests als Funktionsnachweise unter Störfallbedingungen herangezogen werden, ist die Repräsentativität des Tests aufzuzeigen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI bis zum 30. September 2023 einzureichen.*

In der übergeordneten Spezifikation werden für die seismischen Nachweise und für die Funktionsnachweise Zusatzanforderungen für die Sicherheitseinspeisepumpen 19/29 JSI-0001, Rezirkulationspumpen 19/29 JSI-0003 und die BOTA-Zirkulationspumpen 10/20 JSI-0010 festgelegt. Die Dämpfungswerte bei den seismischen Nachweisen der mechanisch aktiven Pumpen werden auf 2 % begrenzt. Die Etagenantwortspektren für SSE (Errichtungszeitpunkt) liegen vor. Die zulässigen Stutzenbelastungen werden für die Beanspruchungsstufen B und D vorgegeben und einheitlich auf gleiche Werte begrenzt. Die Einhaltung dieser Werte ist im Rahmen der Rohrleitungsanalysen sicherzustellen und ist auch dort spezifiziert. Die Umsetzung dieser Vorgaben gewährleistet nach Wertung des ENSI die Funktionsfähigkeit der gemäss Tabelle 2-1<sup>TM-16304</sup> in die EK I eingestuft Pumpen bei den Auslegungstörfällen und den damals angesetzten Erdbebenlasten.

#### **4.4.9.3 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Das Sicherheitseinspeisesystem zeigte im Überprüfungszeitraum keine signifikanten Auffälligkeiten. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren jederzeit ausreichend gewährleistet. Die Ergebnisse der Prüfungen und Funktionstests bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen in beiden Blöcken. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet.

Mit den Massnahmen aus der Konformitätsprüfung wird sichergestellt, dass Abweichungen zeitgerecht beseitigt oder durch Ersatzmassnahmen abgedeckt werden.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI hat das Sicherheitseinspeisesystem einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei den Aspekten «Anlagenänderung» und «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleiteten Forderungen 4.4.9-1 bis 4.4.9-4 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Sicherheitseinspeisesystems nicht in Frage.

#### **4.4.10 Restwärmesystem**

Das Restwärmesystem JAC hat die Aufgabe, das Hauptkühlmittel während des Kaltabfahrens des Reaktors zu kühlen und während der Abstellung die Nachwärme im Anlagenzustand «kalt-abgestellt» abzuführen. Die Wärme, die dem Hauptkühlmittel an den Kühlern des Restwärmesystems entzogen wird, wird über die Kühlkette, bestehend aus dem Primären Zwischenkühlsystem (KAC) und dem Primären Nebenkühlwassersystem (PRW), an die Aare abgegeben. Die JAC-Kühler werden auch vom Sicherheitseinspeisesystem (JSI) zur Nachwärmeabfuhr genutzt, wenn in Folge eines Lecks im Reaktorkühlsystem (Kühlmittelverluststörfall) Wasser in den Containment-Sumpf gelangt und dieses rückgefördert werden muss (Rezirkulationsbetrieb).

#### **4.4.10.1 Vorkommnisse**

##### **Angaben des KKB**

###### *Borsäureablagerung an Gehäuse der Rückschlagklappe 10JAC 0825-B druckseitig der Restwärmepumpe 10JAC 0005-B*

Im Rahmen der durch den störungsbedingten Austausch der Restwärmepumpe 10JAC 0005-B durchgeführten Inspektion im 2014 wurde an der druckseitigen Rückschlagklappe 10JAC 0825-B auf der Gehäuseausenseite eine Borsäureverkrustung festgestellt. Die Schadensanalyse zeigte, dass die Ursache für die Leckage ein herstellungsbedingter Heissriss im Gussgehäuse war, der über die Betriebszeit als Spannungsriss durch die Gehäusewand gewachsen war. Der Befund wurde dem ENSI als Vorkommnis gemeldet. Die Fehlstelle wurde ausgeschliffen und anschliessend eine Reparaturschweissung im Beisein des Sachverständigen durchgeführt. Die anschliessende Durchstrahlungsprüfung (RT) zeigte eine bewertungspflichtige lineare Anzeige von ca. 8,5 mm Länge. Die Eindringprüfung (PT) bestätigte, dass keine Verbindung zur Oberfläche besteht. Als wahrscheinlichste Ursache für die Anzeige wurde auch hier ein herstellungsbedingter Gussfehler benannt. Im Zuge der Vorkommnisbearbeitung wurden vom ENSI vier Folgemassnahmen festgelegt. U. a. wurde vor der Wiederinbetriebnahme eine Zustandsbewertung für die Rückschlagklappe 10JAC 0005-B sowie ein endgültiges Instandhaltungskonzept gefordert.

###### *Fehlerhafte Zustellung Restwärmeventil 29JAC MOV 0816*

Während der Revisionsabstellung im Block 2 im Jahre 2015 fuhr das Isolierventil 29JAC MOV 0816 im Vorlauf des Restwärmesystems nach einem Test des Reaktorschutzsystems auslegungsgemäss zu, liess sich aber anschliessend nicht mehr vom Kommandoraum aus öffnen. Zur Wiederherstellung der Funktion des Restwärmesystems wurde das Isolierventil vor Ort von Hand geöffnet. Die Ursache für die fehlerhafte Zustellung des Isolierventils war die Auslösung eines Wärmepakets, nach dessen Austausch die Ansteuerung des Ventils wieder einwandfrei funktionierte.

##### **Beurteilung des ENSI**

###### *Borsäureablagerung an Gehäuse der Rückschlagklappe 10JAC 0825-B druckseitig der Restwärmepumpe 10JAC 0005-B*

Die Zustandsbewertung der Armatur erfolgte vor der Wiederinbetriebnahme über die Bewertung der Untersuchungsergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen. Die lineare Anzeige liegt ungefähr wandmässig bei einer gemessenen Wandstärke von 23 mm. Die Anzeige hat keine messbare Tiefenausdehnung und keine Verbindung zur Aussenoberfläche. Die rechnerisch erforderliche Mindestwandstärke der Armatur beträgt 12 mm. Weitere Anzeigen waren an der Armatur nicht feststellbar. Die Integrität der Armatur ist somit gegeben und die Armatur kann aus Sicht des ENSI in dem Zustand weiter betrieben werden.

Die Prüfintervalle der Wiederholungsprüfungen für die Rückschlagklappen 10JAC 0825-A und -B wurden verkürzt. In den Jahren 2016, 2019 und 2020 wurden weitere visuelle (VT) und PT-Prüfungen ohne Befund durchgeführt.

###### *Fehlerhafte Zustellung Restwärmeventil 29JAC MOV 0816*

Die fehlerhafte Zustellung des Restwärmeventils 29JAC MOV 0816 trat während der Revisionsabstellung 2014 zu einem Zeitpunkt auf, bei dem die Nachzerfallswärme der Brennelemente im Reaktordruckbehälter und die Aufheizung des Primärkühlmittels aufgrund des langen Stillstands des Blocks 2 sehr gering waren. Dadurch stand ausreichend Zeit zur Verfügung, um das betroffene Restwärmeventil manuell wieder zu öffnen. Das KKB hat als Konsequenz Absicherungsmassnahmen ergriffen, mit denen nach Beurteilung des ENSI während zukünftiger Revisionsabstellungen ein unbeabsichtigtes Schliessen des Restwärmeventils ausgeschlossen werden kann. Wäre das Öffnen des Restwärmeventils nicht gelungen, hätte die Nachwärmeabfuhr über die Betriebsart «Feed-and-Bleed» sichergestellt werden können.

#### **4.4.10.2 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Das Restwärmesystem ist der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I sowie zum Teil der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet. Eine Ausnahme bilden die Isolationsventile im Vor- und Rücklauf, welche die Trennung vom Reaktorkühlsystem gewährleisten und deshalb in die Sicherheitsklasse SK 1 eingestuft sind. Die für die Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten des Restwärmesystems umfassen die Komponenten zwischen der Kühlmittelentnahme aus dem Reaktorkühlkreislauf und der Kühlmittelrückführung in den Reaktorkühlkreislauf sowie die Bypassleitung um die Restwärmekühler. Die ebenfalls mitbetrachtete Druckausgleichsleitung, die zwischen der Kühlmittelentnahme und der -rückführung abzweigt und eine Verbindung zu einem Sicherheitsventil des Chemie- und Volumenregelsystems herstellt, ist für den Funktionserhalt des Systems, nicht aber für die Störfallbeherrschung von Bedeutung.

Von den Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung, die in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Restwärmesystem (JAC)»<sup>TM-16306</sup> bzw. in der Tabelle 5-1 der Technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> zusammengestellt sind, sind die Isolationsventile zum Reaktorkühlsystem und eine der Restwärmepumpen in EK I und die übrigen Komponenten in EK I\* eingestuft. Die EK-I-Komponenten müssen während und nach einem SSE (ENSI-2015) integer bleiben, während für die EK-I\*-Komponenten noch zu überprüfen ist, ob diese standsicher sein müssen.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16306</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikation zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsdaten in dieser Tabelle sind konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht.

###### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Für in der Vergangenheit nicht nuklear ausgelegte und abgenommene Komponenten des JAC-Systems hat das KKB eine Zustandsbeurteilung vorgenommen. In der Zustandsüberprüfung wurden bei 7 Komponenten offene Punkte identifiziert, die mittelfristig behoben werden sollen:

- Bei der Restwärmepumpe 10JAC 0005-A soll der fehlende rechnerische Nachweis durch eine Dimensionsierungsrechnung erbracht werden.
- Bei den Absperr-Armaturen 10JAC MOV 0837 und 10JAC MOV 0828-A/-B sollen die Vorbehalte aufgrund nicht zuordenbarer Prüfbescheinigungen durch Spektralanalysen an Gehäuse und Deckel ausgeräumt werden.
- Bei den Hand-Regelventilen 10JAC HCV 0602-A/B sowie beim Durchfluss-Regelventil 10JAC FCV 0602-C sollen die Vorbehalte aufgrund nicht zuordenbarer Prüfbescheinigungen durch Spektralanalysen an Gehäuse und Deckel ausgeräumt werden.
- Bei den JAC-Rohrleitungen wurden fehlende Spannungsnachweise für die SK-2-Bereiche im Rahmen der NE05-Zustandsüberprüfung festgestellt. Die Spannungs- und Ermüdungsnachweise für den SK-1-Bereich der JAC-Rohrleitungen sind vorhanden und bestätigt. Da die betroffenen Bereiche der SK 2 und der EK I\* zugeordnet sind, sind diese offenen Punkte hinfällig.

##### **Beurteilung des ENSI**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten des Restwärmesystems zur Störfallbeherrschung sowie zur Druckabsicherung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst und bilden die Pfade des Restwärmesystems korrekt ab. Die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung in der Tabelle 2-1<sup>TM-16306</sup> sind nach Beurteilung des ENSI vollständig erfasst.

Das Restwärmesystem wird entsprechend dem bisherigen Erdbebenbeherrschungskonzept, mit Ausnahme der Armatur JAC MOV 0816, deren Funktion nach einem SSE (ENSI-2015) zum Kaltabfahren der Anlage über die Notstandkaltabfahrleitung erforderlich ist, nicht zur Störfallbeherrschung bei Erdbeben benötigt. Daher erachtet das ENSI die Erdbebenklassierung in den Tabellen 2-1<sup>TM-16306</sup> bzw. 5-1<sup>TM-20024</sup> für weitgehend korrekt. Für den Stillstandbetrieb bedarf es (vgl. Forderung 4.4.9-1) eines Funktionsnachweises nach Erdbeben für die Armaturen JAC MOV 0816 (Nachwärmeabfuhr und Kaltfahren mit den Notstandsystemen) sowie JAC MOV 817, JAC MOV 837 und JAC MOV 838 (Sicherstellung des Primärkreisabschlusses).

#### **Forderung 4.4.10-1**

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Anforderungen an die Armaturen JAC MOV 0816, JAC MOV 817, JAC MOV 837 und JAC MOV 838 des Restwärmesystems so in der Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 festzulegen, dass deren Funktion nach SSE gefordert wird.*

Nach der Umsetzung der Forderung 4.4.9-1 bedarf es ggf. einer nochmaligen Anpassung der Erdbebenanforderungen an das Restwärmesystem.

Das ENSI beurteilt die Angaben zu den Auslegungsanforderungen des Systems anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle des KKB als nachvollziehbar und korrekt.

#### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die Restwärmepumpe 10JAC 0005-A ist seitens KKB (Tabelle 2-1<sup>TM-16306</sup>) als mechanisch aktive Komponente eingestuft mit vorläufiger Standfestigkeitsanforderung bei SSE (ENSI-2015) und Funktionsanforderung bei anderen Auslegungsstörfällen. Die Armaturen 10JAC MOV 0837/0828-A/-B und 10JAC FCV 0602-C sind seitens KKB als mechanisch aktive Komponenten eingestuft mit Standfestigkeitsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) und Funktionsanforderung bei allen anderen Auslegungsstörfällen. Regelwerksbasierte Nachweise bezüglich der Erdbebenanforderung wurden nicht vorgelegt. Die Aufsichtsbehörde hatte ersatzweise erfahrungsbasierte Screening Walkdowns (1990 / 1993 / 2007) akzeptiert, bei denen eine vergleichende Bewertung der Komponenten mit ähnlich ausgeführten Komponenten in Industrieanlagen erfolgte, welche Erdbeben schadlos überstanden haben. Da nur Standfestigkeitsanforderung bei SSE (ENSI-2015) und Funktionsanforderung ohne äussere Zusatzbeanspruchungen bestehen, akzeptiert das ENSI die Screening Walkdowns in Verbindung mit den betrieblichen Funktionsprüfungen.

Die vorgesehenen Spektralanalysen bei den Armaturen 10JAC MOV 0837 und 10JAC MOV 0828 sowie 10JAC HCV 0602-A/B und 10JAC FCV 0602-C erachtet das ENSI für zielführend.

Die Hand-Armaturen 10HCV JAC 0602-A/B sind als nicht mechanisch aktiv eingestuft. Funktionsanforderungen bei zusätzlichen Einwirkungen von aussen bestehen nicht.

Für die JAC-Rohrleitungen wurde in der NE-05-Zustandsbewertung die Dimensionierung der SK-2-Rohrleitungsabschnitte nach ASME III-NB/NC-3640 bestätigt. Nicht bestätigt und als offene Punkte identifiziert wurden fehlende Spannungsnachweise nach ASME III-NC-3650. Das KKB führt an, dass Ermüdungsberechnungen in der SK 2 nicht gefordert sind. Dies ist insoweit korrekt, dass ASME-NC keinen obligatorischen Ermüdungsnachweis fordert, sondern nur bei entsprechend hohen Transientenbelastungen. Die geringe Anzahl betrieblicher Transienten und die damit verbundenen kleinen Dehnungsamplituden wurden in der NE-05-Zustandsbewertung bestätigt. Der Verzicht auf einen Ermüdungsnachweis wird vom ENSI aufgrund der in der Technischen Mitteilung «Restwärmesystem (JAC)»<sup>TM-16306</sup> dargelegten Anzahl der An- und Abfahrten akzeptiert, aus der die Betriebstransienten des JAC-Systems abgeleitet werden können.

Das KKB führt weiter an, dass Erdbebenachweise für die SK-2-Rohrleitungsabschnitte aufgrund der EK-I\*-Klassierung nicht mehr erforderlich seien. Das ENSI stimmt der Bewertung des KKB in diesem Punkt nicht zu. Die Basisauslegung muss aus der Sicht des ENSI auch an EK I\* klassierten Systemkomponenten bei Änderungen und Ersatz beibehalten werden (vgl. Kap. 4.4.2).

### **4.4.10.3 Gesamtbewertung**

#### **Angaben des KKB**

Das Restwärmesystem zeigte, bis auf einzelne Anzeigen an Rohrleitungen bzw. Ventilen, keine signifikanten Auffälligkeiten. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren jederzeit ausreichend gewährleistet. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet.

Alle Funktionsprüfungen an Komponenten des Restwärmesystems, mit Ausnahme der fehlerhaften Zustellung Restwärmeventil 29JAC MOV 0816, wurden mit positivem Ergebnis abgeschlossen, d. h. alle geforderten Prüfkriterien wurden erfüllt.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

#### **Beurteilung des ENSI**

Das Restwärmesystem hat nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei den Aspekten «Vorkommnisse» und «Auslegung» Auffälligkeiten auf. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass das ENSI hinsichtlich der Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr über das Restwärmesystem bei Erdbeben Nachrüstungsbedarf sieht (vgl. Forderung 10.2.4-1).

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten offenen Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 und die vom ENSI geforderten Erdbebennachweise für den Restwärmebetrieb (vgl. Forderungen 4.4.10-1 und 4.4.10-2) stellen die Funktion der Restwärmesysteme beider Blöcke Einwirkungen von innen nicht in Frage. Für die Beherrschung des SSE (ENSI-2015) stehen die diversitären Notstandssysteme zur Verfügung.

### **4.4.11 Notstand-Sperrwassersystem**

Das Notstand-Sperrwassersystem hat die Aufgabe, bei Ausfällen oder Störungen des Chemie- und Volumenregelsystems (KCH) die Sperrwasserversorgung der Gleitringdichtungen der Reaktorhauptpumpen zu gewährleisten und damit ein Versagen der Dichtungen sowie einen dadurch bedingten Kühlmittelverlust aus dem Primärkreislauf zu verhindern. Im Anforderungsfall speist das Notstand-Sperrwassersystem boriertes Wasser über die Dichtungspartie in den Primärkreislauf ein und trägt damit langfristig zur Unterkritikalität des Reaktors bei.

Das einsträngige Notstand-Sperrwassersystem entnimmt boriertes Wasser aus dem BOTA und speist dieses über einen Notstand-Sperrwasserfilter in die Sperrwasserleitungen des Chemie- und Volumenregelsystems. Auf der Druckseite der Notstand-Sperrwasserpumpe bindet das neue Notsperrwassersystem (JES) ein, welches bei Ausfall des Notstand-Sperrwassersystems die Sperrwasserversorgung der Gleitringdichtungen der Reaktorhauptpumpen übernimmt.

#### **4.4.11.1 Auslegung**

#### **Angaben des KKB**

##### *Klassierungsüberprüfung*

Das Notstand-Sperrwassersystem ist der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Zu den mechanischen Komponenten, die für die Störfallbeherrschung notwendig sind, gehören

- diejenigen in der Saug- und in der Druckleitung der Notstand-Sperrwasserpumpe bis zur Einbindung in das Chemie- und Volumenregelsystem; sowie
- diejenigen in der Bypass-Leitung, mit welcher der Notstand-Sperrwasserfilter bei Verschmutzung oder Verstopfung umgangen werden kann.



Alle Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung, die in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Notstand-Sperrwassersystem (JNA)»<sup>TM-16307</sup> zusammengestellt sind, haben während und nach einem SSE (ENSI-2015) eine aktive Funktion.

Die in der Tabelle 2-2<sup>TM-16307</sup> für die verschiedenen Systemteilbereiche zusammengestellten Systemauslegungsdaten sind weitgehend konsistent oder konservativ zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Auslegungsdaten der Spezifikationen sind nach Angabe des KKB konsistent oder konservativ gegenüber den thermohydraulischen Systemanforderungen hinsichtlich Druckes und Temperatur

Gemäss Tabelle 2-3<sup>TM-16307</sup> gibt es nur dokumentarische Abweichungen. In Kapitel 4.6 wird jedoch eine nicht näher spezifizierte konstruktive Überprüfung von Komponenten hinsichtlich ihrer Auslegungstemperatur gefordert.

#### *Qualifikation*

Das KKB führt in der Tabelle 2.1<sup>TM-16307</sup> auf, welche Komponenten des JNA-Systems einen Funktionsnachweis für das SSE (ENSI-2015) benötigen. In der Tabelle 2-4 bzw. Beilage 3 sind die jeweils vorhandenen Nachweisdokumente aufgelistet.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Aus Sicht des ENSI sind die zur Störfallbeherrschung erforderlichen mechanischen Komponenten des Notstand-Sperrwassersystems vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierung der Komponenten sowie deren Funktionsanforderungen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16307</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt angegeben.

Die Systemauslegungsdaten sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle 2-2 nachvollziehbar und korrekt.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen sind die Angaben des KKB hinsichtlich der Auslegungstemperaturen einzelner Komponenten und der daraus abgeleiteten Konstruktionsüberprüfung widersprüchlich und sind daher abzuklären.

### **Forderung 4.4.11-1**

*Die Bereiche des Notstand-Sperrwassersystems mit identifizierten Abweichungen bei der Temperatureauslegung sind konkret zu benennen, zu überprüfen und in die Massnahmenliste aus der Konformitätsprüfung aufzunehmen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI bis zum 30. September 2022 einzureichen.*

#### *Qualifikation*

Bei den Funktionsnachweisen gemäss Tabelle 2-1<sup>TM-16307</sup> erfolgte vom ENSI eine Stichprobenprüfung für die Notstand-Sperrwasserpumpen 19/29JNA 0001 und die Rückschlagklappen 10/20 JNA 1877.

Die explizit für die Komponenten angegebenen Referenzdokumente wurden nicht eingereicht. Aus den Referenzdokumenten der anschliessenden Rohrleitung konnte das ENSI Vorgaben zu den Stutzen- und Anschlusslasten auf die Pumpen und Armaturen entnehmen. Daraus geht hervor, dass die Lasten im Service Level D auf die zulässigen Lasten des Service Levels B beschränkt wurden. Damit werden die regelmässigen Funktionstests als repräsentativ für die Notfallbedingungen vom ENSI akzeptiert. Die Überprüfung des Funktionsnachweises für die zum Zeitpunkt der Systemerrichtung festgelegte Erdbebengefährdung (SSE, Projekt NANO) wird vom ENSI für die Notstand-Sperrwasserpumpen 19/29JNB 0001 und die Rückschlagklappen 10/20 JNA 1877 allerdings nur für die Belastungen nach SSE (Errichtungszeitpunkt) bestätigt.

Die Überprüfung des Vorliegens von Nachweisen bzw. bei fehlenden Nachweisen Bewertung und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung für EK-I-Komponenten ist bereits Gegenstand der Forderung 4.4.2-3. Eine darüber hinaus gehende Forderung ist hier nicht erforderlich.

#### **4.4.11.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum traten in den Notstand-Sperrwassersystemen beider Blöcke keine relevanten Verfügbarkeitseinschränkungen auf. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren jederzeit ausreichend gewährleistet. Die Ergebnisse der Prüfungen und Funktionstests bestätigten den guten Zustand der Systemkomponenten in beiden Blöcken.

Die ausgeführten Änderungen resultierten aus Erkenntnissen des Betriebs, aus den Ergebnissen durchgeführter Inspektionen bzw. Instandsetzungen sowie aus Optimierungsmassnahmen zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus der Anlage. Hierzu trägt insbesondere die Einbindung des neuen Notsperrwassersystems bei. Darüber hinaus sind keine weiteren Massnahmen erforderlich.

Die Sicherstellung des zukünftig sicheren Betriebs erfolgt neben den im Rahmen des Instandhaltungsprogramms durchgeführten Wartungen, Instandsetzungen und Funktionsprüfungen durch das Wiederholungsprüfprogramm und durch das Alterungsüberwachungsprogramm. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten der Notstand-Sperrwassersysteme wird als gut bewertet.

Im Rahmen des Projekts NEUSI wird die seismische Robustheit der Notstand-Sperrwassersysteme unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen (ENSI-2015) untersucht.

Mit den Massnahmen aus der durchgeführten Konformitätsprüfung wird sichergestellt, dass Abweichungen zeitgerecht bereinigt oder durch Ersatzmassnahmen abgedeckt werden. In Summe ist dadurch der Weiterbetrieb der Notstand-Sperrwassersysteme aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI zeigen die Ergebnisse der Betriebsüberwachung, dass sich die Notstand-Sperrwassersysteme beider Blöcke in einem guten Zustand befinden.

Im Rahmen der Auslegungsüberprüfung wurde vom KKB zwar eine technische Abweichung identifiziert, diese wurde aber nicht näher spezifiziert. Die vom ENSI daher aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.11-1 sowie die vom ENSI geforderten Überprüfungen von Erdbebennachweisen (Forderung 4.4.2-3) stellen die Funktion der Notstand-Sperrwassersysteme beider Blöcke nach einem SSE (ENSI-2015) nicht in Frage.

#### **4.4.12 Notsperrwassersystem**

Das im Berichtszeitraum neu erstellte Notsperrwassersystem (JES) stellt bei Ausfällen oder Störungen des Chemie- und Volumen-Regelsystems (KCH) und des Notstand-Sperrwassersystems (JNA) die Sperrwasserversorgung der Reaktor-Hauptpumpen aus dem BOTA (Notstandsreserve) sicher und verhindert damit Kühlmittelverluste über die Dichtungspartie dieser Pumpen. Zudem bietet das Notsperrwassersystem eine weitere Möglichkeit, um boriertes Wasser über die Dichtungspartie in den Primärkreislauf einzubringen.

Das neue Notsperrwassersystem war im Zuge der Umstellung der Notstromversorgung vom hydraulischen Wasserkraftwerk auf eine dieselgestützte Versorgung Bestandteil der Anlagenänderungen und wurde im 2015 installiert. Es bindet saugseitig im Notstandgebäude an die Entnahmeleitung der Notstandssysteme aus dem BOTA und druckseitig an die Druckseite der Notstandsperrwasserpumpe an. Das Notsperrwassersystem selbst besteht im Wesentlichen aus der Notsperrwasserpumpe, deren Saug- und Druckseite sowie einem Sicherheitsventil und einem Rückschlagventil auf der Druckseite der Pumpe.

#### **4.4.12.1 Änderungen**

##### **Angaben des KKB**

Im Rahmen des Projekts AUTANOVE wurde im Jahre 2015 eine neue, seismisch qualifizierte und notstromversorgte Sperrwasserpumpe mit zugehörigen Rohrleitungen und Armaturen (Notsperrwassersystem JES) in jeden Block eingebaut. Dieses Notsperrwassersystem wurde als parallele Redundanz zum bestehenden Notstand-Sperrwassersystem in die Anlage eingebunden, um die Einzelfehlersicherheit der aktiven Komponenten zu gewährleisten. Zur hydraulischen Abgrenzung dieser beiden Systeme zu der betrieblichen Sperrwasserversorgung des Chemie- und Volumenregelsystems wurden bestehende Systemteile durch den Einbau neuer Armaturen so modifiziert, dass auch bei einem Ausfall der Spannungsversorgung der in die betriebliche Sperrwasserversorgung eingebauten Absperrarmaturen eine Rückströmung in das Chemie- und Volumenregelsystem einzelfehlersicher verhindert wird. Parallel zu den beiden Rückschlagklappen in Serie in der Sperrwasserleitung direkt vor Einbindung in die Reaktorhauptpumpendichtung wurden je zwei Rückschlagklappen in Serie ergänzt, damit ein Einzelfehler einer Rückschlagklappe nicht zum Ausfall der gesamten Sperrwasserversorgung führen kann.

Die Nachrüstung des neuen Notsperrwassersystems (JES), die zu einer Verbesserung der Diversität sowie der Einzelfehlersicherheit der Sperrwasserversorgung der Reaktor-Hauptpumpen und damit der Verfügbarkeit der Sperrwasserversorgung führt, wird als sicherheitsgerichtet bewertet.

Die durchgeführten Änderungen erhöhen das Sicherheitsniveau der Anlage, da die Beherrschung von Störfällen mit Ausfällen oder Störungen des Chemie- und Volumen-Regelsystems und des Notstand-Sperrwassersystems verbessert wird.

##### **Beurteilung des ENSI**

Das neue Notsperrwassersystem dient insbesondere dazu, um bei einem SSE (ENSI-2015) und einem Einzelfehler des nicht einzelfehlersicheren Notstandsperrwassersystems die Sperrwasserversorgung der Dichtungen der Reaktorhauptpumpen zu gewährleisten. Wie auch die bestehenden Systeme «Chemie- und Volumenregelsystem» und «Notstandsperrwassersystem» dient das neue System der Erfüllung der Sicherheitsfunktion «Gewährleistung der Integrität der druckführenden Umschliessung des Reaktorkühlsystems» und hat damit eine Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Das ENSI stimmte der Änderung zu, mit der, in Verbindung mit den sonstigen Verbesserungen der Einzelfehlersicherheit im Rahmen des Projektes AUTANOVE, auch die Primärkreisintegrität im Bereich der Reaktorhauptpumpendichtung einzelfehlersicher gewährleistet wird.

#### **4.4.12.2 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die Komponenten des Notsperrwassersystems (JES) sind der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Zu den mechanischen Komponenten des Notsperrwassersystems, die für die Störfallbeherrschung benötigt werden, gehören alle Komponenten des Systems in der Saug- und der Druckleitung der Notsperrwasserpumpe von der Einbindung in die Saugleitung der Notstandssysteme aus dem BOTA bis zur Einbindung in das Notstandsperrwassersystem.

Systemfremde Systemabschnitte und Komponenten anderer Systeme, die für die Funktion des Notsperrwassersystems relevant sind, werden bei dem jeweiligen System behandelt.

Die beiden Komponenten, Notsperrwasserpumpe und das Rückschlagventil auf deren Druckseite, in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Notsperrwassersystem JES»<sup>TM-16350</sup> haben während und nach einem SSE (ENSI-2015) eine aktive Funktion zur Störfallbeherrschung.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16350</sup> sind die Systemauslegungsanforderungen für die verschiedenen Systemteilbereiche auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikation zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsanforderungen sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen sind technisch zu bewertende Punkte festgestellt worden:

- Die festgestellten Abweichungen zur Auslegungstemperatur (60 / 40 °C) der Notsperrowasserpumpe JES 0001 und des Absperrventils JES 0002 werden als technisch nicht relevant bewertet.
- Der Saugleitungsabschnitt von JES XP 0001 zwischen JSI XP 0035 und der Armatur JES 0002 weicht mit 3 bar Auslegungsdruck von den geforderten 13,5 bar ab, ebenso der anschliessende Abschnitt zwischen Armatur JES 0002 und Notsperrowasserpumpe JES 0001 (10,5 / 13,5 bar). Die konstruktive Ausführung soll kurzfristig untersucht werden. Das KKB gibt hierfür einen Zeithorizont bis Ende November 2020 an<sup>KKB-2020-06-30</sup>. Eine Erstbewertung zeigt Reserven in der Dimensionierungsrechnung.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Die für die Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten des Notsperrowassersystems und die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind nach Beurteilung des ENSI vollständig erfasst. Auch sind die Erdbebenklassierung der Komponenten und deren Funktionsanforderungen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16350</sup> korrekt.

Die Systemauslegungsanforderungen in der Tabelle 2-2<sup>TM-16350</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht und in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation nachvollziehbar und korrekt.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Abweichungen bei der Auslegungstemperatur der Notsperrowasserpumpe JES 0001 werden vom ENSI als nicht relevant bestätigt.

Für die Abweichung des Auslegungsdruckes in einzelnen Saugleitungsabschnitten der Notsperrowasserpumpe fehlt eine sicherheitstechnische Bewertung für alle Laststufen. Ebenso fehlt eine Bewertung der zulässigen Pumpenanschlusslasten der Notsperrowasserpumpe JES 0001. Die Komponenten sind in die Sicherheitsklasse SK 2 eingestuft und unterliegen der Überwachung durch einen vom ENSI beauftragten Sachverständigen.

### **Forderung 4.4.12-1**

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 den Nachweis für die korrekte Auslegung der Saugleitung JSI XP 0035 bis und mit JES XP 0001 einzureichen.*

#### **4.4.12.3 Gesamtbewertung**

#### **Angaben des KKB**

Das Notsperrowassersystem trägt als weiteres diversitäres System zur sicheren Sperrwasserversorgung der Gleitringdichtungen der Reaktor-Hauptpumpen im Anforderungsfall bei und erhöht damit das Sicherheitsniveau der Anlage. Es wurden keine Einschränkungen im Betrieb bzw. bei Funktionsprüfungen festgestellt. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren jederzeit ausreichend gewährleistet. Zusammenfassend wird der Zustand der maschinentechnischen Komponenten als gut bewertet.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

## Beurteilung des ENSI

Das Notsperrwassersystem ist im Rahmen des Projektes AUTANOVE mit Zustimmung des ENSI nachgerüstet worden und unter dem Aspekt «Änderung» beschrieben. Das System hat nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.12-1 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Notsperrwassersystems nicht in Frage.

### 4.4.13 Chemie- und Volumenregelsystem

Das Chemie- und Volumenregelsystem erfüllt sowohl betriebliche als auch sicherheitstechnisch wichtige Aufgaben. Zu den sicherheitstechnisch wichtigen Aufgaben des Systems gehören die Sperrwasserversorgung der Reaktor-Hauptkühlpumpendichtungen und die Notborierung des Reaktorkühlmittels zur schnellen Erhöhung des Borgehaltes und der Abschaltreaktivität.

#### 4.4.13.1 Auslegung

##### Angaben des KKB

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die sicherheitsrelevanten Komponenten des Chemie- und Volumenregelsystems sind in den an den Primärkreislauf angrenzenden Leitungsbereichen bis zur 2. Absperrarmatur SK 1 klassiert und in den daran anschliessenden Systembereichen SK 2 oder SK 3 klassiert.

Die mechanischen Komponenten des Chemie- und Volumenregelsystems, die für die Störfallbeherrschung benötigt werden, umfassen

- diejenigen für die Einspeisung von Borsäure in das Reaktorkühlsystem (Notborierung) von den Borsäuretanks bis zum Anschluss an das Reaktorkühlsystem;
- diejenigen, die von den seismisch robusten Sperrwassersystemen (Notsperrwasser und Notstandsperrwasser) zur Versorgung der Dichtungen der Hauptkühlmittelpumpen mitgenutzt werden; sowie
- diejenigen für das Druckhalter-Hilfssprühen.

Die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Chemie- und Volumenregelsystem (KCH)»<sup>TM-16334</sup> zusammengestellt. Von diesen sind die Komponenten innerhalb des Containments der Erdbebenklasse EK I zugeordnet und müssen bei SSE (ENSI-2015) entweder integer bleiben (Leitung Druckhalter-Hilfssprühen) oder funktionsfähig sein (Zu- und Rücklaufleitung Sperrwasserversorgung). Das Sperrwasserrücklauf-Umleitventil, mit dem nach Störfällen ein Austrag von Kühlmittel aus dem Containment in das Nebengebäude verhindert wird, hat eine aktive Funktion sowohl während als auch nach SSE. Bis auf die Komponenten des KCH-Systems zur Sicherstellung der Sperrwasserversorgung über das Notsperrwassersystem und das Notstand-Sperrwassersystem, die in EK I eingestuft sind sowie während SSE (ENSI-2015) integer bleiben und nach SSE (ENSI-2015) eine aktive Funktion erfüllen müssen, sind die Komponenten ausserhalb des Containments in die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft.

Aufgrund verschiedener Diskussionen mit dem ENSI hat das KKB die seismischen Anforderungen an aktive EK-I\*-Komponenten überprüft und in der technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> neu festgelegt. Die Überprüfung für alle EK-I\*-Komponenten des KCH-Systems mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung hat ergeben, dass diese keine Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) erfüllen müssen, dass aber zu prüfen ist, ob von den Ladepumpen eine Gefährdung für EK-I-Komponenten ausgeht und daher eine Anforderung hinsichtlich «Standicherheit» zu stellen ist.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16334</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikation zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsdaten in dieser Tabelle sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste bzw. sind konservativ zu den Angaben im Sicherheitsbericht.

#### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Für in der Vergangenheit nicht nuklear ausgelegte und abgenommene Komponenten des KCH-Systems hat das KKB eine Zustandsbeurteilung vorgenommen. In der Zustandsüberprüfung wurden an 9 Komponenten offene Punkte identifiziert:

- Bei den beiden Regelventilen 10KCH AOV 0284 und 0404-A/B der SK 1 konnten keine Prüfbescheinigungen der drucktragenden Teile vorgewiesen werden. Mit den 2005 durchgeführten Spektralanalysen wurde das Material von Gehäuse und Deckel analysiert. Mittelfristig sind die Beschaffung der Herstdokumentation, Dimensionierungsnachrechnungen und Wanddickenmessungen geplant.
- Zum Vorbehalt der NE-05-Zustandsbewertung hinsichtlich des Auslegungsdruckes der SK-1-Armaturen 20KCH AOV 0284 und 20KCH 0285 B wurde dem Sachverständigen mit Brief vom 17. März 2006 eine Festigkeitsberechnung eingereicht, welche mit Brief vom 15. Mai 2006 akzeptiert wurde. Der offene Punkt ist damit erledigt.
- Zum Vorbehalt der NE-05-Zustandsbewertung hinsichtlich der seismischen Auslegung der SK-2-Armaturen 20 KCH LCV 0100 B/C wurde dem Sachverständigen mit Brief vom 17. März 2006 dargelegt, dass die Armaturen ausserhalb des zu requalifizierenden Bereiches liegen. Die Bewertung wurde vom Sachverständigen mit Brief vom 28. Juni 2006 akzeptiert. Der offene Punkt ist damit erledigt.
- Die Ladepumpen 10/20 KCH 0007 A/C sind Spektralanalysen, Wanddickenmessungen und Dimensionierungsberechnungen aufgrund der bei der Herstellung noch nicht existierender Bauvorschriften sind geplant.

#### *Qualifikation*

Das KKB führt in der Tabelle 2-1<sup>TM-16334</sup> auf, welche Komponenten des KCH-Systems einen Funktions- oder Integritätsnachweis für das SSE (ENSI-2015) benötigen. In den Tabellen 2-7 bis 2-10 bzw. Beilage 3<sup>TM-16334</sup> sind die jeweils vorhandenen Nachweisdokumente aufgelistet.

Gemäss der Tabelle 2-3<sup>TM-16334</sup> ist bei den Sperrwasserisolierventilen KCH MOV 1307 und KCH MOV 1317 ein Nachweis bezüglich Abschaltversagen vorhanden. Das KKB reichte als Nachweisdokument die Komponentenliste im Projekt NANO, die Westinghouse Spezifikation für Armaturen der SK 2 und den Bauüberwachungsbericht ein.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Die zur Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten des Chemie- und Volumenregelsystems sind aus Sicht des ENSI weitgehend vollständig erfasst. Bisher nicht in Tabelle 2-1<sup>TM-16334</sup> aufgenommen wurden die Rückschlagklappen KCH 1318 bis 1321 und 1326 bis 1329 in den Sperrwasservorlaufleitungen zu den Hauptkühlmittelpumpen, die spätestens nach dem SSE-bedingten Verlust der Sperrwasserversorgung durch das KCH-System und Übernahme durch die SSE-festen Sperrwassersysteme wieder öffnen müssen. Des Weiteren fehlen die Isolationsarmaturen des Hilfsablasses KCH 0294 A/B, die bei einem Füllstandabfall im Druckhalter einen Zu-Befehl vom Notstandsschutz zur Sicherstellung der Primärkreisintegrität erhalten, da diese abhängig von der Betriebsweise der Anlage offen sein können. Auch sind die Integritätsanforderungen nach SSE (ENSI-2015) an die Rückschlagklappen in der Ladeleitung (KCH 0285-A und KCH 427) zur Primärkreis isolation in der Tabelle 2-1<sup>TM-16334</sup> nicht ausreichend, da diese nach SSE (ENSI-2015) schliessen müssen.

**Forderung 4.4.13-1**

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Rückschlagklappen KCH 1318 bis 1321 und 1326 bis 1329 und die Isolationsarmaturen KCH 0294 A/B des Chemie- und Volumenregelsystem als mechanische Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung einzustufen und die Funktionsanforderungen, insbesondere bei Erdbeben, an diese Armaturen in der Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 festzulegen. Die Anforderung an die Rückschlagklappen in der Ladeleitung (KCH 0285-A und KCH 427) sind so zu korrigieren, dass deren Schliessen bei Erdbeben gewährleistet ist.*

Das ENSI hatte bereits in dem Gutachten «KKW Beznau II: Gutachten zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung»<sup>HSK14/730</sup> festgestellt, dass das Chemie- und Volumenregelsystem keine aktive Funktion bei der Beherrschung eines Erdbebens hat. Davon ausgenommen sind die vom KKB in der Tabelle 2-1<sup>TM-16334</sup> identifizierten KCH-Armaturen im Zu- und Rücklauf der Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen. Die für die EK-I\*-Komponenten in der Tabelle 2-1 vom KKB ursprünglich angegebenen Funktionsanforderungen bei Erdbebenereignissen wurden in der Technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> korrigiert und geben nun diesen Sachverhalt korrekt wieder. Die vom KKB vorgesehene Prüfung einer allfällig erforderlichen Standsicherheit der Ladepumpen ist Gegenstand der Forderung 4.4.2-1. Insgesamt hat das ENSI mit folgenden Ausnahmen keine Einwände gegen die angegebenen Klassierungen und Funktionsanforderungen der Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung: Da die Isolationsarmaturen KCH MOV 1307/1317 und KCH AOV 1407/1417 in der Sperrwasserzulaufleitung gleichzeitig mit dem Start der Not- oder Notstand-Sperrwasserpumpen (siehe Kapitel 4.4.11 und 4.4.12) schliessen müssen, ist deren Funktion konsistenzhalber auch während SSE (ENSI-2015) erforderlich.

**Forderung 4.4.13-2**

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Anforderungen an die Isolationsarmaturen KCH MOV 1307/1317 und KCH AOV 1407/1417 in der Sperrwasserzulaufleitung anzupassen, indem deren Funktion auch während SSE gefordert wird, und hat diese in der Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 aufzunehmen.*

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16334</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle 2-2<sup>TM-16334</sup> nachvollziehbar und korrekt.

**Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05**

Die vorgesehenen Massnahmen zur Behebung der Dokumentationslücke bei den Regelventilen 10KCH AOV 0284 und 0404-A/B sind aus Sicht des ENSI zielführend. Die Ventile sind mechanisch nicht aktiv (AOV 404-A/B) bzw. mechanisch aktiv (AOV 0284) ohne Funktionsanforderung im Fall eines SSE (ENSI-2015). Die mittelfristige Einstufung der Massnahme ist aus Sicht des ENSI akzeptabel, da die Auslegung der Rohrleitungen im Rahmen von REQUA seismisch analysiert wurde. Die Ergebnisse der Materialanalysen wurden mit Brief vom 02. Dezember 2005 vom Sachverständigen akzeptiert.

Die Erledigung der offenen Punkte zu den Armaturen 20KCH AOV 0284, 20KCH 0285 B und 20 KCH LCV 0100 B/C wird seitens ENSI mit der vorliegenden Akzeptanz des Sachverständigen anerkannt.

Durch den verschleissbedingten Austausch der drucktragenden Bauteile der Ladepumpen wurden vom Sachverständigen die in diesem Zusammenhang erstellten aktualisierten Festigkeitsnachweise geprüft und bestätigt. Die drucktragenden Bauteile erfüllen seitdem die Anforderungen des ASME BPVC. Da die Ladepumpen als mechanisch aktive Pumpen lediglich hinsichtlich Integrität und Standsicherheit einer Erdbebengefährdung EK I\* standhalten müssen, werden die vorhandenen Nachweise seitens ENSI akzeptiert.

**Qualifikation**

Bei den Funktionsnachweisen gemäss Tabelle 2-1<sup>TM-16334</sup> erfolgte vom ENSI eine Stichprobenprüfung für zwei ausgewählte Komponenten, die Sperrwasserisolierventile KCH MOV 1307 und KCH MOV 1317.

Von den Referenzdokumenten wurden dem ENSI die Komponentenliste im Projekt NANO, die Westinghouse-Spezifikation für Armaturen der SK 2 und der Bauüberwachungsbericht eingereicht. Aus diesen Unterlagen

geht hervor, dass die Ventile als mechanisch aktive Armaturen spezifiziert wurden, die zulässigen Spannungen im Service Level D auf die zulässigen Lasten des Service Levels B beschränkt wurden und zusätzlich die maximalen Stutzenlasten gegenüber Standardarmaturen reduziert wurden. Damit werden die regelmässigen Funktionstests als repräsentativ für die Notfallbedingungen vom ENSI akzeptiert. Die Überprüfung des Funktionsnachweises für die im Projekt NANO angesetzten SSE-Lasten wird vom ENSI für die Sperrwasserisoler-ventile KCH MOV 1307 und KCH MOV 1317 bestätigt.

Aus den eingereichten Unterlagen ist ersichtlich, dass für die Motorarmaturen KCH MOV 1307/1317 ein Integritätsnachweis bei Abschaltversagen geführt wurde. Die eingereichten Unterlagen sind jedoch unvollständig.

#### **Forderung 4.4.13-3**

*Das KKB hat für die Motorarmaturen KCH MOV 1307/1317 dem ENSI bis zum 30. September 2022 die vollständigen Unterlagen zum Integritätsnachweis bei Abschaltversagen einzureichen.*

#### **4.4.13.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Das KCH-System zeigte im Überprüfungszeitraum, bis auf wenige Befunde oder Störungen an einzelnen Komponenten, nach Bewertung des KKB keine signifikanten Einschränkungen im Betrieb. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren gewährleistet. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Alle Funktionsprüfungen an Komponenten des KCH-Systems wurden mit positivem Ergebnis abgeschlossen.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI zeigen die Ergebnisse der Betriebsüberwachung, dass sich die Chemie- und Volumenregelsysteme beider Blöcke in einem guten Zustand befinden.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten offenen Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleiteten Forderungen 4.4.13-1 bis 4.4.13-3 stellen weder die Funktion der Chemie- und Volumenregelsysteme noch der Not- und Notstandsperrwassersysteme beider Blöcke beim SSE (ENSI-2015) in Frage.

#### **4.4.14 Notstand-Brunnenwassersystem**

Das Notstand-Brunnenwassersystem hat die Aufgabe bei einer «Einwirkungen von aussen» Kühlwasser für die Notstandssysteme bereitzustellen. Die Notstand-Brunnenwasserpumpe ist in einem von beiden Blöcken gemeinsam genutzten Notstandbrunnen angeordnet und versorgt die verschiedenen Kühlstellen über parallel angeordnete Leitungen. Über eine Verbindungsleitung zwischen den Druckseiten der Notstand-Brunnenwasserpumpen beider Blöcke kann bei Bedarf eine Querverbindung zum jeweils anderen Block erstellt werden. Im Notstand-Brunnenwassersystem sind zur Nachspeisung von Notstand-Brunnenwasser Abzweige zum Notstand-Speisewassersystem und zu den Brennelement-Lagerbecken vorhanden.

##### **4.4.14.1 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Das Notstand-Brunnenwassersystem LNB ist aufgrund seiner Funktion der mechanischen Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Erforderlich für die Störfallbeherrschung sind die mechanischen Komponenten in den Leitungen zur Versorgung der Kühlstellen, zur Wassernachspeisung in das Notstand-Speisewassersystem und in die Brennelement-Lagerbecken sowie zur Erstellung der Querverbindung zum anderen Block.



Alle in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «NS-Brunnenwassersystem (LNB)»<sup>TM-16333</sup> zusammengestellten Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung müssen erst nach dem SSE (ENSI-2015) die Anforderung an die Funktionsfähigkeit erfüllen. Während des SSE (ENSI-2015) ist für die Notstand-Brunnenwasserpumpe die Standsicherheit und für die übrigen Komponenten in dieser Tabelle die Integrität gefordert.

Die in der Tabelle 2-2<sup>TM-16333</sup> für die verschiedenen Systemteilbereiche zusammengestellten Systemauslegungsdaten sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Auslegungsdaten der Spezifikationen sind nach Angabe des KKB konsistent oder konservativ gegenüber den thermohydraulischen Systemanforderungen hinsichtlich Druckes und Temperatur. Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen sind jedoch neben dokumentarischen auch technisch zu bewertende Punkte festgestellt worden:

- Die festgestellten Abweichungen zwischen den Auslegungsanforderungen und den Auslegungstemperaturen einzelner Leitungsabschnitte und Komponenten werden als technisch nicht relevant bewertet, da die Temperatur der betroffenen Komponenten realistischer Weise nicht höher sein wird als die Grundwassertemperatur im Notstandbrunnen.

#### *Qualifikation*

Das KKB führt in der Tabelle 2.1<sup>TM-16333</sup> auf, welche Komponenten des LNB-Systems einen Funktions-, Integritäts- oder Standsicherheitsnachweis für das SSE (ENSI-2015) benötigen. In der Tabelle 2-4 bzw. Beilage 3 sind die jeweils vorhandenen Nachweisdokumente aufgelistet.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Aus Sicht des ENSI sind die mechanischen Komponenten des Notstand-Brunnenwassersystems zur Störfallbeherrschung vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierung der Komponenten sowie die Funktionsanforderungen an sie in der Tabelle 2-1<sup>TM-16333</sup> sind nach Beurteilung des ENSI mit Ausnahme der Funktionsanforderungen an die Notstand-Brunnenwasserpumpe und an die zugehörige Rückschlagklappe LNB 2501 korrekt, da das Notstand-Brunnenwassersystem über den Start des Notstanddiesels direkt angefordert wird. Aufgrund des Verlustes der externen Stromversorgung und der Eigenbedarfsversorgung beim SSE (ENSI-2015) muss davon ausgegangen werden, dass die Notstromdiesel noch während des Erdbebens anlaufen und damit die Funktion der Notstand-Brunnenwasserpumpe und der zugehörigen Rückschlagklappe bereits während SSE (ENSI-2015) erforderlich ist.

#### **Forderung 4.4.14-1**

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die festgelegten Anforderungen an die mechanischen Komponenten des Notstand-Brunnenwassersystems mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung (Pumpe LNB 0001, RSK LNB 2501) anzupassen, indem deren Funktion auch während SSE gefordert wird, und hat diese in die Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 aufzunehmen.*

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16333</sup> sowie die festgestellten Abweichungen sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle des KKB nachvollziehbar und korrekt.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Begründung des KKB, dass die festgestellten Abweichungen von der Auslegungstemperatur nicht relevant sind, ist aus Sicht des ENSI plausibel.

#### *Qualifikation*

Die in Tabelle 2-1<sup>TM-16333</sup> bzw. Beilage 3 aufgeführten Nachweisdokumente wurden vom ENSI stichprobenartig für die Notstand-Brunnenwasserpumpen 19/29LNA 0001 auf Plausibilität und Nachvollziehbarkeit geprüft.

Die explizit für die Brunnenwasserpumpen angegebenen Referenzdokumente wurden im Rahmen der PSÜ 2017 nicht eingereicht. Aus den Referenzdokumenten der anschliessenden Rohrleitung konnte das ENSI Vorgaben zu den Stutzenlasten auf die Pumpen entnehmen. Daraus geht hervor, dass die Stutzenlasten im Service Level D auf die zulässigen Lasten des Service Levels B beschränkt wurden. Damit werden die regelmässigen Funktionstests als repräsentativ für die Anforderungsbedingungen nach SSE (Errichtungszeitpunkt) vom ENSI akzeptiert. Die Überprüfung des Funktionsnachweises für die zum Zeitpunkt der Systemerrichtung (Projekt NANO) angesetzten Lasten nach dem SSE (Errichtungszeitpunkt) wird vom ENSI für die Notstand-Brunnenwasserpumpen 19/29LNB 0001 bestätigt. Ein Funktionsnachweis für die mechanisch aktiven Komponenten des Notstand-Brunnenwassersystems während SSE (Errichtungszeitpunkt) wurde nicht eingereicht.

Die Überprüfung des Vorliegens von Nachweisen bzw. bei fehlenden Nachweisen Bewertung und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung für EK-I-Komponenten ist bereits Gegenstand der Forderung 4.4.2-3. Eine darüber hinaus gehende Forderung ist hier nicht erforderlich

#### **4.4.14.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Das LNB-System zeigte im Überprüfungszeitraum nach Bewertung des KKB keine signifikanten Auffälligkeiten und war jederzeit betriebsbereit und hätte im Anforderungsfall seine sicherheitsrelevanten Funktionen sicher und zuverlässig erfüllen können. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Die Ergebnisse der Prüfungen und Funktionstests bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen in beiden Blöcken.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI hat das Notstand-Brunnenwassersystem einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» kleinere Unstimmigkeiten auf.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen sowie die Forderung 4.4.15-1 in Zusammenhang mit den vom ENSI geforderten Überprüfungen von Erdbebennachweisen (Forderung 4.4.2-3) stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Notstand-Brunnenwassersystems nicht in Frage.

#### **4.4.15 Brunnenwassersystem**

Das Brunnenwassersystem, das mit zwei Pumpen örtliches Grundwasser aus dem Notbrunnen über ein Verteilnetz in beide Blöcke des KKB fördert, liefert bei einem Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung Brunnenwasser auf die Saugseiten der Hilfsspeisewasserpumpen, die damit die Dampferzeuger bespeisen. Daneben kann das Brunnenwassersystem die sicherheitsrelevante Kühlfunktion des Sekundären Zwischenkühlsystems (PKZ) für die Kühlung der Pumpen des Hilfsspeisewassersystems und der Kompressoren des Steuerluftsystems (QIA) übernehmen, wenn das Sekundäre Nebenkühlwassersystem (PRN) oder die Pumpen des PKZ-Systems ausgefallen sind. Zudem kann das System zur direkten Einspeisung von Brunnenwasser in die drucklosen Dampferzeuger eingesetzt werden. Diese Notbespeisung erfolgt nur, wenn weder das Hilfs-, noch das Not- und Notstand-Speisewassersystem verfügbar sind.

#### **4.4.15.1 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die Komponenten des Brunnenwassersystems (LBW) sind mehrheitlich in die mechanische Sicherheitsklasse SK 3 und die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft. Die Komponenten an den Schnittstellen zu den benachbarten Systemen Hilfsspeisewasser (LSN) und Dampferzeuger-Abschlämmung (LBD) sind der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 zugeordnet.

Für die Störfallbeherrschung werden die Komponenten benötigt, die zur Bespeisung der Dampferzeuger mit Brunnenwasser durch die Hilfsspeisewasserpumpen und die zur Durchlaufkühlung des Sekundären Zwischenkühlsystems genutzt werden. Die Anlagenteile zur direkten Einspeisung von Brunnenwasser in den Dampferzeuger werden nicht in der Konformitätsprüfung berücksichtigt, weil mit dem Hilfsspeisewassersystem LSN, dem Notstand-Speisewassersystem LNA und dem Notspeisewassersystem LSE genügend Alternativen zur Dampferzeugerbespeisung zur Verfügung stehen.

Alle Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung, die in der Tabelle 2-1 der technischen Mitteilung «Brunnenwassersystem (LBW)»<sup>TM-16332</sup> zusammengestellt sind, sind der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet und haben während und nach einem SSE (ENSI-2015) weder Anforderungen an die Integrität noch an die Funktionsfähigkeit zu erfüllen. Bis auf die Komponenten, die zur Versorgung des Hilfsspeisewassersystems oder des Sekundären Zwischenkühlsystems benötigt werden und bei denen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten die Anforderung an die Standsicherheit zu überprüfen ist, haben die übrigen Komponenten keine Anforderungen bei einem SSE (ENSI-2015) zu erfüllen.

Die Systemauslegungsanforderungen in Tabelle 2-2<sup>TM-16332</sup> sind konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste. Das KKB weist in einer Fussnote zu dieser Tabelle darauf hin, dass die Auslegung der in SK 2 klassierten Komponenten des Brunnenwassersystems an den Schnittstellen zum Hilfsspeisewassersystem und zur Dampferzeuger-Abschlämmung durch die höheren Anforderungen der benachbarten Systeme bestimmt wird.

###### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Im Rahmen der Überprüfung der Systemauslegung wurde seitens KKB an diversen Komponenten des LBW-Systems Abklärungsbedarf festgestellt. Die betroffenen Komponenten befinden sich bis auf das Handventil 00LBW 9026 und die Druckleitung 00LBW XP 0100 im nicht überwachungspflichtigen Bereich. Sie sind der Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet. Herstellungsunterlagen und Auslegungsnachweise fehlen für diese Komponenten. Bei den Armaturen sind Stempelkontrollen und Materialbestimmungen vorgesehen. Bei den Rohrleitungen 00LBW XP 0100 und 00LBW XP 0400 wurde eine erweiterte Bestandsaufnahme mit Zustandsaufnahmen und Schwachstellenanalysen initiiert. Spannungsanalysen der Rohrleitungen werden als nicht notwendig für die EK I\* deklariert. Die Massnahmen sind als kurzfristig priorisiert. Das Handventil 00LBW 9026 wurde 2005 durch eine baugleiche Armatur getauscht. Herstellungsunterlagen liegen nicht vor.

###### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

In der Zustandsüberprüfung des LBW-Systems wurden an 8 Armaturen und 4 Rohrleitungsabschnitten offene Punkte identifiziert:

- Die Rückschlagklappen x1/x2 LBW 5915 sind nicht im Wiederholungsprüfprogramm enthalten. Sie wurden in die nach SVTI-Festlegung NE-14 prüfpflichtigen Armaturen des Wiederholungsprüfprogramms aufgenommen.
- Bei den Waddickenmessungen der Verbindungsleitungen 11/12 LBW XP 0200 des LBW-Systems zum LBD-System (Dampferzeuger-Abschlämmung und -Entleerung) wurden unverständliche Messergebnisse festgestellt, welche geklärt und ggf. im Rahmen AÜP-Programms zu verfolgen sind. Seitens KKB erfolgten zwischenzeitlich stichprobenweise weitere Waddickenmessungen. Die Vorbehalte der NE05-

Zustandsbewertung können nicht mehr nachvollzogen werden. Es ist kurzfristig eine erweiterte Bestandsaufnahme geplant, innerhalb derer weitere klärende Messungen erfolgen.

- Die Auslegungs- und Betriebsdaten der Sicherheitsklasse 2 zugeordneten Verbindungen des LBW-Systems zum LBD- bzw. LSN-System wurden in der Komponentenliste an die jeweils höheren Drücke und Temperaturen angepasst. Ebenso angepasst wurden die Auslegungs- und Betriebsdaten des Ventils LBW 5927 am Übergang zum Speisewassersystem LSH.

## **Beurteilung des ENSI**

### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten des Brunnenwassersystems zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI insofern vollständig erfasst, dass die direkte Einspeisung mit dem Brunnenwassersystem in die Dampf-erzeuger auch nach Beurteilung des ENSI nicht in der Konformitätsprüfung berücksichtigt werden muss. Die Erdbebenklassierung der Komponenten ist nach Beurteilung des ENSI korrekt, da das System keine aktive Funktion bei der Beherrschung des SSE (ENSI-2015) hat.

Die Systemauslegungsdaten der Komponenten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16332</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht nachvollziehbar und korrekt. Die Klassierung der Komponenten des Brunnenwassersystems an den Schnittstellen zu den benachbarten Systemen sowie die Berücksichtigung der höheren Auslegungsanforderungen bei der Auslegung der Komponenten entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-G01.

### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Komponenten des LBW-Systems, bei denen Abklärungsbedarf festgestellt wurde, sind Teile der Rohrleitungen 00LBW XP 011 und 00LBW XP 0400. Die kurzfristig priorisierte Massnahme einer erweiterten Bestandsaufnahme bewertet das ENSI als angebracht. Nicht nachvollziehbar für das ENSI sind die Angaben, dass Spannungsanalysen für die EK I\* nicht notwendig wären, ohne einer Erläuterung, wie die korrekte Auslegung beurteilt wurde.

## **Forderung 4.4.15-1**

*Im Rahmen der erweiterten Bestandsaufnahme des Brunnenwassersystems ist die Auslegung der Rohrleitungen 00LBW XP 0100 und 10LBW XP 0400 inklusive der enthaltenen Komponenten zu beurteilen. Die Beurteilung der überwachungspflichtigen Komponenten ist dem ENSI bis zum 30. September 2023 einzureichen.*

### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die Aufnahme der Rückschlagklappen LBW 5915 im Bereich der Systemgrenze zum LSN-System sowie die erweiterte Bestandsaufnahme der Rohrleitungsabschnitte 11/12 LBW XP 0200 beurteilt das ENSI als zielführend. Die Anpassung der Auslegungsdaten in der Komponentenliste im Bereich von Systemschnittstellen des LBW-Systems wurde korrekt vorgenommen. Allerdings ist für das ENSI aus den vorgelegten Unterlagen nicht ersichtlich, ob die Eignung der Komponenten für die zum Teil deutlich höheren Auslegungsdaten überprüft und bestätigt wurde.

## **Forderung 4.4.15-2**

- a) Zur Bestätigung der Angaben zur Auslegung sind dem ENSI die Auslegungsdokumente der Rückschlagklappen LBW 5915 sowie der Rohrleitungsabschnitte 11/12 LBW XP 0200 zusammen mit der angepassten Komponentenliste und mit den erforderlichen Referenzdokumenten bis zum 31. März 2023 einzureichen.*
- b) Die Nachweise zur korrekten Auslegung der Komponenten des LBW-Systems an den Schnittstellen zu den LBD/LSN- und LSH-Systemen gemäss angepasster Komponentenliste sind dem ENSI bis zum 30. September 2023 zusammen mit den erforderlichen Referenzdokumenten einzureichen.*

#### **4.4.15.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Das Brunnenwassersystem zeigte im Überprüfungszeitraum nach Bewertung des KKB keine grösseren Einschränkungen im Betrieb, bzw. bei Funktionsprüfungen. Zur Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit von aktiven Komponenten ohne regelmässige Funktionstests wurde als Massnahme eine Reduktion des Instandhaltungsintervalls auf 5 Jahre definiert. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als ausreichend bewertet.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI zeigen die Ergebnisse der Betriebsüberwachung, dass sich die Brunnenwassersysteme beider Blöcke in einem guten Zustand befinden.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten offenen Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleiteten Forderungen 4.4.15-1 und 4.4.15-2 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion der Brunnenwassersysteme beider Blöcke nicht in Frage.

#### **4.4.16 Primäres Nebenkühlwassersystem**

Das Primäre Nebenkühlwassersystem (PRW) dient während des Normalbetriebs und nach Störfällen der Rückkühlung der Wärmetauscher des Primären Zwischenkühlsystems, des Containment-Umluftkühlsystems, der Dampferzeuger-Abschlammung sowie der Elektroräume in der Halonzone mit Aarewasser.

##### **4.4.16.1 Vorkommnisse**

##### **Angaben des KKB**

###### *Wellenbrüche an Nebenkühlwasserpumpen*

Im KKB traten im 2013 insgesamt drei Wellenbrüche an Pumpen des Primären Nebenkühlwassersystems (PRW) auf. Im Block 1 an der Pumpe 10PRW 0001-C (2 Wellenbrüche im Abstand von etwa 10 Monaten) und im Block 2 bei der Pumpe 20PRW 0001-C.

Nach den Wellenbrüchen wurden die betroffenen Pumpen jeweils durch Reserveaggregate ausgetauscht. Bei den Brüchen handelt es sich um Schwingungsbrüche. Im Rahmen der Schadensanalyse wurde zudem eine zu geringe Kerbschlagzähigkeit des Wellenwerkstoffs festgestellt. Als Folgemaassnahme wurden alle primären Kühlwasserpumpen mit neuen Wellen mit einem duktilerem Wellenwerkstoff (Wechsel von ETG 88 auf 1.7227) im Zeitraum von September bis Dezember 2013 ausgerüstet.

###### *Leckage an einer Entleerungsleitung im Rücklauf (Ereignisbericht 14-1006)*

Im Juni 2014 wurde im KKB1 im Rücklauf der PRW-Leitung 10PRW XP 7400 an der Entleerungsleitung bei der Armatur 10PRW 5639 eine Leckage festgestellt. Die betroffene Leitung wurde provisorisch gesichert und die Anlage abgefahren. Um das PRW-System für die Reparatur ausser Betrieb nehmen zu können, wurde der Reaktor entladen. Die Abfuhr der BE-Nachwärmeleistung erfolgte über das vom PRW-System unabhängige Brennstofflager-Notkühlsystem (FEC). Der in der Schweissnaht der Entleerungsleitung aufgetretene Riss hatte sich bis in die PRW-Leitung fortgesetzt. Die Instandsetzung erfolgte durch Austausch des betroffenen Leitungsstücks. Im Rahmen der Schadensanalyse wurde der Riss als Ermüdungsschwingungsriss identifiziert. Als Abhilfemaassnahme wurde die Führung der Entleerungsleitung modifiziert, um so die Schwingungsbelastung zu vermindern.

### *Druckstoss im Primären Nebenkühlwassersystem*

Bei der Inbetriebsetzung der neuen autarken Notstromversorgung durch Dieselgeneratoranlagen (Projekt AUTANOVE) kam es im Jahre 2015 im Block 1 aufgrund zweier geschlossener Isolationsarmaturen des PRW-Systems zu einem Druckstoss in einer Rohrleitung mit Auslenkung eines Kompensators. Weitere Analysen zeigten, dass durch die neue dieselgestützte Notstromversorgung im Notstromfall die Umschaltung auf Notstromversorgung, im Gegensatz zum bisher eingesetzten hydraulischen Wasserkraftwerk, nicht mehr unterbrechungsfrei erfolgt und die PRW-Pumpen für ca. 14 Sekunden ausfallen. Während dieses Unterbruchs entleert sich das zur Aare offene PRW-System teilweise und es kommt an den Hochpunkten der PRW-Leitungen im Containment zu Ausdampfungen, die beim anschliessenden automatischen Start der Pumpen kollabieren. Die hierbei resultierenden Druckänderungen können die Auslegungswerte des Systems überschreiten, sodass Anfang 2016 eine Auslegungsabweichung gemeldet wurde, da die PRW-Rohrleitungen zu den Containment-Umluftkühlern innerhalb des Containments zur Integrität des Containments beitragen.

Auf Basis verschiedener Analysen und Versuchsprogramme wurden Sofortmassnahmen abgeleitet, mit denen bis zur Inbetriebnahme der Anlagen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) für die notstromversorgten PRW-Pumpen bei allen Störfallszenarien Druckstösse im System ausgeschlossen werden konnten. Mit den Sofortmassnahmen waren die nuklearen Schutzziele unter Berücksichtigung des Einzelfehlerkriteriums und der 30-Minuten-Regel für Handmassnahmen gewährleistet. Mit den neuen USV-Anlagen ist der unterbrechungsfreie Betrieb sichergestellt, sodass ein vergleichbares Ereignis ausgeschlossen werden kann.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Wellenbrüche an Nebenkühlwasserpumpen*

Das vom KKB eingereichte Konzept zum Werkstoffwechsel für die Ersatzpumpenwellen sowie der Zeitplan zum Wellentausch wurden vom ENSI akzeptiert und freigegeben.

#### *Leckage an einer Entleerungsleitung im Rücklauf (Ereignisbericht 14-1006)*

Das ENSI akzeptierte den vom KKB vorgesehenen Leitungsaustausch als zielführend und stellte weitere Forderungen:

- Einreichung der abschliessenden Schadensanalyse beim ENSI;
- Übertragbarkeitsprüfung mit Eigenfrequenzanalyse aller vorhandenen Stutzen im PRW-System in beiden Blöcken;
- Ergänzung des Wiederholprüfprogramms für das PRW-System sofern sich aus der Eigenfrequenzanalyse zusätzliche Belastungen ergeben.

Die Forderungen wurden vom KKB termingerecht bearbeitet und nach Prüfung durch das ENSI akzeptiert.

### *Druckstoss im Primären Nebenkühlwassersystem*

Aufgrund des Ereignisses, bei dem ein Kompensator ausgelenkt worden war, forderte das ENSI Ende 2015 die Überprüfung der Auslegung der betroffenen Rohrleitungen des PRW-Systems. Im Zuge weiterer Überprüfungen und Versuche meldete das KKB im Februar 2016 eine Auslegungsabweichung für den Fall eines Notstromfalls während des Restwämebetriebs. Im Mai 2016 reichte das KKB daraufhin thermohydraulische und strukturmechanische Analysen ein und ergriff vorsorglich für ausgewählte Störfälle zusätzliche tempomäre Sofortmassnahmen, um allfällige Druckstösse im PRW-System auszuschliessen. Diesem Vorgehen stimmte das ENSI im Juli 2016 zu. Zeitgleich beantragte das KKB die Umsetzung eines Konzepts zum Einbau einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) für die PRW-Pumpen, mit der im Notstromfall die Stromversorgung der Pumpen bis zur Versorgung durch die hochfahrenden Notstromdiesel sichergestellt ist und auf die Sofortmassnahmen verzichtet werden kann. Der vom ENSI freigegebene Einbau der unterbrechungsfreien Stromversorgung der PRW-Pumpen erfolgte in den Revisionsabstellungen 2017 (Block 2) und 2019 (Block 1), womit das Problem von Druckstössen im PRW-System infolge eines Notstromfalls behoben wurde.

#### 4.4.16.2 Auslegung

##### Angaben des KKB

###### *Klassierungsüberprüfung*

Das Primäre Nebenkühlwassersystem ist mehrheitlich der mechanischen Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet, die zum System gehörenden Containmentdurchführungen sind den Sicherheitsklassen SK 2 und EK I zugeteilt.

Die Auswahl der für die Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten erfolgt auf Basis der zu versorgenden Kühlpfade, die insbesondere der Rückkühlung des Primären Zwischenkühlsystems und der Containment-Umluftkühler dienen. Weitere betrachtete Systemabschnitte sind die Einrichtungen der nebenkühlwasserseitigen Einspeisung zur Versorgung der Containment-Umluftkühler mit Feuerlöschwasser und zur Notkühlung des Primären Zwischenkühlsystems (AM-Massnahmen). Nicht betrachtet werden die Kühlwasserversorgung der Dampferzeugerabschlammung und der Umluftkühler verschiedener Elektroräume, da diese Verbraucher keinen Einfluss auf die Störfallbeherrschung haben.

Bis auf die primären Nebenkühlwasserpumpen, die in EK I\* klassiert sind, sind alle Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Primäres Nebenkühlwasser (PRW)»<sup>TM-16328</sup> in die Erdbebenklasse EK I eingestuft. Alle Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung müssen gemäss der Tabelle 2-1<sup>TM-16328</sup> während und nach einem SSE (ENSI-2015) die Anforderungen an die Integrität erfüllen.

Aufgrund verschiedener Diskussionen mit dem ENSI hat das KKB die seismischen Anforderungen an aktive EK-I\*-Komponenten überprüft und in der technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> neu festgelegt. Für verschiedene Systeme, darunter auch das PRW-System, stellt das KKB in diesem Bericht bezüglich der seismischen Anforderungen an mechanisch aktive EK-I\*-Komponenten fest, dass es sich bei den entsprechenden Einträgen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16328</sup> nicht um die Funktionsanforderungen hinsichtlich einer EK-I-Qualifizierung, sondern um die vorhandenen Robustheiten basierend auf der ursprünglichen Auslegung bei der Anlagenerrichtung handelt. Die Überprüfung des KKB für die einzigen EK-I\*-Komponenten des PRW-Systems mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung, die primären Nebenkühlwasserpumpen, hat ergeben, dass diese keine Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) zu erfüllen haben, dass aber zu prüfen ist, ob von diesen eine Gefährdung für EK-I-Komponenten ausgeht und daher eine Anforderung hinsichtlich «Standicherheit» zu stellen ist.

In Tabelle 2-2<sup>TM-16328</sup> sind für die verschiedenen Systemteilbereiche deren Systemauslegungsanforderungen auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikation zusammengestellt. Die Systemauslegungsanforderungen in dieser Tabelle sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste.

###### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

In der Zustandsüberprüfung des PRW-Systems wurde ein offener Punkt zur Temperaturlauslegung der Vor- und Rücklaufleitung zu den Containment-Umluftkühlern identifiziert:

- Das KKB weist in einer Fussnote zur Tabelle 2-2<sup>TM-16328</sup> darauf hin, dass, auch bei einem Anstieg der Umgebungstemperatur innerhalb des Containments bei Störfallbedingungen auf bis zu 130 °C, eine Auslegungstemperatur von 43 °C für die PRW-Vorlaufleitungen zu den Containment-Umluftkühlern ausreichend ist, da in diesem Fall diese Leitungen von Aarewasser durchströmt werden. Die Auslegungstemperatur von 95 °C für die Rücklaufleitungen von den Containment-Umluftkühlern ist aufgrund neu eingebauter Bypassleitungen um diese Kühler zulässig.

## Beurteilung des ENSI

### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten des Primären Nebenkühlwassersystems zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Das ENSI hatte bereits in dem Gutachten «KKW Beznau II: Gutachten zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung»<sup>HSK14/730</sup> festgestellt, dass das Primäre Nebenkühlwassersystem keine aktive Funktion bei der Beherrschung eines SSE (ENSI-2015) hat. Die in der Tabelle 2-1<sup>TM-16328</sup> vom KKB ursprünglich für die einzigen aktiven EK-I\*-Komponenten, die primären Nebenkühlwasserpumpen, angegebenen Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) wurden in der technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> korrigiert und geben nun diesen Sachverhalt korrekt wieder. Die vom KKB vorgesehene Prüfung einer allfällig erforderlichen Stand-sicherheit dieser Komponenten ist Gegenstand der Forderung 4.4.2-1.

Insgesamt hat das ENSI keine Einwände gegen die angegebenen Klassierungen und Funktionsanforderungen der Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung.

### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16328</sup> entsprechen bis auf die Auslegungstemperatur für die Leitungen im Sicherheitsgebäude den Angaben im Sicherheitsbericht. Containment-Lufttemperaturen von bis zu 130 °C treten bei einem nicht absperrbaren Frischdampfleitungsbruch innerhalb des Containments auf. In einem solchen Fall werden u. a. alle Containment-Umluftventilatoren und die primären Nebenkühlwasserpumpen automatisch vom Reaktorschutzsystem gestartet, sodass nach Beurteilung des ENSI die PRW-Rohrleitungen von Aarewasser durchflossen und damit gekühlt werden. Das ENSI erachtet daher aus verfahrenstechnischer Sicht weitere Massnahmen als nicht erforderlich.

### **4.4.16.3 Gesamtbewertung**

#### **Angaben des KKB**

Das PRW-System zeigte im Überprüfungszeitraum seit 2012 nach Bewertung des KKB einen erhöhten Instandhaltungsaufwand. Die jeweiligen Instandsetzungen erfolgten vorbeugend, sodass der sichere Betrieb des PRW-Systems nicht gefährdet war.

Die Wellenbrüche an den PRW-Pumpen wurden im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogramms analysiert, eine Massnahme ist noch in Arbeit. Die erneut aufgetretene Korrosion an der ausgetauschten Welle wird aktuell verstärkt beobachtet, weitere Massnahmen sind in Abklärung. Es ergeben sich für das PRW-System aus Sicht der Alterungsüberwachung keine Beschränkungen für die geplante Betriebsdauer. Durch die infolge der Vorkommnisse eingeleiteten Abhilfemassnahmen durch Anlagenänderungen sowie weitere Untersuchungen und Ertüchtigungen können vergleichbare Ereignisse zukünftig ausgeschlossen werden. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Die Ergebnisse der Prüfungen und Funktionstests bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen in beiden Blöcken.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

#### **Beurteilung des ENSI**

Das PRW-System hat nach Beurteilung des ENSI einen zufriedenstellenden allgemeinen Zustand und weist bei den Aspekten «Vorkommnisse» und «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die aus Wellenbrüchen herrührenden Vorkommnisse im PRW-System sind nach Beurteilung des ENSI nicht auf mangelnde Instandhaltung oder Alterungsüberwachung zurückzuführen, sondern sind bei diesen früher unklassierten Komponenten mit einer Beschränkung der Überwachung auf lediglich druckbedingte Integritätsanforderungen erklärbar. Die im Rahmen der Vorkommnisbearbeitung durchgeführten Abhilfemassnahmen reduzieren jedoch die Wahrscheinlichkeit des wiederholten Auftretens derartiger Vorkommnisse.



Weder die Vorkommnisse noch der vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellte offene Punkt aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Primären Nebenkühlwassersystems in Frage.

#### **4.4.17 Primäres Zwischenkühlsystem**

Das Primäre Zwischenkühlsystem (KAC) ist ein geschlossener Kühlkreislauf, der während des Normalbetriebs und nach Störfällen die Wärme von verschiedenen Komponenten der Primäranlage aufnimmt und diese an das Primäre Nebenkühlwassersystem abgibt.

##### **4.4.17.1 Auslegung**

#### **Angaben des KKB**

##### *Klassierungsüberprüfung*

Das Primäre Zwischenkühlsystem ist mehrheitlich der mechanischen Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet, die Containmentdurchführungen mit den äusseren Absperrungen sind der Sicherheitsklasse SK 2 zugeteilt.

Die für die Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten umfassen, neben den Komponenten des KAC-Systems, die für dessen Betrieb und Kühlung benötigt werden (u. a. Zwischenkühlpumpe und Zwischenkühler), die Vor- und Rücklaufleitungen zu und von den zu versorgenden Kühlstellen. Die wesentlichen bei einer Störfallbeherrschung zu versorgenden Stellen sind die Wärmetauscher zur Kühlung der Lagerpartien verschiedener Pumpen, des Restwärmesystems und des Wassers in den Brennelement-Lagerbecken.

Bis auf zwei in EK I klassierte Armaturen sind alle Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Primäres Zwischenkühlsystem (KAC)»<sup>TM-16330</sup> in die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft. Gemäss der Tabelle 2-1<sup>TM-16330</sup> müssen alle Komponenten während und nach einem SSE (ENSI-2015) integer bleiben.

Aufgrund verschiedener Diskussionen mit dem ENSI hat das KKB die seismischen Anforderungen an aktive EK-I\*-Komponenten überprüft und in der technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> neu festgelegt. Für verschiedene Systeme, darunter auch das KAC-System, stellt das KKB in diesem Bericht bezüglich der seismischen Anforderungen an mechanisch aktive EK-I\*-Komponenten fest, dass es sich bei den entsprechenden Einträgen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16330</sup> nicht um die Funktionsanforderungen hinsichtlich einer EK-I-Qualifizierung sondern um die vorhandenen Robustheiten basierend auf der ursprünglichen Auslegung bei der Anlagenerrichtung handelt. Die Überprüfung des KKB für alle EK-I\*-Komponenten des KAC-Systems mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung hat ergeben, dass diese keine Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) zu erfüllen haben, dass aber zu prüfen ist, ob von diesen eine Gefährdung für EK-I-Komponenten ausgeht und daher eine Anforderung hinsichtlich «Standicherheit» zu stellen ist.

Die in der Tabelle 2-2<sup>TM-16330</sup> für die verschiedenen Systemteilmbereiche zusammengestellten Systemauslegungsdaten sind weitgehend konsistent oder konservativ zu den Angaben im Sicherheitsbericht und in der Komponentenliste. In einer Fussnote zu dieser Tabelle weist das KKB darauf hin, dass für die Auslegung der Leitungen im Sicherheitsgebäude die Umgebungstemperatur von bis zu 130 °C bei Störfallbedingungen und nicht die bisherige Auslegung auf 93 °C auslegungsbestimmend ist.

##### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

In der Zustandsüberprüfung des KAC-Systems wurden bei 12 Komponenten offene Punkte identifiziert:

- Bei den Restwärmekühler-Austritts-Schiebern 10KAC MOV 0745-A/B konnten keine Prüfbescheinigungen der drucktragenden Teile vorgewiesen werden. Mit den 2005 durchgeführten Spektralanalysen wurden das Material von Gehäuse und Deckel analysiert. Mittelfristig sind Wanddickenmessungen und Dimensionierungsnachrechnungen geplant.

- Bei 11 Rohrleitungsabschnitten im Anschluss an Containmentdurchführungen sollen Stempelungsvergleiche und stichprobenweise Charakterisierungen der chemischen Zusammensetzung mittels mobiler Spektroskopie erfolgen, um die vorhandenen aber nicht zuordenbaren Materialprüfbescheinigungen plausibilisieren zu können. Weiterhin sollen Wanddickenmessungen und Wanddickenberechnungen durchgeführt werden. Die offenen Punkte sollen mittelfristig erledigt werden. Als Ersatz für die fehlenden seismischen Spannungsnachweise sind keine Massnahmen vorgesehen. Das KKB weist darauf hin, dass die erforderliche Überwachung durch den Sachverständigen basierend auf den Richtlinien HSK-R-05 und HSK-R-06 mit der Richtlinie ENSI-G11 von grösser DN 25 auf grösser DN 50 geändert wurde.

## Beurteilung des ENSI

### Klassierungsüberprüfung

Die mechanischen Komponenten des Primären Zwischenkühlsystems zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Das ENSI hatte bereits in dem Gutachten «KKW Beznau II: Gutachten zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung»<sup>HSK14/730</sup> festgestellt, dass das Primäre Zwischenkühlsystem keine aktive Funktion bei der Beherrschung eines SSE (ENSI-2015) hat. Die für die EK-I\*-Komponenten in der Tabelle 2-1<sup>TM-16330</sup> vom KKB ursprünglich angegebenen Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) wurden in der technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> korrigiert und geben mit einer Ausnahme nun diesen Sachverhalt korrekt wieder. Die Ausnahme betrifft die Komponenten der Sicherheitsgebäudeisolation, die in der Position normal offen stehen und nach einem SSE (ENSI-2015) geschlossen werden müssen, und daher in die Erdbebenklasse EK I einzustufen sind (siehe Forderung 4.4.18-1 in Kap. 4.4.18). Die vom KKB vorgesehene Prüfung einer allfällig erforderlichen Standsicherheit von Komponenten des Primären Zwischenkühlsystems ist Gegenstand der Forderung 4.4.2-1.

Insgesamt hat das ENSI keine Einwände gegen die angegebenen Klassierungen und Funktionsanforderungen der Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung.

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16330</sup> entsprechen bis auf die Auslegungstemperatur der Leitungen im Sicherheitsgebäude den Angaben im Sicherheitsbericht. Das ENSI stimmt mit dem KKB überein, dass für die Leitungen im Sicherheitsgebäude die Umgebungstemperatur von 130 °C auslegungsbestimmend ist und der Sicherheitsbericht entsprechend zu präzisieren ist.

### Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05

Die vorgesehenen Massnahmen zur Behebung der Dokumentationslücke bei den Restwärmekühler-Austrittschiebern 10KAC MOV 0745-A/B sind aus Sicht des ENSI in weiten Teilen zielführend. Die Ventile sind mechanisch aktiv ohne Funktionsanforderung im SSE (ENSI-2015) und der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet. Die Ventile zum Abschluss der Containmentdurchdringungen (10KAC MOV 0745-A/B) sind im Leistungsbetrieb geschlossen. Die Ergebnisse der Materialanalysen wurden mit Brief vom 2. Dezember 2005 vom Sachverständigen akzeptiert. Die Betriebs- und Erdbebensicherheit der Rohrleitungsabschnitte wurden in der NE-05-Zustandsbewertung des Sachverständigen nicht bestätigt. Im Walkdown-Bericht von 2007 wird hierzu festgehalten, dass bei den KAC- und PRW-Rohrleitungen innerhalb des Containments und innerhalb Hilfsanlagegebäude C keine Horizontalführungen ersichtlich sind und Halterungsversagen infolge zu grosser Querverschiebungen im Einzelfall beurteilt werden muss. Die Funktion der Sicherheitsgebäudeisolation muss nach Beurteilung des ENSI im Sinne einer weiteren Verminderung der Gefährdung auch bei Erdbeben gegeben sein (siehe Forderung 4.4.18-1 in Kap. 4.4.18).

## 4.4.17.2 Gesamtbewertung

### Angaben des KKB

Das KAC-System zeigte im Überprüfungszeitraum nach Bewertung des KKB im Rahmen der Instandhaltung keine signifikanten Auffälligkeiten. Es wurden keine sicherheitstechnisch relevanten Einschränkungen im Betrieb bzw. bei den Funktionsprüfungen festgestellt. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren jederzeit

ausreichend gewährleistet. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Die Ergebnisse der Prüfungen und Funktionstests bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen in beiden Blöcken.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

### **Beurteilung des ENSI**

Das KAC-System hat nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» Auffälligkeiten auf. Die daraus folgende Forderung dient der weiteren Verminderung der Gefährdung bei Erdbeben.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten offenen Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 und die Forderung 4.4.18-1 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Primären Zwischenkühlsystems nicht in Frage.

#### **4.4.18 Sicherheitsgebäudeabspernung (inkl. Isoliersperrwassersystem)**

Das Sicherheitsgebäude besteht aus einer Stahldruckschale (Containment) und einer mit Stahlblech ausgekleideten Sicherheitsgebäudehülle. Die Absperrungen der Rohrleitungen, die bei den Durchführungen in das bzw. aus dem Sicherheitsgebäude geführt werden, sollen nach einem Störfall den Austritt radioaktiver Stoffe aus dem Luftraum des Containments in die Umgebung verhindern.

Das Isoliersperrwassersystem KIV, das bei verschiedenen Durchführungen zum Einsatz kommt, speist inaktives Wasser entweder in den Zwischenraum der Schieberplatten von Plattenschiebern oder in den Zwischenraum zweier geschlossener Absperrarmaturen und verhindert dadurch den Austritt von Leckagen aus dem Containment bei allfälligen Undichtigkeiten dieser Absperrarmaturen.

##### **4.4.18.1 Änderungen**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat hinsichtlich der Sicherheitsgebäudeisolation ein Konzept erarbeitet, das eine Ertüchtigung verschiedener Durchführungen für die Ausführung zusätzlicher Dichtheitsprüfungen (Typ C) vorsieht. Zudem ist in diesem Konzept eine Erweiterung des Isoliersperrwassersystems für die Versorgung weiterer Isolationsarmaturen mit Sperrwasser enthalten. Das ENSI hat dem Konzept zum Umfang der Dichtheitsnachweise, welches das KKB mit der technischen Mitteilung «Konzept zum Umfang der Dichtheitsnachweise von Rohrleitungsdurchdringungen am Containment»<sup>TM-636-RA11015</sup> eingereicht hat, zugestimmt. Das Konzept beinhaltet seismische Nachweise und wird in den kommenden Jahren in mehreren Phasen umgesetzt.

### **Beurteilung des ENSI**

Dem Konzept zur Erweiterung des Isoliersperrwassersystems hatte das ENSI bereits im September 2018 auf Basis einer früheren Revision der technischen Mitteilung «Konzept zum Umfang der Dichtheitsnachweise von Rohrleitungsdurchdringungen am Containment»<sup>TM-636-RA11015</sup> grundsätzlich zugestimmt. Erst mit der aktuellen Revision dieses Konzeptes wurde der Umfang sowohl der durch das Isoliersperrwassersystem versorgten Isolationseinrichtungen als auch der vorgesehenen Dichtheitsprüfungen (Typ C) definitiv festgelegt. Das ENSI stimmte im September 2019 daraufhin dem Konzept als Basis für den Umfang der Anbindungen an das KIV-System zu und erteilte im August 2020 die Freigabe der Hierarchiestufe 2 zur Erweiterung des Isoliersperrwassersystems. Mit der geplanten Änderung wird nach Beurteilung des ENSI die seismische Robustheit des Systems verbessert und der zukünftige Prüfaufwand für das KKB reduziert.

#### **4.4.18.2 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die das Containment und die Sicherheitsgebäudehülle durchdringenden Leitungsabschnitte sind mit den zugehörigen Absperrarmaturen der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Die Komponenten des Isoliersperrwassersystems (KIV) sind als Hilfssystem in SK 3 / EK I und der Rohrleitungsbereich vor einer versorgten Sicherheitsgebäudeisoliationsarmatur einschliesslich der letzten Armatur in SK 2 / EK I eingestuft.

Für die Sicherheitsgebäudeisolation werden die mechanischen Komponenten in den Rohrleitungen betrachtet, die das Containment sowie die Sicherheitsgebäudewand durchdringen. Ausgenommen von der Sicherheitsgebäudeisolation sind zum einen durchführende Leitungen von Systemen, die eine Sicherheitsfunktion zur Störfallbeherrschung zu erfüllen haben und daher nicht abgesperrt werden dürfen. Zum anderen sind durchführende Leitungen hinsichtlich der Sicherheitsgebäudeisolation nicht zu berücksichtigen, über die bei einem Störfall kein Freisetzungspfad möglich ist (innerhalb oder ausserhalb des Containments geschlossene und gegen Trümmer geschützte Rohrleitungen) oder die aufgrund ihres Leitungsdurchmessers in Summe eine vernachlässigbare Leckrate haben.

In der Tabelle 2-1 der technischen Mitteilung «Sicherheitsgebäudeisolation (inkl. KIV)»<sup>TM-16313</sup> sind die mechanischen Komponenten, die bei den verschiedenen Durchführungen für die Sicherheitsgebäudeisolation notwendig sind, aufgelistet. Auf Basis der Festlegungen in der technischen Mitteilung «Konzept zum Umfang der Dichtheitsnachweise von Rohrleitungsdurchdringungen am Containment»<sup>TM-636-RA11015</sup> ist in dieser Tabelle für jede dieser Komponente angegeben, ob diese einem Dichtheitstest (Typ C) zu unterziehen oder mit Isoliersperrwasser zu beaufschlagen ist.

Die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung (für die Sicherheitsgebäudeisolation) sind in der Tabelle 2-2<sup>TM-16313</sup> zusammengestellt. Diese Komponenten, die entweder in der Erdbebenklasse EK I oder EK I\* eingestuft sind, müssen alle während und nach einem SSE (ENSI-2015) die Anforderungen an die Integrität erfüllen.

Aufgrund verschiedener Diskussionen mit dem ENSI hat das KKB die seismischen Anforderungen an aktive EK-I\*-Komponenten überprüft und in der technischen Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> neu festgelegt. Die Überprüfung des KKB für alle EK-I\*-Komponenten der Sicherheitsgebäudeisolation mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung hat ergeben, dass diese keine Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) zu erfüllen haben, dass aber bei verschiedenen Komponenten zu prüfen ist, ob von diesen eine Gefährdung für EK-I-Komponenten ausgeht und daher eine Anforderung hinsichtlich «Standicherheit» zu stellen ist.

In der Tabelle 2-3<sup>TM-16313</sup> sind die Systemauslegungsdaten für die verschiedenen Systemteilbereiche des Isoliersperrwassersystems sowie für die Sicherheitsgebäudeisoliationsarmaturen aufgeführt. Die Zusammenstellung basiert auf den Angaben im Sicherheitsbericht oder in der Systemspezifikation für den entsprechenden Anlagenteil, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsanforderungen sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und in der Komponentenliste.

###### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

In einer Fussnote zu der Tabelle 2-3<sup>TM-16313</sup> weist das KKB darauf hin, dass die Leitung in der Durchführung A-1 (Druckleitung Sicherheitsgebäude-Entwässerungstank, Isolationsventile KWD AOV 7000-A/-B) über eine Armatur (KWD 8118) mit der Leitung in der Durchführung D-4 (Rezirkulationsleitung) in Verbindung steht. Bei einem unterstellten Einzelfehler dieser Armatur (Offenstehen, Undichtigkeit) kann es zu einem Druckaufbau auf bis zu 20,7 bar vor den Isolierventilen der Durchführung D-4 kommen.

Das KKB sieht eine erneute kurzfristige Überprüfung der Auslegungsanforderung und der Nachweise der Armaturen KWD AOV 7000-A/-B bis Ende 2020 vor. Gegebenenfalls wird die Ertüchtigung der Armaturen KWD

AOV 7000-A/-B im Bereich der Sicherheitsgebäudeisolation der Gas-Probenahme des Sicherheitsgebäude-Entwässerungstanks entsprechend der Auslegungsanforderungen (20,7 bar bei 130 °C) bis Ende 2021 geplant.

#### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

In der Zustandsüberprüfung der Sicherheitsgebäudeisolation wurden bei den Absperrarmaturen von mehreren Durchdringungen offene Punkte identifiziert:

- Für 5 Motor-Armaturen im JCS-System, 4 Motor-Armaturen im KAC-System und 4 pneumatisch angesteuerte Armaturen im LBD-System liegt keine ausreichende Herstellungsdocumentation vor. Bei baugleichen Armaturen im Block 2 ist die erforderliche Dokumentation teilweise vorhanden. Mittelfristig sind zur Behebung der Dokumentationslücke Stempelungsvergleiche, Spektroskopieanalysen, Wanddickenmessungen und Wanddickenvergleiche vorgesehen.

#### *Qualifikation*

Das KKB führt in der Tabelle 2-2<sup>TM-16313</sup> auf, welche Komponenten der Sicherheitsgebäudeisolation einen Funktions- oder Integritätsnachweis für das SSE (ENSI-2015) benötigen. In den Tabellen 2-11 bis 2-15 bzw. Beilage 3 sind die jeweils vorhandenen Nachweisdokumente aufgelistet.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Der Umfang der mechanischen Komponenten für die Sicherheitsgebäudeisolation in den Tabellen 2-1<sup>TM-16313</sup> und 2-2<sup>TM-16313</sup> stimmen mit dem in der technischen Mitteilung «Konzept zum Umfang der Dichtheitsnachweise von Rohrleitungsdurchdringungen am Containment»<sup>TM-636-RA11015</sup> überein. Diese technische Mitteilung war vom KKB aufgrund einer Forderung des ENSI aus einem früheren Gutachten eingereicht und vom ENSI freigegeben worden, sodass aus Sicht des ENSI der Umfang der Sicherheitsgebäudeisolutionsarmaturen ausreichend begründet und nach Bewertung des ENSI vollständig erfasst ist. Auch decken sich die Angaben bei den einzelnen Armaturen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16313</sup> hinsichtlich des erforderlichen Dichtheitsnachweises mit den Festlegungen in der technischen Mitteilung.

Nach Beurteilung des ENSI hat das Containment als wichtige Barriere zum Einschluss radioaktiver Stoffe eine hohe sicherheitstechnische Bedeutung. Diese Bedeutung hat sich in Bezug auf die frühe Störfallphase zur Beherrschung des SSE (ENSI-2015) aufgrund der Nachrüstung eines zweiten, seismisch robusten Abfahrpfades im Projekt AUTANOVE und aufgrund des Nachweises der Primärkreisintegrität bei einem SSE (ENSI-2015) im Rahmen der bisherigen Erdbebennachweise verringert. Allerdings ist die Sicherheitsgebäudeisolation vor dem langfristig zu ergreifenden Abfahren der Anlage mit den Notstandsystemen erforderlich. Hierbei wird Primärkühlmittel kontrolliert in den Containmentsumpf abgelassen und gekühlt in den Reaktordruckbehälter zurückgefördert. Daher müssen aus Sicht des ENSI alle nicht zur Störfallbeherrschung erforderlichen Sicherheitsgebäude-Durchdringungen, sofern diese nicht ohnehin geschlossen verriegelt sind, isoliert werden können. Auf eine Absperrung kann nur dann verzichtet werden, wenn für die innerhalb des Containments liegenden Leitungsbereiche ein Integritätsnachweis bei SSE (ENSI-2015) vorliegt und diese Leitungen nicht mit dem Primärkreis in Verbindung stehen bzw. von diesem abgesperrt werden bzw. sind.

Diesen Grundsatz spiegeln die Angaben in der Tabelle 2-2 der Technischen Mitteilung «Sicherheitsgebäudeisolation (inkl. KIV)»<sup>TM-16313</sup> nicht wider, da dort generell für Isolationsarmaturen nur ein Integritätserhalt oder eine Überprüfung auf Standsicherheit gefordert wird, obwohl eine Vielzahl der Armaturen entweder vor Ort per Hand geschlossen werden muss, selbsttätig schliesst oder einen Schliessbefehl erhält.

#### **Forderung 4.4.18-1**

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Komponenten der Sicherheitsgebäudedurchdringungen (Armaturen und Rohrleitungsabschnitte mit Containmentcharakter) in die Erdbebenklasse EK I einzustufen und die Anforderungen an diese Armaturen und Rohrleitungen zu überarbeiten. Hierbei sind auch mögliche Einwirkungen der anschliessenden, niedriger klassierten Rohrleitungsabschnitte auf die Komponenten der Sicherheitsgebäudedurchdringungen zu berücksichtigen. Insbesondere sind die Einstufungen der Isolations- und Absperrarmaturen als mechanisch aktiv während und nach dem SSE (ENSI-2015) zu überprüfen und festzulegen. Diese Anforderungen sind in die Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 aufzunehmen.*

##### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-3<sup>TM-16313</sup> sowie die festgestellten Abweichungen der Armaturen KWD AOV 7000-A/-B sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle des KKB nachvollziehbar und korrekt. Insbesondere hat sich das ENSI anhand der Angaben in der technischen Mitteilung «Sicherheitseinspeisesystem (JSI)»<sup>TM-16304</sup> davon überzeugt, dass es bei einem Einzelfehler zu einem Druckaufbau von bis zu 20,7 bar bei den Isolierventilen der Durchführung D-4 kommen kann.

Das KKB hat die geplante Überprüfung der Auslegung der Armaturen KWD AOV 7000-A/-B vorgenommen. Die daraus abgeleitete Nachrüstungsmaßnahme wird vom ENSI akzeptiert. Die Umsetzung dieser Maßnahme verfolgt das ENSI im laufenden Aufsichtsverfahren.

##### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die vorgesehenen Massnahmen zur Schliessung der Dokumentationslücke anerkennt das ENSI als zielführend. Die mittelfristige Priorisierung wird seitens ENSI akzeptiert.

Gemäss SVTI-Brief vom 02. Dezember 2005 wurden die mobilen Materialanalysen an den JAC-Armaturen und den KAC-Armaturen bereits durchgeführt und vom SVTI bestätigt und akzeptiert.

Zur Gewährleistung der Integrität der LBD RCV Rückschlagklappen wurden gemäss Zustandsbeurteilung NE-05 die im Zusammenhang mit dem Projekt REQUA zu qualifizierenden anschliessenden Rohrleitungsbecken der Durchdringungen F2 und F5 bis zu den ersten Festpunkten mit Brief vom 28.03.2006 vom Sachverständigen akzeptiert.

##### *Qualifikation*

Die zuverlässige Absperrung der ebenfalls zur Sicherheitsgebäudeisolation gehörenden, im Leistungsbetrieb offenen Armaturen in Anschlussleitungen an die Dampferzeuger (Durchdringungen F01 – F06, Systeme LBD, LBW und KWD) hat im Hinblick auf die Sicherstellung der Dampferzeugerbespeisung und damit der sekundärseitigen Nachwärmeabfuhr eine hohe sicherheitstechnische Bedeutung. Die in den Tabellen 2-13 und 2-14 bzw. Beilage 3 aufgeführten Nachweisdokumente wurden vom ENSI stichprobenartig für die Isolationsarmaturen der Dampferzeuger LBD 0064-A bis D auf Plausibilität und Nachvollziehbarkeit geprüft. Ein Funktionsnachweis für diese mechanisch aktiven Komponenten wurde nicht eingereicht.

Die Überprüfung des Vorliegens von Nachweisen bzw. bei fehlenden Nachweisen Bewertung und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung für EK-I-Komponenten ist bereits Gegenstand der Forderung 4.4.2-3. Eine darüber hinausgehende Forderung ist hier nicht erforderlich.

#### **4.4.18.3 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Die Sicherheitsgebäudeisolation und das Isoliersperrwassersystem zeigten im Überprüfungszeitraum keine signifikanten Auffälligkeiten. Aus Sicht der Betriebserfahrung waren die Sicherheitsgebäudeisolation und das KIV-System inkl. der elektrischen Komponenten zu jeder Zeit in der Lage, ihre sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Die Ergebnisse der

Prüfungen und Funktionstests bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen in beiden Blöcken.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

### **Beurteilung des ENSI**

Die Sicherheitsgebäudeisolation und das KIV-System haben nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand.

Das ENSI hat im Rahmen der Überprüfung der Aktualisierung des nach den Ereignissen von Fukushima vom ENSI verlangten Nachweises «Erdbeben» festgestellt<sup>ENSI/14/2951</sup>, dass basierend auf den mittels Fragility-Analysen bestimmten Erdbebenfestigkeiten die Integrität des Containments als Barriere auch unter den neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 gewährleistet ist (vgl. Kap. 2.3.2.1). Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen und die offenen Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05, die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.18-1 und die geforderten Überprüfungen von Erdbebennachweisen (Forderung 4.4.2-3) stellen die Funktion der Sicherheitsgebäudeisolation beider Blöcke nach einem SSE (ENSI-2015) nicht in Frage.

#### **4.4.19 Gefilterte Druckentlastung**

Das System zur gefilterten Druckentlastung ermöglicht bei einem auslegungsüberschreitenden Störfall das bewusste Druckentlasten des Primärcontainments über ein Filtersystem und verhindert dadurch ein Überdruckversagen mit unkontrollierter Freisetzung von radioaktiven Stoffen. Das System führt die Containment-Atmosphäre über eine Schmutzgasleitung einem Filter (Nasswäscher) zu, von dem das gereinigte Gas über die Reingasleitung an die Umgebung abgegeben wird. Das Öffnen der Schmutzgasleitung erfolgt vor dem Eintritt in den Filter über einen passiven Entlastungspfad (Berstscheibe) und über einen, dazu parallel angeordneten, aktiven Pfad (Absperrklappen).

##### **4.4.19.1 Auslegung**

#### **Angaben des KKB**

##### *Klassierungsüberprüfung*

Die Komponenten des Systems zur gefilterten Druckentlastung sind inklusive der Containmentdurchführungen und der beiden Entlastungspfade der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Stromabwärts der Berstscheibe und der Absperrklappen des aktiven Entlastungspfades sind die Komponenten, inklusive des Filters, in die Sicherheitsklasse SK 4 und die Erdbebenklasse EK I eingestuft. Die Reingasleitung ist unklassiert.

Für die Störfallbeherrschung werden die mechanischen Komponenten in dem Druckentlastungspfad bis und mit dem Filter benötigt.

Alle Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung, die in der Tabelle 2-1 der technischen Mitteilung «Gefilterte Druckentlastung SIDRENT»<sup>TM-16316</sup> zusammengestellt sind, sind in die Erdbebenklasse EK I eingestuft, müssen während und nach einem SSE (ENSI-2015) integer bleiben und bei auslegungsüberschreitenden Störfällen funktionstüchtig sein.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16316</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikation zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Gemäss dieser Tabelle sind alle Komponenten in der Schmutzgasleitung vom Containment, über den aktiven und den passiven Entlastungspfad bis zum Filter auf einen Überdruck von 5,4 bar und eine Temperatur von 166 °C auszulegen.

Für die in SK 4 klassierten Anlagenteile führt das KKB aus, dass die Berstscheibe spätestens bei einem Überdruck von 4,4 bar öffnet und damit die Auslegung dieser Komponenten ausreichend ist. Dennoch weist das

KKB für diesen Bereich eine Auslegungsabweichung von der nominellen Auslegungsanforderung (5,4 bar) aus. Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16316</sup> sind konsistent oder konservativ zu den komponentenspezifischen zulässigen Werten.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Bei der Überprüfung der seismischen Robustheit der Thiosulfat-Einspeisung (SK 4) wurden kurzfristig umzusetzende Massnahmen zur Vermeidung von seismischen Interaktionen erkannt.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Die zur Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten des Systems zur gefilterten Druckentlastung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierung der Komponenten sowie deren Funktionsanforderungen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16316</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt angegeben.

Die Schmutzgasleitung bis und mit der Berstscheibe sowie der Absperrklappen des aktiven Entlastungspfades ist dem Einschluss radioaktiver Stoffe des Containments zugeordnet und korrekt in die SK 2 eingestuft. Der Bereich ist auf 10 bar und 166 °C ausgelegt und deckt die nominellen Auslegungsanforderungen ab. Das ENSI hat sich anhand des Sicherheitsberichtes und der Systemspezifikation davon überzeugt, dass die in SK 4 klassierten Anlagenteile auf 5 bar und 132 °C ausgelegt sind und dass eine automatische Druckentlastung über die Berstscheibe bei einem Überdruck von 4,2 bar erfolgt. Nach Beurteilung des ENSI ist damit auch dieser Systembereich ausreichend ausgelegt. Die Gründe, warum das KKB die nominellen Auslegungsanforderungen auf 5,4 bar und 166 °C für einen weiteren Teil des Systems neu festlegt und dann keine Überprüfung der Ausführung durchgeführt hat, sind aus Sicht des ENSI nicht nachvollziehbar und seitens des KKB zu erläutern. Nach Beurteilung des ENSI ist eine Auslegung der in SK 4 klassierten Anlagenteile auf 5,4 bar und 166 °C nicht erforderlich, da der Druck in diesem Systembereich durch die Berstscheibe begrenzt wird.

#### **Forderung 4.4.19-1**

*Das KKB hat die Systemauslegungsanforderungen für die in SK 4 klassierten Anlagenteile des Systems zur gefilterten Druckentlastung neu festzulegen, die technische Mitteilung «Gefilterte Druckentlastung SIDRENT»<sup>TM-16316</sup> entsprechend zu überarbeiten und diese dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen. Alternativ können bis zu diesem Termin auch Nachweise eingereicht werden, aus denen hervorgeht, dass der genannte Systembereich für einen Überdruck von 5,4 bar und 166 °C ausgelegt ist.*

Die Richtlinie ENSI-G02 «Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke» wurde im August 2019 um spezifische Auslegungsanforderungen erweitert und ersetzt seitdem u. a. die alte Richtlinie HSK-R-40 und war damit noch nicht Teil der PSÜ 2017. Die aktualisierte Richtlinie ENSI-G02 enthält nicht nur Anforderungen an die vom KKB ausgewiesenen Rückhaltefaktoren der gefilterten Containment-Druckentlastung für Aerosole und elementares Iod, sondern neu auch in Anhang A3.2 an die Rückhaltung von organischem Iod. Es ist unklar, inwieweit das bestehende System des KKB zur gefilterten Druckentlastung diese neue Anforderung erfüllt.

#### **Forderung 4.4.19-2**

*Das KKB hat zu prüfen, ob das System zur gefilterten Druckentlastung des Containments (SIDRENT) einen Rückhaltefaktor von 10 für organisches Iod aufweist. Die Ergebnisse sind in einem Bericht darzulegen, der dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen ist.*

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Das ENSI erachtet die kurzfristige Beseitigung von möglichen seismischen Interaktionen als notwendige Massnahme, damit die Funktion der gefilterten Druckentlastung nach einem SSE (ENSI-2015) gewährleistet bleibt.



#### **4.4.19.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Die sicherheitstechnischen Funktionen der gefilterten Druckentlastung waren jederzeit gewährleistet. Alle Funktionsprüfungen an den zu prüfenden Komponenten wurden mit positivem Ergebnis abgeschlossen.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Das System zur gefilterten Druckentlastung hat nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleiteten Forderungen 4.4.19-1 und 4.4.19-2 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Systems zur gefilterten Druckentlastung nicht in Frage.

#### **4.4.20 Containment-Sprühsystem**

Mit dem Containment-Sprühsystem kann der Dampf, der bei einem Kühlmittelverluststörfall oder einem Bruch der Frischdampf- oder Speisewasserleitung ins Containment austritt, durch das Einsprühen von Wasser aus dem BOTa in die Containment-Atmosphäre kondensiert werden. Hierdurch wird eine schnelle Absenkung des Drucks und der Temperatur im Containment erreicht. Nach der Erschöpfung des Borwasservorrates im BOTa kann Borwasser von den Sicherheitseinspeise-Rezirkulationspumpen aus dem Rezirkulationssumpf in die Leitung zum Containmentsprühen gefördert werden.

##### **4.4.20.1 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten, die für die Störfallbeherrschung mit den Containment-Sprühpumpen benötigt werden, umfassen den BOTa, die Saugleitung aus dem BOTa, die beiden parallel angeordneten Sprüh-pumpen einschliesslich ihrer Mindestmengenleitung, die anschliessende Druckleitung sowie die Sprühleitungen mit den Sprühdüsen in der Containment-Kuppel. Weiterhin gehören die Rezirkulationsleitungen, mit denen Sumpfwasser über die Restwärmekühler oder über die Notstand-Sicherheitseinspeisepumpe in die Sprühleitungen und zu den Sprühdüsen gefördert werden kann, sowie die Rezirkulationsleitungen des Sicherheitseinspeisesystems dazu.

Die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Containmentsprühsystem (JCS)»<sup>TM-16305</sup> zusammengestellt. Alle Komponenten in dieser Tabelle sind mit Ausnahme einer Rückschlagklappe und einer Motorarmatur, die beide in EK I\* klassiert sind, der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Bis auf die Komponenten, mit denen ein erdbebenbedingtes Entleeren des BOTa verhindert wird und die während und nach einem SSE (ENSI-2015) integer bleiben müssen, haben die übrigen Komponenten, wenn überhaupt, Anforderungen an die Standsicherheit zu erfüllen. Ob von diesen Komponenten eine Gefährdung für EK-I-Komponenten ausgeht und daher eine Anforderung hinsichtlich «Standsicherheit» zu stellen ist, ist aber noch zu prüfen.

Die in der Tabelle 2-2<sup>TM-16305</sup> für die verschiedenen Systemteilmbereiche zusammengestellten Systemauslegungsdaten sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste. Das KKB weist in einer Fussnote zu dieser Tabelle 2-2<sup>TM-16305</sup> darauf hin, dass bei der Hochdruck-Sicherheitseinspeise-Rezirkulation mit der Sicherheitseinspeisepumpe B und undichter Absperrarmatur zwischen den Saugseiten der Sicherheitseinspeise- und der Sprühpumpen (JSI MOV 0905) die Temperatur im Bereich der Sprühpumpen nicht über deren Auslegungswert von 43,3 °C ansteigt. Nur wegen der Hochdruck-Sicher-

heitseinspeise-Rezirkulation mit der Sicherheitseinspeisepumpe C, deren Einsatz in einzelnen Notfallvorschriften vorgesehen ist und nur in der Sicherheitsebene 4 auftritt, ist die Saug- und Druckleitung der Sprühpumpen bis vor die Sicherheitsgebäudeabschlussarmaturen für 93 °C ausgelegt. In der Vorschrift UR-R-SAG-6 wird für diesen Fall auf die ungenügende Auslegung der Sprühpumpen hingewiesen und der Benutzer aufgefordert abzuwägen, ob die Sprühpumpen wirklich für das Accident Management eingesetzt werden sollen. Eine weitere Fussnote betrifft die Anhebung der Auslegungsanforderung an die Druckseite der Sprühpumpen, die von bisher 93 °C auf die auslegungsbestimmende Störfall-Umgebungstemperatur im Containment von 130 °C angepasst werden soll.

#### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

In der Zustandsüberprüfung des JCS-Systems wurden an 6 Armaturen und 4 Rohrleitungsabschnitten offene Punkte identifiziert:

- Die Abnahmeprüfung des Sachverständigen der für die Störfallbeherrschung erforderlichen Armaturen JCS MOV 8056/8100/8101/8103/8110/8111 erfolgte unter Vorbehalt, da keine Dokumentation vorgewiesen werden konnte. Mittelfristig sollen Materialüberprüfungen durch mobile Spektroskopie sowie Wanddickenmessungen durchgeführt werden. Die Integritätsanforderung bei Abschaltversagen ist nachgewiesen.
- Für die Rohrleitungsabschnitte JCS XP 0001 bis 0007 sowie JCS XP 0014/0018 und 0033 konnten keine Nachweise zum Halterungskonzept vorgelegt werden. Mittelfristig soll der Bestand an Rohrleitungsrechnungen überprüft werden. Die Auslegung auf Eigengewicht wurde überprüft und als konservativ gegenüber den aktuellen Vorschriften bewertet.
- Im Rahmen der PSÜ-Überprüfung wurde seitens KKB an 8 weiteren Komponenten nach den Sprühventilen JCS MOV 8100/8101 bis zur Containmentdurchführung D05 Abklärungsbedarf festgestellt. Die Komponenten wurden hinsichtlich Eignung für die auslegungsbestimmende Störfall-Umgebungstemperatur von 130 °C überprüft (vorhandene Nachweise basieren auf 93 °C) und bestätigt. Die korrigierten Auslegungstemperaturen sollen in den Komponentenlisten angepasst werden.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten des Containment-Sprühsystems zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierung der Komponenten sowie deren Funktionsanforderungen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16305</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt.

Die vom KKB vorgesehene Prüfung einer allfällig erforderlichen Standsicherheit verschiedener Komponenten ist Gegenstand der Forderung 4.4.2-1.

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16305</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle 2-2<sup>TM-16305</sup> nachvollziehbar und korrekt.

Bei dem Einsatz der Hochdruck-Sicherheitseinspeise-Rezirkulation mit der Sicherheitseinspeisepumpe C handelt es sich um einen auslegungsüberschreitenden Anforderungsfall auf der Sicherheitsebene 4, der als AM-Massnahme erst nach dem Ausfall der auslegungsgemäss zur Störfallbeherrschung vorgesehenen Rezirkulationspfade zum Zuge kommt. Das ENSI toleriert in einem solchen Fall den Einsatz von Ausrüstungen auch ausserhalb ihres Auslegungsbereichs zumal das Containmentsprühen auch mit den Pumpen des JSI-Systems möglich ist.

Das ENSI stimmt mit dem KKB überein, dass für die Leitungen im Sicherheitsgebäude die Umgebungstemperatur von 130 °C auslegungsbestimmend ist und die Dokumente entsprechend zu präzisieren sind. Die Komponenten sind in die Sicherheitsklasse SK 2 und die Erdbebenklasse EK I eingestuft und teilweise mechanisch aktiv für die Beherrschung von Störfällen. Sie unterliegen der Überwachung durch einen Sachverständigen. Der Eintrag für die Messblende JCS FE 8019 (DN 100) in Beilage 3 der technischen Mitteilung

«Containmentsprühsystem (JCS)»<sup>TM-16305</sup> ist hinsichtlich der Überwachungspflicht zu korrigieren und korrekt in die Komponentenliste zu übernehmen.

#### **Forderung 4.4.20-1**

*Zur Korrektur der Komponentenlisten bei den Komponenten JCS MOV 8100/8101, JCS FE 8019, JCS XP 0020/0101, JCS 8051/8052 und JCS XP 0060 hinsichtlich einer Auslegungstemperatur von 130 °C sind dem ENSI die Akzeptanzschreiben des Sachverständigen bis zum 31. März 2023 einzureichen.*

*Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die Wanddickenmessung und die vorgesehene Spektroskopie an den Armaturen JCS MOV 8056/8100/8101/8103/8110/8111 beurteilt das ENSI als zielführend. Nicht nachvollziehbar ist für das ENSI, wie bei fehlender Herstellungsdocumentation der Integritätsnachweis bei Abschaltversagen geführt ist. Die Armaturen unterliegen der Überwachung durch einen Sachverständigen.

Bei den Rohrleitungsabschnitten JCS XP 0001 bis 0007 sowie JCS XP 0014/0018 und 0033 akzeptiert das ENSI die zulässigen Beanspruchungsgrenzen der bei der Herstellung gültigen Bauvorschrift ASA B31.1 und die durchgeführten Vergleiche der Anforderungen gegenüber aktuellen Vorschriften. Allerdings ist der Lastfall Eigengewicht nicht ausreichend für die Bewertung des Halterungskonzeptes von erdbebenklassierten Komponenten. Die betroffenen Rohrleitungsabschnitte unterliegen der Überwachung durch einen Sachverständigen.

#### **Forderung 4.4.20-2**

*Die vom Sachverständigen bestätigte Auslegung der Rohrleitungsabschnitte JCS XP 0001 bis 0007, JCS XP 0014/0018 und 0033 sowie der Armaturen JCS MOV 8056/8100/8101/8103/8110/8111 ist dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen, wobei die Anforderungen aus Tabelle 2-1 in der technischen Mitteilung «Containmentsprühsystem (JCS)»<sup>TM-16305</sup> abdeckt sein müssen.*

### **4.4.20.2 Gesamtbewertung**

#### **Angaben des KKB**

Das Containment-Sprühsystem zeigte im Überprüfungszeitraum, bis auf wenige Befunde, keine signifikanten Einschränkungen im Betrieb. Aus Sicht der Betriebserfahrung war das Containment-Sprühsystem zu jeder Zeit in der Lage, seine sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen. Zusammenfassend wird der Zustand der maschinentechnischen Komponenten als gut bewertet.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

#### **Beurteilung des ENSI**

Das Containment-Sprühsystem hat nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten offenen Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleiteten Forderungen 4.4.20-1 und 4.4.20-2 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Containment-Sprühsystems nicht in Frage.

### **4.4.21 Containment-Umluftsystem**

Das Containmentkühl- und Umluftsystem (KHV) hat während des Leistungsbetriebes die Aufgaben, die Lufttemperatur im Containment zu begrenzen, die Kontrollstabantriebe zu kühlen und den Überdruck im Containment gegenüber der Atmosphäre durch die periodische Abgabe von Luft aus dem Containment über den Fortluftkamin zu begrenzen. Nach einem Kühlmittelverluststörfall oder nach einem Bruch einer Dampf- bzw.

Speisewasserleitung dient das Containmentkühl- und Umluftsystem zur Begrenzung des Druck- und Temperaturanstiegs im Containment durch Kondensation des Dampfes, der in das Containment austritt.

#### **4.4.21.1 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die Sicherheitsausrüstungen des Containmentkühl- und Umluftsystems sind der mechanischen Sicherheitsklasse SK 2 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet (Containment-Umluftventilator, Wasserabscheider). Die Containment-Umluftkühler sind als Hilfssystem in SK 3 / EK I eingestuft. Die übrigen Teile des Containmentkühl- und Umluftsystems sind unklassiert.

Für die Störfallbeherrschung werden von den insgesamt vier Kühleinheiten die zwei mit einer Notstromstromversorgung benötigt. Jede Kühleinheit besteht jeweils aus einem Containment-Umluftkühler, dem anschließenden Wasserabscheider und dem zugehörigen Containment-Umluftventilator. Nicht betrachtet werden die Komponenten, welche nur für betriebliche Systemfunktionen und nicht für die Störfallbeherrschung eingesetzt werden (z. B. die Luftkanäle auf der Austrittsseite der Umluftventilatoren zur Verteilung der gekühlten Luft im Containment).

Gemäss der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Containmentkühl- und -Umluftsystem (KHV)»<sup>TM-16314</sup> gehören nur die Containment-Umluftventilatoren zu den Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung und müssen aber bei SSE (ENSI-2015) nur die Anforderungen an die Standsicherheit erfüllen.

Die in der Tabelle 2-2<sup>TM-16314</sup> zusammengestellten Systemauslegungsdaten sind weitgehend konsistent zu den Angaben im Sicherheitsbericht und der Komponentenliste.

###### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

In der Zustandsüberprüfung des KHV-Systems (Containmentkühlung und -umluft) wurde ein offener Punkt identifiziert, nämlich fehlende Unterlagen zur Herstellung und zur Herstellungs-/Montageüberwachung unter anderem für die Umluftventilatoren KHV 0001 bis 0004. An den Umluftventilatoren werden deshalb Sichtprüfungen und Oberflächenrissprüfungen an Schweissnähten vorgesehen.

###### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Bei der Überprüfung der Auslegungsanforderungen ist ein technisch zu bewertender Punkt festgestellt worden:

- Bei den Umluftventilatoren KHV 0001 bis 0004 sowie den Wasserabscheidern KHV 0001-A bis 0004-A erfolgte die Auslegung auf Basis der ursprünglich gültigen Störfalltemperatur von 123 °C. Die Abweichung zur heute gültigen Störfalltemperatur von 130 °C wird als technisch nicht relevant bewertet.

##### **Beurteilung des ENSI**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Nach Beurteilung des ENSI ist für die wesentlichen Komponenten des Systems die Anforderung «Standsicherheit» bei SSE (ENSI-2015) korrekt. Das ENSI stimmt der Bewertung des KKB grundsätzlich zu, dass beim Containmentkühl- und Umluftsystem für die Störfallbeherrschung lediglich die Kühleinheiten bestehend jeweils aus einem Containment-Umluftkühler, einem Wasserabscheider und einem Containment-Umluftventilator erforderlich sind. Allerdings ist aus Sicht des ENSI der Umfang der Komponenten zur Störfallbeherrschung nicht vollständig erfasst, da die Luftkanäle auf der Austrittsseite der Containment-Umluftventilatoren, mit denen auch bei einem Störfall die gekühlte Luft ins Containment abgegeben wird, als rein betrieblich deklariert und nicht bei den Komponenten zur Störfallbeherrschung berücksichtigt werden. Damit wäre mindestens darzulegen, dass bei Schäden an den Abluftkanälen die Funktion des Systems nicht unzulässig beeinträchtigt wird.

#### **Forderung 4.4.21-1**

*Das KKB hat die Luftkanäle auf der Austrittsseite der Containment-Umluftventilatoren, mit denen auch bei einem Störfall die gekühlte Luft ins Containment abgegeben wird, in den Umfang der zu prüfenden Komponenten für die Störfallbeherrschung aufzunehmen. Die Ergebnisse der Prüfung der fehlenden Komponenten sind in die technische Mitteilung «Containmentkühl- und -Umluftsystem (KHV)»<sup>TM-16314</sup> einzuarbeiten und dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen.*

Die Funktionsanforderungen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16314</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt angegeben. Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16314</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle 2-2<sup>TM-16314</sup> nachvollziehbar und korrekt.

#### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Die Umluftventilatoren KHV 0001 bis 0004 sind als mechanisch aktive Komponenten eingestuft, für die Standicherheit im Fall eines SSE (ENSI-2015) gefordert ist. Die vorgesehenen zerstörungsfreien Prüfungen an Schweissnähten der Umluftventilatoren KHV 0001 bis 0004 werden seitens ENSI als zielführend bewertet.

#### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Die Bewertung der Auslegungsabweichung der Umluftventilatoren KHV 0001 bis 0004 und der Wasserabscheider KHV 0001-A bis 0004-A wird seitens ENSI akzeptiert. Die Abweichung der Warmfestigkeit bei den leicht unterschiedlichen Störfalltemperaturen liegt in der Grössenordnung von 2 %.

#### **4.4.21.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Das Containmentkühl- und Umluftsystem (KHV) konnte nach Bewertung des KKB jederzeit sicher und zuverlässig betrieben werden. Die sicherheitstechnischen Funktionen wurden jederzeit gewährleistet. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Die Ergebnisse der Prüfungen und Funktionstests bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen in beiden Blöcken.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Nach Beurteilung des ENSI hat das Containmentkühl- und Umluftsystem einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» Auffälligkeiten hinsichtlich des Umfangs der Komponenten auf, die für die Störfallbeherrschung zu berücksichtigen sind.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellte technische Abweichung, der offene Punkt aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 und die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.21-1 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion des Containment-Umluftsystems nicht in Frage.

#### **4.4.22 Ringraum-Unterdruckhaltung**

Die Unterdruckhaltung des Ringraums ist Teil der Containmentzu- und -fortluft und soll verhindern, dass bei allfälligen Leckagen des Primärcontainments radioaktive Stoffe an die Umgebung abgegeben werden können. Hierzu wird mit Hilfe des Ringraum-Rückpumpsystems ein Unterdruck im Ringraum gegenüber der Atmosphäre erzeugt, indem Luft aus dem Ringraum entnommen und in das Primärcontainment zurückgepumpt wird.

Für die Störfallbeherrschung werden die Komponenten des Ringraum-Rückpumpsystems von der Entnahme der Luft aus dem Ringraum über die beiden parallel angeordneten Ringraumkompressoren und die gemeinsame Einspeiseleitung in das Containment benötigt. Ausserdem verfügt das System zum Schutz vor einem

zu grossen Überdruck im Ringraum und damit zum Schutz vor Einbrechen der Stahldruckschale durch unzulässige Aussendruckbelastung sowie zum Schutz gegen Versagen des Sekundärcontainments über Ringraum-Belüftungskappen. Die Abluftkappe KHV PCV 6402-K dient im Leistungsbetrieb der Absperrung zum Ringraum-Spülluftsystem, die gasdichte Rückschlagkappe KHV 6722 verhindert eine mögliche Rückströmung aus anderen Fortluftsträngen in den Ringraumsaugkanal.

#### **4.4.22.1 Auslegung**

##### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Die Komponenten der Ringraum-Unterdruckhaltung, die der Störfallbeherrschung dienen, sind der mechanischen Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet, die von dem System genutzten Containmentdurchführungen sind in SK 2 und EK I klassiert.

In der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Ringraum-Unterdruckhaltung (KHV)»<sup>TM-16315</sup> sind die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung zusammengestellt. Alle Komponenten des Ringraum-Rückpumpsystems sind in die Erdbebenklasse EK I eingestuft und müssen während und nach einem SSE (ENSI-2015) die Anforderung an die Standsicherheit erfüllen. Die Komponenten des Ringraum-Spül- und Entlastungssystems in der Tabelle 2-1 sind durchweg der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet. Von diesen haben die Ringraum-Belüftungskappen bei einem SSE (ENSI-2015) keine Anforderung zu erfüllen. Dagegen muss bei den Armaturen, mit denen der Ringraumsaugkanal gegen eine mögliche Rückströmung aus anderen Fortluftsträngen abgesichert ist, geprüft werden, inwieweit eine Anforderung hinsichtlich der Standsicherheit besteht.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16315</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikation zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsdaten in dieser Tabelle sind konservativ zu den Angaben im Sicherheitsbericht.

###### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

In der Zustandsüberprüfung der Ringraum-Unterdruckhaltung wurde ein offener Punkt identifiziert:

- Die Ausführung der ungeprüften Gussgehäuse und Klappenteller der Armaturen KHV PCV 6402-A/C, KHV PCV 6402-D/F/G/J sowie KHV PCV 6411-B/D sowie die Art der Wellendichtung entsprechen nicht dem heutigen Regelwerk.

Es ist geplant, die Absperrklappen KHV PCV 6411-B/D aufgrund geänderter Anlagenkonfiguration zurückzubauen.

Die Abluftklappen KHV PCV 6402-A/C, KHV PCV 6402-D/F/G/J sind als nicht mechanisch aktive Komponenten eingestuft. Die Komponentendimensionierung weist grosse Reserven auf hinsichtlich Auslegungsdruck, sodass an diesen Komponenten keine weiteren Massnahmen erforderlich werden. Anforderungen an die Dichtheit nach aussen und im Durchgang sind nicht definiert.

###### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Ergänzend zu den offenen Punkten aus der Zustandsbeurteilung nach NE-05 wurden weitere offene Punkte identifiziert:

- Für die mechanisch aktiven Kaminabluftklappen KHV PCV 6402-K und Rückschlagklappen KHV 6722 in den Räumen 1N311 bzw. 1N204 wurde ein Gefährdungspotenzial von EK-I-Komponenten identifiziert. Die Standsicherheit der Armaturen soll mittelfristig überprüft werden.

Eine funktionale Anforderung bei SSE (ENSI-2015) besteht bei diesen KHV-Komponenten nicht, ebenso entfällt diese Anforderung bei den Ringraumbelüftungskappen KHV PCV 6453-A/B. Grössere Leckagen

in den Ringraum mit unzulässiger Überdruckbeanspruchung der Sicherheitsgebäudehülle werden aufgrund von Leck-vor-Bruch-Nachweisen ausgeschlossen. Ein Betrieb der Unterdruckhaltung im Ringraum ist im SSE-Fall nicht erforderlich.

## **Beurteilung des ENSI**

### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten der Ringraum-Unterdruckhaltung zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierung der Komponenten in der Tabelle 2-1<sup>TM-16315</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt. Mit einer Ausnahme bestehen keine Einwände gegen die Anforderungen an die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung bei SSE (ENSI-2015). Die Rückschlagklappen in der Containment-Einspeiseleitung des Ringraum-Rückpumpsystems (KHV 6716 bis KHV 6719), die für die Sicherheitsgebäudeisolation bei der Durchdringung G04 notwendig sind, müssen gemäss der Angabe in Tabelle 2-1<sup>TM-16315</sup> lediglich die Anforderung an die Standsicherheit erfüllen. Dies ist nach Beurteilung des ENSI für die Armaturen der Sicherheitsgebäudeisolation, die auch nach einem SSE (ENSI-2015) im Sinne einer weiteren Reduzierung der Gefährdung erforderlich ist, nicht korrekt. Das ENSI hat diesbezüglich die Forderung 4.4.18-1 im Kapitel 4.4.18 formuliert. Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16315</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle 2-2<sup>TM-16315</sup> nachvollziehbar und korrekt.

### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Aufgrund der deutlichen Überdimensionierung der ungeprüften Gussteile der Armaturen KHV PCV 6402-A/C, KHV PCV 6402-D/F/G/J sowie KHV PCV 6411-B/D wird die fehlende zerstörungsfreie Prüfung dieser Komponentenbauteile vom ENSI akzeptiert. Die Dichtheitsanforderung ist nur für die zugehörige Ventilgruppe definiert, die durch das Kollektiv der Armaturen einzuhalten ist. Die Komponenten müssen nach den Vorgaben weder eine mechanisch aktive Funktion zur Störfallbeherrschung noch spezielle Dichtheitsanforderungen erfüllen.

### *Identifizierte technische Auslegungsabweichungen*

Das ENSI erachtet die vorgesehene Überprüfung zur Notwendigkeit der Standsicherheit weiterer Komponenten des Systems bei SSE (ENSI-2015) als zielführend.

## **4.4.22.2 Gesamtbewertung**

### **Angaben des KKB**

Das System zur Ringraum-Unterdruckhaltung zeigte nach Bewertung des KKB im Überprüfungszeitraum keine Einschränkungen im Betrieb bzw. bei Funktionsprüfungen. Es konnte jederzeit sicher und zuverlässig betrieben werden. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Alle Funktionsprüfungen an Komponenten der Ringraum-Unterdruckhaltung wurden mit positivem Ergebnis abgeschlossen.

In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

## **Beurteilung des ENSI**

Die Ringraum-Unterdruckhaltung hat nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weist lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die vom KKB im Rahmen der Auslegungsüberprüfung festgestellten technischen Abweichungen und der offenen Punkt aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05 stellen aus Sicht des ENSI die Funktion der Ringraum-Unterdruckhaltung nicht in Frage.

#### **4.4.23 Lüftungssysteme**

Die Lüftungssysteme der Primäranlage (KHV) und der Sekundäranlage (SHV) haben die Aufgabe, geeignete Raumlufzustände in den verschiedenen Gebäuden aufrechtzuerhalten, um die Funktionstüchtigkeit der Ausrüstungen in deren Räumen sicherzustellen. Darüber hinaus dient das Lüftungssystem der Primäranlage dazu, luftgetragene radioaktive Stoffe abzuführen und zurückzuhalten, um damit die Umgebung und das Personal zu schützen.

##### **4.4.23.1 Änderungen**

###### **Angaben des KKB**

In den beiden Notstromgebäuden Nord und Süd, die im Rahmen des Projektes AUTANOVE zur Unterbringung der Notstromdieselaggregate errichtet worden waren, wurden umfangreiche Lüftungssysteme zur Kühlung der Dieselaggregate und der Aufstellungsräume sowie zur Klimatisierung der Gebäude installiert. Der Einbau der Lüftungssysteme wurde im Jahre 2015 in beiden Blöcken abgeschlossen.

###### **Beurteilung des ENSI**

Im Jahre 2015 war die Notstromversorgung beider Blöcke im Rahmen des Projektes AUTANOVE auf Dieselgeneratoren umgestellt worden, die in zwei räumlich weit entfernten gebunkerten Notstromgebäuden untergebracht sind. Im Zusammenhang mit den Freigaben zu diesem Projekt waren auch die für den sicheren Betrieb der Notstromdiesel erforderlichen Lüftungssysteme in den Notstromgebäuden beurteilt worden. Die Freigabe der Lüftungssysteme wurde erteilt, da diese alle an sie gestellten Anforderungen erfüllten.

##### **4.4.23.2 Auslegung**

###### **Angaben des KKB**

###### *Klassierungsüberprüfung*

Für die Störfallbeherrschung werden die Komponenten benötigt, mit denen bei der Lüftung des Brennstofflagers das Druckentlastungssystem und der Fortluftkamin abgesperrt werden, mit denen bei den Lüftungen des Hauptkommandoraums und des Notstandgebäudes zulässige Arbeits- und Aufenthaltsbedingungen für das Personal unter Störfallbedingungen gewährleistet werden und mit denen bei der Lüftung des Notstromgebäudes die Kühlung der Notstromdiesel sichergestellt wird.

Die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung sind in der Tabelle 2-1 der technischen Mitteilung «Lüftungssysteme (KHV, SHV)»<sup>TM-16336</sup> zusammengestellt. Bis auf drei Abluftklappen der Lüftung des Brennstofflagers, die in EK I\* klassiert sind und bei denen die Anforderung an die Standsicherheit während des SSE (ENSI-2015) noch abzuklären ist, sind alle Komponenten in dieser Tabelle der Erdbebenklasse EK I zugeordnet. Während und nach einem SSE (ENSI-2015) müssen die Komponenten der Lüftung in den Notstromgebäuden die Anforderung an die Funktionsfähigkeit erfüllen. Die Komponenten der Lüftungen im Hauptkommandoraum und im Notstandgebäude müssen während des SSE (ENSI-2015) standsicher und nach einem SSE (ENSI-2015) funktionsfähig sein. An die Komponenten der Lüftung des Brennstofflagers bestehen Anforderungen an die Standsicherheit während des SSE (ENSI-2015). Das KKB identifiziert Abweichungen und offene Punkte im Bereich der Klassierung der Lüftung des Hauptkommandoraums. Zur Vervollständigung der Komponentenlisten soll die Detaillierung der Klassierungsangaben und des Qualifizierungszustandes kurzfristig auf Komponentenstufe erarbeitet werden.

Die Systemauslegungsdaten sind in den Sicherheitsberichten angegeben. Auf eine tabellarische Zusammenstellung wird verzichtet.



## Beurteilung des ENSI

### Klassierungsüberprüfung

Die mechanischen Komponenten zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierungen aller Komponenten sowie die Funktionsanforderungen bei SSE (ENSI-2015) an die Lüftungen des Brennstofflagers und der Notstromgebäude in der Tabelle 2-1<sup>TM-16336</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt. Das ENSI stimmt mit dem KKB darin überein, dass die Komponenten in der Tabelle 2-1<sup>TM-16336</sup> der Lüftung des Notstandgebäudes nach einem SSE (ENSI-2015) funktionstüchtig sein müssen. Das ENSI geht davon aus, dass wesentliche Komponenten der Lüftung vor dem Eintritt des SSE (ENSI-2015) in Betrieb sind und wahrscheinlich erst während des SSE (ENSI-2015) ausfallen. Die Festlegung des KKB in der Tabelle 2-1<sup>TM-16336</sup>, dass alle Komponenten der Lüftung des Notstandsgebäudes mit aktiven Funktionen zur Störfallbeherrschung während eines SSE (ENSI-2015) lediglich standsicher sein müssen, kann seitens des ENSI nicht nachvollzogen werden. Gemäss den Definitionen der KTA 3201.2, die das KKB gemäss technischer Mitteilung «Seismische Anforderungen an aktive EK I\* klassierte Komponenten»<sup>TM-20024</sup> übernommen hat, wird unter Standsicherheit die Sicherheit gegen unzulässige Veränderungen der Lage und des Aufstellortes verstanden (z. B. Umstürzen, Abstürzen, unzulässiges Verrutschen). Dabei werden die an die Komponente gestellten sicherheitstechnischen Anforderungen hinsichtlich Festigkeit, Bruchsicherheit und Dichtheit (Anforderungen an die Integrität) sowie ggf. Funktion nicht berücksichtigt. Auch muss bei der Lüftung des Brennstofflagers die Funktion der Absperrklappen KHV AOV 6650 und KHV PCV 6651 (nachgerüstet im Rahmen des Projektes NABELA) für den Druckabbau im BE-Lagergebäude nach einem SSE (ENSI-2015) gegeben sein.

Auf Basis dieser Definition kann nach Beurteilung des ENSI die Funktionsfähigkeit nach einem SSE (ENSI-2015) nur sichergestellt werden, wenn diese Komponenten entweder während des SSE (ENSI-2015) funktionstüchtig sind oder durch die Einwirkungen des SSE (ENSI-2015) nicht unzulässig beeinträchtigt werden. Die auslegungsgemässe Funktion nach dem SSE (ENSI-2015) muss in jedem Fall gewährleistet sein.

### Forderung 4.4.23-1

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Anforderungen an die mechanisch aktiven Komponenten der Lüftung des Notstandgebäudes und des Brennstofflagers mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung zu prüfen und anzupassen, indem deren Funktion ggf. auch während SSE gefordert wird. Diese Anforderungen sind in die Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 aufzunehmen.*

Die Systemauslegungsdaten sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht nachvollziehbar und korrekt.

Da die Lüftung des Hauptkommandoraumbereiches der Versorgung des Hauptkommandoraumes, des benachbarten Leittechnikraumes, in welchem eine der vier Redundanzen der Leittechnik des Reaktorschutzsystems aufgestellt ist, und des anschliessenden Computerraumes dient, ist die vom KKB vorgesehene, kurzfristige Überprüfung des Qualifizierungszustandes der Komponenten im Bereich der Hauptkommandoraumlüftung aus Sicht des ENSI notwendig.

### 4.4.23.3 Gesamtbewertung

#### Angaben des KKB

Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten der Lüftungssysteme wird als gut bewertet. In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

#### Beurteilung des ENSI

Die Lüftungssysteme (KHV, SHV) haben nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weisen lediglich bei den Aspekten «Änderungen» und «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.23-1 stellt aus Sicht des ENSI die Funktion der Lüftungssysteme nicht in Frage.

#### **4.4.24 Steuerluftsysteme**

Die Steuerluftsysteme dienen der Versorgung der Steuerluftverbraucher verschiedener Sicherheits-, Betriebs- und Hilfssysteme der Primär- und Sekundäranlage mit ölfreier, trockener Steuerluft. Das im Rahmen der Errichtung des Notstandgebäudes nachgerüstete Notstand-Steuerluftsystem (QNA) stellt bei einem Ausfall des Steuerluftsystems (QIA) die Versorgung derjenigen pneumatischen Komponenten sicher, die durch das Notstandssystem angesteuert werden. Die beiden Steuerluftsysteme sind durch mehrere Verbindungsleitungen mit eingebauten Rückschlagarmaturen miteinander verbunden.

##### **4.4.24.1 Auslegung**

#### **Angaben des KKB**

##### *Klassierungsüberprüfung*

Die Komponenten des Notstand-Steuerluftsystems und verschiedene Komponenten des Steuerluftsystems sind der mechanischen Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet, die von dem System genutzten Containmentdurchführungen sind in SK 2 und EK I klassiert.

Für die Störfallbeherrschung werden die mechanischen Komponenten des Notstand-Steuerluftsystems der Einspeisepfade benötigt, die eine sicherheitstechnische Relevanz haben oder eine störfallrelevante Funktion übernehmen.

Alle Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung, die in der Tabelle 2-1 der Technischen Mitteilung «Steuerluftsysteme QIA, QNA»<sup>TM-16335</sup> zusammengestellt sind, sind in die Erdbebenklasse EK I eingestuft, müssen während des SSE (ENSI-2015) integer bleiben und nach einem SSE (ENSI-2015) eine aktive Funktion erfüllen.

In der Tabelle 2-2<sup>TM-16336</sup> sind die Systemauslegungsdaten auf Basis des Sicherheitsberichtes oder der Systemspezifikation zusammengestellt, wobei Bemerkungen zur technischen Plausibilisierung in Fusszeilen ergänzt werden. Die Systemauslegungsdaten in dieser Tabelle sind konservativ zu den Angaben im Sicherheitsbericht.

##### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Das KKB hat im Jahr 2012 eine Teilsanierung des Steuerluftsystems begonnen und Kupferleitungen und Messingarmaturen durch austenitische Komponenten ersetzt. Dieses Konzept wurde seitdem konsequent im Rahmen von Rohrleitungsanpassungen weiterverfolgt.

Das KKB identifiziert in der Zustandsüberprüfung des QIA/QNA-Systems keine offenen Punkte.

#### **Beurteilung des ENSI**

##### *Klassierungsüberprüfung*

Die zur Störfallbeherrschung benötigten mechanischen Komponenten des Notstand-Steuerluftsystems sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Die Erdbebenklassierung der Komponenten sowie deren Funktionsanforderungen in der Tabelle 2-1<sup>TM-16336</sup> sind nach Beurteilung des ENSI korrekt angegeben.

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16336</sup> sind anhand der Angaben im Sicherheitsbericht, in der vom KKB referenzierten Systemspezifikation und in den Fusszeilen zu der Tabelle 2-2<sup>TM-16336</sup> nachvollziehbar und korrekt.

##### *Offene Punkte aus der Zustandsbewertung nach SVTI-Festlegung NE-05*

Im Bericht zur Zustandsbewertung des QIA-Systems vermerkt der Sachverständige, die Armaturen 10/20 QIA 8250 und 20 QIA 8251 wegen Bedenken bezüglich Integrität bzw. wegen fehlender technischer Unterlagen nicht nuklear abnehmen zu können. Die vom KKB eingeleiteten Werkstoffwechsel beim Komponententausch erachtet das ENSI als zielführend. Zur finalen Beurteilung ist eine abschliessende Gesamtübersicht der durchgeführten sukzessiven Komponentenwechsel erforderlich.

#### **Forderung 4.4.24-1**

*Das KKB hat die getroffenen Massnahmen bezüglich der eingesetzten Werkstoffe im QIA-System und den aktuellen Stand des Werkstoffwechsels von Kupferlegierungen zu austenitischem Stahl dem ENSI bis zum 31. März 2023 darzulegen.*

#### **4.4.24.2 Gesamtbewertung**

##### **Angaben des KKB**

Die Steuerluftsysteme QIA und QNA zeigten im Überprüfungszeitraum nach Bewertung des KKB keine signifikanten Auffälligkeiten. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Alle Funktionsprüfungen an Komponenten der QIA/QNA-Systeme wurden mit positivem Ergebnis abgeschlossen. In Summe ist der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

##### **Beurteilung des ENSI**

Die Steuerluftsysteme haben nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weisen lediglich bei dem Aspekt «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die vom ENSI aus der Prüfung der eingereichten Unterlagen abgeleitete Forderung 4.4.24-1 stellt aus Sicht des ENSI die Funktion der Steuerluftsysteme nicht in Frage.

#### **4.4.25 Brennelementlagerbecken-Kühlsysteme**

Das Brennstofflager-Kühl- und Reinigungssystem (FAC) hat während des Normalbetriebs und während der Abstellung des Reaktors die Aufgabe, das Wasser in den Brennelement-Lagerbecken zu kühlen. Zur Kühlung wird Wasser aus den Becken durch die FAC-Pumpen den FAC-Kühlern zugeführt und anschliessend in die Becken zurückgefördert. Die dem Beckenwasser an den FAC-Kühlern entzogene Wärme wird über die Kühlkette, bestehend aus dem Primären Zwischenkühlsystem (KAC) und dem Primären Nebenkühlwassersystem (PRW), an die Aare abgegeben.

Bei einer Unverfügbarkeit der Kühlfunktion des FAC-Systems infolge Instandhaltungsarbeiten oder Ausfall kann das einsträngige, alternative Brennelementlagerbecken-Kühlsystem (FEC), das Löschwasser als Wärmenenke am FEC-Kühler nutzt, die Wärmeabfuhr aus den Brennelement-Lagerbecken übernehmen. Das seismisch qualifizierte Brennelementlager-Notstandkühlsystem (FNC) ermöglicht im Anforderungsfall die gesicherte Nachspeisung von Wasser aus dem Notstandbrunnen in das Brennelement-Lagerbecken.

##### **4.4.25.1 Änderungen**

##### **Angaben des KKB**

###### *Installation zusätzlicher Rückschlagklappen*

Durch zusätzliche Rückschlagklappen in den Rücklaufleitungen der Brennelementlagerreinigung wurde das Brennstofflager-Kühl- und Reinigungssystem so ertüchtigt, dass eine unkontrollierte Entleerung der Brennelemente-Lagerbecken infolge Saughebewirkung einzelfehlersicher verhindert werden kann.

###### *Projekt NABELA*

Aufgrund der Ereignisse im japanischen Kernkraftwerk Fukushima wurde im KKB ein Projekt zur Nachrüstung der Brennelementlager (NABELA) gestartet, um das im KKB identifizierte Verbesserungspotential umzusetzen. Das Projekt, das aus insgesamt fünf Teilvorhaben besteht, sieht die Nachrüstung eines Brennelement-Notstandkühlsystems (FNC) vor, das mit Notstandbrunnenwasser gekühlt wird (TVH 1) und das zur Nachspeisung von Wasser aus einer externen Wasserquelle über zwei räumlich getrennte Noteinspeisepunkte an den Lagerbecken verfügt (TVH 2). Zur Sicherstellung der Gebäudeintegrität wird nach einem auslegungsüberschreitenden Störfall mit Siedebedingungen in den Brennelement-Lagerbecken der anfallende Wasserdampf mit einem neuen Druckentlastungssystem (TVH 3) aus dem Brennstofflager abgeführt. Zur Versorgung dieses

Druckentlastungssystem und der zusätzlichen Beckeninstrumentierung (TVH 5) mit Hilfsenergie war im Rahmen des Teilvorhabens 4 (TVH 4) eine Erweiterung des bestehenden Notstand-Steuerluftsystems erforderlich. Bis auf das Teilvorhaben TVH 1 wurden alle übrigen Teilvorhaben bereits umgesetzt.

## **Beurteilung des ENSI**

### *Installation zusätzlicher Rückschlagklappen*

Mit der Nachrüstung je einer Rückschlagklappe pro Block in die Rücklaufleitung der Brennelementlagerreinigung wurde nach Beurteilung des ENSI Anfang 2016 die Vorsorge gegen eine unzulässige Füllstandabsenkung in den Brennelement-Lagerbecken durch Saughebewirkung verbessert.

### *Projekt NABELA*

Mit Ausnahme des Teilvorhabens 1 (Nachrüstung eines Brennelement-Notstandkühlsystems FNC) wurden alle im Rahmen des Projektes NABELA geplanten Teilvorhaben vom ENSI freigegeben und sind in der Anlage umgesetzt. Bei dem Teilvorhaben 1 musste das KKB das ursprünglich vorgesehene und zur Freigabe beantragte Konzept im Januar 2018 verwerfen, da bei den zur damaligen Zeit projektierten Wärmetauschern, die in die Becken eingehängt und die Nachzerfallsleistung per Naturumlauf an das Kühlmedium abgeben sollten, nicht zu lösende Schwierigkeiten bei der seismischen Nachweisführung auftraten. Dem überarbeiteten Konzept, das eine aktive Ansaugung des Beckenwassers mittels zwei parallel angeordneter Pumpen und einem trocken aufgestellten Wärmetauscher vorsieht, stimmte das ENSI im Oktober 2018 zu.

Im Zuge der Freigabe der Hierarchiestufe 2 für das geänderte Konzept des NABELA-Teilvorhabens 1 (TVH 1) «Gesicherte Kühlung der BE-Lagerbecken» im Jahre 2019 zeigte sich, dass durch einen Berechnungsfehler zu hohe Erdbebenfestigkeiten für die Rücklaufleitungen angegeben worden waren und dass eine absolut dichte Absperrung der Rückschlagklappen in den Leitungen nicht sicher gewährleistet ist. Deshalb legte das KKB im September 2020 dar, dass weitere Ertüchtigungen vorgesehen sind. Diese betreffen die Verstärkung und/oder den Ersatz von kritischen Rohrleitungsabstützungen im Bereich der Rücklaufleitungen sowie die Nachrüstung von Einrichtungen zum Brechen der Saughebewirkung in den Leitungen des alternativen Beckenkühlsystems. Die detaillierte Beurteilung dieser aus Sicht des ENSI notwendigen Massnahmen erfolgt im Rahmen des Projektes NABELA.

## **4.4.25.2 Auslegung**

### **Angaben des KKB**

#### *Klassierungsüberprüfung*

Die Komponenten des Brennstofflager-Kühl- und Reinigungssystems (FAC) sind in die mechanische Sicherheitsklasse SK 3 und die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft. Die Rücklaufleitungen von den Kühlern des Systems bis zu den Brennelement-Lagerbecken sind in der Erdbebenklasse EK I klassiert, da ansonsten bei einer erdbebenbedingten Beschädigung dieser Leitungen die Gefahr besteht, dass die Becken durch Siphonwirkung entleert werden. Das Brennelementlager-Notstandkühlsystem (FNC) ist der mechanischen Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet, das alternative Brennelementlagerbecken-Kühlsystem (FEC) ist durchgehend als unklassiert eingestuft.

Für die Störfallbeherrschung werden in der Tabelle 2-1 der technischen Mitteilung « BE-Lagerkühlssysteme (FAC, FEC, FNC)»<sup>TM-16326</sup> die Komponenten der beiden Stränge des Brennstofflager-Kühl- und Reinigungssystems (FAC), deren Querverbindungen sowie die Anschlussleitungen dieser Stränge an die Brennelementlagerreinigung bis und mit der ersten Abschlussarmatur benötigt. Die Komponenten des Brennelementlager-Notstandkühlsystems wurden nicht in die Konformitätsprüfung einbezogen, da das Projekt NABELA noch nicht mit allen Teilvorhaben sowie der zugehörigen Dokumentation und deren Archivierung vollständig abgeschlossen ist.

Die beiden Brennelementlagerumwälzpumpen und die beiden in den Ansaugleitungen dieser Pumpen angeordneten Rückschlagklappen, deren Funktionen für das Ansaugen aus den Brennelement-Lagerbecken erforderlich sind, sind die Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung, die der Erdbebenklasse EK I\* zugeordnet sind.

Für die Komponenten der Originalausrüstung (Strang A) bestehen hinsichtlich der Störfallbeherrschung bei einem SSE (ENSI-2015) lediglich Anforderungen an die Brennelement-Lagerumwälzpumpe (Standicherheit während des Erdbebens). Die Pumpe und die Rückschlagklappe des im Jahre 1978 nachgerüsteten Stranges B müssen während des SSE (ENSI-2015) standsicher und nach dem SSE (ENSI-2015) funktionsfähig sein.

Die Systemauslegungsdaten in der Tabelle 2-2<sup>TM-16326</sup> sind konsistent oder konservativ zu komponentenspezifischen zulässigen Werten.

Die Bestandsaufnahme hat u. a. ergeben, dass beide Brennelement-Lagerumwälzpumpen im Sicherheitsbericht als EK I\* zu führen sind (für die Pumpe in Strang B ist dort aktuell die Erdbebenklassierung EK I angegeben).

## **Beurteilung des ENSI**

### *Klassierungsüberprüfung*

Die mechanischen Komponenten des Brennstofflager-Kühl- und Reinigungssystems zur Störfallbeherrschung sind aus Sicht des ENSI vollständig erfasst. Die Einstufung der Komponenten in die Erdbebenklasse EK I\* sowie die Zuordnung der Komponenten, deren Versagen zu einer Entleerung der Becken infolge von Saughebewirkung führen kann, in die Erdbebenklasse EK I sind nach Beurteilung des ENSI korrekt. Das ENSI hatte bereits in dem Gutachten «KKW Beznau II: Gutachten zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung»<sup>HSK14/730</sup> festgestellt, dass das Brennstofflager-Kühl- und Reinigungssystem keine aktive Funktion bei der Beherrschung eines SSE (ENSI-2015) hat. Allerdings ist damit die Angabe des KKB, dass die beiden Brennelementlagerumwälzpumpen und die Rückschlagklappe bei einer der Pumpen während des SSE (ENSI-2015) standsicher und teilweise nach einem SSE (ENSI-2015) funktionsfähig sein müssen, nicht nachvollziehbar. Nach Bewertung des ENSI besteht aber kein unmittelbarer Handlungsbedarf, weil die Funktion des Systems nach einem SSE (ENSI-2015) nicht unterstellt wird und weil bei einem Versagen nur Ausrüstungen beschädigt werden können, die aufgrund ihres Aufstellungsortes nicht zu einer unzulässigen Füllstandsabsenkung im Brennelementlagerbecken durch Siphonwirkung führen können.

Die vom KKB in der Tabelle 2-1<sup>TM-16326</sup> angegebenen Systemauslegungsdaten sind nachvollziehbar und korrekt.

### **4.4.25.3 Gesamtbewertung**

#### **Angaben des KKB**

Die Brennelementlagerbecken-Kühlsysteme zeigten im Überprüfungszeitraum, bis auf wenige Befunde oder Störungen an einzelnen Komponenten, keine signifikanten Einschränkungen im Betrieb. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren gewährleistet. Der Zustand der maschinentechnischen Komponenten wird als gut bewertet. Die Ergebnisse der Prüfungen und Funktionstests bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen in beiden Blöcken.

In Summe ist dadurch der Weiterbetrieb aus sicherheitstechnischer Sicht uneingeschränkt möglich.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die Brennelementlagerbecken-Kühlsysteme haben nach Beurteilung des ENSI einen guten allgemeinen Zustand und weisen lediglich bei den Aspekten «Änderungen» und «Auslegung» Auffälligkeiten auf.

Die Angabe des KKB, dass die beiden Brennelementlagerumwälzpumpen und die Rückschlagklappe bei einer der Pumpen während des SSE (ENSI-2015) standsicher und teilweise nach einem SSE (ENSI-2015) funkti-

onsfähig sein müssten, ist aus Sicht des ENSI nicht nachvollziehbar. Die Funktion der Brennelementlagerbecken-Kühlsysteme wird nach einem SSE (ENSI-2015) nicht unterstellt. KKB hat im Rahmen des Projektes NEUSI aufgezeigt, dass bei Leitungsbrüchen eine unzulässige Füllstandsabsenkung im Brennelementlagerbecken durch Siphonwirkung ausgeschlossen werden kann.

## **4.5 Elektro- und leittechnische Sicherheits- und Hilfssysteme**

### **4.5.1 Überprüfung der Auslegungsvorgaben der SSK**

#### **Angaben des KKB**

Auslegungsvorgaben der einzelnen SSK sowie deren Ist-Auslegung sind in sogenannten Steckbriefen des Alterungsüberwachungsprogramms (AÜP) aufgeführt. Diese Steckbriefe liegen für das Fachgebiet Elektrotechnik dem ENSI vor und sind in den Systembewertungen des Berichtes «Übergeordnetes Auslegungskonzept»<sup>TM-16103</sup> aufgelistet. Es gibt keine Hinweise auf Abweichungen zwischen der Ist-Auslegung und den Auslegungsvorgaben. Ferner gab es im Berichtszeitraum keine Änderungen SSK-spezifischer Auslegungsvorgaben.

Für die Elektrotechnik existieren Steckbriefe für folgende Ausrüstungen: Verteilschränke und Kabeltragwerke, Schutzkomponenten (z. B. Wärmepakete), Stellantriebe zu Motorventilen, Motoren zu Pumpen und Ventilatoren, Generatoren für Notstromdiesel, Kondensatoren, Magnetventile, Funktionseinheiten (z. B. Logikeinheiten), Messfühler und Transmitter, elektrische Durchführungen, Heizungen an Tanks und Rohrleitungen, Leistungsschalter, Tripschalter, Schaltanlagen, Transformatoren, Relais und Batterien.

Die im KKB eingesetzten Systeme, Strukturen und Komponenten sind gemäss den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G01 klassiert. Sie sind ausreichend qualifiziert, sodass sie während ihrer geplanten Einsatzdauer die dauernd oder kurzzeitig zu erwartenden Lasten, Beanspruchungen und Umgebungsbedingungen mit Marge aushalten können.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die korrekte Auslegung und Qualifikation der Systeme und Komponenten wird im Rahmen von im Freigabeverfahren beantragten Anlageänderungen und ihre Funktion im Rahmen von Wiederholungsprüfungen überprüft. Bei den elektro- und leittechnischen Systemen ergibt sich die Auslegungsbasis aufgrund der jeweiligen sicherheitsrelevanten Funktion und der daraus abgeleiteten Klassierung. Die Sicherstellung der ausreichenden Qualifikation, konform zu den Auslegungsvorgaben, der einzelnen Komponenten wird im Rahmen vom Freigabeverfahren dargelegt und bewertet. Bei Änderungen an Komponenten wird aufgezeigt, wie die Qualifikation der Komponente sichergestellt bleibt. Die dafür vorgesehenen Massnahmen werden dargelegt und bewertet.

Die Zuordnungen der klassierten elektrischen Ausrüstungen zu den Komponentenlisten werden vom ENSI im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogramms auf Vollständigkeit und Richtigkeit hin überprüft. Jährlich werden bei der Einreichung der aufdatierten AÜP-Dokumente sowohl die Änderungen als auch die Ergänzungen in den Dokumenten vom ENSI stichprobenartig geprüft.

Das ENSI prüft im Rahmen von Inspektionen die Prüf- und Überwachungsvorschriften meistens stichprobenartig und bewertet diese.

Innerhalb des Überprüfungszeitraums zeigten sich keine grundlegenden Auslegungsmängel der SSK. Das ENSI geht wegen der langen Einsatzdauer der Systeme, der Freigaben z. B. bei neu eingesetzten Produkten, den Wiederholungsprüfungen und der Instandhaltung bzw. Alterungsüberwachung davon aus, dass keine Auslegungsmängel bei den elektro- und leittechnischen Sicherheits- und Hilfssystemen vorhanden sind.

## 4.5.2 Übergeordnete Beurteilung der Betriebserfahrung und des Zustandes der SSK

In Tabelle 4.5-1 wird basierend auf den Darlegungen und Bewertungen des KKB für die elektro- und leittechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme die übergeordnete Beurteilung des ENSI zusammengefasst. Aus Sicht des ENSI zeigt die Auswertung der vorliegenden Betriebserfahrung, dass die Mehrzahl der elektro- und leittechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme eine hohe Wirksamkeit und Zuverlässigkeit aufweist und in einem guten Zustand ist. In den nachfolgenden Kapiteln wird insbesondere auf Systeme eingegangen, die nach Beurteilung des ENSI wesentliche Änderungen erfahren oder die im Überprüfungszeitraum hinsichtlich Wirksamkeit und Zuverlässigkeit sowie des Zustandes Auffälligkeiten gezeigt haben.

**Tabelle 4.5-1: Überblick über die sicherheitstechnische Beurteilung der elektro- und leittechnischen Systeme**

System	Klassierung	Vorkommnisse	Prüfprogramm	Änderungen	Instandhalt./Störungen	Alterungsüberwachung	Auslegung	ENSI-Bewertung
Wechselstromversorgung	1E/0E/UK	X	-	X	-	-	-	Kap. 4.5.3.1
Gleichstromversorgung	1E	-	-	X	-	-	-	Kap. 4.5.3.2
Gesicherte Wechselstromversorgung	1E	-	-	X	-	-	-	Kap. 4.5.3.3
Leittechnik Dieselgebäude	1E	-	-	X	-	-	-	Kap. 4.5.4.4
Reaktorschutzsystem	1E	X	-	X	-	-	-	Kap. 4.5.4.1
Notstandsschutzsystem	1E	X	-	X	-	-	-	Kap. 4.5.4.2
Leittechnik LSE und JES	1E	X	-	X	-	-	-	Kap. 4.5.4.3
Nuklearinstrumentierung	1E	X	-	-	-	-	-	Kap. 4.5.4.5
Reaktorregelsystem	0E	X	-	X	X	-	-	Kap. 4.5.5.1
Anlageinformationssystem	0E, UK	X	-	X	-	-	-	Kap. 4.5.5.2
Kernüberwachung	0E	-	-	-	-	-	-	-

X Beitrag in den nachfolgenden Kapiteln

– kein Beitrag in den nachfolgenden Kapiteln

## 4.5.3 Stromversorgung

Die elektrische Eigenbedarfs- und Notstromversorgung des KKB wird in beiden Blöcken sowohl durch interne als auch externe Stromquellen sichergestellt. Sie stellen die Betriebsstrom-, Notstrom- und Notstandversorgung, sowie die Gleichstrom- und die gesicherte Wechselstromversorgung sicher. Im Jahr 2015 wurde eine neue autarke Notstromversorgung (Projekt AUTANOVE) in Betrieb genommen. Sie umfasst pro Block zwei Notstromschienen (Strang 3 und 8), welche durch zwei unabhängige Notstromdieselgeneratoren versorgt werden. Diese sind räumlich getrennt in zwei Dieselgebäuden untergebracht. Ein Generator versorgt den Strang 8 des einen Blocks, der zweite Generator den Strang 3 des anderen Blocks. Die Einspeisung der Dieselgebäude (Notstrom-Netzanschluss) erfolgt durch zwei Abgänge aus dem Fremdnetz der 50-kV-Anlage des Hydraulischen Kraftwerks Beznau.

Seit der Inbetriebsetzung der autarken Notstromversorgung ist die Wechselstromversorgung neu pro Block aus sechs Strängen aufgebaut. Die Stränge 1 und 2 werden als betriebliche Schienen zur Abgabe der erzeugten elektrischen Energie benutzt und sind über die Blocktransformatoren mit dem 220-kV-Netz verbunden. Sie können durch die beiden Generatorgruppen auch im Inselbetrieb versorgt werden. Die Notstromversorgung mit Strang 3 und neu Strang 8 (bisher Strang 4) wird aus den beiden neu erstellten Dieselgebäuden Nord und Süd sichergestellt. Der bisherige Notstromstrang 4 wird neu als Betriebsstromschiene für allgemeine Verbraucher verwendet und kann bei entsprechender Stellung der Schalter für beide Blöcke genutzt werden.

Sofern die Versorgung durch die betrieblichen Schienen (Strang 1 und 2) nicht mehr gewährleistet werden kann, stellt die Notstromversorgung (Strang 3 und 8) die notwendige elektrische Energieversorgung der Nicht-Notstand-Sicherheitssysteme bei Störfällen sicher.

Bei einem Ausfall der Eigenbedarfsversorgung durch externe Ereignisse (z. B. Erdbeben) oder nicht naturbedingte äussere Einwirkungen (z. B. Einwirkungen Dritter) stellt die Notstand-Notstromversorgung (Strang 9) die notwendige Energieversorgung der Notstandssysteme sicher.

#### **4.5.3.1 Wechselstromversorgung<sup>TM-16323</sup>**

Die Wechselstromversorgungen für die beiden Blöcke sind grundsätzlich gleich aufgebaut. Jeder Block verfügt über sechs Stränge. Davon sind 2 Stränge betrieblicher Art. Sie dienen insbesondere der Abgabe der erzeugten Energie ans externe Netz. Die Notstromversorgungen des Werkes, welche im Anforderungsfall durch die Notstromdieselgeneratoren erfolgt, werden durch 4 Stränge sichergestellt. Die Eigenbedarfsanlagen werden intern mit Mittelspannung (6 kV) versorgt und über Transformatoren wird die Niederspannungsunterverteilung (0,4 kV) sichergestellt. Für Wartungsarbeiten kann manuell mittels Einlegens von diversen Kupplungen umgeschaltet werden.

Bei der Nummerierung der einzelnen Stränge bezeichnet die erste Ziffer den Block (1, 2), die zweite Ziffer den Strang (1, 2, 3, 4, 8, 9).

##### *Strang 11/21 bzw. 12/22*

Jede Turbogruppe ist über einen Blocktransformator und eine 220-kV-Kabelverbindung mit dem Unterwerk Beznau (220-kV-Schaltanlage) verbunden. Diese ist ins schweizerische / internationale Verbundnetz integriert und es besteht somit eine sehr hohe Verfügbarkeit. Der Strang 11/21 dient neben der Abgabe der Energie ins 220-kV-Netz auch der Versorgung der Eigenbedarfsschienen 11/21BD der Turbogruppe 11 bzw. 21. Der Strang 12/22 ist analog zum Strang 11/21 aufgebaut.

Zwischen dem Generator und dem Blocktransformator befinden sich der Generatorschalter und der Abgang zum Eigenbedarfstransformator. Der Generatorschalter ermöglicht das Abschalten des Generators bei Störfällen. Das Synchronisieren des Generators mit dem Netz geschieht im Normalfall mit diesem Generatorschalter bei bereits geschlossener 220-kV-Netzverbindung via Transformator zur entsprechenden Eigenbedarfsschiene. Nach Ausfall einer Turbogruppe wird diese durch den Generatorschalter vom Netz entkoppelt und, falls das 220-kV-Netz und der elektrische Pfad intakt sind, wird der betroffene Teil des Eigenbedarfs unterbruchsfrei über den Eigenbedarfstransformator ab dem 220-kV-Netz gespeist. Eine Turbogruppe kann bei einer Störung des 220-kV-Netzes von diesem getrennt werden und sich selbst versorgen. Man spricht bei einem Lastabwurf auf Eigenbedarf vom sogenannten Inselbetrieb.

##### *Strang 13/23 bzw. 18/28*

Im Normalbetrieb wird der Eigenbedarf der Notstromschienen (Strang 3 und 8) durch die im Abgang jeder Turbogruppe installierten Eigenbedarfstransformatoren sichergestellt. Die automatische Umschalteneinrichtung (AUE) versorgt die Notstromschienen aus einer der verfügbaren Einspeisungen (Strang 1, 2 oder 50 kV). Wenn keine Einspeisung verfügbar ist, wird der Start des Notstromdieselgenerators ausgelöst.

Durch das Projekt AUTANOVE wurden die bisher bestehenden 8-kV-Notstromeinspeisungen, zwei pro Block, aus dem hydraulischen Kraftwerk Beznau durch zwei Notstromdieselgeneratoren ersetzt und die Notstromschiene (Strang 8) im Dieselgebäude integriert. Die bisherige Notstromschiene (Strang 4) ist neu als Betriebs-



schiene, welche übergreifend Systeme für allgemeine Versorgung im Block 1 und 2 versorgen kann, ausgeführt. Als Ersatz wurde im Dieselgebäude die Notstromschiene (Strang 8) neu eingeführt. Durch die neue Verteilung erhielten diverse notstromberechtigte Komponenten neue Anspeisungen.

#### *Notstandsschiene 19/29BV*

Im Rahmen des Projekts AUTANOVE wurde eine 6-kV-Einspeisung für die Notstandsschienen 19/29BV aus den Dieselgebäuden ab den Schienen 10/20BZ realisiert. Die bisherige Einspeisung ab dem externen 50-kV-Netz über die beiden Transformatoren entfiel. Bei einem Ausfall der 6-kV-Einspeisung können die Schienen 19/29BV über die extern vorhandenen Accident-Management-(AM-)Notstromdieselaggregate (ein Aggregat auf dem Notstandgebäude fest installiert und ein mobiles Aggregat) versorgt werden.

Bei Nichtverfügbarkeit einer Notstand-Dieselgeneratorgruppe kann die 6-kV-Schiene von der Gruppe im anderen Notstandgebäude über die handgesteuerte 6-kV-Querverbindung mitversorgt werden.

Der Strang 19/29 versorgt die Einrichtungen des Notstands (Schienen 19/29BV). Der Strang gewährleistet bei Einwirkungen von Innen die Notstromversorgung, zusammen mit den Strängen 13/23, 18/28 und 14/24. Bei Ausfall der Betriebsstrom- und der Notstromversorgung, z. B. infolge von Einwirkungen von Aussen stellt Strang 19/29 über seine Notstanddieselgruppe 19/29XG eine autarke Notstandstromversorgung bereit.

### **Angaben des KKB**

#### *Änderungen*

- Einbindung einer AM-Notstromeinspeisung

In der Notstand-Stromversorgung von Block 1 und 2 wurde eine elektrische Anschlussmöglichkeit zu den Trafos 19/29BV UM 0000 auf der 400-V-Seite und an die Schienen 19/29BVA 0000 installiert. Ein Einspeiseversuch mit den mobilen AM-Dieselaggregaten auf die BV/BVA-Schiene wurde am 29. August 2013 erfolgreich durchgeführt. Die positiven Ergebnisse bestätigen, dass die im Bedarfsfall zum Einsatz kommenden Komponenten elektrisch versorgt werden können. Weiter besteht neu eine Einspeisemöglichkeit an den Schienen 13/23 BEK.

- Implementierung einer autarken Notstromversorgung (Projekt AUTANOVE)

Mit dem Projekt AUTANOVE wurde im Jahr 2015 eine neue autarke Notstromversorgung installiert. Zum Zeitpunkt der Antragstellung liefen Untersuchungen zur Erdbebengefährdung, die auf höhere maximale Bodenbeschleunigungen hinwiesen als diejenigen des der Auslegung der Notstandssysteme zugrunde gelegten Sicherheitserdbebens. Daher wurde als seismische Auslegungsbasis für AUTANOVE das 1,5-fache des genannten SSE zugrunde gelegt. Mit dieser Nachrüstung wurde die Notstromversorgung der sicherheitsrelevanten Systeme bei Einwirkungen von aussen (EVA) verbessert. Die Leistungsfähigkeit der neuen Notstromversorgung wurde durch diverse Inbetriebsetzungstests bestätigt. Damit ist sichergestellt, dass die sicherheitsrelevanten Aufgaben erfüllt werden können.

Mit dem Projekt AUTANOVE ist die bisherige Notstromversorgung aus dem Wasserkraftwerk Beznau von den Schienen AN10 und AN20 ausser Betrieb genommen worden. Ebenfalls ist die Notstandversorgung vom Trafo 19/29BV UM 0000 für die Einspeisung der Notstandversorgung der Schienen 19/29BV 0000 ausser Betrieb genommen worden. Diese werden seither von den 6-kV-Schienen aus den Dieselgebäuden eingespeist. Ebenfalls wurden durch die Implementierung des Projekts AUTANOVE die bestehenden Flutdiesel 13/23XM 1000/2000 in Block 1 und 2 ausser Betrieb genommen.

#### *Vorkommnisse*

- Startversagen Notstanddiesel 29XMA 3000 bei monatlicher Funktionsprüfung (12-2004): Am 10. Mai 2012 kam es anlässlich des monatlichen Probelaufs zu einem Startversagen des Notstanddiesels 29XMA 3000 im Block 2. Das Versagen war auf eine nicht entlüftete Kraftstoffleitung zurückzuführen.
- Hydro-Notstromschienen AN10 und AN20 im Inselbetrieb nach Öffnen der Spaltfeldschalter (12-2005): Am 01. Juli 2012 öffneten die Spaltfeldschalter der Betriebs- und Notstromschienen AP10/AN10 und

AP20/AN20 im Hydraulischen Kraftwerk Beznau, worauf die Notstromschienen auslegungsgemäss automatisch auf Inselbetrieb schalteten. Anschliessend war die Anlage im Inselbetrieb. Die Ursache für diese Schaltung war eine Störung im 50-kV-Netz durch ein heftiges Gewitter. Nach Wegfall der Störung konnten die Spaltfeldschalter AP10/AN10 und AP20/AN20 wieder geschlossen werden.

### *Gesamtbewertung des KKB*

Mit der Nachrüstung der im Jahr 2015 installierten Notstromeinspeisung (Projekt AUTANOVE) wurde die Notstromversorgung der sicherheitsrelevanten Systeme bei EVA-Ereignissen verbessert. Die Betriebsbereitschaft der Wechselstromversorgung wird im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen und Betriebsvorschriften laufend überprüft. Negative Trends sind keine zu verzeichnen. Die erzielten Prüfergebnisse bei den wiederkehrenden Prüfungen bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen. Auch aus Sicht der Alterungsüberwachung ergeben sich keine ergänzenden Massnahmen zur Sicherstellung der angestrebten Betriebszeit. Die Komponenten der Wechselstromversorgung sind in einem guten Zustand. Die Funktionsbereitschaft ist für einen langfristigen und sicheren Betrieb der Anlage nachhaltig gewährleistet.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-G02<sup>G02</sup>, ENSI B01<sup>B01</sup>
- KTA3701<sup>KTA3701</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Änderungen*

Die neue elektrische Anschlussmöglichkeit in der Notstand-Stromversorgung von Block 1 und 2 stellt eine Verbesserung auf der Sicherheitsebene 4a dar und ist positiv zu bewerten. Durch das Projekt AUTANOVE ist neu pro Block ein weiterer Strang der Notstromversorgung seismisch robust, wodurch die Beherrschung von Erdbeben auf der Sicherheitsebene 3 um eine weitere Redundanz verbessert wird.

#### *Vorkommnisse*

Angesichts der Vielzahl an 1E-/0E-klassierten und elektrisch nicht klassierten Anlagen des Eigenbedarfs und der Notstromversorgung ist die Anzahl der gemeldeten Vorkommnisse gering. Die externe elektrische Wechselstromversorgung kann aufgrund der vielen Betriebsjahre mit wenigen Ausfällen z. B. durch Gewitter als zuverlässig bewertet werden.

#### *Gesamtbewertung*

Die eingereichten Dokumentationen sind sachlich nachvollziehbar. Auch bei den ENSI-Inspektionen wurden bei der Wechselstromversorgung keine Schwachstellen festgestellt.

Der Aufbau der Wechselstromversorgung entspricht dem nach KTA 3701 beschriebenen Aufbau. Die beiden 220-kV-Netzeinspeisungen können sowohl zur Leistungsabgabe (im Leistungsbetrieb) als auch zum Bezug (Revision) die zugehörigen Betriebsschienen und die allgemeine Stromverteilung versorgen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die betrachteten Stromversorgungssysteme ihre Funktionen einwandfrei erfüllten. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen kann davon ausgegangen werden, dass die erwähnten Stromversorgungssysteme auch innerhalb der nächsten Jahre bei konstant guter Instandhaltung ihre Funktion erfüllen werden.

Allerdings fordert die Richtlinie ENSI-G02 «Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke» (Ausgabe August 2019) in Kap. 7.12.1 g., dass nach einem Verlust der Stromversorgung auf den Sicherheitsebenen 1 bis 3 innerhalb weniger Tage eine Verbindung zu einem externen Netz durch provisorische Massnahmen erstellt werden können muss. Die entsprechenden Massnahmen sollen im Voraus geplant und vorbereitet werden. Da die Verbindung zum Wasserkraftwerk Beznau beim Projekt AUTANOVE geändert wurde, verlangt das ENSI vom KKB den Nachweis der Funktionsfähigkeit einer Verbindungsmöglichkeit zu einer anderen externen Netzeinspeisung.

### **Forderung 4.5.3-1**

*Das KKB hat bis zum 30. September 2022 eine Verbindungsmöglichkeit mit einem externen Netz vorzubereiten und mittels eines Tests deren Funktionsfähigkeit aufzuzeigen.*

#### **4.5.3.2 Gleichstromversorgung<sup>TM-16324</sup>**

Im ungestörten Betrieb werden die Gleichstromverteilungen des KKB aus den Wechselstromversorgungen über Gleichrichter versorgt. An die Gleichstromverteilungen sind alle Verbraucher angeschlossen, die unterbrechungsfrei mit Gleichstrom versorgt werden müssen. Als unabhängige Systeme sind 120-V-, 24-V- und 26-V-Versorgungen vorhanden. Verbraucher auf den einzelnen Spannungsebenen sind beispielsweise das Reaktorschutzsystem, die Steuerschränke der Dieselsegebäude-Leittechnik, das Notstandschutzsystem oder das Brandmeldeleitsystem.

Die Gleichstromversorgungen sind sowohl für die Versorgung der betrieblichen Systeme als auch der aktiven Sicherheitsausrüstungen von zentraler Bedeutung. Sie tragen damit zur Gewährleistung nahezu aller Schutzziel-funktionen bei.

Die unterbrechungslosen Stromversorgungen (USV) werden mittels Batterien und batteriegestützten Wechselstromversorgungen (als «sichere Schienen» bezeichnet) versorgt. Diese sind im Nebengebäude 4-strängig mit den Schienen BNA, BNB, BNC und BNG aufgebaut.

In den Dieselsegebäuden besteht die Versorgung aus je zwei Halbschienen BNH A/B respektive BNJ A/B. Die Halbschienen B werden jeweils aus den angrenzenden Dieselsegebäuden versorgt. Die Halbschienen speisen die Notstromdiesel-Leittechnik sowie die 120-V-Unterverteilung in den Dieselsegebäuden. Im Notstandgebäude ist das Gleichstromsystem redundant 2-strängig aufgebaut mit den Schienen BNP und BNQ.

Das Reaktorschutz- und Regelsystem wird über 26-V-Gleichrichter durch die sicheren Schienen versorgt. Angeschlossen sind Teile der Nuklearinstrumentierung und die Ausrüstungen, welche für die analoge Signalerfassung und -aufbereitung für das Reaktorschutzsystem benötigt werden. Des Weiteren werden das Brandmeldeleitsystem, die Löschanlagen und die 1E-klassierten Kanäle der Aktivitätsüberwachung von der 26-V-Gleichstromanlage versorgt.

Die Batteriekapazität ist so bemessen, dass bei Ausfall des Ladestromes in jedem Strang ein uneingeschränkter Betrieb über mindestens 4 Stunden sichergestellt ist.

Die 120-V-, die 24-V- und die 26-V-Gleichstromversorgungen gehören zur Sicherheitsklasse 1E. Eine Ausnahme ist die Schiene BND und BNE. Diese gelten als sicherheitsbezogen (0E).

### **Angaben des KKB**

#### *Änderungen*

- Ersatz von Ladegleichrichtern und Wechselrichtern

Mit dem Projekt wurden folgende Systeme ersetzt:

- die Ladegleichrichter der Batteriesysteme für die 24-V-DC- und 120-V-DC-Versorgung im Notstand;
- die Wechselrichter für die Versorgung der Notbeleuchtung ab der 120-V-Schiene;
- die Ladegleichrichter der Batteriesysteme für die 24-V-DC-Versorgung.

Die bestehenden Ausrüstungen wurden durch qualifizierte, modulare Geräte ersetzt. Diese Bauweise bietet ein Höchstmass an Verfügbarkeit durch Redundanz und Austauschbarkeit im Schadensfall. Der Ersatz wurde gestaffelt durchgeführt.

Der Ersatz der Ladegleich- und Wechselrichter stellt eine Verbesserung der Verfügbarkeit der betreffenden Gleichstromversorgung durch erhöhte Redundanz von Komponenten dar. Bei einem Ausfall der jeweiligen Wechsel- oder Ladegleichrichter können die Komponenten aufgrund der modularen Bauweise schneller und ohne betriebliche Beeinträchtigung ausgetauscht werden.

- Verbesserung der Selektivität in den 24-V-DC-Verteilungen

Zur Verbesserung der Selektivität wurden in den 24-V-DC-Verteilungen 20BQU und 20BQV die Sicherungsautomaten von zwei Motorreglern gegen solche mit kleineren Auslöseströmen getauscht.

- Projekt AUTANOVE

Mit dem Projekt AUTANOVE wurden die 120-V-Batterien & Hauptverteilungen 5 (10/20BNH) und die 120-V-Batterie & Hauptverteilung 6 (10/20BNJ) in den Dieselgebäuden eingebaut.

Die 24-V-DC-Schienen in den Diesel-Halbgebäuden werden von den örtlichen 120-V-Halbschienen über DC/DC-Wandler versorgt.

### *Gesamtbewertung des KKB*

Die Betriebserfahrung hat gezeigt, dass die Gleichstromversorgung mit ihren elektrischen Komponenten zu jeder Zeit in der Lage war, ihre sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen. Die Funktionssicherheit der Gleichstromversorgung war zu jedem Zeitpunkt gewährleistet. Im Überprüfungszeitraum der PSÜ gab es kein Vorkommnis, das die Gleichstromversorgung betraf.

Das Betriebsverhalten der Gleichstromversorgung hat sich im Überprüfungszeitraum seit der letzten Bewertung nicht verändert. Dank der konsequenten Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten sowie dem alterungsbedingtem Austausch der Batterien sind die Ausrüstungen der Gleichstromversorgung in einem guten technischen Zustand.

Alle Änderungen in der Gleichstromversorgung dienen der Erhöhung der Anlagensicherheit und haben keinen Einfluss auf die Auslegung der Anlage. Die Zuverlässigkeit der elektrotechnischen Einrichtungen der Gleichstromversorgung wurde mit den beschriebenen Nachrüstungen und Änderungen erhöht.

Die Funktionsbereitschaft der betreffenden elektrischen Komponenten ist für einen langfristigen und sicheren Betrieb der Anlage nachhaltig gewährleistet. Zusammenfassend kann der Zustand der elektrotechnischen Systeme und Komponenten als gut bewertet werden.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien ENSI-G02<sup>G02</sup> und ENSI-B01<sup>B01</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Änderungen*

Der Ersatz von Ladegleichrichtern und Wechselrichtern, die Verbesserung der Selektivität in der 24-V-DC-Verteilung und das Projekt AUTANOVE werden vom ENSI als klare Verbesserungen bewertet. Sie wirken sich positiv auf den aktuellen technischen Stand der Anlage aus und sind auch im Hinblick auf den Langzeitbetrieb positiv zu bewerten.

#### *Gesamtbewertung*

Generell sind die Systeme der Gleichstromverteilung in einem guten Zustand. Dies hat sich auch bei den inspizierten Wiederholungsprüfungen, welche durchwegs mit «Normalität» bewertet wurden, gezeigt. Auch die sehr tiefen Ausfallraten sind ein Indikator für eine gute Instandhaltung bzw. einen rechtzeitigen Austausch der Komponenten. Der Austausch der klassierten Batterien, Gleichrichter, Sicherungsautomaten etc. erfolgt gemäss den im AÜP vorgegebenen Intervallen. Die Anlagen sind robust und wurden teilweise durch die Erhöhung bei den Komponentenredundanzen auch bezüglich Verfügbarkeit verbessert.

Zusammenfassend hält das ENSI fest, dass die Gleichstromanlagen, bei gleichbleibender Wartung und Instandhaltung, ihre Funktionen erfüllen und für einen sicheren und langfristigen Betrieb geeignet sind.

### 4.5.3.3 **Gesicherte Wechselstromversorgung**<sup>TM-16325</sup>

Die gesicherte Wechselstromversorgung versorgt alle Verbraucher, die unterbrechungsfrei mit Wechselstrom gespeist werden müssen. Es sind dies insbesondere die Gleichrichter der 26-V-Gleichstromversorgung für die rechnerbasierte Leittechnik des Reaktorschutzsystems und der Reaktorregelung, die Gleichrichter der Stromversorgung für die Leittechnik im Notspeisewassergebäude und die Turbinen-Leittechnik. Die gesicherten Wechselstromschienen werden über Wechselrichter von den 120-V-Batterien versorgt.

Im Normalbetrieb erfolgt die Steuerung der USV-Anlage automatisch. Handeingriffe sind vor Ort an einer Steuertafel möglich.

Bei den Störfällen, welche den Ausfall wesentlicher Teile der elektrischen Energieversorgung betreffen, wird die unterbrechungsfreie Bespeisung durch die eingebauten USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung) an den betreffenden Strängen sichergestellt.

Die gesicherte Wechselstromversorgung dient als Hilfssystem mit der unterbrechungsfreien Stromversorgung vor allem des Reaktorschutz- und Regelsystems.

#### **Angaben des KKB**

##### *Änderungen*

- Nachrüstung ISBS-Rechner an den VITAL USV-Anlagen

Die VITAL-USV-Anlagen Strang 1–4 wurden mit einem Zusatzrechner («ISBS» Independent Static Bypass Switch) nachgerüstet, um das Versagen der USV-Anlage beim Ausfallen des Hauptrechners zu verhindern. Der neu eingebaute Rechner wurde umfangreich getestet und dokumentiert.

- Ersatz der VITAL-USV-Anlagen KB-12017

Die VITAL-USV dienen der Versorgung der sicheren Schienen, ab denen z. B. auch das Reaktorschutz- und Regelsystem versorgt wird. Die USV-Anlagen sind 1E-klassiert und seit den Jahren 2000 (Block 1) und 2001 (Block 2) in Betrieb.

Gemäss Alterungsüberwachungsprogramm waren einzelne Komponenten in absehbarer Zeit zu ersetzen. Von diesen Komponenten sind keine qualifizierten Originalteile mehr erhältlich. Eine Nachqualifizierung von Bauteilen wäre zwar möglich, hätte aber eine bauliche Veränderung der Schaltschränke zur Folge, was wiederum die seismische Integrität verletzen könnte. Deshalb wurde beschlossen, diese Anlagen vollständig zu ersetzen.

Die neuen USV-Anlagen bestehen aus einem Einspeise-, einem USV- und einem Abgangsfeld. Zwischen diesen Feldern sind Transporttrennungen vorhanden, die es ermöglichen das USV-Feld einfach auszutauschen.

Mit dieser Änderung können die USV-Anlagen sicher für weitere 20 Jahre betrieben werden. Mit der Beschaffung wird auch eine Langzeitstrategie bezüglich Ersatzteile festgelegt, insbesondere für Bauteile, die alterungsbedingt ausgetauscht werden müssen.

##### *Gesamtbewertung des KKB*

Aus Sicht der Betriebserfahrung war die gesicherte Wechselstromversorgung mit ihren elektrischen Komponenten zu jeder Zeit in der Lage, ihre sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen. Die neuen USV-Anlagen, welche modular aufgebaut sind, können sicher für weitere 20 Jahre betrieben werden.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien ENSI-G02<sup>G02</sup> und ENSI-B01<sup>B01</sup>

## Beurteilung des ENSI

### Änderungen

Die neuen modularen Komponenten sind im KKB schon längere Zeit erfolgreich im Einsatz. Mit dem Ersatz der Ladegleichrichter und Wechselrichter durch Komponenten in modularer Bauweise können diese besser, schneller und ohne betriebliche Beeinträchtigung ausgetauscht werden. Dies führt zu einer höheren Verfügbarkeit und wirkt sich positiv auf die Sicherheit aus. Das ENSI kann die Aussagen des KKB nachvollziehen.

### Gesamtbewertung

Zusammenfassend hält das ENSI fest, dass die gesicherten Wechselstromversorgungen, bei gleichbleibender Wartung und Instandhaltung, ihre Funktionen erfüllen und für einen sicheren und langfristigen Betrieb geeignet sind.

## 4.5.4 Sicherheitsleittechnik

### 4.5.4.1 Reaktorschutzsystem (CL)<sup>TM-16303, TM-16318, KKB-SB-1, KKB-SB-2</sup>

Die vier Redundanzen des Reaktorschutzsystems sind örtlich getrennt. In diesen Redundanzen werden die Signale zur Auslösung von Sicherheitsfunktionen funktional diversitär verarbeitet. Die Rechner zur Weiterleitung von Meldungen an die Gefahrenmeldeanlage und das Anlageinformationssystem sind redundant ausgeführt. Die Signal Ein- und -Ausgänge von den Messumformern respektive Transmittern und in Richtung Schaltanlage beziehungsweise zur Komponentenansteuerung sind mehrheitlich in analoger Technik ausgeführt. Das Reaktorschutz- und Regelsystem wird von der Gleichstromversorgung elektrisch versorgt.

Das Reaktorschutzsystem übernimmt in allen Anlagezuständen Leittechnikfunktionen zur Reaktorschnellabschaltung (Reaktortrip) und Auslösung der aktiven Sicherheitsfunktionen. Zum Abschalten des Reaktors unterbricht der Tripschalter den Strom der Spulen, welche die Steuerstäbe halten, und die Stäbe fallen in den Kern.

Die Leittechnikfunktionen sind codiert. Das Reaktorschutz- und Regelsystem wurde im Rahmen der Inbetriebsetzung nuklear klassiert und qualifiziert. Ein Spannungsverlust wirkt wie ein Auslösesignal.

## Angaben des KKB

### Änderungen

#### – Interface- und Softwareanpassung

Die nach rund 20 Jahren notwendige Migration der Anlageninformationssystemsoftware auf eine neue Hardwareplattform erforderte eine Anpassung der Verbindung zwischen dem Anlageninformationssystem und dem Reaktorschutzsystem. Die Verbindung wurde sicherheitstechnisch verbessert und auch auf der Seite des Reaktorschutzsystems wurde die Software aktualisiert. Im Rahmen der Aufdatierung wurde der Nachweis geführt, dass die bisherigen Funktionen mit der neuen Systemsoftware erhalten bleiben. Dazu wurden die Funktionen auf einer Simulatorplattform getestet und mit den Ergebnissen der Erstinbetriebnahme verglichen.

Derzeit sind keine weiteren Änderungen geplant.

#### – Anpassungen der Technischen Spezifikation

Im Jahr 2014 wurden aufgrund der erfolgten technischen Anpassungen auch in der Technischen Spezifikation bei der Prüfanforderung 33.2.24 zum Reaktorschutz entsprechende Anpassungen durchgeführt.

### Vorkommnisse

Ausfall Messumformer im Messkanal Loop B (14-1001): Am 8. Februar 2014 fiel ein Messumformer des Temperaturmesskanals im Loop B aus. Der defekte Messumformer wurde ausgetauscht. Das Ausfallverhalten des Messumformers wurde analysiert und als spontaner, einzelner Ausfall einer Elektronikarte dokumentiert.

### *Gesamtbewertung des KKB*

Das Reaktorschutzsystem mit seinen elektrischen Komponenten war zu jeder Zeit in der Lage, seine sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen. Das Reaktorschutzsystem war im Rahmen der Anforderungen der Technischen Spezifikation betriebsbereit.

Der Umfang und die Durchführung von Funktionstests und Wiederholungsprüfungen entsprechen den Anforderungen an die sicherheitstechnische Relevanz der leittechnischen Ansteuerung des Reaktorschutzsystems. Wie die Ergebnisse der Wiederholungsprüfungen und Wartungsmassnahmen bestätigen, sind der Inspektionsumfang und die Intervalle korrekt gewählt. Im Überprüfungszeitraum gab es diesbezüglich keine sicherheitsrelevanten Befunde.

Auch aus Sicht der Alterungsüberwachung ergeben sich keine ergänzenden Massnahmen zur Sicherstellung der angestrebten Betriebszeit. Verschleissteile werden im Rahmen der Instandhaltung oder bei Bedarf ausgetauscht. Die Komponenten des Reaktorschutzsystems sind in einem guten Zustand. Die Funktionsbereitschaft der betreffenden leittechnischen Komponenten ist für einen langfristigen und sicheren Betrieb der Anlage nachhaltig gewährleistet.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien HSK-R-46<sup>R-46</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup> und ENSI-B14<sup>B14</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Änderungen*

Die vorgenommenen Änderungen dienen einerseits der Verfügbarkeit und andererseits der nochmals erhöhten Datensicherheit. Die Änderungen haben sich sowohl in den Inbetriebsetzungstests als auch im seitherigen Betrieb ohne Probleme bewährt.

#### *Vorkommnisse*

Anhand der bisherigen Betriebserfahrungen mit diesen Messumformern wurde kein dringender Handlungsbedarf festgestellt. Im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogrammes werden die Messumformer jedoch präventiv getauscht.

#### *Gesamtbewertung*

Die eingereichte Dokumentation ist sachlich nachvollziehbar und konsistent zu den aus Inspektionen und Freigaben vorhandenen Informationen.

Das Reaktorschutzsystem wird periodisch geprüft. Die Ergebnisse der Prüfungen zeigen die geforderte Zuverlässigkeit und Wirksamkeit des Systems. Die Betriebserfahrung zeigt, dass sowohl der Betrieb als auch die Überprüfung sowie Instandhaltung zweckmässig und vollständig organisiert und durchgeführt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Reaktorschutzsystem seine Funktion einwandfrei erfüllt. Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass es auch im laufenden Überprüfungszeitraum seine Funktionen erfüllen wird.

#### **4.5.4.2 Notstandschutzsystem (CN)<sup>TM-16319, KKB-SB-1, KKB-SB-2</sup>**

Das Notstandschutzsystem gewährleistet mit Hilfe der angeregten Systeme die automatische Auslösung der erforderlichen Funktionen so, dass die Sicherheit der Anlage nach Einwirkungen von aussen ohne menschliches Einwirken für mindestens zehn Stunden aufrechterhalten bleibt.

Das Notstandschutzsystem wurde in den Jahren 1991/92 im Rahmen einer Nachrüstung in Betrieb genommen, insbesondere um den Schutz der Anlage bei Einwirkungen von aussen zu verbessern. Die Leittechnikschränke sind dreifach räumlich getrennt angeordnet. Jeder Schutzschrank des Notstand-Schutzsystems wird

redundant von den beiden Gleichstromschienen der Notstand-Stromversorgung gespeist. Das Notstandsschutzsystem weist Verbindungen mit dem Reaktorschutzsystem sowie der Leittechnik des Notspeisewassersystems auf.

## **Angaben des KKB**

### *Änderungen*

- Anpassung der Einbindung des Notspeisewassersystems und des Notsperrwassersystems  
Im Rahmen des Projekts «AUTANOVE» wurde die Einbindung des Notspeisewassersystems und des Notsperrwassersystems angepasst. Dazu wurden analoge Signale mittels Trennverstärkern respektive Relais ausgekoppelt. Derzeit sind keine weiteren Änderungen geplant.
- Änderungen der Technischen Spezifikationen  
Im Jahr 2015 wurden an den Technischen Spezifikationen folgende Änderungen durchgeführt.
- Neue begrenzende Betriebsbedingung und Prüfanweisung für die Leittechnik des Notsperrwassersystems eingeführt.
- Anpassung der Prüfanweisung für die automatische Umschaltung auf dieselgestützte Versorgung.

### *Vorkommnisse*

Reaktortrip durch Dampferzeuger-Niveau tief nach Speisewasserisolierung durch Auslösung eines Sicherungsautomaten (12-2007): Am 21. November 2012 erfolgte ein Reaktor-Trip durch ein fehlerhaftes Dampferzeugersignal. Ein Defekt in einem Sicherungsautomaten führte zum Verlust der Spannungsversorgung der Steuerkarten von Magnetventilen. Bedingt durch den Spannungsunterbruch wurde die Schutzfunktion ausgelöst. Der defekte Sicherungsautomat wurde beim Hersteller untersucht, es wurde kein systematischer Fehler festgestellt, die Alterung der Komponente ist unkritisch. Trotzdem wurden im Rahmen des präventiven Austauschs weitere Sicherungsautomaten und Speisegeräte ersetzt.

Fehlerhafte Zustellung Restwärmeventil (15-2002): Am 16. Dezember 2015, nach Tests am Reaktorschutzsystem, konnte ein Ventil vom Kommandoraum aus nicht mehr gefahren werden. Die Anlage befand sich zu diesem Zeitpunkt im drucklosen Zustand bei abgesenktem Reaktorniveau. Das Ventil wurde vor Ort manuell geöffnet. Bei der Ursachensuche wurde die Auslösung des Wärmepaketes festgestellt. Das Wärmepaket und die zugehörigen Motorenschütze wurden daraufhin präventiv ausgetauscht.

### *Gesamtbewertung des KKB*

Im Überprüfungszeitraum wurden nur die oben angeführten sicherheitsrelevanten Änderungen durchgeführt. Die Betriebserfahrung sowie die durchgeführten Prüfungen und Wartungen haben gezeigt, dass das Notstandsschutzsystem zu jeder Zeit in der Lage war, seine sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen. Der Umfang und die Durchführung von Funktionstests und Wiederholungsprüfungen entsprechen der sicherheitstechnischen Relevanz der Funktionen des Notstandsschutzsystems. Wie die Ergebnisse der Wiederholungsprüfungen und Wartungsmassnahmen bestätigen, sind der Inspektionsumfang und die Intervalle korrekt gewählt. Signifikante Häufungen von Mängeln und Fehlern traten keine auf.

## **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien HSK-R-46<sup>R-46</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup> und ENSI-B14<sup>B14</sup>

## **Beurteilung des ENSI**

### *Änderungen*

Die Auskoppelung der analogen Signale haben sich sowohl in den Inbetriebsetzungstests als auch im seitherigen Betrieb ohne Probleme bewährt.



### *Vorkommnisse*

Die im Überprüfungszeitraum in den Vorkommnissen aufgetretenen Defekte wurden analysiert und sind als Einzelfehler zu taxieren.

### *Gesamtbewertung*

Die eingereichte Dokumentation ist sachlich nachvollziehbar und konsistent zu den aus Inspektionen und Freigaben vorhandenen Informationen.

Ereignisse, die den Eingriff des Notstandschutzsystems erforderlich gemacht hätten, sind im Überprüfungszeitraum keine aufgetreten, und es gab im Überprüfungszeitraum kein Ereignis, das zu einer Abweichung von der für das Notstandschutzsystem relevanten Regelungen der Technischen Spezifikation geführt hat. Das Notstandschutzsystem wird periodisch geprüft. Die Ergebnisse der Prüfungen zeigen die geforderte Zuverlässigkeit und Wirksamkeit. Die Betriebserfahrung zeigt, dass sowohl der Betrieb als auch die Überprüfung sowie Instandhaltung zweckmässig und vollständig organisiert und durchgeführt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Notstandschutzsystem seine Funktion einwandfrei erfüllt. Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass es auch innerhalb des laufenden Überprüfungszeitraums seine Funktionen erfüllen wird.

#### **4.5.4.3 Leittechnik LSE und JES<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2, TM-16353</sup>**

Das Notspeisewassersystem (LSE) hat die Aufgabe, bei Störfällen die Dampferzeuger mit Notspeisewasser zu versorgen. Das Notspeisewassersystem arbeitet parallel zum Notstand-Speisewassersystem. Die Signale des Notstandschutzsystems zum Start der Notstand-Speisewasser-Ausrüstungen werden von der LSE-Leittechnik erfasst und als Steuerbefehle für die Notspeisewasserpumpe und das Notspeisewasserventil verarbeitet.

Das Notsperrowassersystem (JES) wurde 2015 installiert. Dieses einsträngige System versorgt bei Ausfall der normalen Sperrwasserversorgung die Gleitringdichtungen der Reaktorhautpumpen.

Sowohl beim Notspeisewassersystem LSE als auch beim Notsperrowassersystem JES handelt es sich um Nachrüstungen. Das LSE-System ist mit einer zugehörigen, unabhängigen Leittechnik ausgestattet. Die gleiche Hardware wurde auch für die Nachrüstung der Leittechnik des JES-Systems verwendet. Das LSE-System ist diversitär zum Hilfsspeisewassersystem LSN und dem Notstand-Speisewassersystem LNA ausgelegt. Das System trägt zur sekundärseitigen Bespeisung der Dampferzeuger im Anforderungsfall bei.

Die Leittechnik für die Systeme LSE und JES besteht aus räumlich getrennten Schränken. Sie ist zweikanalig aufgebaut, die Kopplung zwischen Gebäuden erfolgt mittels Lichtwellenleiter. Die Ausrüstung der LSE/JES-Leittechnik ist 1E-qualifiziert.

Die Leittechnik-Schränke werden von der 24-V-Gleichstromversorgung respektive durch die sicheren Schienen der Wechselstromversorgung versorgt.

### **Angaben des KKB**

#### *Änderungen*

Im Rahmen des Projekts AUTANOVE wurden die Funktion für die neue Brunnenwasserpumpe erweitert und gleichzeitig die Ansteuerung der neuen Notsperrowasserpumpe in das vorhandene Leittechniksystem des Notspeisewassersystems integriert. Gleichzeitig wurde die Software aktualisiert und der Leitstand für die Nachrüstung wurde erweitert. Die Änderungen bedeuten eine Verbesserung der Anlagensicherheit hinsichtlich der Beherrschung von Vorkommnissen mit Einwirkungen von Aussen. Derzeit sind keine weiteren Änderungen geplant. Das erweiterte LSE/JES-System wurde mit spezifischen Versuchsprogrammen in Betrieb genommen.

In der Technischen Spezifikation wurden Einstellwerte für die Notspeisewassertank-Nachspeisung und für das Notsperrowassersystem sowie die zugehörigen begrenzenden Betriebsbedingungen und Prüfanweisungen festgelegt.

### *Vorkommnisse*

Ausfall Temperaturmesskanal zu Reaktorhauptpumpe (14-1005): Am 11. Juni 2014 fiel ein Temperaturmesskanal des Primären Zwischenkühlsystems zu den Reaktorhauptpumpen dreimal kurzzeitig aus. Da weder die Grundursache noch der genaue Störungsort ersichtlich waren, wurde vorsorglich der Umformer ausgetauscht. Die ausgebaute Elektronikkarte wurde im Labor untersucht. Es traten keine weiteren Störungen mehr auf. Dies führte zum Schluss, dass es sich um einen technischen Einzelfehler handelt. Die betroffene Elektronikkarte wurde ausgemustert.

### *Gesamtbewertung des KKB*

Das System «Leittechnik LSE und JES» war mit seinen elektrischen Komponenten zu jeder Zeit in der Lage, seine sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen. Die Komponenten der leittechnischen Ansteuerung für die Systeme LSE und JES sind in einem guten Zustand. Im Überprüfungszeitraum wurde die vorhandene leittechnische Ausrüstung, neben der regulären Instandhaltung, systematisch gewartet und gegebenenfalls erneuert oder ausgetauscht und an den Stand der Technik angepasst. Aus Sicht der Elektrotechnik ist die Funktionsbereitschaft der betreffenden leittechnischen Komponenten für einen langfristigen und sicheren Betrieb der Anlage nachhaltig gewährleistet.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien HSK-R-46<sup>R-46</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup> und ENSI-B14<sup>B14</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Änderungen*

Die vorgenommenen Änderungen dienen der erhöhten Anlagensicherheit. Die Änderungen haben sich sowohl in den Inbetriebsetzungstests als auch im seitherigen Betrieb ohne Probleme bewährt.

#### *Vorkommnisse*

Das ENSI kommt ebenfalls zum Schluss, dass es sich beim Ausfall des Temperaturmesskanals um einen Einzelfehler gehandelt hat.

#### *Gesamtbewertung*

Die eingereichte Dokumentation ist sachlich nachvollziehbar und konsistent zu den aus Inspektionen und Freigaben vorhandenen Informationen.

Das Notspeisewassersystem wird periodisch geprüft. Die Prüfungen zeigen die geforderte Zuverlässigkeit und Wirksamkeit.

Die Betriebserfahrung zeigt, dass sowohl der Betrieb als auch die Überprüfung sowie Instandhaltung der Leittechnik LSE und JES zweckmässig und vollständig organisiert und durchgeführt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Leittechnik LSE und JES ihre Funktion einwandfrei erfüllen. Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass sie auch im laufenden Überprüfungszeitraum ihre Funktionen erfüllen werden.

#### **4.5.4.4 Leittechnik Dieselgebäude<sup>TM-16354</sup>**

Die Notstromdiesel-Leittechnik ist mit der qualifizierten Produktlinie AC 160 als rechnerbasierte Leittechnik 3-kanalig aufgebaut. Sie ist der Sicherheitsklasse 1E zugeteilt. Für jeden der 4 Stränge (13/23; 18/28) ist ein eigenständiges Leittechniksystem vorhanden. Es umfasst neben den Rechnern in jedem Diesel-Halbgebäude auch solche im Maschinenhaus. Die Notstromdiesel-Leittechnik umfasst unterschiedlich kategorisierte Systemteile. Die Leittechnikfunktionen der höchsten Kategorie A sind dreikanalig aufgebaut. Die Gerätefamilie AC160 bildet den Hauptteil der Westinghouse Common-Q-Plattform der Sicherheitsleittechnik.

Der anspruchsvollste und sicherheitstechnisch wichtigste Anforderungsfall ist der Notstromfall. Die Notstromdiesel-Leittechnik startet dann die zugeordneten Notstromgruppen aus dem Bereitschaftszustand, überwacht deren Hochlauf und belastet den Notstromdieselgenerator sukzessive mit einer Sequenz von Logikbefehlen. Das bedingt auch einen Signalaustausch mit den Schaltanlagen. Gleichzeitig werden Hilfssysteme, vor allem Ventilatoren für die Dieselkühlung, gestartet. Im Bereitschaftszustand wird die Einsatzbereitschaft der Notstromgruppen und aller Hilfssysteme überwacht.

Handeingriffe sind vom Hauptkommandoraum und aus dem örtlichen Leitstand im Dieselgebäude möglich. Ferner bestehen Schnittstellen zur Gefahrmeldeanlage (GMA) und zum Anlageninformationssystem (ANIS).

## **Angaben des KKB**

### *Änderungen*

Die neue Notstromversorgung (AUTANOVE) ging Ende 2015 in Betrieb. Im Überprüfungszeitraum 2012 - 2016 wurden folgende kleinere Anpassungen und Optimierungen an den Anlagen und an der Leittechnik der Notstromversorgung vorgenommen:

Es wurden Firmware-Updates und Aktualisierungen der KAT-A-Software für diverse Funktionen wie die Optimierung der Zuschaltfolge, Drehzahlauswertgeräte, vorrangiger Aggregateschutz durch Überwachung von Schmieröldruck tief, Anpassung der PRW-Startsequenz nachgerüstet.

In den KAT-C-Funktionen wurden diverse Anpassungen z. B. für die Überwachungen der Niveaus der Schmieröltanks und der Nachfüllung, die Skalierung der Stromanzeige der LSE-Pumpe, die Aktivierung der Überfüllsicherung auch im Handmodus, etc. vorgenommen.

### *Gesamtbewertung des KKB*

Die im KKB aufgetretenen Fehler sind bezogen auf die installierte Basis klein und zeigen keinen Hinweis auf eine erhöhte Ausfallrate (es handelt sich um Erstausfälle). Aus Sicht der Betriebserfahrung war die «Leittechnik Notstromversorgung» mit ihren elektrischen Komponenten jederzeit in der Lage, ihre sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen.

## **Beurteilungsgrundlage des ENSI**

- Richtlinie ENSI-G02<sup>G02</sup>

## **Beurteilung des ENSI**

### *Änderungen*

Die Änderungen in der Dieselleittechnik der Notstromversorgung wurden aufgrund der Betriebserfahrung in Form von Updates, Verfeinerungen und Optimierungen von Fehlermeldungen durchgeführt. Diese dienen den Operateuren für eine zielgerichtete Fehlersuche und tragen zu einem sicheren Betrieb bei.

### *Instandsetzung*

Angesichts der Vielzahl an 1E-/0E-klassierten und elektrisch nicht klassierten Anlagen des Eigenbedarfs und der Notstromversorgung ist die Anzahl der registrierten Fehler gering.

### *Gesamtbewertung*

Das ENSI kann die Bewertung des KKB nachvollziehen. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen kann davon ausgegangen werden, dass die Notstromdiesel-Leittechnik auch innerhalb des laufenden Überprüfungszeitraums ihre Funktion erfüllen wird.

### **4.5.4.5 Nuklearinstrumentierung (JNI)<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2, TM-16320</sup>**

Die Nuklearinstrumentierung bedeutet im KKB die Neutronenflussmessung ausserhalb des Reaktorkerns. Die Nuklearinstrumentierung ist ausgelegt, um die Reaktorleistung vom kalt-abgestellten Zustand des Reaktors und während des Brennelementwechsels bis hin zu einem theoretischen Level von 120 % der Nennleistung

zu überwachen. Die Instrumentierung ist in drei verschiedene Messbereiche aufgeteilt: den Quellbereich, den Zwischenbereich und den Leistungsbereich.

Die Nuklearinstrumentierung ist ein ausserhalb des RDB angebrachtes System von Neutronendetektoren. Zu Beginn jedes Zyklus werden im Rahmen einer Flux-Map-Messung die Excore-Detektoren mit der von der In-core-Instrumentierung genau bestimmten Leistung des Reaktors kalibriert. Die Excore-Detektoren sind in acht Schutzrohren untergebracht, die in den Beton des biologischen Schields eingelegt sind.

Analog- und Binärsignale werden von der Nuklearinstrumentierung an das Reaktorschutz- und Regelsystem übergeben. Die vier Messkanäle des Leistungsbereichs werden von den gesicherten Wechselstromschienen versorgt. Zwei Messkanäle werden von der unterbrechungsfreien Gleichstromversorgung im Notstandgebäude gespeist. Die anderen beiden Messkanäle des Weitbereichs werden von den Schienen der Gleichstromversorgung für das Reaktorschutzsystem gespeist. Das Weitbereichsmesssystem ist störfallfest.

Die Signale von zwei Weitbereichsdetektoren werden im Notstandleitstand angezeigt. Somit können auch in einem auslegungsüberschreitenden Störfall Informationen über den Neutronenfluss im Reaktor und damit auch indirekt über die Reaktivität gewonnen werden.

### **Angaben des KKB**

#### *Vorkommnisse*

Ausfall Zwischenbereichsmesskanal (13-2003): Am 19. Mai 2013 fiel die Anzeige eines Zwischenbereichsmesskanals sprunghaft auf den Wert Null. Ein Netzgerät war ausgefallen und wurde ausgetauscht. Die anderen Zwischenbereichsmesskanäle zeigten dauernd den erwarteten, korrekten Wert an. Der Ausfall hatte keine sicherheitstechnische Bedeutung. Eine Analyse ergab fehlerhafte Elkos und die Empfehlung, die Netzgeräte des betroffenen Typs gegen den verbesserten Nachfolgetyp auszutauschen.

#### *Gesamtbewertung des KKB*

Die Betriebserfahrung hat gezeigt, dass die Nuklearinstrumentierung mit ihren elektrischen Komponenten zu jeder Zeit in der Lage war, ihre sicherheitsrelevanten Aufgaben zu erfüllen.

Die erzielten Prüfergebnisse bei den wiederkehrenden Prüfungen bestätigen einen guten Zustand der betreffenden Ausrüstungen in beiden Blöcken. Zusätzliche Massnahmen sind keine erforderlich. An der Nuklearinstrumentierung wurden im Überprüfungszeitraum, bis auf Befunde oder Störungen an einzelnen Komponenten, keine signifikanten Einschränkungen im Betrieb festgestellt.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien HSK-R-46<sup>R-46</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup> und ENSI-B14<sup>B14</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Vorkommnisse*

Der Ausfall des Netzgeräts wird als Einzelfehler taxiert. Im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogrammes werden die Speisegeräte ersetzt.

#### *Gesamtbewertung*

Die eingereichte Dokumentation ist sachlich nachvollziehbar und konsistent zu den aus Inspektionen und Freigaben vorhandenen Informationen.

Die Nuklearinstrumentierung wird periodisch geprüft. Die Ergebnisse der Prüfungen zeigen die geforderte Zuverlässigkeit und Wirksamkeit. Die Technische Spezifikation wurde im Überprüfungszeitraum zuverlässig eingehalten.

Die Betriebserfahrung zeigt, dass sowohl der Betrieb als auch die Überprüfung sowie Instandhaltung der Nuklearinstrumentierung zweckmässig und vollständig organisiert und durchgeführt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Nuklearinstrumentierung ihre Funktion einwandfrei erfüllt. Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass sie auch im laufenden Überprüfungszeitraum ihre Funktionen erfüllen wird.

#### **4.5.5 Sicherheitsbezogene Leittechnik**

##### **4.5.5.1 Reaktor-Regelsystem (CL)<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2, TM-16303, TM-16318</sup>**

Das Reaktorregelsystem dient dazu, die primären Regelungen (Regelstäbe, Druckhalter-Druck und -Niveau, Dampferzeuger-Niveau, Frischdampf-Abblasen, Borkonzentration) auszuführen. Diese Regelsysteme sind in zwei redundanten Regelungsrechnern realisiert. Für die Frischdampf-Abblaseregung bestehen zusätzliche Regelkreise im Notstandschutzsystem, welche gegebenenfalls mit Priorität eingreifen. Von den Regelungen im Turbinenbereich wirken einzelne Signale auf die Regelstab- und auf die Abblase-Regelung.

Die Regelungen sowie die nachgelagerten Begrenzungen und Überwachungen sind entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung kategorisiert. Sie sind mit leittechnischen Ausrüstungen der Klasse 0E realisiert. Sind die Begrenzungen zu wenig wirksam, greifen die Schutzsysteme ein.

Die Leistung des Reaktors wird grob geregelt durch Veränderung der Borkonzentration des Hauptkühlmittels. Zur Feinregelung und zum Abschalten des Reaktors werden die Kontrollstäbe verwendet. Die Position jedes einzelnen Kontrollstabs wird gleichzeitig und unabhängig vom Kontrollstab-Positionsanzeigesystem gemessen und angezeigt. Die Messung erfolgt über einen um das Schutzrohr jeder Antriebsstange installierten Differential-Transformator, der die gesamte Länge der ausgefahrenen Antriebsstange überdeckt.

Die sicherheitsbezogenen Regelungs- und Begrenzungsfunktionen sind in zwei Redundanzen in vom Reaktorschutzsystem separierten Schaltschränken implementiert. Für unklassierte Überwachungs- und Meldenfunktionen besteht ein Strang. Die Signal Ein- und Ausgänge von den Messumformern respektive Transmittern und in Richtung Schaltanlage beziehungsweise zur Komponentenansteuerung sind mehrheitlich in analoger Technik ausgeführt. Das Reaktor-Regelsystem wird von der Gleichstromversorgung elektrisch versorgt.

Das Reaktor-Regelsystem übernimmt in allen Anlagezuständen Leittechnikfunktionen zur Überwachung, Regelung und Begrenzung. Die Leittechnikfunktionen sind wie beim Reaktorschutzsystem codiert.

#### **Angaben des KKB**

##### *Änderungen*

Die nach rund zwanzig Jahren notwendige Migration der Anlageninformationssystemsoftware auf eine neue Hardwareplattform erforderte auch beim Reaktor-Regelsystem Anpassungen wie beim Reaktorschutzsystem. Im Rahmen des Ersatzes des RDB-Deckels wurden zudem die Temperaturmessung an der RDB-Leckageleitung sowie die Durchflussmessung der Kühlluft für die Stabantriebe im Regelungsrechner angepasst. Ebenso wurden die Regelstab-Antriebsspulen erneuert. Derzeit sind keine weiteren Änderungen geplant.

##### *Vorkommnisse*

Fehlerhafte Anzeigen der Kontrollstabpositionen (16-2003): Am 23. Juni 2016 leuchteten an der Rückmelde- tafel im Hauptkommandoraum die Bodenlichter diverser Abschalt- und Regelstäbe auf. Es lag eindeutig eine Fehlsignalisierung vor. Ursache war ein Defekt an einer Elektronikarte. Während des Wechsels der defekten Elektronikarte fielen beim Stecken der neuen Baugruppe (kurzer Spannungseinbruch) zwei weitere Baugruppen aus. Die fehlerhaften Elektronikarten wurden ausgetauscht und anschliessend die auslegungsgemässe Funktion gemäss Routinevorschrift überprüft. Alle anderen Positionsanzeigen waren uneingeschränkt verfügbar. Die Tripfunktion aller Kontrollstäbe war jederzeit gewährleistet. Die Ursachenabklärung ergab, dass die Ausfälle durch eine sehr empfindlich ansprechende Komparator-Schaltung auf der Baugruppe, welche die angeschlossenen Verbraucher vor Unter- beziehungsweise Überspannung schützen soll, erfolgten. Die Er- tüchtigung beinhaltete daher den Tausch von Elektrolytkondensatoren, optimierte Komparatoren, Stützung der Betriebsspannung und Verbesserung des Regelverhaltens. Der Erfolg der Massnahme wurde nachgewiesen.

### *Instandhaltung*

Im Laufe der Inbetriebsetzung der neuen Antriebsspulen der Steuerelemente im Dezember 2015 kam es zu Störungen innerhalb der Stabversorgungs-Schaltanlage. Es wurden Fehler bezüglich Unter- und Überstromauslösung angezeigt. Die entsprechenden Module wurden daraufhin speziell inspiziert. In Dauertests konnte kein Fehler reproduziert werden. Trotzdem wurden Optokoppler sowie Kondensatoren ersetzt. Im Weiteren fiel ein Alarmschütz ab, die defekte Baugruppe wurde ersetzt.

Zur Abdeckung des Langzeitbetriebs durchliefen die Baugruppen der Stabsteuerung ein Fitting-Programm und zusätzliche Baugruppen wurden an Lager gelegt. Zudem wurde eine Instandhaltungsfirma evaluiert, die auch Reparaturen an den Baugruppen durchführen kann.

### *Gesamtbewertung des KKB*

Im Überprüfungszeitraum wurde im Jahr 2015 das Reaktor-Regelsystem nachgerüstet. Die Betriebserfahrung zeigt, dass das Reaktor-Regelsystem zu jeder Zeit seine sicherheitsbezogenen Aufgaben erfüllt. Die neuen Antriebsspulen haben sich bewährt. Der Betrieb des Reaktor-Regelsystems zeigt keine negativen Trends. Signifikante Häufungen von Mängeln und Fehlern traten keine auf. Alle aufgetretenen Mängel konnten durch routinemässige Verfahrensabläufe beseitigt werden.

Die Ergebnisse der wiederkehrenden Prüfungen bestätigen einen guten Zustand der betreffenden leittechnischen Ausrüstungen.

Auch aus der Alterungsüberwachung ergeben sich keine ergänzenden Massnahmen zur Sicherstellung der angestrebten Betriebszeit. Die Funktionsbereitschaft der leittechnischen Komponenten ist für einen langfristigen und sicheren Betrieb der Anlage nachhaltig gewährleistet. Zusätzliche Massnahmen sind keine erforderlich.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien HSK-R-46<sup>R-46</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup> und ENSI-B14<sup>B14</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Änderungen*

Die Änderungen am Reaktor-Regelsystem erfolgten im Rahmen der Projekte «Deckelersatz» und «Erneuerung Anlageninformationssystem». Das Reaktor-Regelsystem zeigte bei den Inbetriebsetzungstests das geforderte Verhalten. Das Reaktor-Regelsystem ist permanent im Eingriff und zeigt seither einen problemlosen Betrieb.

#### *Vorkommnisse*

Die Komparator-Schaltung auf der defekten Baugruppe war sehr empfindlich bezüglich der Toleranzen, daher reichte eine Spannungsschwankung zur Auslösung. Mit den erfolgten Massnahmen wurde die Auslösung optimiert.

#### *Instandhaltung*

Seit der Inbetriebsetzung der neuen Antriebsspulen der Steuerelemente funktionieren diese ohne Probleme zuverlässig.

#### *Gesamtbewertung*

Die eingereichte Dokumentation ist sachlich nachvollziehbar und konsistent zu den aus Inspektionen vorhandenen Informationen. Das KKB hat das Reaktor-Regelsystem und seine Betriebserfahrung zweckmässig und in hinreichendem Umfang dargestellt. Das Regelsystem des Primärkreislaufes hat im Überprüfungszeitraum zuverlässig funktioniert. Die sicherheitstechnischen Funktionen waren gewährleistet.

Die klassierten Systeme sind in der Alterungsüberwachung erfasst und werden, auch gemessen am Stande der Technik, instandgehalten respektive erneuert. Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass mit der praktizierten Instandhaltung dieses System auch weiterhin seine Funktion erfüllen wird.

#### **4.5.5.2      *Anlageninformationssystem*<sup>TM-16700, KKB-SB-1, KKB-SB-2</sup>**

Neben den Systemen der Primär- und Sekundärkreise sind weitere Systeme innerhalb des Kernkraftwerks als sicherheitsrelevant klassiert. Dazu gehört insbesondere das Anlageninformationssystem. Dieses wird nachfolgend aufgrund seiner besonderen Bedeutung erwähnt.

Das Anlageinformationssystem hat die Aufgabe, das Betriebspersonal umfassend über den Anlagenzustand zu informieren und ihn beim Erreichen einer hohen Verfügbarkeit und bei der Verhinderung und Beherrschung von Störfällen zu unterstützen. Es werden darin Daten sowohl des Primär- als auch des Sekundärteils des Kraftwerks abgebildet und gespeichert. Die Störfallbeherrschung ist auch ohne die Informationen aus dem Anlageninformationssystem möglich.

#### **Angaben des KKB**

##### *Änderungen*

Das Anlageninformationssystem wurde im Überprüfungszeitraum vollständig und weitgehend mit identischer Funktion in derzeit für Kernkraftwerke eingesetzter Technologie ersetzt. Insbesondere wurde das Netzwerk vollständig und redundant mit Glasfasertechnik aufgebaut, was eine rückwirkungsfreie Entkoppelung von Teilbereichen erlaubt. Aufgrund der Erneuerung und des bis dato störungsfreien Betriebs, kann davon ausgegangen werden, dass dieses System auch weiterhin seine Funktion erfüllt.

##### *Vorkommnisse*

Ausfall Niveaumessung im Volumenausgleichstank (13-2002): Am 16. April 2013 zeigte ein Strang der redundanten Volumenausgleichstank-Niveaumessung im Anlageinformationssystem abweichende Werte. Der Messumformer wurde kontrolliert und neu kalibriert. Anschliessend zeigte er wieder den gleichen Wert wie der redundante Messkanal. Aufgrund des Vorkommnisses wurden der Transmitter und das Speisegerät vorsorglich ersetzt.

##### *Gesamtbewertung des KKB*

Das KKB bewertet dieses System als zweckmässig, vollständig und dem Stand der Technik entsprechend.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien HSK-R-46<sup>R-46</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup> und ENSI-B14<sup>B14</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

##### *Änderungen*

Der Ersatz des Anlageninformationssystems zeigte in den Factory- und Inbetriebsetzungs-Tests die korrekte Funktionalität. Das Anlageninformationssystem erfüllt seine Anforderungen ohne Probleme.

##### *Vorkommnisse*

Die Ursachen-Analyse ergab, dass der Fehler in der Volumenausgleichstank-Niveaumessung durch einen ausgetrockneten Elko im Speisegerät verursacht wurde. Das Speisegerät wurde ersetzt.

##### *Gesamtbewertung*

Die eingereichte Dokumentation ist sachlich nachvollziehbar und konsistent zu den aus Inspektionen vorhandenen Informationen. Das KKB hat das Anlageninformationssystem und seine Betriebserfahrung zweckmässig und in hinreichendem Umfang dargestellt.

Die klassierten Systeme sind in der Alterungsüberwachung erfasst und werden, auch gemessen am Stande der Technik, instandgehalten respektive erneuert.

Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass mit der praktizierten Instandhaltung dieses System auch weiterhin seine Funktion erfüllen wird.

## **4.6 Weitere wichtige Einrichtungen**

### **4.6.1 Brandschutz**

Ein Brand stellt einen Störfall dar, welcher sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Gebäude auftreten kann und beherrscht werden muss.

Die Aufgaben des Brandschutzes sind:

- Verhinderung von Bränden;
- Erkennen und rasches Löschen entstandener Brände, um den Schaden zu begrenzen;
- Verhinderung unzulässiger Auswirkungen von Bränden, die nicht gelöscht werden konnten, um deren Auswirkungen auf die sicherheitsrelevanten Anlagenfunktionen in zulässigen Grenzen zu halten.

Diese Zielsetzungen sollen durch aufeinander abgestimmte bauliche, technische und organisatorische Brandschutzmassnahmen erreicht werden.

#### **Angaben des KKB**

Ausführliche Angaben und Bewertungen zum baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutz finden sich in den Sicherheitsberichten der beiden Kraftwerksblöcke<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2</sup> und des Zwischenlagers<sup>ZWIBEZ-SB</sup>.

#### *Brandschutzkonzept*

Das Brandschutzkonzept definiert ausgehend von den gesetzlichen Grundlagen sowie den nuklearen und konventionellen Schutzziele passive und aktive Brandschutzmassnahmen. Es fasst die baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutzvorkehrungen zusammen, welche aufeinander abgestimmt sein müssen.

Das Brandschutzkonzept der Kernkraftwerksanlagen wurde in einer überarbeiteten Version (Rev.8) ohne begleitende Dokumente eingereicht. Auf Nachfrage des ENSI hat das KKB die nachgeforderten, im Brandschutzkonzept aufgelisteten, Unterlagen nachgereicht:

- Brandabschnittspläne aller Gebäude;
- Teil C (Liste: Zusammenstellung potentiell brennbarer aktiver Stoffe);
- Teil D (Liste: Brandabschnitte mit Angaben zur Brandlast und Brandschutzmassnahmen).

#### *Baulicher Brandschutz*

Der bauliche Brandschutz ist ein wichtiger Bestandteil des Brandschutzkonzeptes und muss stets im Kontext mit den technischen und operativen Brandschutzmassnahmen betrachtet werden. Die gegenseitige Abstimmung der verschiedenen Brandschutzmassnahmen ist daher unbedingte Voraussetzung zur Erreichung der übergeordneten Schutzziele.

Der Personenschutz und die Brandbekämpfung durch die Feuerwehr ist durch Flucht- und Interventionswege sichergestellt.

Die brandschutztechnischen Eigenschaften (Tragfähigkeit, Brandabschlüsse) der sicherheitsrelevanten Gebäude werden in den Sicherheitsberichten ergänzend zum Brandschutzkonzept zusammengefasst.



Die Löschwasserrückhaltung in der kontrollierten Zone erfolgt im Containment- oder Nebengebäudesumpf. Bei Erreichen eines bestimmten Sumpffüllstandes wird das Wasser in Tanks gepumpt. Die Tanks der beiden Kraftwerksblöcke sind durch eine Leitung verbunden. Für das Löschwasser ist im Aussenbereich ein Rückhaltebecken vorhanden.

#### *Organisatorischer Brandschutz*

Der dem Kraftwerksleiter in seiner Funktion direkt unterstellte Brandschutzkoordinator ist im KKB für sämtliche Aspekte des Brandschutzes zuständig. Seine Aufgaben und Kompetenzen sind im Kraftwerksreglement und im Brandschutzkonzept festgehalten. Er leitet ein Arbeitsteam, in welchem alle Fachabteilungen vertreten sind.

Die im Rahmen des Brandschutzes geführten Dokumente sind im Brandschutzkonzept aufgelistet.

#### *Technischer Brandschutz*

Die technischen Brandschutzeinrichtungen werden in der Technischen Mitteilung «Brandschutzsystem»<sup>TM-16349</sup> behandelt. Sie dienen der Branderkennung und Brandbekämpfung auf allen Sicherheitsebenen.

Sämtliche Räume des KKB, die nennenswerte Brandlasten aufweisen, werden durch wenigstens einen Brandmelder überwacht. Zudem wird jeder Raum der kontrollierten Zone, unabhängig von der Brandlast, durch mindestens einen Brandmelder überwacht. Neben den Brandmeldern für Räume existieren auch solche für Leitetnikschränke und Filteranlagen. Im Containment sind fünf Fernsehkameras eingebaut, die zur Beurteilung der Lage und Überwachung direkt auf einen Bildschirm im Hauptkommandoraum übertragen werden können.

Das Brandmeldesystem besteht aus den Brandmeldelinien, den Brandmeldezentralen, den Brandfallsteuerungen für Türen, Lüftung und Löschanlagen sowie dem Brandmeldeleitsystem. Es dient dazu, den Operateuren im Hauptkommandoraum und dem Notstandleitstand Statusmeldungen über den Zustand der Anlage anzuzeigen. Die Brandmeldeanlage und das Brandmeldeleitsystem werden aus zwei unabhängigen Stromversorgungen versorgt.

Für die Brandbekämpfung stehen manuelle, fernbediente und vollautomatische Löscheinrichtungen zu Verfügung:

- Automatische und ferngesteuerte Wasserlöschanlagen (Sprinkler- und Sprühfluranlagen);
- Schaumlöschanlagen;
- Gaslöschanlagen (Novec 1230 und Halon);
- Löschwassersystem (Aussenhydranten und Löschposten (Innenhydranten));
- Handfeuerlöscher.

Auch Rauch- und Wärmeabzugsanlagen stehen für die Brandbekämpfung zur Verfügung.

In den «Technischen Spezifikationen» sind die Halonlöschanlagen aufgeführt.

In der Beschreibung der Lüftungsanlage<sup>TM-16336</sup> wird festgehalten, dass die Lüftungsanlage das Eindringen von Rauchgasen bei einem Aussenbrand verhindert und der Entqualmung im Brandfall dient.

#### *Änderungen*

Im Überprüfungszeitraum wurde im Rahmen des Projekts SISECO CC das neue Brandmeldeleitsystem in beiden Kraftwerksblöcken in Betrieb genommen. Das Projekt SISECO beinhaltet den Ersatz des Brandmeldeleitsystems, den Ersatz der Rückmeldetafeln CTT1700/1800 im Hauptkommandoraum, den Ersatz des redundanten Brandmeldesystems (0E, EK II) und die Erneuerung aller betreffenden speicherprogrammierbaren Steuerungen der Lüftungsanlagen.

Das Brandmeldeleitsystem hat die folgenden Aufgaben:

- zeitnahe, sichere Erkennung von Rauchentwicklung, Bränden und ggf. Dampfaustritten;
- Kontrolle eines Brandes in der Entstehungs- und Ausweitungsphase als Basis für Sofort- und Brandbekämpfungsmassnahmen;

- Kontrolle, ob die betroffenen Brandabschnitte isoliert sind;
- Zustandskontrolle von Brandmeldern, Brandmeldelinien, Löschanlagen, Brandschutzklappen und Ventilatoren;
- redundant laufendes Brandmeldesystem als Rückfallebene.

Die Migration der Brandmeldezentralen und die Anpassung der Lüftungssteuerungen erfolgten mehrheitlich 2014 und 2015. Der Projektabschluss erfolgte nach dem Überprüfungszeitraum im 2018.

#### *Vorkommnisse*

Eine Fehllhandlung führte beim Austausch eines Messumformers einer Turbogruppe am 19. Juni 2014 zu einem Lichtbogen. Aufgrund des Lichtbogens wurde vom Personal vor Ort die Feuerwehr in die Halonzone aufgebeten und später wurde vom Picketingenieur der Notfall «Brand» erklärt.

#### *Instandhaltung*

Die Funktionsprüfungen der technischen Brandschutzeinrichtungen werden in der Technischen Mitteilung «Brandschutzsystem»<sup>TM-16349</sup> beschrieben.

Die Brandmeldeanlagen und die Brandschutzklappen werden einmal jährlich teils in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten gemäss VKF-Richtlinie (VKF = Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen) geprüft und gewartet. Die Beschreibung der Lüftungsanlage<sup>TM-16336</sup> verweist zudem darauf, dass der jährliche Test der Brandfallsteuerung den Innen- und Aussenbrand umfasst.

Bei den Tests der Brandfallsteuerung wurde in Block 1 und Block 2 je ein Fehlverhalten einer Lüftungssteuerung festgestellt, welches dazu führte, dass der entsprechende Brandabschnitt nicht isoliert und die Lüftung nicht abgeschaltet wurde. Das Fehlverhalten der Lüftungsanlagen wurde im Rahmen des Projekts SISECO behoben.

Die Prüfintervalle für die Löschanlagen variieren von täglich (Sprinkleranlage Maschinenhauswand und Werkstattgebäude) über wöchentlich (Halon-Löschanlagen) bis hin zu jährlich (Sprühflutanlage der Reaktorhauptpumpen). Die meisten Sprühflutanlagen und die Schaumlöschanlagen werden alle drei Monate kontrolliert. Dazu sind keine Befunde vermerkt.

Die Instandsetzung dient der Wiederherstellung des Sollzustands. Im Brandschutzsystem wurden Reparaturen durchgeführt und Komponenten oder Teile ausgetauscht. Ursachen und Schäden wurden untersucht und geeignete Reparaturverfahren und präventive Massnahmen für die nachfolgende Instandsetzung und den Betrieb festgelegt.

Dabei wurden einzelne Handfeuermelder, Brandmelder, Kanalbrandmelder und ein Steuereinschub einer Löschanlage ersetzt.

Für den baulichen Brandschutz vermerkt das KKB die Instandsetzung von Brandschottungen und Brandschutztüren in verschiedenen Gebäuden<sup>TM-16343</sup>.

#### *Gesamtbewertung des KKB*

Im Bereich der Brandmeldeanlage und des Brandleitsystems wurden keine wesentlichen vom Normalbetrieb abweichenden Erfahrungen gemacht. Durch den Ersatz des Brandmeldeleitsystems und die Umsetzung der Teilprojekte aus dem Projekt SISECO wurden Verbesserungen umgesetzt, welche aus dem bisherigen Betrieb abgeleitet worden waren, und offene Punkte aus früheren Projekten erledigt. Mit der Fertigstellung der Erneuerungsmassnahmen ist das Brandschutzsystem auf einem aktuellen technischen Stand. Die vereinzelt Ausfälle sind in Anbetracht der hohen Anzahl aktiver Komponenten und der örtlich und zeitlich begrenzten Auswirkungen akzeptabel.

Der Umfang und die Prüfintervalle entsprechen der sicherheitstechnischen Relevanz der betroffenen Komponenten und den VKF-Richtlinien.

Wie die Ergebnisse aus Wiederholungsprüfungen und Wartungsmassnahmen bestätigen, sind der Inspektionsumfang und die Intervalle korrekt gewählt. Im Überprüfungszeitraum gab es diesbezüglich keine sicherheitsrelevanten Befunde. Das Brandschutzsystem war trotz der vielen Änderungsmassnahmen zu jeder Zeit in der Lage, seine Aufgabe zu erfüllen. Es sind keine zusätzlichen Massnahmen erforderlich.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinie HSK-R-50<sup>R-50</sup>
- VKF Brandschutzvorschriften 2015<sup>VKF-B</sup>
- KTA 2101.1<sup>KTA2101.1</sup>, KTA 2101.2<sup>KTA2101.2</sup> und KTA 2101.3<sup>KTA2101.3</sup>
- IAEA requirements SSR-2/1<sup>SSR-2/1</sup> und SSR-2/2<sup>SSR-2/2</sup>
- IAEA recommendations NS-G-1.7<sup>NSG-1.7</sup>

### Beurteilung des ENSI

Das KKB hat im Überprüfungszeitraum das Brandmeldeleitsystem und Lüftungssteuerungen modernisiert. Mit der neuen Notstromversorgung (AUTANOVE), welche in zwei räumlich getrennten Gebäuden untergebracht ist, wurde die Sicherheit vor den Einwirkungen eines grossflächigen Aussenbrandes (Rauch, Feuer) deutlich verbessert.

Grundsätzlich dokumentieren die eingereichten Unterlagen den aktuellen Stand der baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutzmassnahmen vollständig und nachvollziehbar.

Aus den Prüfungen und Revisionen der Brandschutzeinrichtungen sind unter Berücksichtigung der grossen Anzahl brandschutztechnischer Komponenten keine besonderen Befunde zu vermerken, welche Anpassungen in dem Prüfprogramm oder der Instandhaltung erforderlich machen. Das ENSI hat sich im Rahmen von Freigaben und Inspektionen über die Funktionstüchtigkeit, den guten Zustand der Einrichtungen und die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben vergewissert.

Das ENSI beurteilt die Brandschutzmassnahmen auf Basis der eingereichten Unterlagen. Zur Klärung offener Fragen bezüglich der brandschutztechnischen Trennung der beiden Notstandgebäude und des Rückstandslagers zu den benachbarten Gebäuden sowie der Nachvollziehbarkeit von Brandsimulationen hat das ENSI eine zusätzliche Inspektion durchgeführt. Die im KKB umgesetzten Massnahmen für den Brandschutz erfüllen die nationalen und die grundlegenden internationalen Vorschriften bezüglich des Brandschutzes in Kernkraftwerken. Sie sind geeignet, den Brandschutz der Anlage langfristig sicherzustellen.

Das Brandschutzkonzept und die begleitenden Unterlagen bilden die Grundlage für den baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutz. Da die begleitenden Unterlagen nicht eingereicht worden sind, hat das ENSI diese für die Beurteilung nachgefordert (z. B. Teil «C» Brandlastenverzeichnis, Teil «D» Brandabschnittsliste, Brandschutzpläne mit Brandabschnitten).

Im Rahmen der vorliegenden Beurteilung hat das ENSI Inkonsistenzen in den ergänzenden Unterlagen zum Brandschutzkonzept festgestellt (vgl. Kap. 6.2.8.2), welche in einem separaten Geschäft im Aufsichtsverfahren behandelt werden. Inkonsistenzen hinsichtlich des Rückstandslagers werden in der vorliegenden Stellungnahme behandelt (vgl. Kap. 6.4.3.3 und Teilforderung 6.4.3-1 c)).

Das Interventionskonzept ist in Kap. 4.6.3 der vorliegenden Stellungnahme beschrieben und beurteilt.

#### 4.6.2 Blitzschutz

Blitzeinschläge werden durch die örtliche Einprägung eines oder mehrerer grosser Stromimpulse charakterisiert. Dabei sind sowohl der Einschlagort als auch die Stärke und Anzahl der Stromimpulse von zufälliger Natur. Neben Personen- und Sachwertschutz sind in einem Kernkraftwerk auch die Funktionen von Sicherheitseinrichtungen zu gewährleisten. Um sicherzustellen, dass die Anlage sicher abgestellt, gekühlt und drucklos gefahren werden kann, müssen im KKB die Sicherheitssysteme in den beiden Notstand- und Reaktorgebäuden umfassend gegen die Folgen eines Blitzschlages geschützt werden.

Die Gebäude des KKB sind mit einer Blitzschutzanlage sowie unter Anwendung des faradayschen Prinzips geschützt. Dazu wird die Armierung als Abschirmung verwendet. Durch engmaschige Verbindung der Armierungen der Gebäude untereinander, dem ausgedehnten engmaschigen Arealernetz und Erdseilen auf den Kabeltrassen werden Potentialunterschiede durch Blitzeinschläge minimiert. Dieser Potentialausgleich schützt auch Personen und elektrische Einrichtungen vor den Folgen von Erdschlüssen innerhalb der Anlage.

### **Angaben des KKB**

Die Auslegungsvorgaben für die Blitzschutzmassnahmen (Bemessungsblitzstärke) hat das KKB im Technischen Bericht «Beznau-spezifische Gefährdung durch qualitative klimatologische Parameter»<sup>TM-211-RN14016</sup> untersucht. Die vorliegenden Messergebnisse und statistischen Auswertungen bestätigen die Erfüllung der Vorgaben der Richtlinie ENSI-G02, Kap. 6.3.4.2.

In den Sicherheitsberichten<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2, ZWIBEZ-SB</sup> werden die Blitzschutzmassnahmen der Gebäude beschrieben. Alle Gebäude der Anlage sind mit einer Blitzschutzanlage ausgerüstet. Die Blitzschutzmassnahmen der Gebäude entsprechen dem Stand der Technik bei der Erstellung. Gebäude mit sicherheitstechnischer Bedeutung (Notstand-, Notspeisewasser-, BOTA- und die neuen Dieselgebäude) entsprechen dem Stand der Technik unter Berücksichtigung der Blitzkennwerte der Richtlinie ENSI-G02, Kap. 6.3.4.2. Das Reaktorgebäude verfügt neben den äusseren Fangeinrichtungen und den Armierungen im Stahlbeton durch den Stahl liner im Inneren über einen Faradaykäfig, der die Einbauten abschirmt. Im Rahmen des Projekts ZEUS (2003 - 2005) wurden leittechnische Schnittstellen zwischen den Leittechnikräumen und dem Notstandgebäude mit Überspannungsableitern beschaltet um mögliche Störpegel zu begrenzen.

### *Änderungen*

Im Überprüfungszeitraum wurde das Projekt AUTANOVE mit umfangreichen Blitzschutzmassnahmen realisiert. Dabei wurden bei diversen Tiefbauarbeiten Erdbänder des Arealernetzes freigelegt und deren Zustand überprüft. Beschädigungen durch Korrosion konnten keine festgestellt werden. Beschädigungen durch Baumassnahmen wurden behoben<sup>TM-513-V11060</sup>.

### *Vorkommnisse*

Im Überprüfungszeitraum sind keine Vorkommnisse aufgetreten, welche dem Blitzschutz zugeordnet wurden<sup>TM-16202</sup>.

### *Instandhaltung*

Die Wiederholungsprüfungen für den äusseren und inneren Blitzschutz werden regelmässig durchgeführt<sup>TM-513-V11060</sup>. In den Steckbriefen zur Alterungsüberwachung, z. B. der Kabeltragwerke, sind die Erdungs- und Blitzschutzverbinder mit den Diagnosemethoden aufgenommen. Die Wiederkehrenden Prüfungen von verschiedenen Blitzschutzeinrichtungen (z. B. Sichtprüfungen des äusseren und inneren Blitzschutzes, Widerstandsmessungen, Prüfung von Überspannungsableitern im Hochspannungs- und Niederspannungsbereich) sind in entsprechenden Arbeitsanweisungen geregelt, welche im Blitzschutzkonzept verankert sind.

### *Gesamtbewertung des KKB*

Durch Blitzschlag kommt es zu keiner Beeinflussung der Anlage, da durch die Auslegung ein ausreichender Schutz der Komponenten und Gebäude (insbesondere des Notstandgebäudes) vorhanden ist<sup>TM-511-RA11014</sup>.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-G02
- KTA-Regel 2206
- Normen IEC/EN 62305-1, Teile 1 bis 4<sup>EN/IEC-62305</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die eingereichten Unterlagen sind vollständig und gut nachvollziehbar. Im Blitzschutzkonzept<sup>AV-E-P8002</sup> sind Massnahmen festgelegt, um die Funktion der Blitzschutzmassnahmen durch Prüfungen bei Änderungen oder

durch wiederkehrende Prüfungen der bestehenden Einrichtungen sicherzustellen. Aus den wiederkehrenden Prüfungen der Blitzschutzeinrichtungen oder den bei Baumassnahmen freigelegten Erdbändern ergaben sich keine Befunde.

Das ENSI überprüfte im Rahmen von Freigabeverfahren, Inspektionen und Abklärungen aufgrund von Vorkommnissen in ausländischen Anlagen den Zustand der Blitzschutzmassnahmen. Der Zustand wird als gut bewertet.

Die Blitzschutzmassnahmen des KKB erfüllen die nationalen und internationalen Anforderungen. Sie sind geeignet, die Sicherheitssysteme für das sichere Abfahren und die Kühlung des Reaktors gegen die Auswirkungen eines Blitzeinschlages zu schützen.

### 4.6.3 Flucht- und Rettungswege

#### Angaben des KKB

Die Themen Flucht- und Interventionswege sind in der übergeordneten Notfallvorsorge und im Notfallmanagement integriert und Bestandteil einer entsprechenden Technischen Mitteilung<sup>TM-16700</sup>. Durch technische Einrichtungen sowie schriftliche Festlegungen werden die Selbstrettung sowie die Rettung sichergestellt. Das KKB unterscheidet dabei zwischen einer selbstständigen Flucht, einer angeordneten Evakuierung, vorsorglichen Anordnungen zur Räumung und einer Intervention durch Notfallorgane.

Das KKB besitzt Flucht- und Interventionswege für alle Gebäude auf dem Kraftwerksareal, inklusive Zufahrten. Auslegung und Gestaltung der Flucht- und Interventionswege sind in einem übergeordneten Dokument<sup>AW-K-052</sup> festgelegt. Das Brandschutzkonzept<sup>Brand-K</sup> beschreibt die technische Ausführung der Fluchtwege. In diesem Dokument sind auch die entsprechenden Pläne mit den Flucht- und Interventionswegen zu finden. Sind die Mitarbeitenden insbesondere durch radioaktive Stoffe gefährdet, sind Entscheidungskriterien in Notfallanweisungen<sup>NA-K-01, NA-K-90</sup> definiert.

Die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben für Fluchtwege werden vom KKB regelmässig geprüft und bei Bedarf angepasst. Die Fluchtwege sind mit nachleuchtenden Richtungspfeilen oder Symbolen markiert. Für Notausgänge und Schleusen gilt, dass sie grundsätzlich mit Notleuchten ausgerüstet sind. Während Revisionsabstellungen werden die Fluchtwege in den Primärgebäuden temporär angepasst.

Das KKB definiert Fluchträume und Fluchtaufnahmeräume als Räume, die ein notfallmässiges Verlassen eines Sicherheitsbereichs in den sicheren Fluchtraum oder weiter ins Freie gewährleisten. Das entgegengesetzte Eindringen von Unbefugten wird mittels baulicher, technischer und administrativer Massnahmen verhindert. Im Anforderungsfall stellt die Betriebswache mittels administrativer Ersatzmassnahmen sicher, dass ein an der Sicherheit ausgerichtetes Vorgehen gewährleistet bleibt.

Das Brandschutzkonzept wurde im Berichtsraum hinsichtlich Flucht- und Interventionswegen insbesondere in folgenden Punkten überarbeitet: Einfügen des Brandschutzkonzepts des Sicherungsgebäudes «SIZ» im ZWIBEZ, Überarbeitung der Flucht- und Interventionswege in den Nebengebäuden, Ergänzung des Interventionskonzepts, Revision der Flucht- und Interventionspläne. Eine bedeutende Änderung des Interventionskonzepts im Überprüfungszeitraum war die Ergänzung der Interventionswege in den im Rahmen des Projekts AUTANOVE neu erstellten Diesel-Gebäuden.

Zum Thema Interventionswege erklärt der Betreiber, dass die technische Ausführung und zulässigen Interventionszeiten im Interventionskonzept<sup>Inter-K</sup> beschrieben sind. Das Konzept gilt für KKB 1, KKB 2 und ZWIBEZ. In diesem Dokument wird gezeigt, dass der Pikettingenieur, das Betriebspersonal, die Feuerwehr sowie die Sanität innerhalb der vorgegebenen Zeiten die definierten Interventionsbereiche erreichen.

Die Soll-Interventionszeit ist, wie von der HSK im Brief vom 28. Juni 1999<sup>HSK-1999-06-28</sup> gefordert, für den Pikettingenieur auf 15 Minuten festgelegt. Für das Betriebspersonal sind vom Betrieb für die Soll-Interventionszeit die folgenden Überlegungen festgelegt und massgebend: Wichtigkeit der einzelnen Systeme und Komponenten, mögliche Auswirkungen und Ausweitungen eines Störfalls bei nicht rechtzeitiger Intervention, Erfahrungen mit Störfallszenarien, die am Simulator durchgeföhren werden.

Anlageinterne Überprüfungen und Anpassungen von Fluchtwegen erfolgen regelmässig und situationsbedingt. Des Weiteren führen der Versicherer des KKB sowie ein Sicherheitsinstitut Überprüfungen in Intervallen von ein bis fünf Jahren durch.

Das KKB wird während den Jahresrevisionen von externen Fachkräften unterstützt. Werden umfangreiche und personalintensive Arbeiten durchgeführt, überprüfen der Arbeitsschutz, der Strahlenschutz sowie die betroffenen Fachsektionen im Voraus die normalen Fluchtwegpläne, wobei bei Bedarf neue temporäre Fluchtwege ausgearbeitet werden. Die entsprechenden Pläne werden aktualisiert. Anlagenänderungen können ebenfalls zu Änderungen an den Fluchtwegen sowie zu einer Anpassung der entsprechenden Fluchtwegpläne führen.

Bei Evakuierung sowie im Notfall stehen drei Sammelplätze zur Verfügung, die Anforderungen, wie z. B. Aufnahmekapazität, Wetterschutz und telefonische Erreichbarkeit, erfüllen müssen. Die Eignung der Sammelplätze wird kontinuierlich überprüft, bzw. bei Bedarf werden Massnahmen ergriffen um den Sollzustand wiederherzustellen.

Die Fluchtwege stellen eine sichere und zügige Evakuierung von Personen aus einem Gebäude zum Besammlungsort sicher. Die Interventionswege stellen einen zeitgerechten und sicheren Zugang der Notfallorgane in der Anlage sicher. Gleichzeitig wird der unkontrollierte Zutritt von Dritten in Sicherungsbereichen durch administrative Massnahmen verhindert.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und HSK-R-07<sup>R-7</sup>
- VKF-Richtlinien: «Flucht- und Rettungswege»<sup>VKF-F</sup> und «Kennzeichnung von Fluchtwegen Sicherheitsbeleuchtung Sicherheitsstromversorgung»<sup>VKF-K</sup>

### Beurteilung des ENSI

Für den Ereignisfall hat das KKB eine Reihe von administrativen und technischen Massnahmen vorgesehen, damit Gebäude und Bereiche mit Hilfe von markierten Fluchtwegen sicher verlassen werden können. Definierte Interventionswege können vom Rettungspersonal benutzt werden, um vor Ort Hilfe zu leisten bzw. ereignismildernde Massnahmen durchzuführen. Das ENSI erkennt, dass das KKB für das Gesamtpersonal ausgewählte und sichere Orte auf dem Kraftwerksareal für Besammlungen identifiziert hat.

Das ENSI beurteilt die qualitätssichernden Massnahmen bei der Aktualisierung des Flucht- und Interventionskonzepts als angemessen.

Zusammenfassend stellt das ENSI fest, dass das KKB adäquat vorbereitet ist, um im Ereignisfall Personal aus Gebäuden, inkl. aus der kontrollierten Zone, sicher und rasch auf vordefinierten Fluchtwegen zu evakuieren. Auch sind die Interventionswege für die Rettungskräfte klar definiert. Technische Massnahmen zum Verhindern des Eindringens von Drittpersonen während einer Flucht oder Evakuierung liegen ebenfalls vor. Das aktive Mitwirken des Strahlenschutzes bei der Überprüfung bzw. Auslegung von Flucht- und Interventionswegen gewährleistet, dass auch radiologische Aspekte sicherheitsgerichtet berücksichtigt werden.

#### 4.6.4 Strahlenmesstechnik

Zur Gewährleistung des Schutzes des Personals und der Umwelt sowie zur Überwachung der bestimmungsgemässen Funktion von Systemen müssen die radiologischen Verhältnisse innerhalb der Anlage und in der Umgebung sowie die Menge der Abgaben radioaktiver Stoffe nach aussen bekannt sein. Dazu sind spezielle Messeinrichtungen notwendig, die folgende Aufgaben erfüllen:

- Erfassung von Messwerten zur Charakterisierung der Radioaktivität und der Strahlenfelder in der Anlage;
- automatische Anregung von Gegenmassnahmen bei Überschreitung von Grenzwerten (z. B. Isolierung des Containments);
- Messung der an die Umwelt abgegebenen Stoffe (Emissionsmessung);

- Erfassung der Strahlendosen und allfälliger Kontaminationen des Personals.

Zusätzlich müssen Einrichtungen und Messgeräte vorhanden sein, die bei und nach Störfällen folgende Aufgaben erfüllen:

- Beurteilung des Zustands der Anlage, um die erforderlichen Schutzmassnahmen für Personal und Anlage ergreifen zu können;
- Aufzeichnung von Parametern, die Hinweise auf den Störfallablauf geben;
- Abschätzung der Auswirkungen auf die Umgebung;
- Erhebung von Daten zur Erfüllung der internationalen Meldepflicht.

### Angaben des KKB

Das KKB verweist bei der Beschreibung und Bewertung der Strahlenmesstechnik in den Berichten<sup>TM-16000, TM-16322, TM-16348</sup> auf die Sicherheitsberichte<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2</sup>, die Technischen Spezifikationen<sup>KKB-TS</sup>, das Abgabereglement<sup>HSK10/260 bzw. ENSI/14/2492</sup> und auf die Richtlinie ENSI-G13<sup>G13</sup>.

Die Strahlenmesstechnik ist grundsätzlich in beiden Blöcken des KKB gleich aufgebaut. Einzelne Abweichungen hinsichtlich Aufstellungsorte sind durch die unterschiedliche Nutzung von Räumen bedingt. Auch werden einige Messsysteme (z. B. Personenkontaminationskontrolle) gemeinsam benützt.

Das Aktivitätsüberwachungssystem (KRM) dient zur Überwachung der radiologischen Situation in der Anlage und zum Schutz des Personals. Es besteht im Wesentlichen aus

- dem Digital Radiation Monitoring System (DRMS);
- der Dampfüberwachung an den Frischdampfleitungen;
- der Aerosol- und Jodüberwachung im Nebengebäude und im Rückstandslager;
- der Aktivitätsüberwachung während und nach einem Störfall.

Mittels DRMS werden die Dosisleistung in Räumen, sowie die Aktivitäten in Kondensat, Kühlkreisläufen, Abwasser, Abschlämmwasser, Raumluft und Fortluft überwacht.

Des Weiteren kommen folgende Strahlmesssysteme mit radiologischen Aufgaben zum Einsatz:

- Personen- und Materialkontaminationskontrolle;
- Personendosimetrie und Inkorporationskontrolle;
- Überwachung der Luft auf radioaktive Aerosole im Dekontaminationsraum.

Zusätzlich steht im Normalbetrieb für jeden Block ein Probenentnahmesystem (KSL) zur Entnahme von flüssigen, gas- oder dampfförmigen Prozessmedien aus dem Reaktorkühlsystem, dem Chemie- und Volumen-Regelsystem, dem Restwärmesystem und dem Sicherheitseinspeisesystem zur Verfügung.

Zur Störfallinstrumentierung gehören laut Technischen Spezifikationen<sup>KKB-TS</sup> folgende Strahlmesssysteme je Block:

- drei Monitore zur Überwachung der Dosisleistung im Primärcontainment zur raschen Alarmierung der Bevölkerung (RABE);
- zwei Monitore zur Überwachung der Kaminfortluft hinsichtlich Edelgase, Aerosole und Jod;
- ein Monitor zur Überwachung der Reingasleitung bei einer Containment-Druckentlastung;
- zwei Monitore zur Überwachung der Frischdampfleitung;
- ein Monitor zur Überwachung der Aktivität im Abwasser;
- ein Monitor zur Überwachung des primären Nebenkühlwassers;

- ein Monitor zur Überwachung der Aktivität im Notstand-Brunnenwasser nach dem Rezirkulationskühler.

Das oben erwähnte KSL zur Entnahme von Prozessmedien ermöglicht auch Aussagen über den radiologischen Zustand der Anlage während und nach Störfällen; es bildet zusammen mit dem Probenentnahmesystem für Gasproben aus der Atmosphäre des Primärcontainments ein Nachunfallprobenentnahmesystem (Post Accident Sampling System, PASS).

Im Überprüfungszeitraum wurden gemäss dem KKB an der radiologischen Anlagenüberwachung folgende Änderungen bzw. Neuinstallationen durchgeführt:

- |      |  |
|------|--|
| 2013 | <p>Versetzung der Isolierarmaturen KRM PCV 6402-Q/R der Aktivitätsüberwachungsleitung im Block 1</p> <p>Die Isolierarmaturen KRM PCV 6402-Q/R wurden vom Durchdringungsraum 1N311 ins Sicherheitsgebäude 1S401 verlegt. Im Block 2 wurden sie schon 2011 von 2N311 nach 2S401 verlegt. Mit dieser Änderung wurde die Robustheit gegenüber Erdbeben verbessert.</p>   |
| 2013 | <p>Anschaffung eines zweiten Quickcounters zur Überwachung von Inkorporationen</p> <p>Zur Verbesserung der Ausfallsicherheit wurde ein Quickcounter des gleichen Typs wie der Triagemessplatz bei der Primärgarderobe als Redundanz beschafft. Aus praktischen Gründen wurde er im Eingangsbereich des ZWIBEZ aufgestellt.</p>   |
| 2014 | <p>Kamininstrumentierung: Einbau und Inbetriebnahme der neuen Aerosolmonitore 10/20KRM RM 0173 und 0183, sowie Ausbau der Aerosolmonitore 10/20KRM RE 0073 und 0083</p> <p>Für die Aerosolüberwachung der Kaminfortluft wurden die neuen Aerosolmonitore, 10/20KRM RM 0173 und 0183 sowie die neuen Probenentnahmesysteme konzipiert, getestet (Bestimmung der Übertragungsraten), installiert und in Betrieb genommen. Danach wurden die alten 10/20KRM RE 0072 und 0083 ausser Betrieb gesetzt und rückgebaut.</p> |
| 2015 | <p>Nachrüstung der Jodmonitore 10/20KRM RM 0077 zur Luftüberwachung Brennelementlager</p> <p>Infolge der PSÜ-Pendenz PSÜ-P 8/5.6.9-1 aus den Gutachten<sup>HSK14/730, HSK14/816</sup> wurden die Jodmonitore der Raumluftüberwachung in den Brennelementlagern nachgerüstet.</p>   |
| 2015 | <p>Verlegung der Aerosolmonitor-Ansaugung 10KRM RM 0088 des Rückstandslagers</p> <p>Infolge der PSÜ-Pendenz PSÜ-P 7/5.6.8-1 aus den Gutachten<sup>HSK14/730, HSK14/816</sup> wurde die Probenansaugung des Aerosolmonitors im Rückstandslager verlegt um eine Aerosol-Überwachung der Raumluft im Rückstandslager sicherzustellen.</p>   |
| 2016 | <p>Rückbau Raummonitor Fassabfüllstation 20KRM RM 0047</p> <p>Mit dem Rückbau der Fassabfüllanlage und der Ausserbetriebnahme des Harzbehälters im Raum 2N305 wurde der Raummonitor nicht mehr benötigt und somit rückgebaut.</p>  |

Gemäss dem KKB wurde die Aktivitätsüberwachung mit den ausgeführten Änderungen weiter optimiert.

Das ENSI gab im Überprüfungszeitraum bei der radiologischen Anlagenüberwachung Änderungsanträge der Technischen Spezifikationen frei. Die Anpassungen erfolgten aufgrund der durchgeführten Ertüchtigungen von Instrumentierungen und betrafen unter anderem Grenzwerte und Messbereiche.

Im Überprüfungszeitraum kam es bei der radiologischen Anlagenüberwachung zu drei meldepflichtigen Ereignissen. Der Fehler lag in einem Fall am Ausfall einer Probenahme-Vakuumpumpe. In einem weiteren Fall wurden aufgrund eines veränderten Eingangswiderstandes bei der Einbindung von Signalen zum Anlageninformationssystem im Rahmen dessen Erneuerung radiologische Daten nicht aufgezeichnet. Beim letzten Fall handelt es sich um die Überschreitung eines Prüfintervalls, als eine planmässige Prüfungsfolge nur teilweise eingehalten wurde. Das KKB bewertet die sicherheitstechnische Bedeutung der drei meldepflichtigen Vorkommnisse als gering; die entsprechend festgelegten Massnahmen wurden umgesetzt.



Zusammenfassend hält das KKB fest, dass die Aktivitätsüberwachung im Überprüfungszeitraum keine signifikanten Auffälligkeiten aufwies und zuverlässig betrieben werden konnte. Die Betriebsbereitschaft gewährleistete das KKB im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen, der bewährten Wartung und wenn nötig, Instandsetzung. Es sind keine relevanten Verfügbarkeitseinschränkungen aufgetreten. Das KKB plant in absehbarer Zeit keine grundlegenden Änderungen an der Aktivitätsüberwachung.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 9, 11, 17, 31, 34, 43 und 44 StSG<sup>StSG</sup>
- Art. 4, 7, 22, 56–65, 77, 89–92, 111–113, 123, 125 und 126 StSV<sup>StSV</sup>
- Art. 33–38 und 40 Dosimetrieverordnung<sup>DosV</sup>
- Art. 2, Art. 7–9, Art. 13–15 Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung<sup>StMmV</sup>
- Abgabereglement des KKB<sup>HSK10/260</sup>
- Richtlinien ENSI-B12<sup>B12</sup>, ENSI-G01<sup>G01</sup> und ENSI-G13<sup>G13</sup>
- KTA-Regeln 1501<sup>KTA1501</sup>, 1502<sup>KTA1502</sup>, 1503.1<sup>KTA1503.1</sup>, 1503.2<sup>KTA1503.2</sup>, 1504<sup>KTA1504</sup>
- DIN ISO 2889<sup>ISO2889</sup>

Abweichungen von den KTA-Regeln und von der DIN ISO 2889<sup>ISO2889</sup> werden hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Schutzziele «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition» beurteilt.

### Beurteilung des ENSI

#### *Überwachung der Ortsdosisleistungen und der Raumluft*

Die festinstallierten Ortsdosisleistungsmonitore des DRMS erfüllen hinsichtlich der zu überwachenden Orte und ihrer technischen Ausführung die Anforderungen der KTA 1501. Als einzige Änderung im Überprüfungszeitraum ist der Rückbau des Raummonitors 20KRM RM 0047 zu verzeichnen. Er stand in einem Bereich, in dem seit dem Rückbau der Fassabfüllstation und der Ausserbetriebnahme des Harzbehälters keine erhöhten Dosisleistungen zu erwarten sind.

Die festinstallierten Raumluftüberwachungsmonitore des DRMS und die zusätzlichen stationär in der kontrollierten Zone installierten Aerosolmonitore in den vielbegangenen Korridoren der Nebengebäude des KKB 1 und 2 erfüllen die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G13.

Zum Abschluss der Umsetzung der Pendenz PSÜ-P 7/5.6.8-1 wurde die Ansaugung des Monitors 10KRM RM 0088 zur Überwachung der Abluft aus dem Rückstandslager vor die Abluftfilter verlegt.

Mit der in diesem Überprüfungszeitraum abgeschlossenen Nachrüstung der Jodmonitore 10/20KRM RM 0077 der Raumluftüberwachung in den Brennelementlagern konnte die aus der Pendenz PSÜ-P 8/5.6.9-1 stammende Forderung abgeschlossen werden.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Überwachungssysteme der Ortsdosisleistungen und der Raumluft dem Stand der Technik entsprechen. Ergänzt werden diese kontinuierlich messenden Überwachungssysteme im KKB durch eine Reihe von administrativen Massnahmen, wie z. B. das Routinemessprogramm des Strahlenschutzes.

#### *Kaminfortluftüberwachung*

Das KKB installierte in beiden Blöcken zwei neue Messsysteme 10/20KRM RM 0173 und 0183 zur Überwachung der radioaktiven Aerosole in der Kaminfortluft. Die neuen Aerosolmesssysteme gingen Ende 2014 in Betrieb und erfüllen die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G13, insbesondere hinsichtlich der Gesamtübertragungsraten.

#### *Prozessaktivitätsüberwachung*

Im Überprüfungszeitraum wurden bezüglich radiologische Abwasser-, Kühlkreislauf- und Systemüberwachungsmesssysteme keine Veränderungen, sowie keine Auffälligkeiten im Betrieb, in der Wartung und in der Instandhaltung verzeichnet. In seiner Bewertung kommt das ENSI zum Schluss, dass sie vorbehaltlich des

Ergebnisses der obigen Überprüfung (Forderung) dem Stand der Technik entsprechen und die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G13 erfüllen.

#### *Nachunfallprobenentnahmesysteme (PASS)*

Bei den PASS, mit denen Probenentnahmen aus der Atmosphäre und Hydrosphäre des Primärcontainments während und nach Störfällen möglich sind, wurden keine Veränderungen durchgeführt. Sie erfüllen weiterhin die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G13.

#### *Mobile und festinstallierte Messgeräte für den operationellen Strahlenschutz*

Neben den oben erwähnten festinstallierten Messgeräten kommen im KKB weitere Messgeräte zum Einsatz, die nur eine Vor-Ort-Anzeige und Alarmierung aufweisen. Diese zusätzlichen Messgeräte, die vor allem dem operationellen Strahlenschutz dienen, sind entweder permanent installiert oder werden temporär nur während der Revision aufgestellt. Des Weiteren wurde im 2013 der Betrieb einer neuen Freimesskammer für die Freimessung von Gegenständen, festen Stoffen, Abfällen und Flüssigkeiten durch das ENSI freigegeben. Ebenfalls zu erwähnen sind die Dosimetriesysteme zur Erfassung und Kontrolle der Personendosen, sowie die Personenkontaminationsmonitore zur Überwachung von Personenkontaminationen und der Triagemessplatz zur Überwachung von Inkorporationen. Im 2013 wurde ein zweiter Triagemessplatz (Quickcounter) beschafft; diese Redundanz zum Triagemessplatz der Primärgarderobe wurde im Eingangsbereich des ZWIBEZ aufgestellt (siehe auch Kap. 3.4.4). Das ENSI beurteilt die eingesetzten Messgeräte für den operationellen Strahlenschutz als dem Stand der Technik entsprechend.

#### *Betriebserfahrung*

Aus der vom KKB dargestellten Betriebserfahrung lassen sich folgende Aussagen über den Qualitätszustand der Strahlenschutzmesssysteme ableiten:

- Die Funktionsprüfungen wurden während des Überprüfungszeitraums gemäss den Technischen Spezifikationen durchgeführt. Sie ergaben keine wesentlichen Befunde.
- Die Ausfallraten pro Messgerät und Jahr sind vergleichbar mit den Erfahrungswerten, die in anderen Anlagen gemacht wurden.
- Sämtliche Störungen inkl. der meldepflichtigen Ereignisse wurden innerhalb des durch die Technischen Spezifikationen vorgegebenen Zeitintervalls behoben.
- Die aufgrund von Vorkommnissen festgelegten Massnahmen wurden vollständig umgesetzt.

Das KKB hat die Folgemassnahmen, die aus der PSÜ 2002 zur Strahlenmesstechnik resultierten, abgearbeitet. Aus der PSÜ 2012 resultierten keine Folgemassnahmen zur Strahlenmesstechnik.

Zusammenfassend kommt das ENSI zum Schluss, dass die Strahlenmesstechnik des KKB den Anforderungen der heutigen schweizerischen Gesetzgebung genügt und die Anforderungen des ENSI gemäss Richtlinie ENSI-G13 erfüllt. Die Betriebserfahrungen zeigen, dass die Messeinrichtungen in einem guten technischen Zustand sind.

### **4.6.5 Hebezeuge**

#### **Angaben des KKB**

In beiden Blöcken des KKB sind zahlreiche Hebezeuge für betriebliche und Instandhaltungszwecke vorhanden. Sie erleichtern den Transport schwerer Bauteile, Komponenten und Betriebsmittel und reduzieren dadurch die Dauer von Arbeitsvorgängen. Schnellere Arbeitsabläufe tragen zur Reduzierung der Strahlenbelastung des Personals massgeblich bei.

In der Technischen Mitteilung «Hebezeuge»<sup>TM-16338</sup> werden Hebezeuge mit besonderer Bedeutung (repräsentativ) behandelt: der Rundlauf- sowie der Portalkran und die für die Brennelementhandhabung verwendeten Hebezeuge (Brennelement-Wechselmaschine, Kippstation und Brückenkran im Brennelement-Lager).

Die im Überprüfungszeitraum wesentlichen Instandhaltungen und Änderungen sind folgende<sup>TM-16338</sup>:

- Im 2011 erfolgten der alterungsbedingte Ersatz der kompletten Elektrotechnik und Steuerung sowie der Katze des Rundlaufkrans im Block 2, im 2012 im Block 1. Diese umfassende Sanierung wurde vorgenommen, um dem neuen Stand der Technik und den geänderten Bedürfnissen während des Betriebes Rechnung zu tragen.
- Im 2015 wurden in den Ladepumpenräumen während der Revisionsabstellungen die neuen Deckenschwenkkräne (10/20SME 3937) eingebaut.
- Im 2015 wurden im Rahmen des Projekts AUTANOVE zusätzliche Fahrschienen und abnehmbare Hebezeuge installiert. Diese wurden in das Wartungsprogramm aufgenommen.
- Des Weiteren wurden in beiden Blöcken in den letzten Jahren die Steuerungen des Transfersystems und des Kipprahmens sowie des Brennstoffmanipulators ersetzt. Dieser Ersatz wurde mit der Wiederinbetriebnahme des KKB 1 im Jahr 2018 abgeschlossen. Der gesamte Ersatz erfolgte hauptsächlich auf Grund der nicht mehr erhältlichen Ersatzteile. Eine komplette Steuerung ist nun als Ersatzteil an Lager, welche ebenfalls regelmässig auf Funktionstüchtigkeit überprüft wird.

Durch die fortlaufende Verbesserung und regelmässige Wartung der Hebezeuge in der Anlage wird ein sicherer und reibungsloser Ablauf des Betriebs, der Produktion und der Instandhaltung gewährleistet.

Jährlich wurden die beiden Portalkräne und der Rundlaufkran im Reaktorgebäude neben einer Revision auch einer Funktions- und einer Seilprüfung unterzogen.

- Der Rundlaufkran wird vor dem eigentlichen Einsatz beim Brennelementwechsel (BW) resp. in der Revisionsabstellung (RA) einer Funktionsprüfung unterzogen. Während eines BW wird eine kleine Wartung durch einen Dienstleister (Wartungsfirma) durchgeführt, während einer RA eine grosse Wartung durch den Hersteller.
- Der Portalkran wird während des BW resp. während der RA einer mechanischen Wartung und Funktionsprüfung durch eine Kranfirma unterzogen. Die Wartung der elektrotechnischen Einrichtungen sowie deren Funktionsprüfung erfolgt durch das KKB.

Das ganze Brennstoffhandhabungssystem wird vor dem Einsatz im BW resp. in der RA einer Wartung und anschliessend einer umfassenden Funktionsprüfung unterzogen.

Im Rahmen der Instandhaltung der Hebezeuge wurden im Überprüfungszeitraum die Wartungspläne optimiert und fortlaufend aktualisiert. Das gilt vor allem für die Einbindung der neuen zusätzlichen Hebezeuge in der neuen Notstromversorgung, welche ebenfalls in das bestehende Prüfprogramm aufgenommen wurden.

Die Komponenten der Hebezeuge wurden gemäss den gültigen Wartungsplänen, den Instandhaltungsvorschriften und den Prüfprogrammen in den vorgegebenen Intervallen regelmässig geprüft und, wenn erforderlich, Instandhaltungsmassnahmen unterzogen. Dabei haben sich die bestehenden Prüf- und Wartungsintervalle bewährt. Aufgetretene Mängel und Fehler konnten rechtzeitig erkannt und beseitigt werden. Die jährlichen Revisionen sowie die Funktions- und Seilprüfungen bestätigen den guten Zustand der Hebezeuge. Die Hebezeuge erfüllen alle relevanten Anforderungen. Gemäss dem KKB gewährleistet die laufende Überwachung den sicheren Betrieb der Anlagen.

Das KKB plant für jeden Block den Ersatz der Katze des Krans im Brennelementlager. Zur Verringerung der Eintrittshäufigkeit eines Brennelementhandhabungsstörfalls und unter Berücksichtigung des Stands der Nachrüstungstechnik soll eine neue Katze mit 2 Seilen (Redundanz) eingebaut werden.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- KTA-Regeln 3902<sup>KTA3902</sup> und 3903<sup>KTA3903</sup>

**Beurteilung des ENSI**

Die im Überprüfungszeitraum durchgeführten Massnahmen der Instandhaltung verliefen fachgerecht. Als positiv wird bewertet, dass die Instandhaltungsmassnahmen keinen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Anlage hatten. Weiterhin wurden Ertüchtigungen durchgeführt, auch um den Stand der Technik nachzuführen. Die vorsorglich durchgeführten Arbeiten und Umrüstungen werden vom ENSI begrüsst.

Das ENSI kann den guten Zustand der Krananlagen auf Grund der Ergebnisse der jährlichen durchgeführten Revisionen im Zusammenhang mit den durchgeführten Funktions- und Seilprüfungen bestätigen. Die laufende Überwachung stellt sicher, dass ein sicherer Betrieb der Krananlagen auch zukünftig gewährleistet ist.

Ein Freigabeantrag für den Ersatz der Katze des Krans im Brennelementlager (Umrüstung auf Zwei-Seil-Technik) wurde vom KKB im 2019 gestellt und vom ENSI freigegeben. Die Umsetzung für Block 1 erfolgte mittlerweile im Juni 2021 und ist für Block 2 inkl. der dazugehörigen Inbetriebsetzung im November 2021 geplant.

## 5 Instandhaltung und Alterungsüberwachung

### 5.1 Bautechnik

#### Angaben des KKB

Das KKB fasst die Ergebnisse der Instandhaltung und Alterungsüberwachung der Bauwerke in der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> zusammen. Gebäudespezifische Erkenntnisse und ergriffene Massnahmen werden in den Gebäudezustandsberichten der PSÜ detailliert dargestellt.

Die Alterungsüberwachung der Gebäude erfolgt nach dem Leitfaden der Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter (GSKL-Leitfaden) für die Erstellung von Bautechnik-Steckbriefen<sup>GSKL-B-1</sup>. Darin wird die systematische Überwachung auf den folgenden Elementen aufgebaut:

- Katalog der bautechnischen Alterungsmechanismen;
- Verfügbare Detektionsverfahren
  - Zerstörende und zerstörungsfreie Bauwerksuntersuchungen,
  - Physikalische und chemische Laboruntersuchungen;
- Kriterienliste für die Bestimmung von Zustandsstufen.

In den Bautechnik-Steckbriefen werden bauteil- bzw. gebäudespezifisch die Soll-Zustandsstufen und die Inspektionsprogramme bestimmt. Gemäss Richtlinie ENSI-B01, Kap. 5 gilt das Alterungsüberwachungsprogramm (AÜP) für alle nach Richtlinie ENSI-G01 klassierten Bauwerke. Alle Steckbriefe der Bauwerke der BK I und der BK II sind dem ENSI eingereicht worden. Darüber hinaus hat das KKB dem ENSI auch die Steckbriefe für einige unklassierte Bauwerke (Kühlwassereinlaufgebäude, Kühlwasserkanäle und Wehr des hydraulischen Kraftwerks Beznau) zur Information eingereicht.

Das Hauptintervall der Inspektionen beträgt nach Richtlinie ENSI-B01 zehn Jahre. Die Zwischeninspektionen finden, mit einem entsprechenden zeitlichen Versatz, ebenfalls in einem Intervall von zehn Jahren statt. In mehreren Fällen wurden zusätzlich Sonderinspektionen, wie z. B. an Fugenbändern und an den Dachabdichtungen der beiden Reaktorgebäude-Kuppeln, durchgeführt. Die Ergebnisse der durchgeführten Inspektionen der Alterungsüberwachung sind in den Inspektionsberichten vollständig dokumentiert. Zusammenfassend werden sie in den Steckbriefen der einzelnen Gebäudestrukturen erfasst.

Die auf Grundlage des Leitfadens und der Steckbriefe durchgeführten AÜP-Inspektionen zeigen auf, dass sich die Baustrukturen in einem guten bis sehr guten Zustand befinden. Es sind bisher keine unerwarteten Schädigungen entdeckt worden, die eine Anpassung der Überwachungsprogramme erfordern würden.

Zusammenfassend kommt das KKB aufgrund der mit den AÜP-Inspektionen und den ergänzenden Anlagenrundgängen gewonnenen Erkenntnisse zum Schluss, dass die Bausubstanz die auslegungsgemässen Anforderungen erfüllt und somit die Voraussetzungen für einen zuverlässigen Weiterbetrieb der Anlage gegeben sind. Durch geeignete Instandhaltungs- und Instandsetzungsmassnahmen bleibt der gute Zustand der Gebäude erhalten.

#### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup>
- Norm SIA 469<sup>SIA 469</sup>

## Beurteilung des ENSI

Das ENSI beurteilt das Konzept und den Stand der Alterungsüberwachung positiv. Das Vorgehen erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B01 und entspricht dem freigegebenen Leitfadens für Bautechnik-Steckbriefe<sup>GSKL-B-1</sup>. Die Steckbriefe der Bautechnik eignen sich als Instrument der Alterungsüberwachung und als übersichtlicher Einstieg in die umfangreiche Dokumentation.

Das ENSI hat die Entwicklung des für alle Kernkraftwerke gültigen Leitfadens für Bautechnik-Steckbriefe<sup>GSKL-B-1</sup> laufend geprüft und beurteilt. Eine wesentliche, vom ENSI geforderte Ergänzung des Leitfadens erfolgte mit der Revision 3, welche mit einem Anhang die Beurteilung unzugänglicher und schwer zugänglicher Bauteile regelt. Das ENSI hat mit Brief vom 21. Januar 2016<sup>ENSI-2016-01-21</sup> zu der aktuellen Version des Leitfadens Stellung genommen. Es beurteilt den Leitfaden als sehr gute Grundlage für die AÜP Bautechnik.

Die Bautechnik-Steckbriefe sind vollständig. Sie werden kontinuierlich nachgeführt und periodisch nach den Hauptinspektionen aktualisiert. Das ENSI hat die aktuellen Versionen der Steckbriefe geprüft. Die entsprechende Stellungnahme des ENSI erfolgte ausserhalb des Überprüfungszeitraums der PSÜ 2017 mit Brief vom 25. Mai 2018<sup>ENSI-2018-05-25</sup>. Darin stellte das ENSI fest, dass die überarbeiteten Bautechnik-Steckbriefe den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B01 und des Leitfadens für Bautechnik-Steckbriefe entsprechen.

Das ENSI kann aufgrund der in den Steckbriefen enthaltenen Zustandsuntersuchungen bestätigen, dass die Baustrukturen weiterhin in einem guten bis sehr guten Zustand sind. Durch die Strategie der zustandsorientierten und stetigen Instandhaltung werden schädigende Alterungsprozesse frühzeitig unterbunden und die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit für den weiteren Betrieb gewährleistet.

## 5.2 Maschinentechnik

### 5.2.1 Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 35 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup>, ENSI-B02<sup>B02</sup> und ENSI-G01<sup>G01</sup>
- IAEA Safety-Guide NS-G-2.12<sup>NSG-2.12</sup>

### 5.2.2 Alterungsüberwachung hinsichtlich physischer Werkstoffalterung

#### 5.2.2.1 Alterungsüberwachung gemäss Vorgaben der Richtlinie ENSI-B01

#### Angaben des KKB

Neben den Steckbriefen für Systeme und Komponenten gehören<sup>TM-16400</sup> auch der Nachweis der Sprödbruchsicherheit und das Ermüdungsüberwachungsprogramm zur Alterungsüberwachung. Eine detailliertere Beschreibung dieser beiden Punkte ist in der Technischen Mitteilung «Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb»<sup>TM-16800</sup> zu finden.

Im August 2011 ersetzte die neue Richtlinie ENSI-B01 zur Alterungsüberwachung die Richtlinie HSK-R-51. Die zusätzlich gemäss Richtlinie ENSI-B01 zu beachtenden Gesichtspunkte wurden mit der Überarbeitung aller System- und Komponentensteckbriefe bis Ende Juli 2018 umgesetzt. Momentan gibt es insgesamt 70 System- und Komponentensteckbriefe.

Basierend auf dem «GSKL-Leitfaden zur Erstellung von AÜP-Steckbriefen»<sup>GSKL-M</sup> und dem «GSKL-Katalog der Alterungsmechanismen (KATAM)»<sup>GSKL-KATAM</sup> werden die Steckbriefe erstellt und überarbeitet. Der nach Richtlinie ENSI-B01 revidierte GSKL-Leitfaden zur Erstellung von AÜP-Steckbriefen wurde seitens ENSI als Grundlagendokument akzeptiert. Im GSKL-Katalog der Alterungsmechanismen werden alle in Leichtwasserreaktoranlagen bekannten Schädigungsmechanismen entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik beschrieben. Innerhalb des GSKL-Fachteams AÜP erfolgt die jährliche Überprüfung des Kataloges auf

dessen Aktualität. Alle neuen Erkenntnisse werden alle 10 Jahre in das Hauptdokument des KATAM eingearbeitet.

In der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> ist die Auswertung der internen und externen Betriebserfahrung maschinentechnischer Komponenten für den Überprüfungszeitraum 2012 bis 2016 tabellarisch ausgewiesen, einschliesslich Schlussfolgerungen und abgeleiteten Massnahmen. Eine wesentliche Massnahme war der Austausch der beiden RDB-Deckel im 2015. Damit wurde die Problematik der primärwasserinduzierten Spannungsrisskorrosion an den Stützen der Steuerstabantriebe aus Alloy 600 beseitigt. Als weitere interne Betriebserfahrung werden die gesamtheitlich behandelten schwingungsrissinduzierten Leckagen (Schwingungsthematik) z. B. in der Mindestmengenleitung der Sprühpumpen sowie an der Entlüftungsarmatur im JCS-System und in der Entleerungsleitung im Rücklauf des PRW-Systems angegeben. Ebenso wird die Lochkorrosion an den Frischdampfschnellschlussarmaturen in den Jahren 2012 im Block 1 und 2017 im Block 2 aufgeführt. Hinsichtlich AÜP werden für alle aufgeführten internen Betriebserfahrungen die Massnahmen als angemessen und ausreichend bewertet<sup>TM-16400</sup> und auf die Technische Mitteilung «Zusammenfassende Darstellung von eingeleiteten Massnahmen auf Grund der Auswertung von internen und externen Erfahrungen im Bereich Maschinentechnik»<sup>TM-MQ-18029</sup> verwiesen.

Als AÜP-relevante ausgewertete Betriebserfahrungen werden<sup>TM-MQ-18029</sup> u. a. die internationalen Befunde an den Kernumfassungsschrauben (Baffle Bolts), die Anzeigen der Aluminiumoxideinschlüsse im Grundmaterial des RDB, die Anzeigen von Wirbelstromprüfungen an Dampferzeugerheizrohren, die Kohlenstoffausscheidungen in Schmiedeteilen einer französischen Schmiede oder die Leckage an einer Upper Plenum Injection (Sicherheitseinspeise)-Leitung in einer anderen Anlage beschrieben. Es erfolgt eine Betrachtung und Bewertung der häufigsten Schadensmechanismen gruppiert nach Medien sowie eine Betrachtung für die mögliche Überlagerung von Schadensmechanismen.

Das Wiederholungsprüfprogramm ist ein fester Bestandteil des Instandhaltungsprogrammes und wird durch die Alterungsüberwachung überprüft und ggf. ergänzt<sup>TM-16400</sup>. Auch werden im Rahmen der alterungstechnischen Beurteilung die Stichprobenauswahl und -umfänge der zerstörungsfreien Prüfungen sowie die Prüfintervalle überprüft. Bei der Auswahl und Qualifizierung von Prüfsystemen werden technologische Neuerungen berücksichtigt. Beispiele hierzu sind der Einsatz von HD-Kameras bei der indirekten visuellen Prüfung sowie die Anwendung der Phased-Array- oder der Time-of-Flight-Diffraction-Technik bei der Ultraschallprüfung.

Auf der Basis der Indikatoren entsprechend dem IAEA Safety Guide NS-G-2.12 wird die Wirksamkeit des Alterungsüberwachungsprogrammes beurteilt<sup>TM-16400</sup>. Für den Indikator «Überwachung und Trending von Alterungseffekten» werden die erweiterten Wanddickenmessungen («EROSKO») an den Rohrleitungen der Sicherheitsklasse SK 1 und Kleinleitungen als ein Beispiel aufgeführt. Für den Indikator «Korrektive Massnahmen» werden als Beispiele die Erfassung und Bewertung von Schwingungen in Rohrleitungssystemen oder der Wechsel von Klingersil- auf Burasil-Dichtungen, wodurch der Chlorideintrag minimiert wird, genannt. Die IAEA-Attribute eines wirksamen Alterungsmanagements werden im Bereich der Maschinentechnik abgedeckt<sup>TM-16400</sup>. Die im KKB vorhandenen Prozesse und Weisungen stellen sicher, dass die aktuelle interne und externe Betriebserfahrung und die Ergebnisse aus der Forschung regelmässig ausgewertet und in Bezug auf mögliche Auswirkungen auf das Alterungsüberwachungsprogramm überprüft werden.

### **Beurteilung des ENSI**

Der Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb wird in Kap. 10 der vorliegenden Stellungnahme behandelt.

Gemäss Richtlinie ENSI-A03 Kap. 5.4.1a. ist das Alterungsüberwachungsprogramm auf Vollständigkeit und Aktualität hin zu überprüfen. Die systematische Auflistung von Alterungsmechanismen im KATAM<sup>GSKL-KATAM</sup> und die kontinuierliche Berücksichtigung neuer Erkenntnisse aus dem Stand von Wissenschaft und Technik sowie interner und externer Betriebserfahrung wie vom KKB dargelegt<sup>TM-16400</sup>, bilden aus Sicht des ENSI eine geeignete Basis für eine effektive Alterungsüberwachung.

Gemäss Vorgaben der Richtlinie ENSI-B01 ist auch für Komponenten, welche gemäss Richtlinie ENSI-A06 aus Sicht der PSA von sicherheitstechnischer Bedeutung sind, die Alterungsüberwachung in Steckbriefen zu dokumentieren. In der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> werden jedoch keine Angaben

gemacht, inwieweit diese PSA-relevanten Komponenten in den Steckbriefen vollständig berücksichtigt wurden. In der Technischen Mitteilung «Sicherheitstechnisch relevante Komponenten gemäss PSA»<sup>TM-513-RN18015</sup> wird beschrieben, wie die sicherheitstechnisch relevanten PSA-Komponenten ermittelt wurden, und in den dazugehörigen Tabellen 1 bis 5 werden die ermittelten PSA-Komponenten aufgelistet. Eine Überprüfung der in den Tabellen identifizierten Komponenten mit den in den eingereichten Steckbriefen dokumentierten Komponenten ergab, dass nicht alle identifizierten PSA-relevanten Komponenten in den Steckbriefen erfasst und bewertet wurden.

#### **Forderung 5.2.2-1**

*Entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03 ist für alle Komponenten, welche das Selektionskriterium gemäss Richtlinie ENSI-A06 Kap. 6.5 erfüllen, eine systematische Alterungsüberwachung gemäss Richtlinie ENSI-B01 durchzuführen und in Steckbriefen zu dokumentieren. Für die noch nicht gemäss Richtlinie ENSI-B01 dokumentierten PSA-relevanten Komponenten sind die dementsprechenden Steckbriefe bis zum 30. Juni 2023 zu erstellen bzw. zu revidieren und dem ENSI einzureichen.*

#### **5.2.2.2 Aktueller Stand des Alterungsüberwachungsprogramms**

##### **Angaben des KKB**

Gemäss der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> sind in dem Überprüfungszeitraum 2012 bis 2016 keine neuen alterungsrelevanten Erkenntnisse gewonnen worden. Die jeweiligen Steckbriefe dokumentieren alle alterungsspezifischen Erkenntnisse. Das bisherige Instandhaltungskonzept mit periodischen Kontrollen und Prüfungen entsprechend der Wiederholungsprüfprogramme sowie dem vorbeugenden Ersatz von Komponenten oder Bauteilen hat sich bewährt. AÜP-relevante Ergebnisse aus der Betriebserfahrung fliessen in die Alterungsüberwachung, in die Steckbriefe und in die entsprechende System- und Komponentendokumentation ein.

Hinsichtlich des Aspektes der Überprüfung und Bewertung der Dokumentation zur Alterungsüberwachung auf Vollständigkeit, Aktualität und Korrektheit werden tabellarisch die ergriffenen Massnahmen und deren Ergebnisse für jeden Steckbrief dargestellt<sup>TM-16400</sup>. Weiterhin wird angegeben, dass die nach Richtlinie ENSI-G01 klassierten mechanischen Ausrüstungen, welche nicht unter das Kapitel 7 der Richtlinie ENSI-B01 fallen, ebenfalls systematisch hinsichtlich ihrer Alterung überwacht werden. Für die hiervon betroffenen Kleinleitungen und Systeme der SK 4 erfolgt<sup>TM-16400</sup> die Alterungsüberwachung instandhaltungsorientiert, wobei präventive Programme einem unerwarteten alterungsbedingten Ausfall der Systeme, Strukturen und Komponenten (SSK) entgegenwirken.

##### **Beurteilung des ENSI**

Gemäss Richtlinie ENSI-A03, Kap. 5.4.1.b. ist der aktuelle Stand des Alterungsüberwachungsprogramms darzulegen und zu bewerten. In den Steckbriefen wurden die Alterungsmechanismen für die jeweilige Komponente unter Berücksichtigung der vorliegenden Betriebsbedingungen, der Werkstoffe sowie der internen und externen Betriebserfahrung auf ihre Relevanz hin bewertet sowie Massnahmen und Prüfungen zur Beherrschung der relevanten Alterungsmechanismen dargelegt. Das ENSI prüft die Angaben in den jeweiligen komponenten- oder systemspezifischen Steckbriefen und übermittelt das Ergebnis seiner Prüfung dem Betreiber.

In der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> wird angegeben, dass die Alterungsüberwachung für die nach Richtlinie ENSI-G01 zu klassierenden Komponenten, welche nicht gemäss Kapitel 7 der Richtlinie ENSI-B01 der systematischen Alterungsüberwachung unterliegen, d. h. nicht in komponenten- oder systemspezifischen Steckbriefen dokumentiert werden müssen, instandhaltungsorientiert erfolgt. Es werden dort jedoch keine Angaben gemacht, welche Alterungsmechanismen für diese Komponenten, wie z. B. die der Sicherheitsklasse 4 oder Kleinleitungen, identifiziert wurden. Es werden auch keine näheren Details zu der instandhaltungsorientierten Vorgehensweise oder den präventiven Programmen beschrieben. Das ENSI kann daher anhand der nicht ausreichenden Angaben nicht bewerten, ob die instandhaltungsorientierte Alterungsüberwachung für die oben genannten SSK ausreichend ist.



## **Forderung 5.2.2-2**

*Entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03 ist seitens des KKB aufzuzeigen, wie die relevanten Alterungsmechanismen von maschinentechnischen Ausrüstungen, die nach Richtlinie ENSI-G01 klassiert sind, jedoch nicht der systematischen Alterungsüberwachung in Form von Steckbriefen gemäss Kapitel 7 der Richtlinie ENSI-B01 unterliegen, identifiziert worden sind und durch welche Massnahmen der Instandhaltung sowie präventiven Programme die Alterungsüberwachung sichergestellt bzw. dem unerwarteten alterungsbedingten Ausfall der SSK entgegengewirkt wird (Termin: 30. Juni 2022).*

### **5.2.2.3 Eingesetzte Prüftechniken und ergriffene Massnahmen**

#### **Angaben des KKB**

In der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> werden zusätzlich zu den vorhandenen Programmen zur Alterungsüberwachung Beispiele aufgezeigt, die demonstrieren sollen, wie alterungsbedingte Schadensfortschritte im KKB unter Berücksichtigung der eingesetzten Prüftechniken, z. B. die qualifizierte visuelle Prüfung der Innenoberfläche des Reaktordruckbehälters oder die qualifizierte Wirbelstromprüfung der Incore-Rohre, erfasst werden.

Zusammenfassend kommt das KKB zum Schluss, dass neben den aufgelisteten bisherigen Massnahmen keine weiteren unmittelbaren Verbesserungsmassnahmen notwendig resp. vorgesehen sind. Die ergriffenen Massnahmen resultieren aus dem laufenden Optimierungsprozess, der auf der Auswertung der Erkenntnisse sowohl aus der werksspezifischen Instandhaltung als auch aus nationalen sowie internationalen Erfahrungen auf dem Gebiet der Diagnostik von alterungsbedingten Schäden basiert.

#### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI beurteilt die im Überprüfungszeitraum ergriffenen Massnahmen und eingesetzten Prüftechniken, damit zu detektierende Fehler und alterungsbedingte Schadensfortschritte rechtzeitig erkannt werden, als ausreichend.

### **5.2.2.4 Ersatz- oder Nachbesserungsstrategie**

#### **Angaben des KKB**

Nach Technischer Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> wird im Rahmen der Auswertung der jeweiligen «wiederkehrenden Steckbriefüberprüfung» die Ersatz- oder Nachbesserungsstrategie festgelegt, wobei Erkenntnisse aus den betroffenen Instandhaltungsressorts berücksichtigt werden. Massgebliche Komponenten wurden bereits in der BEDAM-Studie zum Langzeitbetrieb oder aufgrund des regulären AÜP identifiziert. Ausser diesen gibt es für den nächsten Überprüfungszeitraum 2017-2026 keine weiteren maschinentechnischen Komponenten, die die Grenzen ihrer Einsetzbarkeit erreichen.

#### **Beurteilung des ENSI**

Gemäss Richtlinie ENSI-A03, Kap. 5.4.1 d. ist für SSK, die während des nächsten Überprüfungszeitraums beziehungsweise während des Langzeitbetriebs ihr vorgesehene Lebensdauerende erreichen, eine Ersatz- oder Nachbesserungsstrategie darzulegen. In der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> werden keine näheren Ausführungen zu der genannten Ersatz- und Nachbesserungsstrategie dargelegt. Daher ist es für das ENSI nicht möglich, diese zu bewerten. Ebenso werden keine erläuternden Angaben zu Methoden zur Ermittlung der Einsatzdauer (Lebensdauerende) einer Komponente gemacht.

## **Forderung 5.2.2-3**

*Die im KKB angewendete Ersatz- oder Nachbesserungsstrategie ist entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03, Kap. 5.4.1 d. ausführlich darzulegen. Insbesondere ist aufzuzeigen, wie die im Rahmen der Auswertung der jeweiligen «wiederkehrenden Steckbriefüberprüfung» gewonnenen Ergebnisse und die*

*Erkenntnisse aus der Instandhaltung in die Strategie einfließen. Es ist darzulegen, wie die maximale Einsatzdauer für eine Komponente bestimmt wird, und die Vorgehensweise aufzuzeigen, mit der festgelegt wird, wann eine Komponente ertüchtigt oder ersetzt wird (Termin: 31. März 2023).*

### **5.2.3 Technologische Alterungsüberwachung**

#### **5.2.3.1 Überprüfung und Bewertung klassierter mechanischer Komponenten und Systeme**

##### **Angaben des KKB**

Nach der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> sind für den Betrieb der Anlage folgende zwei Arten der technologischen Alterung relevant:

- neue Technologie ersetzt alte;
- Ersatzteile oder -komponenten sind nicht mehr als 1:1-Ersatz verfügbar.

Um den Stand der Technik zu verfolgen, werden verschiedene Möglichkeiten wie die Teilnahme an Informationsveranstaltungen der Lieferanten, regelmässiger Kontakt zu Hauptlieferanten, Besprechungen zu Entwicklungen im Technologiebereich, Austausch mit weiteren Betreibern oder auch aktive Teilnahme in internationalen Forschungsorganisationen genutzt. Das KKB legt dar<sup>TM-16400</sup>, dass im Bereich der Maschinentechnik in den letzten Jahren keine wesentlichen technologischen Neuerungen stattgefunden haben.

Ersatzteile werden weitgehend beim Ursprungslieferanten, resp. dessen Vertreter oder Nachfolgeorganisationen beschafft. Sind Komponenten nicht mehr lieferbar, wird ein Ersatzprodukt evaluiert. Für die Sicherstellung der notwendigen Qualitätssicherungsmassnahmen werden die Auslegungsspezifikationen der Komponenten und Systeme herangezogen.

Durch aktiv aufrechterhaltene Kontakte zu den Originalherstellern, die Beteiligung in internationalen Organisationen sowie die aktive Suche von Ersatzteilen und -komponenten bestehen bei der Lieferbarkeit von Original-Ersatzteilen und -komponenten keine relevanten Lücken<sup>TM-16400</sup>. Eine weitere Möglichkeit besteht darin<sup>TM-16400</sup>, bei kurzfristigen Engpässen bei der Lieferung wichtiger Ersatzteile eine zeitlich befristete qualifizierte Instandsetzung anzuwenden.

Als Beispiele für die Aufrechterhaltung des Standes der Technik werden<sup>TM-16400</sup> der RDB-Deckelersatz oder die RDB-Bodendurchführungen genannt.

In Bezug auf abgekündigte Systeme und Komponenten wird angegeben, dass dies im Bereich der Maschinentechnik weitaus weniger häufig und umfangreich als bei elektrischen oder elektronischen Komponenten ist. Solange die Sicherheitsfunktion gewährleistet ist, wird der Ersatz abgekündigter Komponenten nicht geplant.

Das Konzept des Reverse-Engineerings, d. h. Reparaturen oder Herstellung von Ersatzteilen, wird angewendet, wenn z. B. der Hersteller keine technische Unterstützung mehr leistet. Derzeit wird an mehreren Pumpen ein Reverse-Engineering unter Anwendung der Richtlinien ENSI-G11 und ENSI-B06 durchgeführt. Nach der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup> werden für die Herstellung der Ersatzteile im Reverse-Engineering der Stand der Technik überprüft sowie Auslegungsspezifikationen und Fertigungszeichnungen erstellt.

##### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI anerkennt, dass das KKB verschiedene Strategien und Wege nutzt, um den Stand der Technik aufrechtzuerhalten und die Lieferung von Ersatzteilen und -komponenten sicherzustellen.

### 5.2.3.2 Ersatzteillagerhaltung

#### Angaben des KKB

Für die Ermittlung der notwendigen Lagerhaltung werden verschiedene Parameter wie Sicherheitsrelevanz, Verfügbarkeitsrelevanz, Wiederbeschaffungszeit und Lagerfähigkeit berücksichtigt. Im KKB liegen bewährte Abläufe und Prozesse wie der Teilprozess «Lagerung» oder «Wareneingang» vor, welche die qualitätsgesicherte Lagerhaltung von Ersatzteilen und -komponenten gewährleisten. Durch diese Vorgehensweise und durch die engen Verbindungen zu den Lieferanten ist dies auch zukünftig sichergestellt.

#### Beurteilung des ENSI

Das ENSI erkennt die im KKB eingesetzten Prozesse für die Lagerung von Ersatzteilen und -komponenten als ausreichend an.

## 5.3 Elektro- und Leittechnik

#### Angaben des KKB

Das Programm für die Überprüfung der Alterungsüberwachungsmassnahmen baut auf langjährig angewendeten Instandhaltungskonzepten auf. In der Alterungsüberwachung der Elektro- und Leittechnik enthalten die Steckbriefe Teil 1 eine Auflistung der wichtigsten funktionsbeeinträchtigenden und qualifikationsbeeinflussenden Alterungsmechanismen für die vorgegebene Komponente mit Verweis auf entsprechende Referenzen. Die Steckbriefe Teil 2 enthalten mögliche Diagnose- und Prüfmethode, sowie Merkmale zur Feststellung des Alterungsfortschrittes. Der Teil 3 enthält komponentenspezifische Informationen zur Alterungsüberwachung. Das Alterungsüberwachungsprogramm gilt für die 1E-klassierten elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen und in abgeschwächter Form für alle elektrischen Ausrüstungen mit sicherheitstechnischer Bedeutung, die 0E-klassiert sind.

Das KKB dokumentiert die komponentenspezifische Alterungsüberwachung der klassierten Teile in seinen periodisch dem ENSI eingereichten Unterlagen und bewertet diese in der Technischen Mitteilung «Alterungsüberwachung»<sup>TM-16400</sup>.

Im Überprüfungszeitraum wurde das Alterungsüberwachungsprogramm (AÜP) für Systeme und Komponenten, deren Funktion und Integrität für die Sicherheit der Anlage erforderlich sind, weitergeführt. Für sämtliche 1E-klassierten Systeme und Komponenten, mit und ohne geforderter Störfallfestigkeit bei Kühlmittelverlust, sind die Forderungen aus dem AÜP umgesetzt. Die Aufnahme der 1E-klassierten Systeme und Komponenten aus den laufenden oder gerade abgeschlossenen Projekten erfolgt laufend.

Die Vollständigkeit und Bewertung der bekannten Alterungsmechanismen unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik und der weltweiten Erfahrungen in Kernkraftwerken wird in einem Fachteam zur Alterungsüberwachung Elektrotechnik gesichtet, bewertet und dokumentiert. Erforderliche Anpassungen und Weiterentwicklungen werden umgesetzt. Damit der Stand von Wissenschaft und Technik in den generischen Steckbriefen auch über die Jahre nach der Erstellung sichergestellt ist, werden die Steckbriefteile 1 und 2 durch das Fachteam mindestens alle 10 Jahre überprüft und falls nötig aktualisiert. Neue Erkenntnisse sowie neue, anerkannte Diagnosemethoden und Modelle werden besprochen, bewertet und über deren Einführung entschieden. Auf Grundlage dieser Bewertungen werden die Dokumente bei Bedarf angepasst.

Der Erfolg des Alterungsüberwachungsprogrammes zeigt sich darin, dass bislang nur sehr selten alterungsbedingte Ausfälle von Komponenten aufgetreten sind. Somit bedeuten die aus den Steckbriefen abgeleiteten Intervalle und Arbeiten, welche in den Wiederholprüfprogrammen umgesetzt sind, eine ausreichende Inspektionstiefe. Die Kabeldeponie im Containment sowie die Wärmebox zur Entnahme und Messung von Probenkörpern haben sich in der Praxis gut bewährt. Die Ergebnisse der Auswertungen belegen, dass der festgelegte Umfang beziehungsweise das Intervall für die Entnahme von Probenkörpern geeignet ist, um den Alterungsprozess voreilend zu verfolgen.

Die werkspezifischen Steckbriefe Teil 3 führen von den AÜP-Grundlagen zu den Instandhaltungsprogrammen der Elektrotechnik und berücksichtigen die werkspezifisch eingesetzten Komponenten, Systeme und Vorschriften sowie die produktspezifischen Herstellerangaben. Die Steckbriefe wurden im Überprüfungszeitraum dem ENSI jeweils zur Stellungnahme eingereicht.

Das Alterungsüberwachungsprogramm ist eine tragende Säule für das Life Cycle Management der elektrischen Ausrüstungen. Mit den speziellen Kenntnissen über das Alterungsverhalten und der daraus festgelegten Nutzungszeit von Komponenten und Bauteilen ist eine präventive Instandhaltung unter sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Randbedingungen nachvollziehbar abgestützt. Die Ableitung der Kenntnis der benötigten Anzahl an Reserveteilen bis zur Erreichung der Kraftwerksnutzungsdauer ist zudem ein weiterer Vorteil. Damit liefern die werkspezifischen Steckbriefe auch die notwendigen Grundlagen für die vorsorgliche Ersatzteilbeschaffung.

Die erstellte Basisdokumentation dokumentiert zusammen mit den bestehenden Programmen, dass das AÜP gemäss Richtlinie ENSI-B01 umgesetzt wurde. Das AÜP ist ein kontinuierlicher Prozess, bei Vorliegen von neuen Erkenntnissen, neuen möglichen praktikablen Diagnosemethoden oder beim Einsatz von neuen Komponenten wird die Dokumentation aktualisiert. Die Ergebnisse fliessen in die geplante Instandhaltung ein. Eine Ersatz- oder Nachbesserungsstrategie wird im Rahmen der Auswertung der jeweiligen «wiederkehrenden Steckbriefüberprüfung» festgelegt.

Die technologische Alterung wird durch die Veränderungen der «Marktverfügbarkeit» von Bauteilen und Komponenten verursacht, insbesondere wenn Hersteller die Produktion und Lagerhaltung von Bauteilen und Komponenten einstellen beziehungsweise einschränken, weil sie keinen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber neuen Produkten darstellen. Die technologische Alterung ist für den Fachbereich Elektrotechnik relevant. Der Fachbereich verfolgt aktiv den Stand von Wissenschaft und Technik mittels diverser Aktivitäten und Teilnahme an Programmen. Mit der eingeschlagenen Instandhaltungsstrategie für den Einsatz neuer Technologien konnte im Überprüfungszeitraum die hohe Verfügbarkeit von sicherheitstechnisch relevanten Ausrüstungen gewährleistet werden. Mit der qualitätsgesicherten Lagerhaltung von Ersatzteilen und Komponenten sowie zuverlässigen Verbindungen zu Originallieferanten wird die Ersatzteilversorgung unterstützt.

Zusammenfassend stellt das KKB fest, dass es solide und bewährte Prozesse zur Alterungsüberwachung und Instandhaltung hat, welche die qualitätsgesicherte Lagerhaltung von Ersatzteilen und -komponenten beinhalten. Mit diesen Prozessen und Abläufen, sowie den engen Verbindungen zu Originallieferanten, soll die Ersatzteilversorgung auch in der Zukunft sichergestellt werden.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB hat die Alterungsmechanismen pro elektrische Komponentengruppe in den Steckbriefen dokumentiert. Bei der Prüfung der Steckbriefe zeigt sich, dass das Alterungsüberwachungsprogramm für das Einsatzdauermanagement der elektrischen Ausrüstungen wichtig ist. Die bekannten Alterungsmechanismen unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik sowie der internationalen Erfahrungen sind umfangreich dokumentiert und bewertet.

Mit den speziellen Kenntnissen über das Alterungsverhalten und mit der Festlegung der Nutzungszeit von Komponenten und Bauteilen ist eine präventive Instandhaltung möglich. Oft bleibt nur der Ersatz der betroffenen elektrischen Bauteile, Komponenten oder Ausrüstungen als Gegenmassnahme zur Alterung. Manchmal sind auch das Herabsetzen der Umgebungstemperatur durch Versetzen oder das Verringern der Belastung mögliche Wege zur Verlängerung der Einsatzzeit von Ausrüstungen. Massnahmen, die aufgrund des Standes der Technik in der Anlage umgesetzt wurden, sind beschrieben und bewertet.

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Systemen und Komponenten im Rahmen von Projekten und Freigaben erneuert. Die Steckbriefe werden periodisch revidiert, auf den neusten Stand gebracht, und dem ENSI wird einmal jährlich der aktuelle Stand eingereicht. In den revidierten Steckbriefen werden die Aspekte

der Richtlinie ENSI-B01 berücksichtigt. Die Zuordnung in den Komponentenlisten der elektrischen Ausrüstungen ist abdeckend und richtig. Das gemäss dieser Richtlinie erforderliche sogenannte Alterungsdossier für 0E-klassierte Systeme wurde vom KKB nachgeführt. Im KKB werden auch Untersuchungen zu Einsatzzeiten unter Qualifikationsbedingungen für 1E-klassierte Ausrüstungen durchgeführt. Die Aspekte der technologischen Alterung werden im KKB beachtet, inklusive der Lieferbarkeit von qualitätsgerechten Ersatzteilen.

Das Alterungsüberwachungsprogramm ist umfassend, aktualisiert und sachrichtig. Die Anforderungen bezüglich der Alterungsüberwachung sind erfüllt.



## 6 Deterministische Sicherheitsanalysen

Deterministische Sicherheitsnachweise beinhalten technische und radiologische Sicherheitsanalysen. Im Allgemeinen werden bei den technischen Sicherheitsanalysen neutronenphysikalische (Kritikalität, Leistung) und thermohydraulische Grössen (Temperaturen, Drücke, Massenströme) berechnet. Radiologische Sicherheitsanalysen bewerten Quellterme, Freisetzungen, Ausbreitungen und Expositionspfade. Die technischen Sicherheitsanalysen im Sinne der Anforderungen der Richtlinie ENSI-A01<sup>A01</sup> und der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen<sup>UVEK-G</sup>, im Folgenden Gefährdungsannahmen-Verordnung genannt, werden in den Kap. 6.1 und 6.2 behandelt. Die radiologischen Sicherheitsanalysen im Sinne der Strahlenschutzverordnung sowie der Richtlinien ENSI-A08<sup>A08</sup> und ENSI-G14<sup>G14</sup> folgen im Kap. 6.3. Die Prüfung der Sicherheitsanalysen für die Lager und die betrieblichen Lagerbecken findet sich in Kap. 6.4.

### 6.1 Grundlagen deterministischer Störfallanalysen

#### 6.1.1 Grundlegende Anforderungen

Im Rahmen der deterministischen Sicherheitsanalyse muss der Bewilligungsinhaber nachweisen, dass ein abdeckendes Spektrum von Auslegungsstörfällen durch die Schutzmassnahmen wirksam und zuverlässig auf der Sicherheitsebene 3 (siehe Tabelle 6.1-1) beherrscht wird und die dabei auftretenden potenziellen Abgaben an die Umwelt hinreichend begrenzt sind, insbesondere, dass die Dosiswerte gemäss Art. 123 Abs. 2 StSV sowie Art. 8 Abs. 4<sup>bis</sup> KEV<sup>KEV</sup> eingehalten werden und keine unzulässigen Schäden an der Anlage auftreten. Auslegungsstörfälle (siehe Gefährdungsannahmen-Verordnung) treten definitionsgemäss im Häufigkeitsbereich von kleiner als  $10^{-1}$  pro Jahr bis grösser als  $10^{-6}$  pro Jahr auf und werden im Allgemeinen mit Sicherheitssystemen beherrscht. Für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen durch Naturereignisse ausgelöste Störfälle sind Ereignisse mit einer Häufigkeit grösser oder gleich  $10^{-3}$  bzw.  $10^{-4}$  pro Jahr zu berücksichtigen (Art. 8 Abs. 4<sup>bis</sup> KEV). In Abhängigkeit von der Häufigkeit werden die Auslegungsstörfälle in die Störfallkategorien 1 bis 3 unterteilt.

Die Aufgabe der deterministischen Sicherheitsanalyse ist es zu zeigen, dass die folgenden Schutzziele eingehalten werden:

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

Ein Kernschaden ist für Auslegungsstörfälle grundsätzlich auszuschliessen.

Ausgewählte auslegungsüberschreitende Störfälle (Sicherheitsebene 4a) mit einer Eintrittshäufigkeit kleiner als  $10^{-6}$  pro Jahr (vgl. Richtlinie ENSI-A01) werden im Hinblick auf die Minimierung des verbleibenden Risikos ebenfalls im Rahmen der deterministischen Sicherheitsanalyse betrachtet. Diese Störfälle dürfen nicht zu einem schweren Kernschaden führen.

Tabelle 6.1-1: Kriterien zur Bewertung der Störfallbeherrschung (Überblick)

Sicherheits- ebene	Störfall- kategorie	Häufigkeit H pro Jahr	Ziel	Schutzziel Kontrolle der Reaktivität	Schutzziel Kühlung der Brennelemente	Schutzziel Einschluss radioak- tiver Stoffe	Dosiskriterien für die Umgebungs- bevölkerung	Grundlagen
3	1	$10^{-1} \geq H > 10^{-2}$	Einhaltung der Schutzziele: – Kontrolle der Reaktivität – Kühlung der Brennelemente – Einschluss radioaktiver Stoffe – Begrenzung der Strahlenexposition.  Sicherheitssysteme bleiben im erforderlichen Umfang wirksam	Unterkritikalität gewährleistet	Wärmeübergang Brennstabhüllrohr → Kühlung ausreichend	Integrität von Brennstabhüllrohr, Reaktorkühlkreislauf und Primär-Containment	Dosiskriterium für die Auslegung <sup>1</sup> : Quellenbezogener Dosisrichtwert (im Folgejahr)	Art. 123 Abs. 2 Bst b StSV Art. 7, 8 und 9 UVEK-G
	2	$10^{-2} \geq H > 10^{-4}$		Unterkritikalität gewährleistet	Wärmeübergang Brennstabhüllrohr → Kühlung ausreichend	Integrität von Brennstabhüllrohr und Primär-Containment	Dosiskriterium für die Auslegung <sup>1</sup> : 1 mSv (im Folgejahr)	Art. 123 Abs. 2 Bst. c StSV Art. 7, 8 und 10 UVEK-G
	3	$10^{-4} \geq H > 10^{-6}$		Unterkritikalität höchstens kurzfristig nicht gewährleistet	Wärmeübergang Brennstabhüllrohr → Kühlung nur lokal und kurzzeitig beeinträchtigt	Integrität mindestens einer Barriere (Brennstabhüllrohr, Reaktorkühlkreislauf oder Primär-Containment)	Dosiskriterium für die Auslegung <sup>1</sup> : 100 mSv (im Folgejahr)	Art. 123 Abs. 2 Bst. d StSV Art. 7, 8 und 11 UVEK-G
4a		$H \leq 10^{-6}$	Vermeidung eines Kernschadens					

<sup>1</sup> Dosiskriterium pro Störfall nach Art. 123 Abs. 2 StSV, berechnet für das Folgejahr nach den Vorgaben der Richtlinie ENSI-G14



### 6.1.2 Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 8 KEV<sup>KEV</sup>
- Art. 123 StSV<sup>StSV</sup>
- Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup>
- Richtlinien ENSI-A01<sup>A01</sup>, ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-A08<sup>A08</sup> und ENSI-G14<sup>G14</sup>

### 6.1.3 Ausgangslage

Mit den eingereichten PSÜ-Unterlagen<sup>TM-16501, TM-16900</sup> legt das KKB dar, wie die Sicherheit der Anlage deterministisch nachgewiesen und immer auf aktuellem Stand gehalten wird. Dabei werden u. a. Richtlinienanpassungen, Anlageänderungen und Änderungen im Brennstoffeinsatz berücksichtigt. In diesem Zusammenhang hat das KKB dem ENSI im Rahmen der PSÜ neue Störfallanalysen eingereicht und die beiden Sicherheitsberichte<sup>KKB-SB-1, KKB-SB-2</sup> aktualisiert. Zudem wurde auch die Einteilung der Störfälle in Störfallkategorien<sup>TM-511-RA10031</sup> aktualisiert. In einer separaten Technischen Mitteilung<sup>TM-511-RA13112</sup> wurden alle gültigen technischen Störfallanalysen zusammengefasst und bewertet. Darüber hinaus wurden mehrere technische Analysen zur Erfüllung der Forderungen aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 erstellt und dem ENSI eingereicht (siehe Kap. 2.3.1). Zudem liegen deterministische Störfallanalysen auch für ausgewählte auslegungsüberschreitende Störfälle der Sicherheitsebene 4a vor.

Im Folgenden werden das Ereignisspektrum sowie die Störfallkategorisierung bewertet. Die Bewertung der einzelnen technischen Störfallanalysen bildet den Hauptteil in Kap. 6.2 der vorliegenden Stellungnahme. Dabei bewertet das ENSI nur die im Überprüfungszeitraum neu durchgeführten bzw. die zur Erfüllung der Forderungen aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 eingereichten Störfallanalysen. Die übrigen, bereits im Rahmen der PSÜ 2012 bewerteten Störfallanalysen behalten ihre Gültigkeit. Es sei auf die «Sicherheitstechnische Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2012 des Kernkraftwerkes Beznau»<sup>ENSI/14/2244</sup> verwiesen.

### 6.1.4 Ereignisspektrum

#### Angaben des KKB

Das KKB hat im Rahmen der PSÜ alle vorliegenden Störfallanalysen auf ihre Aktualität und ihre Konformität mit den neuen Regelwerksanforderungen (Vorgaben der Gefährdungsannahmen-Verordnung sowie der Richtlinien ENSI-A01, ENSI-A03, ENSI-A08 und ENSI-G14) geprüft.

Das zugrunde liegende Spektrum der Auslegungsstörfälle orientiert sich grundsätzlich am Regulatory Guide 1.70<sup>RG1.70</sup> der US-amerikanischen Aufsichtsbehörde (Nuclear Regulatory Commission, NRC) und den Vorgaben der mindestens zu analysierenden auslösenden Ereignisse gemäss Richtlinie ENSI-A01. Das analysierte und in beiden Sicherheitsberichten dokumentierte Störfallspektrum deckt nach heutigem Stand des Regelwerks die zu unterstellenden auslösenden Ereignisse ab. Alle zu berücksichtigenden Störfälle können entsprechend ihren Auswirkungen in neun Störfallgruppen unterteilt werden. In Tabelle 6.1-2 sind die abdeckenden Ereignisse des Spektrums gelistet. Weiterhin hat das KKB im Überprüfungszeitraum verschiedene Szenarien zum Mitte-Loop-Betrieb ergänzt.

Zusätzlich bewertet das KKB ausgewählte auslegungsüberschreitende Störfälle, welche gemäss Richtlinie ENSI-A01 zu betrachten sind. Diese umfassen das Versagen der Reaktorschnellabschaltung (Anticipated Transient without Scram, ATWS), mehrfache Dampferzeugerheizrohrbrüche und den Totalausfall der Wechselstromversorgung (Total Station Blackout, TSBO). Der Ausfall der sekundärseitigen Nachwärmeabfuhr wird durch die «Feed & Bleed»-Fahrweise beherrscht.

Tabelle 6.1-2: Abdeckendes KKB-Ereignisspektrum

Kapitel Ereignis	Störfall- kategorie		Kommentar
	Ohne EF	Mit EF	
<b>6.2.2 Zunahme der Wärmeabfuhr an das Sekundärsystem</b>			
Zunahme des Speisewasserstroms			Kein wirksamster EF, da alle Sicherheitssysteme verfügbar sind
– Volllast	1	-	
– Nulllast	2	-	
Fehlöffnen von Frischdampf- blaseregelventilen			
– Volllast	1	2	
– Nulllast	3	Aü	
Frischdampfleitungsbruch (FDL)			Volllast durch Nulllast aufgrund der grösseren Unterkühlungstransiente abgedeckt; bzgl. Störfallkategorisierung siehe Forderung 6.1.5-1 a).
– Im Containment	3	Aü	
– Ausserhalb Containment	2	3	Mit EF abgedeckt durch FDL im Containment
Hauptspeisewasserleitungsbruch (HSPW)			
– Im Containment	3	Aü	
– Ausserhalb Containment	2	3	– Ohne EF abgedeckt durch Ausfall Speisewasser – Mit EF abgedeckt durch HSPW-Leitungsbruch im Containment
Hilfsspeisewasserleitungsbruch	3	Aü	
<b>6.2.3 Abnahme der Wärmeabfuhr an das Sekundärsystem</b>			
Turbinenschnellschluss	BS	1	Stellungnahme zur PSÜ 2012 <sup>ENSI/14/2244</sup> ist aktuell, da sich im Überprüfungszeitraum keine neuen Erkenntnisse ergeben haben.
Ausfall Netzeinspeisung	1	2	
Ausfall Speisewasser	BS	2	Stellungnahme zur PSÜ 2012 <sup>ENSI/14/2244</sup> ist aktuell, da sich im Überprüfungszeitraum keine neuen Erkenntnisse ergeben haben.
<b>6.2.4 Abnahme des Hauptkühlmittelstroms</b>			
Blockieren einer Reaktor-Hauptpumpe	3	-	Kein wirksamer EF, da alle Sicherheitssysteme verfügbar sind.

Kapitel Ereignis	Störfall- kategorie		Kommentar
	Ohne EF	Mit EF	
<b>6.2.5 Störungen der Reaktivität o- der Leistungsverteilung</b>			
Bankfehlausfahren			Kein wirksamer EF, da alle Sicherheitssysteme verfü- bar sind.
– Vollast	1	-	
– Nulllast und Schwach- last	2	-	
Fehlausfahren eines Kontroll- stabes	2	-	Kein wirksamer EF, da alle Sicherheitssysteme verfü- bar sind.
Fehleinfall eines Kontrollstabes	1	-	Kein wirksamer EF, da alle Sicherheitssysteme verfü- bar sind.
Borverdünnung im Kernbereich	1	-	Stellungnahme zur PSÜ 2012 <sup>ENSI/14/2244</sup> ist aktuell, da sich im Überprüfungszeitraum keine neuen Erkennt- nisse ergeben haben.
Steuerelementauswurf			
– Vollast	3	3	
– Nulllast	3	Aü	
<b>Zunahme des Hauptkühlmit- telinventars</b>			
Störungen im Chemie- und Vo- lumen-Regelsystem	1	-	Stellungnahme zur PSÜ 2012 <sup>ENSI/14/2244</sup> ist aktuell, da sich im Überprüfungszeitraum keine neuen Erkennt- nisse ergeben haben.
<b>6.2.6 Abnahme des Hauptkühlmit- telinventars</b>			
Fehlöffnen eines Druckhalter- Sicherheitsventils	2	3	
Dampferzeugerheizrohrbruch			
– Vollast	2	3	
– Nulllast	3	3	
Doppelendiger Bruch einer Hauptkühlmittelleitung	3	Aü	
Mittlere und kleine Lecks	2	3	
<b>6.2.7 Brennelement-Handhabungs- störfall</b>			
Im Containment	3	Aü	
Im Brennelement-Lagerbecken	3	Aü	Störfallkategorisierung berücksichtigt die Nachrüstung des Brennelement-Lagerkrans
Im Transferrohr	-	-	Störfallkategorie siehe Forderung 6.1.5-1 b)

Kapitel Ereignis	Störfall- kategorie		Kommentar
	Ohne EF	Mit EF	
<b>6.2.8 Einwirkungen von innen</b>			
Anlageninterne Überflutungen	-	-	Verschiedene auslösende Ereignisse siehe Kap. 6.2.8
Anlageninterne Brände	-	-	Verschiedene auslösende Ereignisse siehe Kap. 6.2.8
<b>6.2.9 Einwirkungen von aussen</b>			
Extreme Wetterbedingungen	3	3	
Erdbeben	3	3	
Externe Überflutung / Hochwasser	3	3	
Flugzeugabsturz	Aü		Stellungnahme zur PSÜ 2012 <sup>ENSI/14/2244</sup> ist aktuell, da sich im Überprüfungszeitraum keine neuen Erkenntnisse ergeben haben.
<b>6.2.10 Mitte-Loop-Betrieb</b>			
Ausfall der Nachkühlung bei Mitte-Loop-Betrieb	2		Bzgl. Störfallkategorisierung siehe Forderung 6.1.5-1 c).
Kühlmittelverlust aus dem Primärkreislauf bei Mitte-Loop-Betrieb	3		Bzgl. Störfallkategorisierung siehe Forderung 6.1.5-1 c).
<b>6.2.11 Ausgewählte auslegungs- überschreitende Störfälle</b>			
ATWS mit Ausfall des Hauptspeisewassers	Aü		Stellungnahme zur PSÜ 2012 <sup>ENSI/14/2244</sup> ist aktuell, da sich im Überprüfungszeitraum keine neuen Erkenntnisse ergeben haben.
Mehrfache Dampferzeuger-Heizrohrbrüche	Aü		
Total Station Blackout	Aü		Totalausfall der Wechselstromversorgung

#### Abkürzungen

ATWS	Anticipated Transient without Scram
Aü	Auslegungsüberschreitend
BE	Brennelement
BS	Betriebsstörung
DH-SiV	Druckhalter-Sicherheitsventil
EF	Einzelfehler
EVA	Einwirkungen von aussen
SE	Sicherheitseinspeisung

## Beurteilung des ENSI

Die im Ereignisspektrum genannten auslösenden Ereignisse bewertet das ENSI als grösstenteils vollständig. Jedoch wurde vom ENSI im September 2018 eine Revision der Richtlinie ENSI-A01 in Kraft gesetzt. In diesem Zuge erfolgten Erweiterungen bezüglich des mindestens zu analysierenden Ereignisspektrums, bspw. hinsichtlich der Berücksichtigung aller Betriebszustände und der langfristigen Überführung der Anlage in den kalt-abgestellten Zustand. Demzufolge deckt das vom KKB im Rahmen der PSÜ 2017 untersuchte Ereignisspektrum aus Sicht des ENSI nicht alle Anforderungen der revidierten Richtlinie ab.

### Forderung 6.1.4-1

Das KKB hat

- a) *bis zum 15. Dezember 2022 das Ereignisspektrum auf Vollständigkeit und Konformität mit den Anforderungen der aktuellen Richtlinie ENSI-A01 zu überprüfen. Insbesondere ist die Vollständigkeit des Ereignisspektrums hinsichtlich des Nulllastbetriebes, des An- und Abfahrens und Stillstandes sowie der Erweiterungen der zu beherrschenden SE4a-Ereignisse zu prüfen;*
- b) *bis zum 15. Dezember 2024 die fehlenden Sicherheitsanalysen (gemäss Teilforderung 6.1.4-1 a), welche nicht durch die Auswirkungen anderer technischer Sicherheitsanalysen abgedeckt sind, zu ergänzen. Für die Erfüllung der Teilforderung sind zusätzlich die Ausführungen im Kap. 6.2 zu berücksichtigen.*

Ferner wird nach Wertung des ENSI unter dem auslösenden Ereignis «Absturz schwerer Lasten» im Sicherheitsbericht nur der Absturz eines Transport- und Lagerbehälters für abgebrannte Brennelemente aufgrund der Auslegung des Portalkrans als ausgeschlossen bewertet. Eine Eintrittshäufigkeit aufgrund von Versagensmodi wird nicht bestimmt. Ebenfalls werden keine weiteren möglichen Abstürze aufgrund des Versagens anderer Hebezeuge und mögliche Sekundärschäden an SSK als Absturz schwerer Lasten in den sicherheitsrelevanten Gebäuden durch das KKB bewertet.

### Forderung 6.1.4-2

*Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2023 den Störfall «Absturz schwerer Lasten» um weitere Szenarien, welche das Versagen verschiedener Hebezeuge in den sicherheitsrelevanten Gebäuden berücksichtigen, zu ergänzen, entsprechend der zu erwartenden Absturzhäufigkeit zu kategorisieren und die Auswirkungen zu analysieren.*

Die Auswahl der betrachteten auslegungsüberschreitenden Störfälle ist für das ENSI nachvollziehbar, jedoch wurde vom ENSI im September 2018 eine Revision der Richtlinie ENSI-A01 in Kraft gesetzt. In diesem Zuge erfolgten Erweiterungen auch bezüglich des zu analysierenden SE4a-Ereignisspektrums. Dies ist bei der Bearbeitung der Forderung 6.1.4-1 zu berücksichtigen.

## 6.1.5 Störfallkategorisierung

### Angaben des KKB

Die Einteilung der auslösenden Ereignisse in Störfallkategorien<sup>TM-511-RA10031</sup> bildet die Grundlage für die Zuordnung der einzelnen vorgelagerten technischen Nachweisziele der Störfallanalysen gemäss Gefährdungsannahmen-Verordnung. Die Häufigkeiten der auslösenden Ereignisse wurden soweit möglich aus der Probabilistischen Sicherheitsanalyse BERA2009 entnommen. Dies ist jedoch nicht für alle Auslegungsstörfälle möglich. In diesem Fall erfolgt die Einteilung aufgrund der Vorgaben des Standards der American Nuclear Society<sup>ANS-51.1</sup>.

Weiterhin werden die Anforderungen der Richtlinie ENSI-A01 für die Wahrscheinlichkeit des massgebenden Einzelfehlers berücksichtigt. Ein kleinerer Wert als 0,01 wird für die Wahrscheinlichkeit nicht verwendet. Zur Ermittlung der Störfallhäufigkeit wird die Häufigkeit des auslösenden Ereignisses mit der Wahrscheinlichkeit des Einzelfehlers multipliziert.

Zusätzlich wird der Anlagenzustand bei der Ermittlung der Störfallhäufigkeit berücksichtigt. Für viele Auslegungstörfälle ist dies der Anlagenzustand 1 (Volllast). Einige Störfälle stellen jedoch im Anlagenzustand 4 (Nulllast) die höchsten Anforderungen und werden nur für diesen analysiert, obwohl diese Störfälle prinzipiell auch in den Anlagenzuständen 1 bis 3 auftreten können. Der entsprechende Zeitanteil eines solchen Anlagenzustandes wird gemäss Richtlinie ENSI-A01 bei der Bestimmung der Störfallkategorie berücksichtigt. Für die abdeckenden Auslegungstörfälle findet sich die entsprechende Störfallkategorisierung in Tabelle 6.1-2.

Im Hinblick auf die radiologischen Störfallanalysen wird für die Einteilung in eine Störfallkategorie gemäss den aktuellen Festlegungen der Technischen Spezifikationen<sup>KKB-TS</sup> ein Zeitanteil von 72 Stunden bei erhöhter Kühlmittelaktivität berücksichtigt.

### **Beurteilung des ENSI**

Die vom KKB vorgenommene Neueinteilung der Auslegungstörfälle in Störfallkategorien basiert auf der ursprünglichen Einteilung aus dem Jahre 2005. Korrekterweise werden vom KKB bei der Überprüfung die Anforderungen des aktuellen Regelwerkes berücksichtigt. Im Vergleich zur aktuell vorliegenden BERA2020 (vgl. Kap. 7) sind die verwendeten Eintrittshäufigkeiten der BERA2009 grösstenteils konservativ, da die Aufdatierung mit der überwiegend positiven Betriebserfahrung des KKB die Eintrittshäufigkeiten der meisten auslösenden Ereignisse gesenkt hat. Dort, wo sich leichte Erhöhungen ergeben haben, sind sie für die Einteilung in Störfallkategorien ohne Bedeutung.

Aufgrund der positiven Betriebserfahrung des KKB in den letzten Jahren liegen die Wahrscheinlichkeiten auch für den massgebenden Einzelfehler tiefer als zuvor. Der für die Bestimmung der Störfallkategorie berücksichtigte Einzelfehler stimmt vereinzelt nicht mit dem in der Störfallanalyse angenommenen massgebenden Einzelfehler überein. Darüber hinaus erfolgt die Bestimmung der Wahrscheinlichkeit des Einzelfehlers nicht methodisch einheitlich. Nach Wertung des ENSI sind die Störfallkategorisierung sowie die Einhaltung der technischen Nachweisziele in den betroffenen Szenarien jedoch nicht in Frage gestellt.

Ausnahmen stellen die Störfallkategorisierung für den Frischdampfleitungsbruch, welche nur für den Nulllastfall und nicht für Volllast erfolgt ist, und die Bestimmung der Eintrittshäufigkeit für die beiden Störfallszenarien bei Mitte-Loop-Betrieb dar, für welche nach Wertung des ENSI nicht alle Zeitanteile gemäss PSA, in denen ein derartiger Betrieb möglich ist, berücksichtigt wurden.

### **Forderung 6.1.5-1**

*Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 die Eintrittshäufigkeit*

- a) *des Störfalls «Frischdampfleitungsbruch bei Volllast» ohne und mit Einzelfehler neu zu bestimmen, darauf basierend die Störfallkategorie festzulegen und ggf. die Einhaltung der technischen Nachweiskriterien zu zeigen;*
- b) *für die Störfälle «Ausfall des Restwärmesystems» und «Kühlmittelverlust» im Mitte-Loop-Betrieb unter Berücksichtigung aller Zeitanteile ohne und mit Einzelfehler neu zu bestimmen.*

Zusammenfassend bewertet das ENSI die Störfallkategorisierung mit Ausnahme der Forderung als akzeptabel.

## **6.1.6 Abfahrpfade**

### **Angaben des KKB**

Die Nachweise um die Anlage nach Einwirkungen von innen, wie interne Brände oder interne Überflutungen, oder nach Einwirkung von aussen, wie Erdbeben oder externe Überflutungen, in einen sicheren stabilen Zustand zu überführen, erfolgen anhand von Abfahrpfaden (AP). Hierfür definiert das KKB die folgenden beiden sicheren Anlagenzustände:

- Der heiss-abgestellte Zustand: Die Wärmeabfuhr erfolgt über die Dampferzeuger. Langfristig wird angestrebt, Druck und Temperatur im Primärkreis so weit abzusenken, dass das Restwärmesystem in Betrieb genommen werden kann.
- Der kalt-abgestellte Zustand: Die Wärmeabfuhr erfolgt langfristig über die Notstand-Rezirkulation oder über die Sicherheitseinspeise-Rezirkulation (SE-Rezirkulation).

Vom KKB werden die Abfahrpfade in sogenannte «Abfahrpfadklassen» unterteilt. Die Klasse 1 umfasst diejenigen Komponenten, welche durch AUTANOVE notstromversorgt werden (d. h. herkömmliche Sicherheitssysteme). Zur Klasse 2 zählen die Komponenten, welche dem Notstandsystem zugeordnet werden. Hieraus ergeben sich insgesamt 5 Abfahrpfade, mit welchen die Anlage in einen der beiden sicheren Zustände überführt werden kann. Die Verfügbarkeit der Abfahrpfade (AP) 1b sowie 2a und 2b wurden auch gegen die nach Fukushima festgelegten erhöhten Erdbebenanforderungen nachgewiesen.

#### *Abfahrpfad 1*

AP 1a: Wärmeabfuhr über Einspeisen von Hauptspeisewasser in die Dampferzeuger durch die beiden Hilfsspeisewasserpumpen pro Block. Langfristig kann die Wassernachspeisung auch mittels Brunnenwasserpumpe erfolgen. Die langfristige Sicherstellung der Unterkritikalität erfolgt mit einer Ladepumpe über die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen.

AP 1b: Wärmeabfuhr über Einspeisen von Notspeisewasser aus dem Notspeisewassertank in die Dampferzeuger über eine Notspeisewasserpumpe. Benötigt wird mittelfristig eine Nachspeisung des Notspeisewassertanks durch eine Notspeisewasser-Brunnenwasserpumpe. Die langfristige Sicherstellung der Unterkritikalität erfolgt entweder mit dem Notsperrwassersystem oder mit einer Ladepumpe über die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen.

AP 1c: Wärmeabfuhr bei Ausfall der sekundären Wärmesenke mittels Feed-and-Bleed mit den SE-Pumpen und anschliessender SE-Rezirkulation.

#### *Abfahrpfad 2*

AP 2a: Wärmeabfuhr über Bespeisung der Dampferzeuger durch die Notstandspeisewasserpumpe. Benötigt wird mittelfristig eine Nachspeisung des Notstandspeisewassertanks durch eine Notstandbrunnenwasserpumpe. Die Stromversorgung erfolgt über den Notstanddiesel, dessen Kapazität für die gleichzeitige Versorgung der Notstandspeisewasser- und der Notstandbrunnenwasserpumpen beider Blöcke ausgelegt ist. Die langfristige Sicherstellung der Unterkritikalität erfolgt mit der Notstandsperrwasserpumpe über die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen.

AP 2b: Wärmeabfuhr über Feed-and-Bleed: Einspeisen von Kühlmittel aus dem BOTA (Borwasser-Vorrats-tank) mit der Notstandsicherheitseinspeisepumpe und Rezirkulation mit der Notstandrezirkulationspumpe. Die Pumpen können sowohl vom Notstanddiesel des eigenen Blocks als auch des anderen Blocks versorgt werden, wobei im Falle der Blockunterstützung die Sicherheitseinspeisepumpen der beiden Blöcke nicht gleichzeitig laufen dürfen. Die langfristige Sicherstellung der Unterkritikalität erfolgt mit der Notstandsperrwasserpumpe über die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen.

Mit den oben aufgeführten Abfahrpfaden können die technischen und radiologischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 1 und für Feed-and-Bleed der Störfallkategorie 2 respektive diejenigen der höheren Störfallkategorien eingehalten werden.

### **Beurteilung des ENSI**

Im Rahmen der Sicherheitsmargenanalyse (Projekt ERSIM) wurden die oben aufgeführten Abfahrpfade bis auf AP 1c definiert, mit denen die Anlage nach (durch Erdbeben oder Hochwasser ausgelösten) Störfällen in einen sicheren Zustand überführt und gehalten werden kann. Die Komponenten der Abfahrpfade gehören zu den Sicherheits- und Notstandsystemen und sind alle notstromversorgt. Das ENSI kam bereits im Projekt ERSIM zu dem Schluss<sup>ENSI-AN-9298</sup>, dass mit den genannten Abfahrpfaden die Anlage in einen sicheren Zustand überführt werden kann. Diese Beurteilung ist nach wie vor gültig. Bezüglich des AP 1c wird vom ENSI angemerkt, dass dieser nicht vollständig unabhängig vom AP 2b ist, da die Ansteuerung und Stromversorgung der

Druckhalterventile durch das Notstandssystem erfolgt. Ein allfälliger Einfluss auf die einzelfehlersichere Beherrschung wird in den Kapiteln zu interner Überflutung und internem Brand (vgl. Kap. 6.2.8.1 und Kap. 6.2.8.2) bewertet.

## 6.2 Beurteilung der technischen Störfallanalysen

Die Prüfung der technischen Störfallanalysen betrifft die Konformität mit dem aktuellen Regelwerk. Beurteilt werden diejenigen Störfallabläufe mit den höchsten Belastungen für die Anlage bzw. mit den grössten Anforderungen an die Strukturen, Systeme und Komponenten (zum Beispiel bezüglich Drucks und Temperatur).

Tabelle 6.1-2 gibt für alle Störfälle des Spektrums die zugehörige Einteilung in die Störfallkategorien an. Diese erfolgt nach ihrer Eintrittshäufigkeit sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung eines Einzelfehlers. Der Schutz gegen Auslegungsstörfälle wird auf der Basis technischer Kriterien bewertet. Diese sind in Art. 8 bis 11 der Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup> vorgegeben. Sie beinhalten Anforderungen an die Gewährleistung der Unterkritikalität, des ausreichenden Wärmeübergangs von den Brennstabhüllrohren zum Kühlmittel sowie der Integrität der Barrieren, das heisst von Brennstabhüllrohren, vom Reaktorkühlkreislauf und vom Primär-Containment.

Die Anforderungen sind gestaffelt nach den Störfallkategorien 1 bis 3 auf der Sicherheitsebene 3 (vgl. Tabelle 6.2-1). Der Nachweis der Einhaltung der geforderten technischen Kriterien erfolgt durch den Vergleich berechneter Ergebnisse mit definierten Grenzwerten, beispielsweise für den Druck oder den Wärmeübergang. Die konkreten technischen Kriterien für die Sicherheitsnachweise werden von der Aufsichtsbehörde freigegeben.

**Tabelle 6.2-1: Nachweisziele für die technischen Kriterien**

Technische Kriterien	Störfallkategorie		
	1	2	3
	<b>Nachweisziele</b>		
Unterkritikalität	Einfall der Regelstäbe und Abschaltstäbe Langfristige Aufborierung des Primärkreises keine Rekritikalität	Einfall der Regelstäbe und Abschaltstäbe Langfristige Aufborierung des Primärkreises keine Rekritikalität	Einfall der Regelstäbe und Abschaltstäbe Langfristige Aufborierung des Primärkreises Rekritikalität kurzfristig zulässig
Wärmeübergang vom Brennelement-Hüllrohr zum Kühlmittel	kein Filmsieden (DNBR > 1,4)	kein Filmsieden (DNBR > 1,4)	Filmsieden kurzzeitig erlaubt
Integrität Brennstabhüllrohr	Kein Filmsieden (DNBR > 1,4)	Kein Filmsieden (DNBR > 1,4)	$T_{\text{Hüll}} < 1200^{\circ}\text{C}$ Oxidationsschicht < 17% Wasserstoff < 1%
Integrität Reaktorkühlkreislauf	$p < 1,1$ -facher Auslegungsdruck <sup>1</sup> kein Ansprechen von Überdruckschutzeinrichtungen	$p < 1,25$ -facher Auslegungsdruck	$p < 1,25$ -facher Auslegungsdruck
Integrität Primär-Containment	$p_{\text{ü}} < 3,1$ bar $T_{\text{Con}} < 130^{\circ}\text{C}$	$p_{\text{ü}} < 3,1$ bar $T_{\text{Con}} < 130^{\circ}\text{C}$	$p_{\text{ü}} < 3,1$ bar $T_{\text{Con}} < 130^{\circ}\text{C}$

<sup>1</sup> Auslegungsdruck = 171,3 bar

p: Druck

$p_{\text{ü}}$ : Überdruck

$T_{\text{Con}}$ : Temperatur Containmentwand

$T_{\text{Hüll}}$ : Hüllrohrtemperatur

DNBR: Departure from nucleate boiling ratio



## 6.2.1 Rechenprogramme

### Angaben des KKB

Die Störfallanalysen wurden mit den Berechnungsprogrammen NLOOP, COBRA-FLX, PANBOX, S-RELAP5, BETHY-AX, CARO-E3 und BEZCOCO durchgeführt. Die Rechenprogramme wurden entweder von der NRC überprüft und für die Berechnungen im Rahmen von Bewilligungsverfahren lizenziert oder sind von anderen europäischen Aufsichtsbehörden akzeptiert.

NLOOP ist ein validiertes Transientenanalyseprogramm für Druckwasserreaktoren hauptsächlich für «Non-LOCA» Ereignisse (LOCA: Loss of Colant Accident, Kühlmittelverluststörfall). Da NLOOP ein konservatives Berechnungsprogramm ist, entspricht es heute nur noch teilweise den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01<sup>A01</sup>, die eine Berechnung mit einem Best-Estimate-Programm vorsieht. Zum Nachweis der Konservativität von NLOOP-Analysen (Erfüllung der Forderung 6.1-1 aus der Stellungnahme zur PSÜ 2012) wurde der «full scope»-Anlagensimulator eingesetzt.

Der Anlagensimulator basiert auf einer neutronenphysikalischen, thermohydraulischen, elektrischen und leit-technischen Modellierung. Die Zweiphasen-Modellierung von Wasser und Wasserdampf erfolgt mit einem ein-dimensionalen Driftströmungsmodell (die zwei Phasen befinden sich dabei nicht im Gleichgewicht). Hierdurch kann eine Vielzahl thermohydraulischer Vorgänge und Phänomene, wie z. B. Strömungsumkehr in der Hauptkühlmittelleitung berechnet werden. Zudem erfüllt der Anlagensimulator die Anforderungen an ein Best-Estimate-Berechnungsprogramm. Darüber hinaus sind im Anlagensimulator alle Regelungs- und Begrenzungsfunktionen implementiert.

Zudem erfolgte im KKB der Umstieg auf einen dem Stand der Technik entsprechenden Best-Estimate-Thermohydraulikcode als Ersatz für NLOOP. Für künftige Sicherheitsanalysen wird der Thermohydraulikcode S-RELAP5, der im KKB schon lange für die Analyse von Kühlmittelverluststörfällen eingesetzt wird, gekoppelt mit dem bewährten NLOOP-Leittechnikmodul für Non-LOCA-Analysen Verwendung finden. Zu diesem Zweck wurde das Programmsystem an zwei real in der Anlage aufgetretenen Transienten validiert und anhand von drei bereits mit NLOOP analysierten Störfällen verifiziert. Der Vergleich zu den Messwerten bzw. zu früheren Störfallanalysen zeigt eine gute Übereinstimmung und damit die Eignung für Transientenanalysen.

### Beurteilung des ENSI

Die Verwendung der Rechenprogramme wurde in der Vergangenheit vom ENSI sowie von verschiedenen ausländischen Aufsichtsbehörden akzeptiert. Alle genannten Rechenprogramme werden heute noch von der Firma Framatome verwendet.

Nach Wertung des ENSI ist die Verwendung des «full scope»-Anlagensimulators aufgrund der Best-Estimate-Modellierung geeignet, um die Konservativität der NLOOP-Ergebnisse zu verifizieren. So zeigen die Analysen, dass die Rechenergebnisse mit NLOOP teilweise sehr konservativ sind. Das ENSI weist im Hinblick auf eine künftige Verwendung des Anlagensimulators zur Durchführung von Störfallanalysen jedoch darauf hin, dass es mit diesem nicht ohne weiteres möglich ist, Analysen durchzuführen, welche die Anforderung der Richtlinie ENSI-A01<sup>A01</sup> hinsichtlich der Verwendung konservativer Randbedingungen vollumfänglich erfüllen (bspw. die Verwendung abdeckender Kernparameter gemäss der Liste der sicherheitsrelevanten Parameter (Reload Safety Analysis Checklist, RSAC-Liste)). Ferner stehen mit dem Anlagensimulator alle Regelungs- und Begrenzungsfunktionen zur Verfügung, welche grundsätzlich positiv hinsichtlich des Störfallablaufs wirken und gemäss Richtlinie ENSI-A01 nur bedingt kreditiert werden dürfen. Des Weiteren verweist das ENSI bei der Verwendung des Anlagensimulators für die Zukunft auf das Erfordernis der Durchführung eines unabhängigen Reviews gemäss Richtlinie ENSI-G07 Kap. 7.5.

Das ENSI hat die Anwendung des dem Stand der Technik entsprechenden Programms S-RELAP5 für Transientenanalysen freigegeben. S-RELAP5 ist ausreichend validiert und verifiziert für den vorgesehenen Anwendungsbereich und stellt eine Verbesserung gegenüber dem bis anhin für Transientenanalysen verwendeten Programm NLOOP dar.

## **6.2.2 Zunahme der Wärmeabfuhr an das Sekundärsystem**

Bei diesen Störfällen kommt es zu einer fehlerhaften Zunahme der Wärmeabfuhr an den Sekundärkreis. Dadurch wird der Primärkreis abgekühlt (Abkühlungstransiente). Die Temperaturabnahme und Volumenkontraktion des Reaktorkühlmittels führen über die negativen Reaktivitätskoeffizienten zu einem Anstieg der thermischen Reaktorleistung. Abhängig von der Grösse der Störung stellt sich entweder ein neuer stationärer Zustand ein oder es wird eine Reaktorschnellabschaltung ausgelöst. Ein Notstromfall wird normalerweise nicht unterstellt, da dieser die Unterkühlungstransiente durch das Auslaufen der Reaktorhauptpumpen abmildern würde. Die auslösenden Ereignisse können in Bedienfehler oder Fehlfunktionen der Leittechnik sowie Leitungsbrüche am Sekundärkreislauf unterteilt werden. Abdeckend für diese Gruppe sind die folgenden fünf auslösenden Ereignisse:

- Zunahme des Speisewasserstroms;
- Zunahme des Frischdampfmassenstroms;
- Fehlöffnen von Frischdampf-Abblaseventilen;
- Frischdampfleitungsbruch;
- Hauptspeisewasserleitungsbruch.

### **6.2.2.1 Zunahme des Speisewasserstroms**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat den Störfall «Zunahme des Speisewasserstroms» mit dem Anlagensimulator analysiert. Ausgelöst wird der Störfall durch das fehlerhafte Öffnen des Hauptspeisewasserventils bei Volllast oder durch den Beginn der Bespeisung mit Hauptspeisewasser im Anlagenzustand heiss kritisch (Nulllastfall). Als konservative Randbedingung wird eine gestörte und vollständig offene Trimmventilregelung angenommen, da dies die Zunahme des Speisewasserstroms maximiert. Zudem wird der Niveauschalter des Speisewasserbehälters als ausgefallen angenommen, sodass die Bespeisung der Dampferzeuger hierdurch nicht begrenzt wird.

Bei Volllast bewirkt die Zunahme des Speisewasserstroms eine verbesserte Wärmeabfuhr und damit eine Leistungserhöhung. Die Leistungserhöhung wird durch einen Turbinentrip und eine gleichzeitige Reaktorschnellabschaltung (RESA), ausgelöst bei Erreichen des Signals «Dampferzeugerniveau hoch» (erstes RESA-Signal), beendet. Der Turbinentrip löst zudem einen Stopp-Befehl auf die Hauptspeisewasserpumpen sowie das Schliessen der Hauptspeisewasser-Regelventile aus. Im Anschluss stabilisiert sich die Anlage im Zustand heiss-abgestellt. Der zulässige Filmsiedeabstand wird mit grossem Abstand eingehalten. Die anfallende Nachwärme kann einzelfehlersicher mit den Sicherheitssystemen abgeführt werden. Der Vergleich zwischen der Neuanalyse des Volllastfalls und der früheren LOFTRAN-Analyse zeigt einen vergleichbaren Störfallablauf. Eine Sensitivitätsanalyse unter Nichtberücksichtigung des ersten RESA-Signals zeigt einen um ca. 22 s verzögerten Reaktortrip. Aufgrund der späteren RESA kommt es zum Druckhaltersprühen. Zudem kommt es in diesem Szenario aufgrund des stärkeren Abfalls der Dampferzeugerniveaus zum Starten der Not- und Notstandspeisewasserpumpen. Auch diese Simulation zeigt, dass die technischen Nachweiskriterien für die Störfallkategorie 1 während des gesamten Analysezeitraums eingehalten werden.

In der Neuanalyse des Nulllastfalls, welche vom Zustand heiss-kritisch ausgeht, führt die Zunahme des Speisewasserstroms zu einem Absinken der Kerneintrittstemperatur und infolgedessen zu einer Reaktivitätsrückwirkung und den Anstieg des Neutronenflusses auf maximal ca. 3,5 %. Die Hauptspeisewasserpumpe wird nach Erreichen des Signals «Dampferzeugerniveau hoch» gestoppt und die Anlage stabilisiert sich auf einer leicht erhöhten Kühlmitteltemperatur. Im Zeitraum des Anstiegs des Neutronenflusses sinkt der minimale lokale DNBR nur leicht ab, bevor er im weiteren Verlauf wieder seinen Ursprungswert annimmt. Somit kann Filmsieden während des Störfalls ausgeschlossen werden.

## Beurteilung des ENSI

Das KKB hat den Vollast- und Nullastfall im Überprüfungszeitraum neu analysiert. Die Analysen basieren aufgrund der Verwendung des Anlagensimulators auf realistischen Anfangsbedingungen sowie den Kernparametern des Zyklus 33 von Block 1. Die angenommenen Fehler in der betrieblichen Dampferzeugerregelung sind nach Wertung des ENSI konservativ und verstärken die Unterkühlungstransiente. Hinsichtlich der Störfallbeherrschung ist kein wirksamster Einzelfehler ersichtlich, da alle Sicherheitssysteme verfügbar sind. Die Analyse des Vollastfalls zeigt einen qualitativ vergleichbaren Störfallverlauf zur LOFTRAN-Analyse sowie die Einhaltung der technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 1.

Der Nullastfall zeigt als Folge der Unterkühlung eine leichte Leistungserhöhung, welche jedoch die Schutzzieleinhaltung nicht gefährdet. Insgesamt sind die Kernkühlbarkeit sowie die Integrität der Brennstab-Hüllrohre für alle analysierten Störfallvarianten durch den Nachweis des Abstandes zum Filmsieden sichergestellt.

### 6.2.2.2 Fehlüffnen von Frischdampf-Abblaseregelventilen

#### Angaben des KKB

Das KKB analysiert das Fehlüffnen eines oder mehrerer Frischdampf-Abblaseventile bei Vollast neu zyklus-spezifisch. Als Randbedingung werden die zyklus-spezifischen Werte des Moderator- und Brennstofftemperaturkoeffizienten, der Bor-Rückwirkung und die integrale Abschaltreaktivität am Zyklusende verwendet. Zusätzlich wird die Nichtverfügbarkeit einer Sicherheitseinspeisepumpe als Einzelfehler sowie ein Stuck-Rod angenommen. Es wird gezeigt, dass die Unterkritikalität nach erfolgter Reaktorschnellabschaltung bei beiden Ereignissen gewährleistet ist. Mit Notstromfall und zeitgleicher Turbinenschnellabschaltung (TUSA) vergrössert sich der Abstand zur Rekritikalität.

#### Beurteilung des ENSI

Nach Wertung des ENSI wird das Fehlüffnen eines oder mehrerer Frischdampf-Abblaseventile bei Vollast korrekterweise neu zyklus-spezifisch analysiert<sup>ENSI/14/2244</sup>. Die Kernkühlbarkeit sowie die Integrität der Brennstab-Hüllrohre sind durch den Nachweis des Abstandes zum Filmsieden sichergestellt. Die verwendeten zyklus-spezifischen neutronenphysikalischen Parameter zum Zyklusende sind abdeckend gewählt, da die Reaktivitätsrückwirkungen zu diesem Zykluszeitpunkt am grössten sind und im Hinblick auf das Nachweisziel Unterkritikalität die grössten Anforderungen stellen. Der Ausfall einer Sicherheitseinspeisepumpe als wirksamster Einzelfehler ist aufgrund der daraus resultierenden reduzierten Einspeisung von boriertem Notkühlmittel nachvollziehbar gewählt. Es ist plausibel, dass der Notstromfall den Störfall nicht negativ beeinflusst. Die Unterkritikalität für das Fehlüffnen eines bzw. dreier Frischdampf-Abblaseventile wird mit Marge eingehalten. Nach Wertung des ENSI werden alle Schutzziele sowie die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 1 eingehalten.

### 6.2.2.3 Frischdampfleitungsbruch

#### Angaben des KKB

Das KKB hat den doppelendigen, nicht absperrbaren Frischdampfleitungsbruch im Containment mit dem Anlagensimulator neu analysiert. Der Störfall wird bei Nullast (heiss kritisch) mit Berücksichtigung eines Stuck-Rods analysiert. Der Bruch einer Frischdampfleitung löst aufgrund des schnellen Absinkens des Dampfdruckes einen Reaktortrip und das Schliessen der Frischdampf-Schnellschlussventile aus. Es kommt zum Absinken des Wasserniveaus und vollständigen Ausdampfen im betroffenen Dampferzeuger. Dabei wird der Dampf aus dem Dampferzeuger in das Containment freigesetzt. Nach Erreichen des Grenzwertes «Dampferzeuger Niveau tief» im Dampferzeuger erfolgt dessen Bespeisung mit den Hilfs-, Not- und Notstandspeisewasserpumpen, welche aufgrund der niedrigen Speisewassertemperatur zur zusätzlichen Abkühlung des Primärkreislaufes führt. Zum Zeitpunkt  $t = 50$  s resultiert aus der Unterkühlungstransiente und dem negativen Kühlmitteltemperaturkoeffizienten eine kurzzeitige Rekritikalität des Reaktors, die ca. 250 s andauert. Durch die Sicherheitseinspeisung von boriertem Wasser wird der Reaktor abgeschaltet und langfristig im unterkritischen

Zustand gehalten. Am Ende der Simulationen ist ein stabiler Anlagenzustand erreicht und die Nachwärmeabfuhr erfolgt über den nicht betroffenen Dampferzeuger.

Das höhere Sattwasservolumen im Dampferzeuger und der deutlich höhere Frischdampfdruck bei Nulllast führen zu einer stärkeren Unterkühlung des Primärkreises und sind abdeckend für Volllast. Ein Notstromfall wird ebenfalls nicht unterstellt, da der damit verbundene Naturumlauf das Ausdampfen des Dampferzeugers und die Unterkühlung des Primärkreises verlangsamen würden.

Insgesamt zeigen die Analysen mit dem Anlagensimulator eine qualitativ gute Übereinstimmung zu den früheren NLOOP-Analysen. Die mit NLOOP durchgeführten Sicherheitsanalysen mit dazugehörigen Sensitivitätsstudien zum Frischdampfleitungsbruch zeigen, dass diese konservativ sind und die technischen Nachweiskriterien sicher eingehalten werden.

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB hat im Überprüfungszeitraum den Frischdampfleitungsbruch bei Nulllast mit dem Anlagensimulator neu und bis zum Erreichen eines sicheren Anlagenzustandes gemäss der Richtlinie ENSI-A01 analysiert. Dabei ist der gewählte Ausgangszustand (Anfangs- und Randbedingungen) hinsichtlich der Unterkühlungstransiente nur teilweise konservativ, da bspw. Kernparameter nicht abdeckend für den Kernzustand Zyklusende (siehe hierzu auch Kap. 6.2.1) verwendet werden. Ferner fehlen nach Wertung des ENSI in der Dokumentation einzelne Parameter wie der Verlauf des DNBR. Grundsätzlich zeigt die Analyse aber eine gute qualitative Übereinstimmung mit der entsprechenden NLOOP-Analyse und die Einhaltung der entsprechenden technischen Nachweiskriterien kann aus anderen dargelegten Parametern abgeleitet werden. Entsprechende Analysen mit konservativen Anfangs- und Randbedingungen und dazugehörigen Sensitivitätsstudien wurden mit NLOOP durchgeführt<sup>ENSI/14/2244</sup> und zeigen die Einhaltung der technischen Nachweiskriterien für die Störfallkategorie 3.

#### **6.2.2.4 Hauptspeisewasserleitungsbruch**

##### **Angaben des KKB**

Das KKB hat den Speisewasserleitungsbruch innerhalb und ausserhalb des Containments mit dem Anlagensimulator für Volllast neu analysiert. Im Containment führt der nicht absperrbare Bruch der Speisewasserleitung zu einer Unterkühlungstransiente aufgrund der grossen Dampf- und Wasserleckage aus dem betroffenen Dampferzeuger. Das erste RESA-Signal infolge des Druckanstiegs im Containment wird in der Analyse nicht kreditiert. Die RESA erfolgt durch das Signal «Niveau tief» im betroffenen Dampferzeuger. Weiterhin werden die Hauptspeisewasserpumpen abgeschaltet und die Hilfsspeisewasserpumpen gestartet. Kurze Zeit später beginnen zusätzlich auch die Not- und Notstandspeisewasserpumpen einzuspeisen. Die Ergebnisse des Anlagensimulators zeigen, dass die Unterkritikalität nach dem Reaktortrip jederzeit gewährleistet ist. Ferner liegt der minimale Wert für den lokalen DNBR bei ca. 3,7, womit kein Filmsieden auftritt und die Integrität der Brennstab-Hüllrohre gewährleistet ist.

Weiterhin wurden in Sensitivitätsstudien der Einfluss des Notstromfalls zum Zeitpunkt des Turbinentrips sowie als Einzelfehler der Ausfall des Not- und Hilfsspeisewassers untersucht. In beiden Szenarien wird gezeigt, dass es weder zu einer Rekritikalität noch zum Filmsieden kommt.

In einer weiteren Analyse wird der Bruch der Hauptspeisewasserleitung ausserhalb des Containments ohne Einzelfehler untersucht. Der Bruch wird in der gemeinsamen Hauptspeisewasserleitung angenommen, womit beide Dampferzeuger gleichermaßen betroffen sind. Die Leckage in diesem Bereich wird entweder durch das Schliessen der Hauptspeisewasser-Regelventile oder der Rückschlagventile nach kurzer Zeit isoliert. Daher ist diese Bruchlage aus technischer Sicht weniger schwerwiegend als der Bruch innerhalb des Containments. Die Hilfsspeisewasserpumpen übernehmen die Bespeisung der Dampferzeuger und gewährleisten eine ausreichende Wärmeabfuhr (minimales DNBR > 3,6) aus dem Primärkreis. Insgesamt liegt am Ende der Rechnung ein stabiler Anlagenzustand vor.

## Beurteilung des ENSI

Das KKB hat im Überprüfungszeitraum den Speisewasserleitungsbruch im Containment ohne Einzelfehler mit dem Anlagensimulator neu analysiert. Der für die Analyse gewählte Zykluszeitpunkt (Zyklusende) ist nach Wertung des ENSI hinsichtlich der Unterkühlungstransiente konservativ gewählt. Die Ergebnisse des Anlagensimulators sind qualitativ mit der früheren NLOOP-Analyse vergleichbar. Die Unterschiede sind aufgrund der Wahl der Reaktivitätskoeffizienten, der Berücksichtigung des aktuellen Dampferzeugerdesigns sowie der Venturidüsen in den Not- und Notstandspeisewasserleitungen nachvollziehbar. Die Kernkühlbarkeit sowie die Integrität der Brennstab-Hüllrohre sind durch den Nachweis des Abstandes zum Filmsieden sichergestellt. Nach Wertung des ENSI werden damit alle Schutzziele sowie die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten. Gleiches gilt für die durchgeführten Sensitivitätsstudien.

Aus Sicht des ENSI ist es nachvollziehbar, dass der Bruch ausserhalb des Containments aufgrund der schnellen Isolation der Leckage weniger schwerwiegend verläuft. Darüber hinaus zeigt die Analyse des Falls ohne Einzelfehler, dass alle Schutzziele sowie die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 2 eingehalten werden.

### 6.2.2.5 *Hilfsspeisewasserleitungsbruch*

#### Angaben des KKB

Das KKB hat den Hilfsspeisewasserleitungsbruch innerhalb des Containments ohne und mit Einzelfehler unter Verwendung des Anlagensimulators analysiert. Der Leitungsbruch wird am Dampferzeugerstutzen der Hilfsspeisewasserleitung angenommen, womit der betroffene Dampferzeuger nicht vom Leck isoliert werden kann. Ein Notstromfall wird nicht angenommen. Infolge des Bruchs strömt Dampf ins Containment, was zu einem Anstieg des Containmentdrucks führt und einen Reaktortrip und das Stoppen der Hauptspeisewasserpumpen zur Folge hat. Im Verlauf des Störfalls starten die Hilfs-, Not- und Notstandspeisewasserpumpen zur Bespeisung der Dampferzeuger. Im betroffenen Strang geht das eingespeiste Wasser direkt durch das Leck verloren und der Dampferzeuger dampft aus. Die Wärmeabfuhr erfolgt im Anschluss über den intakten Dampferzeuger. In einer zweiten Analyse wurde zusätzlich als Einzelfehler der Ausfall des Hilfsspeisewassers des intakten Dampferzeugers angenommen. Der in den intakten Dampferzeuger eingespeiste Anteil des Not- und Notstandspeisewassers ist jedoch ausreichend zur langfristigen Abfuhr der Nachzerfallsleistung.

Im Gegensatz zur früheren NLOOP-Analyse ergeben sich mit dem Anlagensimulator deutlich geringere Leckageraten. Aus diesem Grund wurde eine dritte Analyse am Anlagensimulator mit Einzelfehler und einer an die NLOOP-Analyse angepassten Leckagerate durchgeführt. Diese führte zu qualitativ vergleichbaren Ergebnissen. Die höhere Leckage resultiert in einer Unterkühlungstransiente, jedoch nicht in einer Rekritikalität.

Die Analysen zeigen bereits vor dem Ende der Rechnung eine konstante oder sicherheitsgerichtete Entwicklung des Neutronenflusses, der Gesamtreaktivität sowie der thermohydraulischen Grössen. Insgesamt liegt am Ende der Rechnung ein stabiler Anlagenzustand vor. Der minimale Wert des lokalen DNBR liegt in allen Analysen zu Beginn des Störfalls vor und steigt in Folge der RESA kontinuierlich an.

## Beurteilung des ENSI

Das KKB hat im Überprüfungszeitraum den Hilfsspeisewasserleitungsbruch im Containment mit dem Anlagensimulator neu analysiert. Die verwendeten Randbedingungen sind hinsichtlich einer möglichen Unterkühlungstransiente ausreichend konservativ gewählt (siehe hierzu auch Kap. 6.2.1). Die Nichtberücksichtigung eines Notstromfalls ist nachvollziehbar, da der damit verbundene Naturumlauf das Ausdampfen des Dampferzeugers verlangsamt. Grundsätzlich ist es für das ENSI nachvollziehbar, dass sich aufgrund der detaillierten sekundärseitigen Anlagenmodellierung Unterschiede zwischen den Ergebnissen des Anlagensimulators und den NLOOP-Analysen ergeben. Aufgrund der mit dem Anlagensimulator berechneten, niedrigeren Leckagerate, kommt es praktisch zu keiner Unterkühlung des Primärkreises. Nach Wertung des ENSI zeigen die Analysen, dass alle Schutzziele sowie die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten werden.

## 6.2.3 Abnahme der Wärmeabfuhr an das Sekundärsystem

### 6.2.3.1 Ausfall Netzeinspeisung

#### Angaben des KKB

Das KKB hat den Ausfall der Netzeinspeisung und den damit einhergehenden vollständigen Ausfall der Zwangsumwälzung unter Vollastbedingungen im Rahmen der Lizenzierung der neuen Brennelemente AGORA-4H erneut analysiert. Der Störfall bewirkt eine abnehmende Zwangsumwälzung, wodurch die Wärmeabfuhr von den Brennstäben ans Kühlmittel reduziert wird. In der Analyse erfolgt die Reaktorabschaltung durch das zweite anstehende RESA-Kriterium «Hauptkühlmittel-Durchfluss tief». Als konservative Verzögerungszeit vom RESA-Signal bis zum tatsächlichen Beginn der Steuerelement-Fallbewegung wird 1,0 s unterstellt. Zusätzlich wird ein Stuck-Rod angenommen. Als Einzelfehler wird in der thermohydraulischen Analyse das Versagen eines Frischdampf-Abblaseventils angenommen.

Die Ergebnisse der Störfallanalysen zeigen, dass das DNBR zu Beginn der Transiente durch die Aufheizung des Kühlmittels schnell abfällt. Nach 1,5 s ist bereits das zweite RESA-Signal erreicht, wodurch die Leistung reduziert wird, sodass auch das Kühlmittel wieder abkühlt und das DNBR ansteigt. Das minimale DNBR beträgt 1,60 für den abdeckenden Mischkern aus FOCUS- und AGORA-Brennelementen. Sensitivitätsrechnungen haben gezeigt, dass ein Ansprechen von Druckhaltersicherheitsventilen durch Kreditieren des ersten RESA-Signals sicher vermieden werden kann.

#### Filmsiedewahrscheinlichkeit

Zum Nachweis, dass mit der Einhaltung des DNBR-Grenzwertes die Brennstab-Hüllrohrintegrität gemäss Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup> für die Störfallkategorien 1 und 2 gewährleistet ist, hat das KKB die Wahrscheinlichkeit von Brennstäben im Filmsieden für die freigegebenen DNBR-Grenzwerte von 1,3 für FOCUS-Brennelemente und 1,4 für AGORA-Brennelemente für die abdeckende Transiente «Ausfall der Netzeinspeisung» berechnet. Die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller 21659 Brennstäbe ergibt für den FOCUS-Kern 0,34 und für den AGORA-4H-Kern 0,08 Stäbe, die sich statistisch im Filmsieden befinden. Mischkerne bestehend aus diesen beiden Brennelementtypen sind durch die Analysen zu den beiden homogenen Kernen abgedeckt.

#### Beurteilung des ENSI

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind konservativ. Die Kernkühlbarkeit sowie die Integrität der Brennstab-Hüllrohre sind durch den Nachweis des Abstandes zum Filmsieden sichergestellt. Das Ansprechen des Druckhaltersicherheitsventils ist in der Störfallkategorie 2 zulässig. Für das Szenario ohne Einzelfehler wird ein Ansprechen des Druckhaltersicherheitsventils durch Berücksichtigung des ersten RESA-Signals verhindert. Nach Wertung des ENSI werden die technischen Kriterien der jeweiligen Störfallkategorien eingehalten.

#### Filmsiedewahrscheinlichkeit

Der DNBR-Grenzwert stellt ein vorgelagertes Nachweisziel für die in der Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup> geforderte Brennstab-Hüllrohrintegrität dar. Der DNBR-Grenzwert ist so gewählt, dass dieser mit einer statistischen Konfidenz von mindestens 95 % über dem 95%-Quantil der Messwertverteilung liegt (95 % / 95 % Toleranzgrenze). Mit der zusätzlichen Analyse zur Filmsiedewahrscheinlichkeit beim Erreichen des DNBR-Grenzwertes konnte das KKB auf Basis der berechneten Erwartungswerte plausibel darlegen, dass sich statistisch für die freigegebenen DNBR-Grenzwerte weniger als 1 Brennstab im Filmsieden befindet. Nach Wertung des ENSI ist damit von der Integrität der Brennstäbe auszugehen.

## **6.2.4 Abnahme des Hauptkühlmittelstroms**

### **6.2.4.1 Blockieren einer Reaktor-Hauptpumpe**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat das Blockieren einer Hauptkühlmittelpumpe aus dem Volllastzustand im Rahmen der Lizenzierung der neuen Brennelemente AGORA-4H untersucht. Da der grösste Wärmestrom im Volllastzustand auftritt, ist dieser abdeckend für Teillast- und Nulllastszenarien. Der Störfall bewirkt eine schlagartig abnehmende Zwangsumwälzung, wodurch die Wärmeabfuhr von den Brennstäben ans Kühlmittel beeinträchtigt wird, was zu Filmsieden an den Brennstäben führen kann.

Die Ergebnisse der Störfallanalysen zeigen, dass die Leistung nach dem Blockieren der Hauptkühlmittelpumpe aufgrund der Kühlmittelaufheizung zurückgeht. Nach 0,1 s wird das RESA-Signal «Hauptkühlmittel-Durchfluss tief» erreicht. Das Einfallen der Steuerelemente erfolgt mit einer Verzögerung von einer Sekunde. Dabei wird angenommen, dass das Steuerelement mit der maximalen Wirksamkeit hängenbleibt (Stuck-Rod). Durch die schnelle Aufheizung des Kühlmittels fällt das DNBR zunächst schnell ab. Es erreicht ein Minimum kurz nach dem Wirksamwerden der RESA. Das minimale DNBR verbleibt stets über den freigegebenen DNBR-Grenzwerten. Die Integrität des Primärkreises ist sichergestellt, da der Primärkreisdruck unterhalb des Ansprechwertes der Druckhaltersicherheitsventile bleibt. Insgesamt ist durch die Analysen gezeigt, dass die technischen Kriterien der Störfallkategorie 2 und somit auch alle Kriterien der Störfallkategorie 3 eingehalten werden.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind konservativ. Die Kernkühlbarkeit sowie die Integrität der Brennstab-Hüllrohre sind durch den Nachweis des Abstandes zum Filmsieden sichergestellt. Nach Wertung des ENSI werden alle technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten.

## **6.2.5 Störung der Reaktivität oder Leistungsverteilung**

Reaktivitätsstörungen und Unregelmässigkeiten bei der Leistungsverteilung im Kern können prinzipiell durch einen Fehler in der Leittechnik oder Operateurfehler ausgelöst werden. Eine Ausnahme stellt der Steuerelementauswurf aufgrund eines mechanischen Versagens des Steuerstabantriebes dar. Reaktivitätsstörungen führen entweder zu einer Leistungsexkursion oder -reduktion im Kern. Ein Notstromfall wird bei diesen auslösenden Ereignissen nicht unterstellt, da damit die Leistungserzeugung im Kern durch die nachfolgende RESA beendet und somit der Störfallablauf positiv beeinflusst würde. Ein wirksamer Einzelfehler existiert ebenfalls nicht, da die Leistungsexkursion entweder durch die inhärente Auslegung des Kerns abgefangen oder durch die Reaktorschnellabschaltung beendet wird. Die anfallende Nachzerfallsleistung kann immer einzelfehlersicher abgeführt werden. Folgende abdeckende auslösende Ereignisse werden in dieser Gruppe untersucht:

- Bankfehlausfahren;
- Fehlausfahren eines Kontrollstabes;
- Fehleinfall eines Kontrollstabes;
- Stabauswurf.

Die auslösenden Ereignisse wurden im Überprüfungszeitraum im Rahmen der AGORA-4H-Lizenzierung neu analysiert.

### 6.2.5.1 **Bankfehlausfahren**

#### **Angaben des KKB**

Als Anfangs- und Randbedingungen wurden gemäss der Siemens Statistical Thermal Design Procedure (SSTDP) nominelle Betriebsparameter, wie Drücke und Temperaturen verwendet, da die Unsicherheiten bereits bei der Bestimmung des minimal zulässigen DNBR-Grenzwertes berücksichtigt sind. Regelung und Begrenzungsfunktionen, die positiv auf den DNBR wirken, wurden nicht berücksichtigt. Die Analysen zeigen für verschiedene Reaktivitätsrampen und Ausgangsleistungen, dass mit dem erstansprechenden RESA-Signal («Neutronenfluss hoch», «Übertemperatur-Delta-T» oder «Druckhalter-Druck hoch») der zulässige DNBR-Grenzwert eingehalten wird. Die Unterkritikalität ist nach der Auslösung der RESA in allen untersuchten Szenarien dauerhaft sichergestellt.

Weiterhin wurde der Verlauf des Primärkreisdruckes in einer zusätzlichen Analyse für Volllast untersucht. Konservativ wurde zusätzlich der Ausfall der Frischdampfumleitstation nach TUSA unterstellt. Die Reaktorschnellabschaltung erfolgt durch das zweite RESA-Signal «Übertemperatur-Delta-T». Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der Druckhalter-Sprühung der Druckanstieg bei 162 bar begrenzt wird und ein Ansprechen der Druckhalter-Sicherheitsventile ausbleibt. Das KKB kommt insgesamt zu dem Ergebnis, dass die technischen Kriterien der Störfallkategorie 1 eingehalten werden.

#### *Bankfehlausfahren bei Nulllast*

Das Bankfehlausfahren unter Nulllastbedingungen wurde für zwei verschiedene Anfangszustände (kritisch und unterkritisch) jeweils zu Zyklusanfang und zu Zyklusende analysiert. Für alle Parameter wurden unter Berücksichtigung ihrer Unsicherheiten konservativ abdeckende Werte gewählt, sodass ein einhüllendes Kernverhalten mit einer höheren Leistungsexkursion sowie einer ungünstigeren Leistungsdichteverteilung im Kern resultiert. Dies führt zu konservativen Ergebnissen, die zyklusübergreifend gültig sind. Die jeweils erste RESA-Auslösung («Neutronenfluss hoch Quellbereich» oder «Neutronenfluss hoch Zwischenbereich») wird ignoriert. Für das zweite RESA-Signal («Neutronenfluss hoch Zwischenbereich» oder «Neutronenfluss hoch Leistungsbereich») wird jeweils ein konservativ hoher Ansprechwert angenommen.

In den Analysen wird nachgewiesen, dass der jeweils zulässige DNBR-Grenzwert nicht unterschritten wird und dass kein Brennstoffschmelzen auftritt. Eine eventuelle Leistungsexkursion des Reaktors wird mittels einer RESA, ausgelöst durch das Signal «Neutronenfluss hoch», beendet, wodurch die Unterkritikalität in allen untersuchten Szenarien dauerhaft sichergestellt wird. Insgesamt wurde gezeigt, dass in allen untersuchten Szenarien und für alle Kernkonfigurationen die technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 2 eingehalten werden.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind konservativ. Bezüglich des Störfalls bei Leistungsbetrieb ist die Verwendung nomineller Betriebsparameter zulässig, da die Unsicherheiten gemäss SSTDP-Methode bereits im minimal zulässigen DNBR-Grenzwert berücksichtigt sind. Die Analysen für den Leistungsbetrieb zeigen, dass eines der drei RESA-Signale «Neutronenfluss hoch», «Übertemperatur-Delta-T» oder «Druckhalter-Druck hoch» rechtzeitig anspricht und Filmsieden sicher verhindert wird.

Die im Nulllastfall angewandte Methode unter Verwendung der CHF-Korrelationen (CHF: Critical Heat Flux, kritische Wärmestromdichte) und unter Berücksichtigung des zeitlich verzögerten Ansprechens des zweiten RESA-Signals und der lokalen Leistungsüberhöhung ist konservativ.

Die Kernkühlbarkeit, die Integrität der Brennstab-Hüllrohre und die Unterkritikalität sind nach Wertung des ENSI für alle untersuchten Leistungszustände durch den Nachweis des Abstandes zum Filmsieden sichergestellt. Zusätzlich konnte für den Volllastfall in einer separaten Analyse gezeigt werden, dass es nicht zum Ansprechen der Druckhalter-Sicherheitsventile kommt. Nach Wertung des ENSI werden damit alle technischen Kriterien für die jeweils geltende Störfallkategorie eingehalten.



### **6.2.5.2 Fehlausfahren eines Kontrollstabes**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat das Fehlausfahren eines Kontrollstabes zyklusunabhängig bei Vollast für zwei Szenarien untersucht:

- Die Kontrollbank ist bis zur Einfahrgrenze eingefahren; ein Stab aus dieser Bank fährt fehlerhaft aus.
- Beim Ausfahren der Kontrollbank bleibt ein Stab fehlerhaft an der Einfahrgrenze zurück. Nach dem Ausfahren der Bank wird dieser Stab verzögert und unkontrolliert ausgefahren.

Durch das fehlerhafte Ausfahren einzelner Kontrollstäbe kommt es zu einem Anstieg der Kernleistung. Die Reaktivitätszufuhr erfolgt lokal, sodass eine unsymmetrische Leistungsverteilung im Kern entsteht. In der Nähe des fehlausfahrenden Stabes ist die Leistung überhöht.

Laut dem KKB gibt es keinen hinsichtlich DNBR oder Brennstofftemperatur wirksamen Einzelfehler. Ein Notstromfall wird nicht unterstellt, da dieser den Störfallablauf durch Einfall der Steuerstäbe beenden würde. Darüber hinaus werden für die generische Analyse zum Zeitpunkt Zyklusanfang alle relevanten Parameter im Rahmen ihrer Mess- oder Rechenunsicherheit in die ungünstige Richtung modifiziert bzw. werden gemäss SSTDP-Methode realistische Betriebsparameter verwendet. Die restlichen Randbedingungen werden konservativ gemäss RSAC-Liste verwendet.

Die Analyseergebnisse zeigen, dass sich der Reaktor in allen untersuchten Szenarien auf einem geringfügig veränderten Leistungsniveau stabilisiert und es nicht zu einer RESA-Auslösung kommt. Des Weiteren wurde gezeigt, dass das minimale DNBR stets über den freigegebenen DNBR-Grenzwerten verbleibt, womit Filmsieden ausgeschlossen werden kann. Die maximal zulässige Brennstofftemperatur wird ebenfalls mit grosser Marge eingehalten. Damit werden die technischen Kriterien der Störfallkategorie 2 für alle untersuchten Szenarien und Kernkonfigurationen eingehalten.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind konservativ. Die Verwendung nomineller Werte für die Betriebsparameter ist zulässig, da die Unsicherheiten gemäss SSTDP-Methode bereits im DNBR-Grenzwert berücksichtigt sind. Die Kontrolle der Reaktivität, die Kernkühlbarkeit sowie die Integrität der Brennstab-Hüllrohre sind nach Wertung des ENSI für alle untersuchten Kernkonfigurationen durch den Nachweis des Abstandes zum Filmsieden erbracht. Damit sind alle technischen Kriterien für die Störfallkategorie 2 eingehalten.

### **6.2.5.3 Fehleinfall eines Kontrollstabes**

#### **Angaben des KKB**

Der Fehleinfall eines Kontrollstabes führt zu einer Leistungsreduktion und wird einzelfehlersicher durch die Regel- und Begrenzungseinrichtungen erkannt; es erfolgt eine Turbinenleistungsreduktion auf 70 %. In den Analysen wird konservativ angenommen, dass die Stabregelung sowie weitere DNBR-erhöhend wirkende Regelungen nicht in Betrieb sind, wohingegen Regelungen, welche DNBR-reduzierend wirken, in der Analyse berücksichtigt werden. Konservativ werden mögliche anstehende RESA-Signale bei der Bestimmung des minimalen DNBR nicht berücksichtigt. Entsprechend der SSTDP-Methode werden für die wesentlichen thermohydraulischen Randbedingungen nominelle Betriebsparameter angesetzt. Der Fehleinfall eines Kontrollstabes wird zyklusspezifisch untersucht.

In einer ergänzenden Analyse wurde der maximale Druckanstieg im Primärkreis untersucht. In diesen Untersuchungen wurden die beiden RESA-Signale «Druckhalter-Druck hoch» und «Druckhalter-Füllstand hoch» berücksichtigt, wobei erst das zweite RESA-Signal kreditiert wird. Es wird gezeigt, dass nach Auslösung der RESA die Unterkritikalität sichergestellt ist und dass im Verlauf der Transiente keine Druckhalter-Sicherheitsventile ansprechen. Alle technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 1 werden eingehalten.

## **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen für den Fehleinfall eines Kontrollstabes entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind konservativ. Die Verwendung nomineller Betriebsparameter ist zulässig, da die Unsicherheiten gemäss SSTDP-Methode bereits im DNBR-Grenzwert berücksichtigt sind. Die Kernkühlbarkeit sowie die Integrität der Brennstab-Hüllrohre sind durch den Nachweis des Abstandes zum Filmsieden sichergestellt, dieser erfolgt zyklusspezifisch. Nach Wertung des ENSI werden alle technischen Kriterien für die Störfallkategorie 1 eingehalten.

### **6.2.5.4 Steuerelementauswurf**

#### **Angaben des KKB**

Der Auswurf eines einzelnen Steuerelementes aus dem Kern kann durch den Bruch des Gehäuses des zugehörigen Steuerelementantriebes verursacht werden. Der Steuerelementauswurf bewirkt eine rasche Reaktivitätszufuhr und eine starke örtliche Störung der Leistungsverteilung im Kern. Der Störfall wird sowohl für den Zyklusbeginn als auch das natürliche Zyklusende aus Vollast, verschiedenen Teillast-Zuständen und Nulllast für einen homogenen AGORA-4H-Kern sowie einen abdeckenden Mischkern mit FOCUS-Brennelementen untersucht.

Beim Steuerelementauswurf handelt es sich um einen schnellen Störfall. Ein Einzelfehler sowie ein Notstromfall haben keinen Einfluss auf den Störfallablauf. Es wird jedoch der wirksamste Stuck-Rod direkt neben dem ausgeworfenen Stab berücksichtigt. In den Analysen werden konservative Anfangs- und Randbedingungen unterstellt.

Die zugeführte Reaktivität des ausgeworfenen Steuerelements ist abhängig vom Leistungszustand des Reaktors. Übersteigt der während der Transiente gemessene Neutronenfluss den RESA-Ansprechwert, werden die Steuerelemente eingeworfen und der Reaktor befindet sich bereits nach wenigen Sekunden in einem unterkritischen Zustand. Die Leistungsexkursion wird jedoch bereits inhärent vor dem Wirksamwerden der RESA durch die Reaktivitätsrückwirkung der negativen Brennstoff- und Moderator Temperaturkoeffizienten begrenzt.

In allen analysierten Fällen bleibt die maximale Brennstoffzentraltemperatur unter der Schmelztemperatur. Ebenso liegen die maximalen, radial gemittelten Brennstoffenthalpien unterhalb der gültigen RIA-Grenzkurven (RIA: Reactivity Initiated Accidents, reaktivitätsinduzierte Störfälle) für Defektfreiheit und Kühlbarkeit. Damit ist die Hüllrohrintegrität gewährleistet und die technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 3 werden eingehalten.

## **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen für die Analysen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind konservativ. Die Kernkühlbarkeit sowie die Integrität der Brennstab-Hüllrohre werden sowohl für homogene AGORA-4H-Kerne als auch Übergangsmischkerne aus FOCUS- und AGORA-4H-Brennelementen gezeigt. Die Einhaltung der abbrandabhängigen Grenzkurve für den zulässigen Brennstoff-Enthalpieeintrag durch den Steuerelementauswurf wird zyklusspezifisch nachgewiesen. Nach Wertung des ENSI werden somit bei einem Steuerelementauswurf alle technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten.

## **6.2.6 Abnahme des Hauptkühlmittelinventars**

### **6.2.6.1 Fehlüffnen eines Druckhalter-Sicherheitsventils**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat das Fehlüffnen eines Druckhalter-Sicherheitsventils ohne und mit Einzelfehler mit dem Anlagensimulator neu analysiert. In der Analyse wird eine konservative Ausgangsleistung angenommen. Als wirksamster Einzelfehler wird das Nicht-Schliessen des Druckhalter-Isolierventils angenommen. In einer Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss eines Notstromfalls untersucht.

Das Fehlüffnen des Druckhalter-Sicherheitsventils hat einen Kühlmittelverlust und damit den Abfall des Primärkreisdrucks zur Folge. Im Szenario ohne Einzelfehler schliesst das Druckhalter-Isolierventil des fehlgeöffneten Druckhalter-Sicherheitsventils bei Unterschreitung eines Primärkreisdrucks von 139 bar automatisch, womit die Leckage beendet wird. In der Analyse wird in diesem Szenario kein RESA-Grenzwert erreicht. Der Reaktor stabilisiert sich bei einem Neutronenfluss von ca. 86 %.

Mit Einzelfehler sinkt der Primärkreisdruck kontinuierlich. Es wird konservativ das zweite RESA-Signal «DH-Druck sehr tief» berücksichtigt, welches auch die Sicherheitseinspeisung auslöst. Nach ca. 190 s wird die Leckage durch die Sicherheitseinspeisung überspiesen und der Primärkreisdruck stabilisiert sich. Die Heisskanalanalyse zeigt, dass Schäden an den Brennstab-Hüllrohren aufgrund kritischer Siedezustände ausgeschlossen werden können. Ergänzend wird vom KKB noch der Einfluss eines Notstromfalls zum Zeitpunkt des ersten effektiven Einspeisens der Sicherheitseinspeisepumpen untersucht. Dieser resultiert in einer verzögerten Sicherheitseinspeisung und dem Auslaufen der Hauptkühlmittelpumpen, hat jedoch keinen massgeblichen Einfluss auf den Störfallverlauf.

Die Ergebnisse des Anlagensimulators zeigen für alle untersuchten Szenarien, dass die technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 2 und somit auch die der Störfallkategorie 3 eingehalten werden.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind hinsichtlich der Nachweisziele ausreichend konservativ. Es gelten jedoch die Ausführungen des ENSI zum Anlagensimulator (siehe Kap. 6.2.1).

Es ist plausibel, dass im Szenario ohne Einzelfehler am Anlagensimulator im Gegensatz zur früheren NLOOP-Analyse kein RESA-Grenzwert erreicht wird. Aus Sicht des ENSI ist die Annahme des Nicht-Schliessens der Druckhalter-Isolierstation als wirksamster Einzelfehler nachvollziehbar. Darüber hinaus ist es nachvollziehbar, dass der Störfall unter Notstrombedingungen grundsätzlich zu einer verzögerten Sicherheitseinspeisung führt, wobei die Verzögerung jedoch keinen Einfluss auf die Kernkühlung hat. Alle Analysen zeigen zudem auf, dass der Abstand zum Filmsieden auch langfristig sicher eingehalten werden kann. Somit sind die Nachweise der Kernkühlbarkeit und die Integrität der Brennstab-Hüllrohre erbracht und es werden nach Wertung des ENSI die technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 2 eingehalten.

### **6.2.6.2 Dampferzeugerheizrohrbruch**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat den doppelendigen Bruch eines Dampferzeugerheizrohres bei Vollast mit dem Anlagensimulator neu analysiert. In der Analyse wird eine konservative Ausgangsleistung angenommen, jedoch kein Einzelfehler und kein Notstromfall unterstellt. Ein Notstromfall würde zwar zum Auslaufen der Hauptkühlmittelpumpen führen, aber auch zum Ausfall der Speisewasserpumpen, und damit zu einem langsameren Anstieg des Dampferzeugerfüllstandes.

Nach dem Bruch eines Dampferzeugerheizrohres beginnt der Übertrag von Primärkühlmittel auf die Sekundärseite des betroffenen Dampferzeugers, welcher anfänglich auf 23 kg/s begrenzt wird. In der Analyse wird

erst das zweite zeitlich verzögerte RESA-Signal berücksichtigt, welches auch zum Start der Sicherheitseinspeisepumpen führt. Das N16-Signal weist bereits kurz nach dem Störfallbeginn auf einen Dampferzeugerheizrohrbruch hin. Um ein Überfüllen des defekten Dampferzeugers zu verhindern, werden bereits nach 15 Minuten erste Handmassnahmen gemäss den Störfallvorschriften kreditiert. Zunächst wird der defekte Dampferzeuger identifiziert und im Anschluss isoliert. In einem nächsten Schritt wird der Primärkreis über das Abblaserregelventil des intakten Dampferzeugers abgekühlt. Zudem wird das Chemie- und Volumenregelsystem zusätzlich zur Kompensation der Volumenänderung im Primärkreis aktiviert. Anschliessend erfolgt eine weitere Druckabsenkung im Primärkreis über die Druckhalterprüfung, sodass im Anschluss die Bedingungen für das Abschalten der Sicherheitseinspeisepumpen erreicht werden. Die langfristige Wärmeabfuhr erfolgt über den intakten Dampferzeuger. Die Analyse endet nach der Herstellung des Druckausgleichs zwischen Primär- und Sekundärseite und der damit beendeten Kühlmittleckage auf die Sekundärseite. Insgesamt gelangen bis zu diesem Zeitpunkt 40 t Kühlmittel in den defekten Dampferzeuger und dessen Füllstand steigt bis auf 98 % an. Eine Überfüllung des defekten Dampferzeugers wird somit verhindert.

### **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind hinsichtlich der Nachweisziele ausreichend konservativ. Es gelten jedoch die Ausführungen des ENSI zum Anlagensimulator (siehe Kap. 6.2.1). Der anfängliche Leckmassenstrom ist geringer als in den NLOOP-Analysen, aber nach Wertung des ENSI plausibel. Unabhängige Vergleichsanalysen des ENSI zeigen, dass der mit NLOOP mit vereinfachter Dampferzeugermodellierung ermittelte Massenstrom sehr konservativ ist. Die Auswirkungen eines Einzelfehlers und eines Notstromfalls wurden mit NLOOP mit konservativen Anfangs- und Randbedingungen untersucht (siehe ENSI-Stellungnahme zur KKB PSÜ 2012<sup>ENSI/14/2244</sup>). Ebenfalls haben die unabhängigen Vergleichsanalysen die Konservativität der NLOOP-Ergebnisse bestätigt.

Der Nulllastfall wurde im Überprüfungszeitraum nicht weiter untersucht. Das ENSI weist im Zusammenhang mit der Forderung 6.1.4-1 b) (siehe Kap. 6.1.4) darauf hin, dass ein Dampferzeugerheizrohrbruch bei Nulllast zu berücksichtigen ist.

Insgesamt kann nachvollziehbar gezeigt werden, dass die Anlage unter Berücksichtigung von Operateurhandlungen nach 15 Minuten in einen sicheren, stabilen Zustand überführt werden kann. Grundsätzlich sind die Ausbildung der Operateure im KKB sowie die Vorschriften seit der Inbetriebnahme der beiden Blöcke gezielt auf Handeingriffe in Störfallsituationen ausgerichtet, sodass von einem Erfolg der in diesem Störfall notwendigen Handmassnahmen auszugehen ist. Ferner zeigt die probabilistische Sicherheitsanalyse nur einen geringen Sicherheitsgewinn bei einer Automatisierung der Operateurhandlungen, aber eine unverhältnismässig höhere Komplexität des Reaktorschutzsystems. Eine entsprechende Automatisierung wäre nicht eindeutig sicherheitsgerichtet.

### **6.2.6.3 Doppelendiger Bruch einer Hauptkühlmittelleitung**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat im Rahmen der AGORA-4H-Lizenzierung den doppelendigen Bruch der kaltseitigen Hauptkühlmittelleitung hinsichtlich der «LOCA-Kriterien» der NRC<sup>10CFR50.46</sup> mit S-RELAP5 untersucht. Die durchgeführten Sicherheitsanalysen im Rahmen der letzten PSÜ behalten ihre Gültigkeit und zeigen die Einhaltung der entsprechenden Auslegungsgrenzwerte für das Containment und die Beherrschung des auslegungsüberschreitenden Szenarios mit Einzelfehler an der Rückschlagklappe eines Druckspeichers (siehe ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012<sup>ENSI/14/2244</sup>).

Der doppelendige Bruch einer Hauptkühlmittelleitung führt zu einer schnellen Druckentlastung des Primärkreislaufes. Innerhalb sehr kurzer Zeit nach Störfalleintritt wird der Sättigungsdruck erreicht. Die zunehmende Dampfblasenentwicklung im Kern führt zur Selbstabschaltung des Reaktors, ohne dass der Einfall der Steuerstäbe benötigt wird. Der Notstromfall wird zeitgleich mit dem Erreichen des Signals «Druckhalterdruck tief» angenommen. Als Einzelfehler wird die Nichtverfügbarkeit einer Sicherheitseinspeisepumpe angenommen.

Die restlichen Sicherheitseinspeisepumpen werden entsprechend der Zuschaltung der Dieselbelastungsstufen mit 17 s bzw. 30 s Verzögerung gestartet. Hinsichtlich des Leckmassenstromes wurden verschiedene Sensitivitätsstudien durchgeführt. Ein Einschnürungsfaktor von 0,4 führt zu den höchsten Hüllrohrtemperaturen.

Die Analyseergebnisse zeigen, dass es sich beim homogenen FOCUS-Kern um die abdeckende Kernzusammensetzung handelt. Es wird für den Nachweisstab eine maximale Hüllrohrtemperatur von 1045 °C ohne Berücksichtigung des Dehn- und Berstverhaltens erreicht (1016 °C unter Berücksichtigung von Dehnen und Bersten). Die Wiederbenetzung des gesamten Heissstabes erfolgt nach 303 s. Die maximale lokale Oxidation für diesen Fall liegt mit 2,8 % deutlich unterhalb des Akzeptanzkriteriums von 17 %. Zudem ist die Gesamtoxidation des Kerns deutlich kleiner als 1 %. Für einen Mischkern (wenige FOCUS-Brennelemente in einer Umgebung von AGORA-Brennelementen) wird eine maximale Hüllrohrtemperatur von 1053 °C ohne Berücksichtigung des Dehn- und Berstverhaltens erreicht (1019 °C unter Berücksichtigung von Dehnen und Bersten). In beiden Fällen wird die maximal zulässige Hüllrohrtemperatur von 1204 °C sicher eingehalten.

### **Beurteilung des ENSI**

Die im Rahmen der AGORA-Lizenzierung verwendeten Kernkonfigurationen sowie Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind konservativ. Nach Wertung des ENSI zeigen die Analysen nachvollziehbar auf, dass die Kernkühlbarkeit sowie die technischen Kriterien für Kühlmittelverluststörfälle mit Einzelfehler eingehalten werden.

Nach Wertung des ENSI haben sich keine weiteren neuen Erkenntnisse im Überprüfungszeitraum hinsichtlich der Auslegungsgrenzwerte für das Containment ergeben. Die Bewertungen des ENSI zum Auslegungs-Kühlmittelverluststörfall (2F-Bruch) aus seiner sicherheitstechnischen Stellungnahme zur periodischen Sicherheitsüberprüfung 2012<sup>ENSI/14/2244</sup> bleiben aktuell.

#### **6.2.6.4 Mittlere und kleine Lecks**

##### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum hat das KKB ein Bruchspektrum kaltseitiger Lecks von 3 bis 80 cm<sup>2</sup> mit S-RELAP5 unter abdeckenden Anfangs- und Randbedingungen untersucht. Es werden ein Stuck-Rod sowie der Notstromfall zeitgleich mit der Reaktorschnellabschaltung angenommen. Als Einzelfehler wird der Ausfall einer Sicherheitseinspeisepumpe angenommen.

Für Leckquerschnitte kleiner als 30 cm<sup>2</sup> muss ein Teil der anfallenden Nachwärme über die Dampferzeuger abgeführt werden. Die Störfallbeherrschung erfolgt gemäss den Störfallvorschriften, jedoch werden Operateurhandlungen erst nach 30 Minuten kreditiert. Lecks grösser 30 cm<sup>2</sup> zählen bereits zur Kategorie der mittleren Lecks, da der Primärkreis alleine durch das Leck druckentlastet werden kann. Dadurch entkoppelt sich der Druck auf der Primärseite von der Sekundärseite und der Primärkreis wird durch die Sicherheitseinspeisepumpen und Druckspeicher wieder aufgefüllt. Darüber hinaus ist die Leckrate ausreichend, um die im Primärsystem gespeicherte Energie und die Nachzerfallsleistung abzuführen.

Die Analysen werden nach 15-minütigem Betrieb des Restwärmesystems bzw. nach Erreichen der Rezirkulationsbedingungen und dem Vorherrschen eines sicheren, stabilen Anlagenzustands beendet. Die Integrität der Brennstab-Hüllrohre ist gewährleistet, da ein ausreichender Wärmeübergang vom Brennstab zum Kühlmittel gegeben ist und die Brennstabhüllrohrtemperatur somit auf Sättigungstemperatur bleibt. Lediglich beim 80-cm<sup>2</sup>-Leck zeigte sich, bei Unterstellung eines Einzelfehlers (Störfallkategorie 3), eine leichte Erhöhung der Hüllrohrtemperatur des Nachweisstabs (< 400 °C). Daher wurde dieses Szenario auch ohne Einzelfehler (Störfallkategorie 2) analysiert, mit dem Ergebnis, dass die berechnete Hüllrohrtemperatur am Nachweisstab immer auf der Sättigungstemperatur des umgebenden Fluids verbleibt. Es werden alle Kriterien der Störfallkategorie 2 eingehalten.

### *Leckage an Sicherheitseinspeiseleitungen*

Im Rahmen der internationalen Vorkommnisbearbeitung hat das KKB die Leckage in einer der Sicherheitseinspeiseleitungen, wie sie in der belgischen Anlage Doel 1 aufgetreten ist, untersucht. Hierzu hat das KKB ein Spektrum postulierter Leckgrößen in den Sicherheitseinspeiseleitungen in das obere Plenum des Reaktor-druckbehälters, bis hin zum kompletten Abriss beider Einspeisestränge (Mehrfachversagen), untersucht. Als Einzelfehler wurde der Ausfall der Notstandsicherheitseinspeisepumpe unterstellt. Weiter wird ein Notstromfall angenommen sowie erst das zweite RESA-Signal kreditiert. Für die kleinen Lecks, bei welchen noch eine Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger benötigt wird, wird das Abfahren des Reaktors nach 30 Minuten durch die Operateure eingeleitet.

Die Analysen ergaben, dass es im Bruchspektrum zwischen  $2 \times 7 \text{ cm}^2$  bis  $2 \times 17,5 \text{ cm}^2$  zu einer kurzzeitigen Kernaufheizung kommt. Die maximale Hüllrohrtemperatur beträgt  $628 \text{ }^\circ\text{C}$  und liegt damit deutlich unterhalb des Akzeptanzkriteriums von  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Somit werden die technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 3 sowie die Notkühlkriterien der NRC erfüllt. Bei kleineren Leckquerschnitten wird das Leck überspeist, bei grösseren Leckquerschnitten fällt der Primärdruck schnell genug bis auf den Ansprechdruck der Druckspeicher ab, sodass in beiden Fällen eine Aufheizung am Nachweisstab verhindert wird und die Nachweiskriterien der Störfallkategorie 2 eingehalten werden.

### **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind konservativ. Für das ENSI ist es nachvollziehbar, dass heisseitige Lecks durch kaltseitige abgedeckt sind, da letztere die grösseren Anforderungen an die Kernkühlung stellen. Die Wahl des Einzelfehlers ist ebenfalls plausibel, da damit die Notkühlein speisung minimiert wird. Handmassnahmen werden erst nach 30 Minuten kreditiert und entsprechen den Vorgaben der Störfallvorschriften. Darüber hinaus wurden die Analysen erst nach Erreichen eines stabilen, sicheren Anlagenzustands beendet. Ferner zeigen die vorliegenden Analysen nachvollziehbar auf, dass die Kernkühlbarkeit sowie die technischen Kriterien der Störfallkategorie 2 (ohne Einzelfehler) und Störfallkategorie 3 (mit Einzelfehler) eingehalten werden.

### *Leckage an Sicherheitseinspeiseleitungen*

Das KKB hat aufgrund des internationalen Vorkommnisses in Doel Mehrfachleckagen an beiden an den RDB anschliessenden Sicherheitseinspeiseleitungen analysiert. Die den Analysen zugrunde liegenden Anfangs- und Randbedingungen sind konservativ und erfüllen die Anforderungen der Richtlinie ENSI-A01<sup>A01</sup>. Auf dieser Basis konnte vom KKB nachvollziehbar gezeigt werden, dass über das gesamte betrachtete Leckspektrum eine ausreichende Sicherheitseinspeisung mit Hilfe der Druckspeicher bzw. der Sicherheitseinspeisepumpen möglich ist. Das KKB hat damit für alle betrachteten Szenarien nachgewiesen, dass die technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 3 eingehalten werden.

## **6.2.7 Brennelement-Handhabungsstörfall**

### **Angaben des KKB**

Handhabungen von Brennelementen (BE) finden während der Revision statt und umfassen den Transport vom Reaktor über das Transferrohr zum Brennelementlager im Nebengebäude B und umgekehrt. Weitere Handhabungen und Inspektionen im Brennelementlager können jederzeit durchgeführt werden. Bei der Analyse des BE-Handhabungsstörfalls wird unterschieden, ob der Störfall im Containment oder im Brennelementlager-Gebäude eintritt, da sowohl die zu ergreifenden Massnahmen als auch die zu berücksichtigenden Einrichtungen unterschiedlich sind. Hinsichtlich der Beschädigung der Brennelemente und der Aktivitätsfreisetzung werden der Absturz eines Brennelementes im BE-Lagerbecken und der Absturz eines Brennelementes im Containment analysiert (vgl. Kap. 6.3).

Zur Reduktion der Eintrittshäufigkeit eines Brennelementhandhabungsstörfalls im Brennelementlager plant das KKB, die alte Krankkatze im Rahmen einer Nachrüstung durch eine neue, dem Stand der Technik entsprechende mit zwei Tragseilen und neuer Steuerung zu ersetzen. Auf Basis des neuen Designs und der Anzahl

der jährlichen Brennelementhandhabungsvorgänge reduziert sich die Eintrittshäufigkeit eines Brennelementhandhabungsstörfalls im Brennelementlager und kann dann in die Störfallkategorie 3 eingruppiert werden.

Der Brennelementhandhabungsstörfall im Containment wird in die Störfallkategorie 3 eingruppiert. In diesem Zusammenhang zeigt das KKB mit einer strukturmechanischen Analyse, dass das Szenario «Zurückfallen eines BE in der Kippstation» nicht zu Brennstabschäden führt.

Darüber hinaus hat das KKB die Szenarien «Steckenbleiben eines Brennelementes im Transferrohr» und «Kühlmittelverlust aus dem Transferrohr während eines Brennelementtransfers» untersucht. Die Kühlbarkeit eines steckengebliebenen Brennelementes wurde experimentell beim CEA (Centre d'Energie Atomique, Frankreich) untersucht. Die Testergebnisse zeigen, dass sich die Temperatur am elektrisch beheizten Brennstab, bei der für das KKB ermittelten maximalen Wärmeleistung, dauerhaft unter der Siedetemperatur stabilisiert und die Nachwärmeabfuhr damit dauerhaft sichergestellt ist. Zudem ist das auf einen Brennstab bezogene Fluidvolumen im Transferrohr um den Faktor 1,5 grösser als im Versuchsaufbau. Darüber hinaus ergibt sich bezogen auf die Nachzerfallsleistung eines Brennelements eine um Grössenordnungen kleinere mittlere Wärmestromdichte als die kritische Wärmestromdichte, womit kritische Siedezustände ausgeschlossen werden können.

Das Risiko eines Kühlmittelverlusts über das Transferrohr wird über die Führung in einem Doppelrohr zwischen Containment und Lagerbeckenauskleidung verringert. Im Falle eines Lecks aus dem inneren über das äussere Transferrohr gelangt Wasser aus den Lagerbecken in den Ringraum, wo es durch die Leckageerkennung detektiert wird. Bei einem Kühlmittelverlust aus dem Transferrohr während eines Brennelementtransfers würde zunächst Kühlmittel nachgespiesen, sodass der Transfervorgang beendet werden kann. Sofern das Überspeisen des Lecks langfristig nicht erfolgreich wäre, würde das Wasser im Containment maximal bis zur Oberkante des Reaktordruckbehälters absinken. Damit bleiben die im Reaktordruckbehälter verbliebenen Brennelemente weiterhin über die primärseitige Nachwärmeabfuhr gekühlt. In den Brennelementlagerbecken würde das Wasser maximal auf das Niveau der Lagergestelle absinken, wobei die Wasserüberdeckung der Brennelemente erhalten bliebe. In diesem Fall kann die Kühlung der Brennelemente über eine Wassereinspeisung in das Lagerbecken und Verdampfungskühlung erfolgen.

### **Beurteilung des ENSI**

Die vom KKB vorgenommene Unterteilung des Brennelementhandhabungsstörfalls in Szenarien, welche im Containment oder im BE-Lagergebäude auftreten können, ist für das ENSI nachvollziehbar.

Das ENSI wertet die Ergebnisse der strukturmechanischen Analyse zum Zurückfallen der mit einem Brennelement beladenen Kippstation als plausibel und damit den Integritätserhalt der Brennstäbe für diesen Handhabungsschritt als bestätigt. Die neu bestimmten Eintrittshäufigkeiten des Brennelementhandhabungsstörfalls im Brennelementlager und im Containment, unter Berücksichtigung der geplanten Nachrüstung des BE-Lagerkrans und dem Nachweis der Integrität der Brennelemente bei Störfällen in der Kippstation, sind nachvollziehbar. Das ENSI akzeptiert die Eingruppierung der Szenarien in die Störfallkategorie 3, da der BE-Lagerkran entsprechend dem Stand der Technik im Block 1 nachgerüstet wurde und zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Stellungnahme im Block 2 nachgerüstet wird.

Hinsichtlich des Szenarios «Steckenbleiben eines Brennelementes im Transferrohr» ist der Vergleich der Bedingungen im KKB mit Versuchsergebnissen sowie der kritischen Wärmestromdichte nach Wertung des ENSI geeignet, um eine ausreichende Kühlung der Brennstäbe nachzuweisen. Die im KKB vorliegenden Randbedingungen hinsichtlich der maximalen Wärmeleistung und des Fluidvolumens sind günstiger als diejenigen, die im Versuch zum Sieden führten. Eine längerfristige Nachwärmeabfuhr kann nach Einschätzung des ENSI durch Naturkonvektion bei einseitig geöffnetem Transferrohr erreicht werden.

Nach Wertung des ENSI ist es plausibel, dass ein laufender Brennelementtransfer beim Eintritt eines Kühlmittelverlustes abgeschlossen und der brennelementbeckenseitige Transferschieber geschlossen werden kann. Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten im KKB ist es ebenfalls nachvollziehbar, dass ein Kühlmittelverlust nicht zu einem Verlust der Kühlung der Brennelemente im Reaktordruckbehälter und in den Brennelementlagerbecken führt.

## 6.2.8 Einwirkungen von innen

### 6.2.8.1 Interne Überflutung

#### Angaben des KKB

Das KKB untersucht die Auswirkungen von internen Überflutungen innerhalb des Sicherheits-, Notstand-, Neben-, Notspeisewassergebäudes und des Maschinenhauses. Es wird angenommen, dass überflutete Ausrüstungen, falls diese nicht explizit für die Verwendung unter Wasser ausgelegt sind (wie bspw. Spaltrohr- oder Tauchpumpen), ausfallen. Leittechnische Ausrüstungen fallen dann aus, wenn in Schaltschränke oder Rechner Wasser eintreten kann (d. h. Einrichtungen, die zur Signalbildung verwendet werden und dafür über offene und elektrisch leitende Verbindungen verfügen). Bei der Überflutung von Kabeln wird kein Versagen oder ein Generieren von Fehlsignalen angenommen.

Für das Sicherheitsgebäude ergab die Analyse, dass die Überflutung aufgrund der Wasservolumina aus dem Primären Nebenkühlwassersystem (Absperrung erfolgt spätestens nach 2 h), dem Primärkreislauf, dem BOTAs, den Druckspeichern, dem Speisewasser und der Sekundärseite der Dampferzeuger lediglich die im unteren Gebäudebereich des Sicherheitsgebäudes (Sumpf) aufgestellten Komponenten wie SE-Rezirkulation und Notstand-SE-Rezirkulation betrifft, welche gegen Überflutung ausgelegt sind und damit für die Störfallbeherrschung zur Verfügung stehen.

Eine relevante Überflutung des Notstandgebäudes kann nur durch eine Leckage im Notstandbrunnenwassersystem oder im Feuerlöschsystem ausgelöst werden, da nur diese ein quasi unerschöpfliches Wasserinventar besitzen. Zur Bestimmung der Störfallkategorie berechnet das KKB Überschreitungshäufigkeiten in Abhängigkeit der Volumenströme und der Betriebszeit. Basierend darauf besitzt ein (hinsichtlich Überflutung relevanter) Rohrbruch im Notstandbrunnenwassersystem eine Eintrittshäufigkeit von kleiner als  $10^{-6}$  pro Jahr und ist damit auslegungsüberschreitend.

Die Überflutung im Notstandgebäude durch das Feuerlöschsystem wird in die Störfallkategorie 3 eingruppiert. Die Analyse ergab, dass die erste für einen Abfahrpfad notwendige Komponente (Not-Sperrwasserpumpe) bei einer Überflutung des Untergeschosses nach mehr als 3 Stunden ausfällt. Dies lässt genügend Zeit, die Leckage am Feuerlöschsystem durch Isolation zu beenden. In den Leittechnikräumen und Elektroräumen im oberen Bereich des Notstandgebäudes befinden sich selbst keine Leitungen des Feuerlöschsystems, sodass Ausfälle durch eindringendes Wasser aus anderen Raumbereichen durch eine rechtzeitige Isolierung von Leckagen ausgeschlossen werden können. Eine durch das Feuerlöschsystem verursachte interne Überflutung im Notstandgebäude wird mithilfe des Abfahrpfads 1 beherrscht.

Die Analyse des KKB ergab für das Nebengebäude, dass bei einer Leckage des BOTAs oder einer Rohrleitung des Primären Nebenkühlwassersystems Komponenten des Abfahrpfads 1 ausfallen können. Da der Abfahrpfad 2 jedoch nicht betroffen ist, kann die Anlage jederzeit in einen sicheren Zustand überführt werden.

Im Elektrogebäude können Brüche in der Speisewasserleitung oder der Frischdampf-Anzapfleitung die Wechselstromversorgung nicht gefährden, da deren Hauptverteilungen durch druckfeste Raumabschottungen geschützt sind. Bei einem Bruch im Primären Nebenkühlwassersystem im Bereich der Elektroräume dauert es mindestens 50 Minuten, bis sicherheitsrelevante Einrichtungen (Umformerguppen und Schaltschränke für die Steuerelementantriebe) ausfallen. Das KKB geht davon aus, dass das Betriebspersonal die Leckstelle rechtzeitig erkennt und absperrt. Der Abfahrpfad 2 ist nicht betroffen.

Im Notspeisewassergebäude ist eine Überflutung durch Leitungsbrüche oder ein Auslaufen des Notspeisewassertanks möglich. Die Komponenten beider Blöcke sind räumlich separiert, sodass die Folgen einer Überflutung stets auf den betroffenen Block beschränkt bleiben. Damit ist nur der Abfahrpfad 1b betroffen und die Anlage kann über die übrigen Abfahrpfade abgefahren werden.

Im Maschinenhaus wird der Bodenbereich bei einem Bruch einer der zahlreichen Kühlwasser-, Kondensat- und Speisewasserleitungen schnell überflutet, was zum Ausfall des Primären Nebenkühlwassersystems und der Zwischenkühlwassersysteme führen kann. Dies wiederum resultiert im Ausfall von Betriebs- und/oder Si-



cherheitssystemen. Zahlreiche Hinweise und Alarmer ermöglichen eine Identifikation der Leckstelle und veranlassen den Operateur, geeignete Massnahmen zur Isolation des Lecks zu treffen. Eine Überflutung des Maschinenhauses stellt das sichere Abfahren des Reaktors nicht in Frage, da die Notstandssysteme nicht betroffen sind. Somit kann die Anlage auslegungsgemäss über den Abfahrpfad 2 in einen sicheren Zustand überführt werden.

### **Beurteilung des ENSI**

Für das ENSI ist es nachvollziehbar, dass die Bewertung der Auswirkungen von internen Überflutungen anhand des Sicherheits-, Notstand- und Notspeisewassergebäudes sowie des Nebengebäudes E, der anderen Nebengebäude und des Maschinenhauses erfolgt. Bezüglich des Spektrums interner Überflutungen stellt das ENSI fest, dass zwar mögliche interne Überflutungen für das Sicherheitsgebäude untersucht werden, jedoch keine detaillierten Betrachtungen zu internen Überflutungen im Ringraum enthalten sind. Ferner fehlt formal eine Betrachtung des BOTA-Gebäudes und des dazugehörigen Versorgungskanals.

### **Forderung 6.2.8-1**

a) *Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2022 interne Überflutungen im Ringraum und im BOTA-Gebäude inkl. dazugehörigem Versorgungskanal zu untersuchen. Für die Erfüllung ist ebenfalls Teilforderung b) zu berücksichtigen.*

Die vom KKB verwendete Datenbasis (Überschreitungshäufigkeiten von Leckage-/Bruchvolumenströmen von Rohrleitungen gemäss EPRI) für die Bestimmung der Eintrittshäufigkeit interner Überflutungen im Notstandgebäude ist grundsätzlich geeignet, jedoch ist die herangezogene EPRI-Klassierung der Feuerlöschleitungen als «Kühlwasser zur Komponentenkühlung» nicht nachvollziehbar. Ferner wurden bei der Bestimmung der Eintrittshäufigkeiten keine Fehlauslösungen von Löschwassereinrichtungen im Notstandgebäude berücksichtigt. Die Einstufung einer Leckage am Notstandbrunnenwassersystem als auslegungsüberschreitend ist nachvollziehbar.

Grundsätzlich fehlt eine Bestimmung der Eintrittshäufigkeiten anhand von wasserführenden Systemen in allen Gebäuden ausser dem Notstandgebäude. Weiterhin kommt das ENSI zu dem Schluss, dass nicht alle wasserführenden Systeme wie bspw. das Feuerlöschsystem oder Leckagen aus Behältern (auch radiologisch relevant) betrachtet wurden. Es ist daher dem ENSI nicht möglich, abschliessend die Einhaltung der technischen und radiologischen Nachweiskriterien zu prüfen.

### **Forderung 6.2.8-1**

b) *Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2023 die Eintrittshäufigkeiten für interne Überflutungen anhand der Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 für jedes (auch zeitweise) wasserführende System (inkl. Behälter) zu bestimmen, die Auswirkungen zu bewerten und zu dokumentieren sowie die Einhaltung der entsprechenden Nachweiskriterien gemäss Art. 9-11 der Gefährdungsannahmen-Verordnung zu zeigen. Für die Bestimmung der Eintrittshäufigkeiten sind ebenfalls Fehlauslösungen oder das Fehlfahren von Ventilen/Armaturen zu berücksichtigen, welche zu einer internen Überflutung führen können.*

Nach Wertung des ENSI ist es jedoch nachvollziehbar, dass die Abfahrpfade 1 und 2 ausreichend voneinander getrennt sind und Leckagen sicher erkannt und rechtzeitig abgesperrt werden können, sodass eine einzelfehler-sichere Beherrschung möglich ist. Allerdings fehlen vom KKB Angaben zu der Dichtheit von Durchdringungen und Schottungen bspw. zwischen dem Nebengebäude und dem Notstandgebäude oder dem Pumpengarten im Maschinenhaus und den Verbindungen in das Nebengebäude.

### **Forderung 6.2.8-1**

c) *Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2022 für alle Durchdringungen zwischen den Gebäuden aufzuzeigen, dass diese nicht von einer internen Überflutung betroffen sind oder eine ausreichende Dichtheit besitzen. Falls der Nachweis der Dichtheit nicht erbracht werden kann, sind die Folgen eines möglichen Wasserübertritts in andere Gebäude zu bewerten.*

### 6.2.8.2 Interner Brand

#### Angaben des KKB

Die Auswirkungen interner Brände werden anhand der folgenden sicherheitsrelevanten Gebäude bzw. Gebäudeteile untersucht:

- Sicherheitsgebäude;
- Notstandgebäude;
- Frischdampf-Abblasestation;
- Nebengebäude E;
- Weitere Nebengebäude;
- Notspeisewasser-/BOTA-Gebäude und Notstandbrunnengebäude;
- Maschinenhaus;
- Versorgungskanäle.

Grundsätzlich gilt dabei, dass die herkömmlichen Sicherheitssysteme sowie die Notstandssysteme unabhängig voneinander ausreichen, die Anlage sicher abzufahren. Aufgrund der brandschutztechnischen Trennung kann ein Brandübertritt zwischen den betrachteten benachbarten Gebäuden ausgeschlossen werden.

Die Störfallkategorisierung basiert auf den Eintrittshäufigkeiten der Brand-PSA. Ein möglicher Einzelfehler wird generell mit dem Faktor 0,1 berücksichtigt. Der Nachweis der Einzelfehlersicherheit erfolgt grundsätzlich, indem für jedes Szenario die Verfügbarkeit von mindestens zwei Abfahrpfaden gezeigt wird. Sofern Brandausbreitungsrechnungen notwendig sind, wird im Allgemeinen der Ausfall der automatischen Brandbekämpfungsmassnahmen unterstellt.

Im Rahmen der Brandanalyse werden grundsätzlich alle Komponenten und Kabel des betroffenen Brandabschnitts als ausgefallen angenommen. Für einzelne Räume des Notstandgebäudes sowie für die Frischdampf-Abblasestation wurden Brandausbreitungsrechnungen (gemäss NUREG-1805) zur Bestimmung des Schadensausmasses durchgeführt. In diesen Analysen wurde neben den im Rahmen von Walkdowns identifizierten Zündquellen auch der Einfluss sogenannter mobiler Brandlasten (transient fuel packages) untersucht.

Zusätzlich werden in den Analysen sogenannte Multiple Spurious Operations (MSO) als Folge des Brandes berücksichtigt. Dabei handelt es sich um brandinduzierte Kurzschlüsse, die ein unerwünschtes Ansprechen eines oder mehrerer Systeme oder Komponenten verursachen können. Die hieraus resultierenden Transienten werden mit den vorhandenen Abfahrpfaden beherrscht bzw. sind durch die entsprechenden Störfallanalysen abgedeckt. Resultierende Transienten aus MSO werden bis zu einer Gesamteintrittshäufigkeit grösser gleich  $10^{-6}$  pro Jahr betrachtet.

#### *Sicherheitsgebäude*

Die vorhandenen Zündquellen im Primärcontainment führen zu Brandeintrittshäufigkeiten, welche ohne und mit Einzelfehler in die Störfallkategorie 2 eingruppiert werden. Im Ringraum ergeben sich die Störfallkategorien 2 (ohne Einzelfehler) und 3 (mit Einzelfehler).

Die Brandanalysen für den Ringraum haben gezeigt, dass sich ein Kabelbrand an einer Durchführung sowohl in der Aussenwand als auch in der Stahlruckschale aufgrund der durchgeführten brandschutztechnischen Ertüchtigungen nicht auf andere Durchführungen ausweiten kann. Aufgrund der Redundanztrennung ist damit ein einzelfehlersicheres Abfahren jederzeit gewährleistet.

Ein Brand an einer der Hauptkühlmittelpumpen wird durch mehrere Brandmelder detektiert und kann mithilfe der Löschanlage oder alternativ über das Containment-Sprühsystem gelöscht werden. Andere Komponenten werden durch den Brand nicht beeinflusst. Das Szenario ist abgedeckt durch den Störfall «Teilausfall der Zwangsumwälzung». Ein Brand an einem Containment-Umluftkühler bzw. an den Filtern der Aussen- und Fortluftanlage wurde ebenfalls analysiert und hat keine Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der benötigten

Komponenten der Abfahrpfade. Weitere Transienten, welche durch MSO ausgelöst werden können, sind durch das Störfallspektrum abgedeckt bzw. führen nicht zur Unverfügbarkeit weiterer Abfahrpfade.

### *Notstandgebäude*

Basierend auf den ermittelten Brandeintrittshäufigkeiten werden Brände ohne Einzelfehler in den verschiedenen Brandabschnitten des Notstandgebäudes in die Störfallkategorien 2 bzw. 3 und mit Einzelfehler in die Störfallkategorien 2, 3 sowie einzelne als auslegungsüberschreitend eingestuft. Die Notstandfunktionen sind so ausgelegt, dass diese bei Einwirkungen von innen die Störfallbeherrschung nicht negativ beeinflussen. Die Notstandfunktionen werden in zwei redundanten, elektrisch und physikalisch separierten Strängen gebildet. Dabei haben die ausgehenden Notstandsignale Vorrang vor anderen Signalen (bspw. aus dem herkömmlichen Reaktorschutz).

Im Rahmen der Analyse werden alle vom Notstand gesteuerten Komponenten und Systeme betrachtet, die Teil eines oder mehrerer Abfahrpfade sind. Ein spezielles Augenmerk liegt dabei auf den leittechnischen Verknüpfungen der vom Notstand-Schutzsystem gesteuerten Komponenten, die Teil der herkömmlichen Sicherheitssysteme sind. Das Notstandgebäude ist mit einer Brandmeldeanlage sowie mit automatisch auslösenden Wassersprühflut- bzw. Halonlöschanlagen ausgerüstet, welche auch manuell ausgelöst werden können.

Im Zuge der Analyse wurden die Leittechnikräume der beiden Notstandstränge sowie der Notstandleitstand als zentral identifiziert, da bei einem Brand mehrere Abfahrpfade betroffen sein können. Für Brände in allen übrigen Brandabschnitten ergab die Analyse, dass ausreichende unabhängige Abfahrpfade für ein einzelfehlersicheres Abfahren zur Verfügung stehen.

Das KKB hat mittels Brandausbreitungsrechnungen die Auswirkungen eines Brandes in den beiden Leittechnikräumen inkl. Ausfall der Halonlöschanlage untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass ausreichend Komponenten für die Dampferzeugerbespeisung sowie für den Feed-and-Bleed-Betrieb verfügbar bleiben und die Anlage damit in einen sicheren Zustand überführt und gehalten werden kann.

Der Notstandleitstand ist mit einer Halonlöschanlage ausgerüstet, welche über eine 2-von-3-Auslösung verfügt. Durch das automatische Auslösen der Halonlöschanlage kann der Brand zwar nicht verhindert werden, jedoch muss nicht von einer Ausbreitung des Brandes auf benachbarte Ausrüstungen im Notstandleitstand ausgegangen werden. Die Analyse zeigt, dass immer mehrere Abfahrpfade zur Verfügung stehen.

Transienten, welche durch MSO ausgelöst werden können, sind durch das Störfallspektrum abgedeckt bzw. führen nicht zur Unverfügbarkeit weiterer Abfahrpfade.

### *Frischdampf-Abblasestation*

Die Komponenten der Abblasestation befinden sich in einem gemeinsamen Brandabschnitt. Die Brandeintrittshäufigkeit für diesen Brandabschnitt wird grösstenteils durch mobile Brandlasten bestimmt und ohne bzw. mit Einzelfehler in die Störfallkategorie 2 bzw. 3 eingruppiert. Ein Ölbrand infolge einer Leckage an der Hydraulikölversorgung der Frischdampf-Abblaseventile ist auslegungsüberschreitend. In den übrigen Räumen des Gebäudes befindet sich keine für die Abfahrpfade relevante Ausrüstung.

Für die Abblasestation werden detaillierte Brandanalysen durchgeführt, um die Beherrschung interner Brände nachzuweisen. Neben den vorhandenen Brandlasten und Zündquellen werden dabei auch mobile Brandlasten untersucht. In allen untersuchten Szenarien wird unterstellt, dass ein Brand durch die mehrfach vorhandenen Brandmelder erkannt und gemeldet wird.

Die Brandanalysen zeigen, dass sämtliche Abblaseventile je nach Brandszenario unter Berücksichtigung eines Einzelfehlers ausfallen können, die Wärmeabfuhr jedoch über die Dampferzeuger-Sicherheitsventile gewährleistet ist. Die Konsequenzen aller betrachteten Brandszenarien werden einzelfehlersicher beherrscht. Weitere Transienten, welche durch MSO ausgelöst werden können, sind durch das Störfallspektrum abgedeckt bzw. werden beherrscht. Es bleiben die Abfahrpfade 1a, 1b, 2a und 2b verfügbar.

### *Nebengebäude E*

Das Nebengebäude E beinhaltet u. a. den Hauptkommandoraum sowie das Reaktorschutzsystem. Bei den im Gebäude befindlichen Komponenten handelt es sich vornehmlich um Kabel, Schaltschränke, Batterien und

Computer. Aufgrund der Bedeutung des Gebäudes zur Kontrolle und Steuerung der Anlage sind einige Räume mit einer Halonlöschanlage ausgestattet. Basierend auf den ermittelten Brandeintrittshäufigkeiten werden Brände ohne Einzelfehler in den verschiedenen Brandabschnitten des Nebengebäudes E in die Störfallkategorien 2 bzw. 3 eingruppiert. Lediglich Brände in den Schaltanlagenräumen werden der Störfallkategorie 1 ohne Einzelfehler und Störfallkategorie 2 mit Einzelfehler zugeordnet.

Als abdeckendes Brandszenario der Störfallkategorie 2 (mit Einzelfehler) wird angenommen, dass das Feuer alle Komponenten innerhalb des Gebäudes zerstört und die Brandbekämpfungsmassnahmen nicht erfolgreich bzw. ausgefallen sind. Das Feuer führt indirekt über den Ausfall der Stromversorgung bzw. der Ansteuerung zum Ausfall von mechanischen Komponenten und dem Ausfall des Reaktorschutzes. Weitere Transienten, welche durch MSO ausgelöst werden können, sind durch das Störfallspektrum abgedeckt bzw. führen nicht zur Unverfügbarkeit weiterer Abfahrpfade. Zur Störfallbeherrschung wechseln die Operateure in den Notstandleitstand, von wo aus sie die Anlage über die Abfahrpfade 1b und 2a einzelfehlersicher abfahren können.

Als Szenario der Störfallkategorie 1 (ohne Einzelfehler) wird der Brand in einem Schaltanlagenraum analysiert. Durch den Brand wird von einem Ausfall aller sich im Brandabschnitt befindlichen Komponenten inklusive der Hilfsspeisewasserpumpen ausgegangen. In seinen Auswirkungen wird das Szenario durch den Störfall «Ausfall der Netzeinspeisung» abgedeckt. Bis auf den Abfahrpfad 1a stehen alle Abfahrpfade zur Verfügung. Weitere Transienten, welche durch MSO ausgelöst werden können, sind durch das Störfallspektrum abgedeckt bzw. führen nicht zur Unverfügbarkeit weiterer Abfahrpfade.

#### *Maschinenhaus*

Brände im Maschinenhaus werden ohne Einzelfehler in die Störfallkategorien 1 bis 3 eingruppiert. Als abdeckendes Szenario für die Störfallkategorie 1 wird angenommen, dass sämtliche Komponenten und Kabel im Maschinenhaus durch den Brand ausfallen. In seinen Auswirkungen wird das Szenario durch den Störfall «Ausfall der Netzeinspeisung» abgedeckt. Die Analyse des Szenarios zeigt, dass die Abfahrpfade 1b, 2a und 2b nicht beeinflusst sind und ein einzelfehlersicheres Abfahren der Anlage über diese jederzeit gewährleistet ist. MSO sind ebenfalls durch den Ausfall der Netzeinspeisung abgedeckt bzw. führen nicht zur Unverfügbarkeit weiterer Abfahrpfade.

#### *Weitere Nebengebäude*

Brände in den weiteren Nebengebäuden werden ohne Einzelfehler in die Störfallkategorie 2 eingruppiert. Die Annahme eines Einzelfehlers führt dazu, dass Brände in gewissen Brandabschnitten in die Störfallkategorien 3 eingruppiert werden. Als abdeckendes Szenario wird angenommen, dass sämtliche Komponenten und Kabel im Nebengebäude durch den Brand ausfallen. Die Analyse des Szenarios zeigt, dass die Abfahrpfade des Notstandsystems nicht betroffen sind und ein einzelfehlersicheres Abfahren der Anlage über die Abfahrpfade 2a und 2b jederzeit gewährleistet ist. Weitere Transienten, welche durch MSO ausgelöst werden können, sind durch das Störfallspektrum abgedeckt bzw. führen nicht zur Unverfügbarkeit weiterer Abfahrpfade.

#### *Notspeisewasser-/BOTA- und im Notstandbrunnengebäude*

Brände im Notspeisewasser-/BOTA- und im Notstandbrunnengebäude werden in die Störfallkategorien 2 (ohne Einzelfehler) und 3 (mit Einzelfehler) eingruppiert. Als abdeckendes Szenario wird ein Brand angenommen, welcher jeweils zur Unverfügbarkeit aller installierten aktiven Komponenten führt. Dabei bleiben für den Brand im Notspeisewasser-/BOTA-Gebäude die Abfahrpfade 1a und 2a verfügbar.

Der Brand im Notstandbrunnengebäude zerstört sowohl die Notstandbrunnenpumpen als auch die Brunnenwasserpumpen des Notspeisewassersystems beider Blöcke. In diesem Szenario bleiben die Abfahrpfade 1a und 1c verfügbar. Dabei ist das Inventar des Notspeisewassertanks ausreichend, um die Anlage kaltzufahren, sodass die Wärmeabfuhr langfristig über das Restwärmesystem erfolgen kann.

In beiden Fällen ist ein einzelfehlersicheres Abfahren der Anlage jederzeit gewährleistet.

#### *Versorgungskanäle*

Die Versorgungskanäle dienen als Verbindung zwischen einzelnen Gebäuden und beinhalten Kabeltrassen und Rohrleitungen. Brände in den Versorgungskanälen werden in die Störfallkategorien 2 (ohne Einzelfehler)

und 3 (mit Einzelfehler) eingruppiert. Als abdeckendes Szenario wird ein Brand in allen Versorgungskanälen angenommen. Die Analyse hat ergeben, dass die Abfahrpfade 2a und 2b von diesem Szenario nicht beeinträchtigt werden. Mögliche MSO haben ebenfalls keinen Einfluss auf die Abfahrpfade 2a und 2b. Damit kann die Anlage jederzeit einzelfehlersicher abgefahren werden.

Insgesamt kommt das KKB im Zuge der Analysen zu dem Ergebnis, dass ein interner Brand in allen betrachteten Gebäuden unter Einhaltung der technischen Kriterien der jeweiligen Störfallkategorie beherrscht und die Anlage einzelfehlersicher abgefahren werden kann.

### **Beurteilung des ENSI**

Die vom KKB angewandte Analysemethodik ist für das ENSI nachvollziehbar und wird als zweckmässig erachtet. Die im Rahmen des Ereignisspektrums analysierten sicherheitsrelevanten Gebäude sind nach Wertung des ENSI vollständig betrachtet. Ferner berücksichtigen die Brandanalysen die brandschutztechnischen Vorkehrungen (vgl. Kap. 4.6.1).

Die vorgenommene Störfallkategorisierung auf Basis der Brandeintrittshäufigkeiten ist grundsätzlich plausibel. Hinsichtlich der Störfallkategorisierung erfüllt die verwendete Einzelfehlerwahrscheinlichkeit von 0,1 die Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01. Jedoch entsprechen die in den Analysen definierten Brandabschnitte nur teilweise denjenigen im Brandschutzkonzept (bzw. in den Brandschutzplänen) und damit nicht den Vorgaben der aktualisierten Richtlinie ENSI-A01. Darüber hinaus fehlt eine Betrachtung der Brandauswirkungen auf radiologisch relevante Komponenten gemäss Richtlinie ENSI-A01, Kapitel 4.7.1.

Das vom KKB identifizierte Spektrum MSO-induzierter Störfälle berücksichtigt verschiedene Szenarien wie bspw. einen fehlausgelösten SCRAM («General Transient») oder Fehlschliessen oder -öffnen von Ventilen, welche aufgrund der in der PSA dafür bestimmten Eintrittshäufigkeiten zu einem grossen Teil dem auslegungsüberschreitenden Bereich zugeordnet werden. Die ausgewiesenen Eintrittshäufigkeiten für MSO erfüllen damit jedoch nicht die Anforderungen der deterministischen Sicherheitsanalyse gemäss Richtlinie ENSI-A01 (Kap. 4.4.a), wonach das Versagen von Systemen als Folge des auslösenden Ereignisses anzunehmen ist (ohne Berücksichtigung der Eintrittshäufigkeit), wenn deren bedingte Versagenswahrscheinlichkeit grösser als 0,01 ist. Es ist für das ENSI aber plausibel, dass die Auswirkungen der relevanten MSO durch das Störfallspektrum abgedeckt sind, jedoch fehlen Angaben des KKB, ob die entsprechenden Akzeptanzkriterien eingehalten werden.

### **Forderung 6.2.8-2**

a) *Das KKB hat die Eintrittshäufigkeiten interner Brände unter Berücksichtigung der aktuellen Brand-PSA gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 sowie ihre Auswirkungen unter Einbezug der radiologisch relevanten Komponenten auf Basis der im Brandschutzkonzept definierten Brandabschnitte bis zum 30. Juni 2023 zu bestimmen. Ferner ist zu zeigen, dass für die gemäss Richtlinie ENSI-A01 zu untersuchenden MSO-induzierten Störfallszenarien die Akzeptanzkriterien eingehalten werden.*

Hinsichtlich der Beherrschung von Bränden in Gebäuden mit Komponenten der herkömmlichen Sicherheitssysteme (mit Ausnahme des BOTA-Gebäudes) ist es für das ENSI nachvollziehbar, dass diese grundsätzlich aufgrund fehlender Rückwirkungen mithilfe der Notstandssysteme einzelfehlersicher beherrscht werden können.

Beim Brand im BOTA-Gebäude nimmt das KKB grundsätzlich den Ausfall aller dortigen Komponenten an, jedoch werden die Auswirkungen hinsichtlich der Verfügbarkeit der Abfahrpfade 1 und 2 nicht bewertet. Das ENSI geht jedoch aufgrund der geringen Brandlasten und wenigen aktiven Komponenten in diesem Bereich davon aus, dass nur geringe Auswirkungen auf die Abfahrpfade bestehen.

### **Forderung 6.2.8-2**

b) *Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 die Auswirkungen von Bränden im BOTA-Gebäude hinsichtlich der Verfügbarkeit der für die einzelnen Abfahrpfade benötigten Komponenten zu untersuchen.*

Für die Frischdampf-Abblasestation hat das KKB mit den durchgeführten Brandanalysen nachvollziehbar gezeigt, dass immer die Dampferzeuger-Sicherheitsventile verfügbar bleiben und je nach Brandszenario ebenfalls die Frischdampf-Abblaseventile. Nach Wertung des ENSI kann die Anlage damit sicher in den heiss-abgestellten Zustand überführt werden. Es fehlt aber eine Bewertung der Anforderung der Richtlinie ENSI-A01 Kap. 4.6 Bst. c, wie die Anlage mit unverfügbarer Frischdampf-Abblaseregulierung in den kalt-abgestellten Zustand überführt werden kann. Dies ist bei der Erfüllung der Forderung 6.1.4-1 a) zu berücksichtigen.

Ferner hat das KKB Verbesserungsmaßnahmen zur Erhöhung des Schutzes gegen interne Brände in der Frischdampf-Abblasestation identifiziert, wie den Ausschluss mobiler Brandlasten, die Einhausung von ölführenden Rohrverbindungen sowie das Sicherstellen der Intaktheit der Isolationen der heissen Dampfleitungen. Zusätzlich kann eine Isolation von Stahlträgern sowie der durch das Gebäude verlaufenden PRW-Leitung deren Schutz gegen ein mögliches Versagen bei Ölbränden verbessern. Das ENSI erachtet die identifizierten Verbesserungsmaßnahmen als adäquat und wirksam.

#### **Forderung 6.2.8-2**

c) *Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 die in der Analyse «Deterministic Safety Assessment of Internal Fire in the Atmospheric Steam Dump Station of KKB Units 1 and 2»<sup>TM-511-RA19019</sup> identifizierten Verbesserungsmaßnahmen für die Frischdampf-Abblasestation zum Schutz gegen interne Brände umzusetzen.*

Weiterhin ist es für das ENSI nachvollziehbar, dass bei Bränden im Notstandgebäude grundsätzlich ausreichend Abfahrpfade verfügbar bleiben, um die Anlage einzelfehlersicher in einen sicheren Zustand zu überführen. Bezüglich der durchgeführten Brandausbreitungsrechnungen ist es für das ENSI nachvollziehbar, dass die in der Analyse angenommenen mobilen Brandlasten eine Gefährdung für Ausrüstungen im Notstandgebäude bedeuten, die bspw. durch den Ausschluss mobiler Brandlasten in den entsprechenden Raumbereichen beseitigt werden können.

#### **Forderung 6.2.8-2**

d) *Das KKB hat bis zum 31. Dezember 2021 die aus den Analysen abgeleiteten organisatorischen Massnahmen bezüglich mobiler Brandlasten im Notstandgebäude im Brandschutzkonzept bzw. in den administrativen Weisungen des KKB umzusetzen.*

Weiterhin stellt das ENSI fest, dass in den detaillierten Analysen zu den Brandauswirkungen im Notstandleitstand der Ausfall der Halonlöschanlage gemäss Richtlinie ENSI-A01 Kap. 4.7.1 Bst. f nicht betrachtet wird. Nach Ansicht des ENSI stehen weitere Brandbekämpfungsmassnahmen bzw. Operateureingriffe zur Störfallbeherrschung im KKB zur Verfügung. Zudem könnte ggf. durch zusätzliche detaillierte Bewertungen der Ausschluss von Fehlanregungen, welche konservativ in den Analysen angenommen wurden, gezeigt werden.

#### **Forderung 6.2.8-2**

e) *Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 die Auswirkungen interner Brände im Notstandleitstand unter Berücksichtigung der Anforderungen der Richtlinie ENSI-A01 Kap. 4.7.1 neu zu analysieren.*

Gesamthaft kommt das ENSI zu dem Schluss, dass die Anlage aufgrund der ausreichenden brandschutztechnischen Trennung des Notstandgebäudes und der Nebengebäude für Brandszenarien mit einer Häufigkeit grösser als  $10^{-6}$  pro Jahr grundsätzlich einzelfehlersicher mit den Notstand- oder den ursprünglichen Sicherheitssystemen in einen sicheren Zustand überführt werden kann.

## **6.2.9 Einwirkungen von aussen**

### **6.2.9.1 Extreme Wetterbedingungen**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat im Jahr 2014 extreme Wetterszenarien mit einer Häufigkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr unter konservativen Randbedingungen analysiert, um die Auswirkungen auf die Anlage zu bewerten. Für jedes untersuchte Szenario wurde gezeigt, dass der Reaktor einzelfehlersicher und unter Notstrombedingungen in den kalt-abgestellten Zustand überführt werden kann und die Sicherheit der Anlage nicht gefährdet ist.

Die Nachweisführung konzentriert sich auf den Funktionserhalt des gegen äussere Einwirkungen besonders geschützten Abfahrpfades 2 (Notstandsysteme) und des im Rahmen des Projektes AUTANOVE ertüchtigten Abfahrpfades 1b. Dabei kommt das KKB zu dem Ergebnis, dass die Notstandsysteme einen hohen Schutzgrad gegen alle extremen Wetterbedingungen aufweisen und auch der Abfahrpfad 1b einen ausreichenden Schutz gegen extreme Wetter besitzt.

Hinsichtlich des Vergleichs der Gefährdungswerte aus dem Jahr 2014 mit denen des Jahres 2018 (siehe Kap. 2.2.1) erachtet das KKB die Unterschiede mit Ausnahme der minimalen Lufttemperaturen als vernachlässigbar klein. Die vom KKB ausgewiesene minimale Aussenlufttemperatur von  $-27\text{ °C}$  unterschreitet die Auslegungsspezifikation des Notstandgebäudes geringfügig, kann aus Sicht des KKB jedoch durch eine Umschaltung der Lüftung auf Umluftbetrieb beherrscht werden.

Für die AUTANOVE-Anlagenräume wurde vom KKB der Nachweis erbracht, dass die Heizungsanlage auch im Notstromfall von den Operateuren zugeschaltet werden kann. Durch eine derartige Beheizung, kombiniert mit einer Umstellung der Lüftung auf Umluft, der Wärmespeicherung in den Gebäudestrukturen sowie der Abwärme der Komponenten ist aus Sicht des KKB sichergestellt, dass weiterhin eine Sicherheitsmarge besteht.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die vom KKB eingereichten Nachweise wurden im Rahmen des Aktionsplans Fukushima auf Basis der teilweise vom ENSI provisorisch festgelegten und verschärften Gefährdungsannahmen geprüft<sup>ENSI/14/2377</sup>. Dabei kam das ENSI zu dem Ergebnis, dass das KKB mit dem Notstandsystem (Abfahrpfad 2) und dem im Rahmen des Projektes AUTANOVE nachgerüsteten Abfahrpfad 1b über zwei Abfahrpfade zur Beherrschung extremer Wetterbedingungen verfügt und diese Abfahrpfade Sicherheitsmargen besitzen. Im Überprüfungszeitraum wurden vom KKB weitere Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheitsmargen, wie bspw. die manuelle Umschaltung der Kühl- bzw. Heizungsanlage im AUTANOVE-Gebäude unter Notstrombedingungen und Verbesserungen in der Betriebsdokumentation, umgesetzt. Grundsätzlich erachtet das ENSI die im Zuge der Extremwetternachweise ermittelten Sicherheitsmargen bezüglich den in Kap. 2.1.2 dargelegten Gefährdungen als ausreichend.

### **6.2.9.2 Erdbeben**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat im Rahmen der sogenannten «Fukushima-Erdbebennachweise» als technisch abdeckenden Störfall für das  $10^4$ -jährliche Erdbeben (Erdbebengefährdung ENSI-2015) den Bruch beider Frischdampfleitungen mit dem Anlagensimulator untersucht. Die Position des Bruchs befindet sich hinter den Frischdampfschnellschlussarmaturen. Als Einzelfehler wird ein fehlerhaftes Offenbleiben der Frischdampf-Schnellschlussarmatur an einem Dampferzeuger angenommen. Zeitgleich mit dem SSE (ENSI-2015) tritt ein Notstromfall ein. Für den Nachweis werden nur Notstandkomponenten kreditiert, obwohl mit der Nachrüstung AUTANOVE weitere erdbebenfeste Komponenten für die Störfallbeherrschung wie bspw. das Notspeisewasser und das Notsperwasser (Abfahrpfad 1b) zur Verfügung stehen. Die beiden, jeweils einem Dampferzeuger zugeordneten Frischdampf-Abblaseventile bleiben mechanisch intakt und können manuell vor Ort bedient werden.

Kurz nach Eintritt des SSE (ENSI-2015) wird die Frischdampfisololation ausgelöst und ein Dampferzeuger isoliert. Wegen des Einzelfehlers kann die Frischdampfschnellschlussarmatur des anderen Dampferzeugers jedoch nicht geschlossen werden, sodass dieser im weiteren Verlauf des Störfalls ausdampft. Im Primärkreis stellt sich aufgrund des Ausfalls der Hauptkühlmittelpumpen ein Naturumlauf ein. Wie im Kapitel 6.2.2.3 «Frischdampfleitungsbruch» dargelegt, führt die verstärkte Wärmeabfuhr über den nicht isolierten Dampferzeuger auch zu einem schnellen Sinken des Primärkreisdruckes, sodass es in der Folge zur Einspeisung von Borwasser durch die Notstand-Sicherheitseinspeisepumpe kommt.

Innerhalb der ersten 30 Minuten werden keine Handmassnahmen kreditiert. Im späteren Störfallverlauf werden die entsprechenden Störfallvorschriften aus dem Notstandleitstand abgearbeitet. Zu den getätigten Handmassnahmen gehören die Beendigung der Bespeisung des defekten Dampferzeugers sowie das manuelle Öffnen des Abblaseventils am intakten Dampferzeuger zur Stabilisierung der Primärkreistemperatur. Im weiteren Verlauf wird der Primärkreis nach Beendigung der Hochdruck-Sicherheitseinspeisung auf unter 135 °C abgekühlt und der Druck durch die Druckhalterentlastung abgesenkt. Die Hauptkühlmittelpumpen werden kontinuierlich mit Sperrwasser versorgt, welches zu einer weiteren langsamen Aufborierung führt. In der letzten Phase des Störfalls wird die Notstand-Sicherheitseinspeisung erneut in Betrieb genommen und die Bereitschaft für das Notstandkaltfahren erstellt. Durch die Notstandrezirkulation wird ein sicherer und stabiler Anlagenzustand erreicht. Die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 werden eingehalten.

### **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 und sind hinsichtlich der Nachweisziele bis auf die verwendeten Reaktivitätskoeffizienten ausreichend konservativ. Es gelten die Ausführungen des ENSI zum Anlagensimulator (siehe Kap. 6.2.1).

Die Annahme, dass nur die Notstandssysteme zur Verfügung stehen, obwohl auch die Ausrüstungen des Notsperrwassersystems und des Notsperrwassersystems seismisch qualifiziert sind, ist nach Wertung des ENSI nachvollziehbar, da damit gleichzeitig auch für andere Komponentenausfälle gezeigt wird, dass der wirkksamste Einzelfehler das Versagen des Schliessens der Frischdampf-Schnellschlussarmatur darstellt. Handmassnahmen werden korrekterweise erst nach 30 Minuten entsprechend den Vorgaben der Störfallvorschriften kreditiert.

Der Störfall wurde bis zur Inbetriebnahme der Notstand-Kaltfahrleitung simuliert, womit ein stabiler und sicherer Anlagenzustand erreicht ist. Die Unterkritikalität, der Wärmeübergang von den Brennstab-Hüllrohren zum Kühlmittel und die Integrität mindestens einer Barriere sind gewährleistet. Insgesamt wird nach Wertung des ENSI gezeigt, dass der Störfall alleine mit den Notstandssystemen beherrscht werden kann und die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten werden.

Mit Verfügung vom 26. Mai 2016 wurden die Randbedingungen und Termine für die, basierend auf den neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015, zu erbringenden Sicherheitsnachweise festgelegt. Dabei wird das 10'000-jährliche sowie das 1'000-jährliche Erdbeben analysiert. Die entsprechenden Nachweise der seismischen Robustheit werden vom KKB im laufenden Projekt NEUSI (vgl. Kap. 2.4 der vorliegenden Stellungnahme) erbracht. Hierzu wird das ENSI separat Stellung nehmen.

### **6.2.9.3 Externe Überflutung**

#### **Angaben des KKB**

Mit dem Umbau der Notstromversorgung im Rahmen des Projekts AUTANOVE wurde ein weiterer gegen äussere Einwirkungen geschützter Abfahrpfad nachgerüstet. Dieser ist unter anderem auch gegen externe Überflutungen ausgelegt. Die ursprüngliche Auslegung des KKB berücksichtigte bereits eine Fluthöhe von +1,65 m über Terrainkote und deckt die maximal zu erwartende Überflutungshöhe (ca. +0,9 m) des 10'000 jährlichen Ereignisses sicher ab. Abdeckend hierfür wurde der Störfall «Ausfall des Speisewassers» analysiert. Konservativ wird nur die Bespeisung eines Dampferzeugers untersucht und gezeigt, dass die Schutzzieleinhalten und die Einhaltung der technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 3 sichergestellt sind.



## Beurteilung des ENSI

Der Schutzgrad der Anlage KKB gegen äussere Einwirkungen wurde mit der Nachrüstung AUTANOVE nochmals verbessert. Es stehen heute mehrere Abfahrpfade zur Überführung und zum Halten der Anlage in einen sicheren Zustand zur Verfügung. Im Rahmen des Projektes ERSIM<sup>ENSI/14/2377</sup> kam das ENSI zu dem Schluss, dass das KKB ausreichende Sicherheitsmargen gegen eine 10'000-jährliche externe Überflutung besitzt. Hinsichtlich des abdeckenden Störfalls «Ausfall des Speisewassers bei EVA» ergaben sich keine neuen Erkenntnisse und die Bewertung in der Stellungnahme zur PSÜ 2012<sup>ENSI/14/2244</sup> ist nach Wertung des ENSI nach wie vor aktuell.

Weiterführende Grundlagen zur Beurteilung der Hochwassergefährdung wurden im Rahmen des Projektes EXAR geschaffen (vgl. Kap. 2.1.3). Abschliessende Ergebnisse von EXAR zur Aare lagen im Überprüfungszeitraum noch nicht vor.

Nunmehr liegen mit den Ergebnissen des Projekts EXAR<sup>EXAR-2021</sup> neue Überflutungsgefährdungsergebnisse für das KKB vor. Auf dieser Grundlage hat das ENSI am 22. Februar 2021<sup>ENSI-2021-02-22</sup> dem KKB einen Verfügungsentwurf betreffend Gefährdungsannahmen EXAR-2021 zum rechtlichen Gehör zugestellt. Dieser präzisiert neue Hochwassergefährdungsannahmen für den Standort des KKB und vom KKB zu führende Sicherheitsnachweise.

### 6.2.10 Mitte-Loop-Betrieb

#### Angaben des KKB

Das KKB hat die Szenarien «Ausfall der Nachwärmeabfuhr» und «Kühlmittelverlust aus dem Primärkreislauf» für den Mitte-Loop-Betrieb analysiert, welche für interne und externe Einwirkungen abdeckend sind. Alle benötigten Komponenten zur Störfallbeherrschung sind notstromversorgt. Unter der Berücksichtigung des Zeitanteils, in welchem sich die Anlage im Mitte-Loop-Betrieb befindet, werden die Szenarien (ohne Einzelfehler) der Störfallkategorie 2 bzw. 3 zugeordnet.

Wenn das Restwärmesystem nicht verfügbar ist, stehen ausreichend diversitäre Wärmeabfuhrpfade zur Verfügung, um die Nachwärmeabfuhr sicherzustellen. So kann die Nachwärmeabfuhr auch bei kaltabgeschaltetem Reaktor und abgehobenem Reaktordruckbehälterdeckel durch das Notstandssystem in der Betriebsart «Notstand-Kaltabfahren» erfolgen. Alternativ sind die Betriebsweisen «Feed-and-Bleed» oder «Feed-and-Boil» möglich, bei denen Kühlmittel über die Sicherheitseinspeisepumpen oder die Notstand-Sicherheitseinspeisepumpe ergänzt werden kann.

Ein fehlerhaft geschlossenes Restwärmeventil kann, wie es im KKB in der Vergangenheit im Zuge eines Vorkommnisses aufgetreten ist, prinzipiell dazu führen, dass die beiden Wärmeabfuhrpfade über das Restwärmesystem und das Notstand-Kaltabfahren nicht verfügbar sind. Seither bestehen im KKB administrative Massnahmen um ein solches Szenario zu verhindern.

Im Falle eines Kühlmittelverlusts infolge einer Leckage im Restwärmesystem führt der sinkende Wasserstand zu einem Strömungsabriss in der Ansaugleitung der Restwärmepumpen. Damit bleibt der Kühlmittelverlust zwar begrenzt, resultiert jedoch im Ausfall des Restwärmesystems. Laut dem KKB kann die Leckage durch die Operateure aufgrund unterschiedlicher resultierender Symptome frühzeitig erkannt und ggf. isoliert werden. Da aufgrund des Anlagenzustandes beim Mitte-Loop-Betrieb nicht mehr alle SE-Pumpen betriebsbereit sind, müssen diese manuell verfügbar gemacht werden. Jedoch ist bereits eine Ladepumpe oder die geodätische Bespeisung aus dem BOTA ausreichend, um die nötige Inventarergänzung von 3 l/s in der Betriebsart «Feed-and-Boil» sicherzustellen.

Solange eine Wasserüberdeckung der Brennelemente vorhanden ist und damit die Nachzerfallsleistung über Verdampfung abgeführt werden kann, ist bei beiden Szenarien nicht von einer Beschädigung der Brennelemente auszugehen. Die Analyse des KKB ergab, dass nach Ausfall des Restwärmesystems Sieden nach ca. 40 Minuten einsetzt. Zusätzlich muss noch Kühlmittel verdampfen, bis es zu einer Kernabdeckung kommt. Damit steht nach Wertung des KKB ein ausreichendes Zeitfenster für die Ergreifung von Handmassnahmen zur Verfügung. Diese Handmassnahmen sind in Störfallvorschriften dokumentiert, darüber hinaus werden die

Operateure regelmässig hinsichtlich des An- und Abfahrens der Anlage sowie auf Störfälle im Stillstand inklusive Mitte-Loop-Betrieb geschult.

Es werden die technischen Nachweiskriterien für die Störfallkategorie 2 für beide Szenarien eingehalten.

### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI erachtet die beiden Szenarien mit Ausfall der Nachwärmeabfuhr und Kühlmittelverlust aus dem Primärkreis während Mitte-Loop-Betrieb als abdeckend. Die vom KKB vorgenommene Störfallkategorisierung ist plausibel. Ferner sind nach Wertung des ENSI die vom KKB ermittelten Zeitfenster plausibel und ausreichend zur Durchführung der dokumentierten Operateurhandlungen.

Des Weiteren ist es plausibel, dass die vom KKB im Zuge des Vorkommnisses getroffenen administrativen Massnahmen die Wahrscheinlichkeit für eine Fehlstellung des Restwärmeventil stark reduzieren (Verweis auf Systemkapitel JAC). Zudem stehen ausreichend notstromversorgte Wärmeabfuhrpfade zur einzelfehlersicheren Störfallbeherrschung zur Verfügung. Für alle Szenarien werden die technischen Kriterien der Störfallkategorie 2 eingehalten.

Auf Basis von Ereignissen mit Ausfall oder Störung der Nachkühlung während des Nichtleistungsbetriebs, der Entwicklung eines Beherrschungskonzepts sowie Versuchen zum Mitte-Loop-Betrieb hat die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) in Deutschland Empfehlungen für Arbeiten bei Mitte-Loop-Betrieb erarbeitet. Das KKB wurde aufgefordert, zu den RSK-Empfehlungen Stellung zu nehmen. Die Umsetzung der RSK-Empfehlungen verfolgt das ENSI im Rahmen des laufenden Aufsichtsverfahrens.

## **6.2.11 Ausgewählte auslegungüberschreitende Störfälle**

### **6.2.11.1 Mehrfache Dampferzeuger-Heizrohrbrüche**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat für den zweifachen Dampferzeugerheizrohrbruch Szenarien ohne und mit Einzelfehler bzw. Notstromfall mit dem Anlagensimulator analysiert. Der Störfall führt zu einem grösseren Übertrag von Kühlmittel auf die Sekundärseite des defekten Dampferzeugers als beim einfachen Dampferzeugerheizrohrbruch (siehe Kap. 6.2.6.2). Bereits 70 s nach dem Bruch der beiden U-Rohre erfolgt die RESA aufgrund des tiefen Drucks im Druckhalter.

Die Wärmeabfuhr erfolgt für das Szenario ohne Einzelfehler und ohne Notstromfall zu Beginn des Störfalls über die Frischdampfumleitstation, dadurch fällt gleichzeitig der Dampfdruck im defekten Dampferzeuger kontinuierlich ab. Erste Handmassnahmen zur Beherrschung des Störfalls werden 15 Minuten nach dem Störfalleintritt im Zuge der Abarbeitung der Störfallvorschriften vorgenommen. Nach der Isolation des defekten Dampferzeugers wird der Druck durch das Abblaseventil begrenzt. Damit wird die Leckagerate durch den primärseitigen Druck bestimmt. Die Absenkung des primärseitigen Drucks erfolgt mithilfe der Druckhalterprüfung. Nach 2100 s ist der Druckausgleich zwischen der Primärseite und dem defekten Dampferzeuger erreicht und die Leckage damit gestoppt. Die Kernkühlbarkeit ist durch die Sicherheitseinspeisung und die Wärmeabfuhr über den intakten Dampferzeuger sichergestellt. Insgesamt werden ca. 79 t Kühlmittel über das Leck auf die Sekundärseite übertragen und es kommt zum Überfüllen des defekten Dampferzeugers.

In weiteren Sensitivitätsanalysen werden der Einfluss eines Notstromfalls und das Offenbleiben eines Abblaseventils am defekten Dampferzeuger nach dem erstmaligen Öffnen (siehe Einzelfehlerannahme für den einfachen Dampferzeugerheizrohrbruch Kap. 6.2.6.2) untersucht. Das Abblaseventil wird nach 15 Minuten durch Handmassnahmen wieder geschlossen. Dadurch steigt die Leckagerate zwischenzeitlich im Vergleich zum Szenario ohne Einzelfehler an. Darüber hinaus stellt sich infolge des Notstromfalls ein Naturumlauf ein. Zudem steht die Frischdampfumleitstation nicht zur Verfügung, sodass die Wärmeabfuhr über die Abblaseventile erfolgt. Die Druckhalterprüfung steht ebenfalls nicht zur Verfügung, sodass der primärseitige Druck über das manuelle Öffnen des Druckhalterentlastungsventils abgesenkt werden muss. Die Kernkühlbarkeit ist durch die

Sicherheitseinspeisung und die Wärmeabfuhr über den intakten Dampferzeuger sichergestellt. Auch in diesen Szenarien kommt es zu einer Überfüllung des defekten Dampferzeugers.

Daher wird in einer weiteren Analyse der potentiell aus einer Überfüllung resultierende Bruch der Frischdampfleitung am defekten Dampferzeuger unterstellt. Dies führt in Folge des resultierenden Druckabfalls am betroffenen Dampferzeuger zu einer höheren Leckage als in den Analysen ohne Bruch der Frischdampfleitung. Die Kernkühlbarkeit ist in diesem Szenario bis zum Ende der Simulationszeit sichergestellt, jedoch liegt noch kein Druckausgleich zwischen der Primärseite und dem defekten Dampferzeuger vor.

### **Beurteilung des ENSI**

Die getroffenen Anfangs- und Randbedingungen gehen teilweise über die Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 für SE4a-Störfälle hinaus, da bspw. eine konservative Ausgangsleistung angenommen wird und die Auswirkungen eines Einzelfehlers wie auch des Notstromfalls untersucht werden. Es ist für das ENSI soweit nachvollziehbar, dass die Anlage unter Berücksichtigung von Operateurhandlungen nach 15 Minuten auch bei Annahme eines zusätzlichen Einzelfehlers und eines Notstromfalls in einen sicheren, stabilen Zustand überführt werden kann. Eine Überfüllung des defekten Dampferzeugers lässt sich indes nicht verhindern.

Folgeschäden aufgrund der Überfüllung des Dampferzeugers werden einzig in der Form eines Frischdampfleitungsbruches berücksichtigt. Für dieses Szenario ist nach Wertung des ENSI noch kein sicherer stabiler Anlagenzustand erreicht. Zudem werden keine Angaben des KKB gemacht, ob der Frischdampfleitungsbruch innerhalb oder ausserhalb des Containments erfolgt. Ferner werden keine Wasser- oder Druckschläge auf die Dampferzeugerabblase- und -sicherheitsventile bewertet. Es ist unklar, ob danach noch ein sicheres Schliessen dieser Ventile möglich ist. Brüche der Frischdampfleitung ausserhalb des Containments oder fehloffene Dampferzeugerabblase- oder -sicherheitsventile können zu einem Bypass-LOCA führen, was wiederum die langfristige Nachwärmeabfuhr gefährden kann. Aufgrund von verschiedenen internationalen Vorkommnissen<sup>NUREG/CR-6365</sup> fanden Nachbewertungen zu möglichen Auswirkungen von Dampferzeugerüberfüllungen statt. Dem ENSI liegt jedoch keine Bewertung des KKB zur Robustheit der Sekundärseite bei einer Dampferzeugerüberfüllung vor.

### **Forderung 6.2.11-1**

*Das KKB hat für den mehrfachen Dampferzeugerheizrohrbruch bis zum 30. Juni 2023 ein Beherrschungskonzept unter Berücksichtigung der internationalen Erkenntnisse aufzuzeigen, welches eine langfristige Nachwärmeabfuhr gewährleistet. Bei der Bewertung sind mögliche Folgeschäden, wie bspw. Wasser- und Druckschläge auf die Dampferzeugersicherheits- und Abblaseventile aus der Überfüllung des defekten Dampferzeugers, zu berücksichtigen.*

### **6.2.11.2 Total Station Blackout**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB hat den Störfall Total Station Blackout (TSBO) mit dem Anlagensimulator und realistischen Anfangs- und Randbedingungen neu analysiert. Bei einem TSBO kommt es zu einem kompletten Ausfall der Wechselstromversorgung. In einem solchen Fall wird die Anlage mit Accident-Management (AM)-Massnahmen durch eine sekundärseitige Druckentlastung und anschliessender Bespeisung eines Dampferzeugers mit Hilfe einer mobilen Feuerlöschpumpe abgefahren. Darüber hinaus liegt die Priorität auf der Wiederherstellung der elektrischen Energieversorgung. Dies kann entweder über ein Starten der Notstrom- oder der Notstanddieselgeneratoren erfolgen, oder über die in der Analyse beschriebene Notbespeisung über einen mobilen AM-Dieselgenerator, welcher vor Ort und zusätzlich im Lager Reitnau zur Verfügung steht.

Die benötigten Handmassnahmen werden gemäss den entsprechenden AM-Vorschriften berücksichtigt. Der in der Analyse berücksichtigte Zeitaufwand für die Operateurmassnahmen wurde auf Basis von Erfahrungswerten des KKB aus dem Operateurtraining konservativ abgeschätzt. Als erste Handmassnahme erfolgt die Isolation der Ablassleitung am Reaktorkühlsystem. Zudem werden zwei Szenarien mit verschiedenen Zeitpunkten der mobilen Dampferzeugerbespeisung, 75 Minuten und 145 Minuten nach Störfalleintritt, untersucht.

In beiden Szenarien kommt es im Verlauf des Störfalls zu einer Leckage an den Hauptkühlmittelpumpen aufgrund des thermischen Versagens der Dichtungen. Erfolgt die Dampferzeugerbespeisung erst nach 145 Minuten (Szenario 2), so kommt es zum mehrmaligen Ansprechen der Druckhaltersicherheitsventile. In beiden Szenarien stellt sich nach Beginn der mobilen Bespeisung eines Dampferzeugers eine stabile sekundärseitige Wärmeabfuhr ein.

Für das Szenario 1 wird die Wiederherstellung der Spannungsversorgung der Notstandschiene über einen mobilen Dieselgenerator nach erfolgreicher mobiler Bespeisung des Dampferzeugers angenommen. Damit kann das Notstand-Speisewassersystem in Betrieb genommen werden und erlaubt die Bespeisung des noch unter Druck stehenden Dampferzeugers. Darüber hinaus kann der Kühlmittelverlust durch die Druckspeicher und nach Anschluss eines AM-Dieselgenerators durch die Notstandsicherheitseinspeisung kompensiert werden. Zur Inbetriebnahme des Restwärmesystems erfolgt eine Druckabsenkung im Primärkreis über das Öffnen eines Druckhaltersicherheitsventils. Aus den Analyseergebnissen des Szenarios 1 schliesst das KKB, dass die Anlage auch im Szenario 2 sicher kalt gefahren werden kann. Es konnte gezeigt werden, dass die Anlage mit den vorgesehenen Massnahmen in einen langfristig sicheren Zustand überführt werden kann.

### **Beurteilung des ENSI**

Nach Wertung des ENSI kann die Anlage mithilfe von mobilen Mitteln in einen sicheren Zustand überführt werden. Die für den Nachweis herangezogene Einspeiserate der mobilen Pumpe ist realistisch, darüber hinaus stehen dem KKB weitere und stärkere mobile Pumpen für AM-Massnahmen zur Verfügung. Lediglich die in der Analyse unterstellte Kühlmittleckage über die Dichtungen der beiden Reaktorhauptpumpen ist in ihrer Höhe und dem Zeitpunkt des Einsetzens aus Sicht des ENSI zu optimistisch. Doch selbst bei einer leicht höheren Leckagerate pro Pumpe ist es plausibel, dass die Kühlmittelergänzung durch die Druckspeicher und nach Wiederherstellung der Spannungsversorgung durch die Notstandsicherheitseinspeisung ausgeglichen werden kann. Insgesamt konnte mit der Analyse gezeigt werden, dass die Anlage mit den vorgesehenen Massnahmen in einen langfristig sicheren Zustand überführt werden kann.

## **6.3 Radiologische Auswirkungen von Auslegungstörfällen**

### **6.3.1 Nachweisführung**

Mit Hilfe radiologischer Analysen wird nachgewiesen, dass für alle während der Lebensdauer einer Anlage zu erwartenden und für alle nach menschlichem Ermessen nicht auszuschliessenden Störfälle die Anlage so ausgelegt ist, dass dabei keine für Mensch und Umwelt unzulässigen radiologischen Auswirkungen auftreten. Die diesbezügliche Nachweisführung ist Pflicht des Betreibers (Art. 8 Abs. 4 KEV).

Generell umfasst die Bestimmung der radiologischen Auswirkungen folgende Analysen:

- den Aufbau des Aktivitätsinventars im Brennstab und im Reaktorkühlmittel;
- den Transport radioaktiver Stoffe innerhalb der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung (Bestimmung des Quellterms);
- die Ausbreitung der freigesetzten radioaktiven Stoffe in der Atmosphäre und Ablagerung auf dem Boden;
- die Strahlenbelastung der Bevölkerung (für eine fiktive, konservativ festgelegte Personengruppe).

Es entspricht der internationalen Praxis, für den Nachweis der Einhaltung von Dosiswerten konservative Vorgehensweisen zu verlangen. Damit wird sichergestellt, dass die errechneten Dosiswerte einen oberen Wert der zu erwartenden radiologischen Auswirkungen darstellen.

Die Richtlinien ENSI-A01 und ENSI-A08 enthalten u. a. detaillierte Festlegungen für die Ermittlung der Störfallhäufigkeit und für die Bestimmung der aus der Anlage freigesetzten radioaktiven Stoffe (Quellterm). Zudem sind die in den jeweiligen Störfallkategorien geltenden Nachweisziele in der Gefährdungsannahmen-Verordnung definiert.

Das KKB hat radiologische Störfallanalysen durchgeführt, die auf technischen Störfallanalysen sowie auf den Richtlinien ENSI-A08 und ENSI-G14 basieren, und die Auswirkungen von repräsentativen Auslegungsstörfällen im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung beurteilt.

Vom KKB wurden die folgenden sogenannten Referenzstörfälle als abdeckend bezüglich der radiologischen Konsequenzen für alle Auslegungsstörfälle identifiziert:

- Auslegungskühlmittelverluststörfall;
- Stabauswurf;
- Brennelement-Handhabungsunfall;
- Frischdampfleitungsbruch ausserhalb Containment;
- Fehlöffnen von Frischdampf-Abblaseventilen;
- Dampferzeugerheizrohrbruch;
- Ausfall der externen Netzeinspeisung.

Das vom KKB dargelegte Spektrum radiologisch relevanter Störfälle wurde im Rahmen der Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2012 vom ENSI überprüft. Im Überprüfungszeitraum wurden keine neuen radiologischen Analysen erstellt. Im Jahr 2017 wurden zur Erfüllung von Forderungen aus der PSÜ 2012 die folgenden radiologischen Analysen vom KKB durchgeführt:

- ergänzende radiologische Analyse zu den Kühlmittelverluststörfällen<sup>steag-1</sup>;
- radiologische Analysen zu Störfällen im Rückstandslager<sup>steag-3, steag-4, steag-5</sup>.

Für die übrigen im Rahmen der PSÜ 2017 geforderten radiologischen Nachweise hat das KKB die gleichen Analysen eingereicht wie zur PSÜ 2012<sup>TM-511-RA13100 - TM-511-RA13108</sup>. Die ergänzende radiologische Analyse zu den Kühlmittelverluststörfällen<sup>steag-1</sup> hat das KKB zur Erfüllung der Forderung 6.3-1 aus der PSÜ 2012 bezüglich des radiologischen Nachweises zum Auslegungskühlmittelverluststörfall eingereicht, der in Kap. 6.3.5.1 behandelt wird. Die radiologischen Analysen zu Störfällen im Rückstandslager werden in Kap. 6.4.3 behandelt.

Sofern sich die Randbedingungen für die radiologischen Störfallanalysen nicht geändert haben und die entsprechenden Forderungen aus der letzten PSÜ erfüllt sind, wird das vom KKB gewählte Vorgehen grundsätzlich akzeptiert. Das ENSI hat deshalb die wesentlichen Randbedingungen (Aktivitätsinventare, Anforderungen an die Modellierung des Aktivitätstransports und die Ausbreitungs- und Dosisberechnung) auf mögliche zwischenzeitliche Änderungen hin geprüft. Die Bewertung der radiologischen Auswirkungen von Erdbeben erfolgt im Rahmen der Prüfung der, basierend auf den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015, zu erbringenden Sicherheitsnachweise<sup>ENSI-2016-05-26</sup> in einem separaten Verfahren.

Die radiologischen Auswirkungen in der Umgebung wurden vom ENSI gemäss der Richtlinie ENSI-G14 neu berechnet (vgl. Kap. 6.3.4) und mit den entsprechenden Ergebnissen des KKB verglichen.

### 6.3.2 Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- StSV<sup>StSV</sup>
- Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup>
- Richtlinien ENSI-A01<sup>A01</sup>, ENSI-A08<sup>A08</sup>, ENSI-G14<sup>G14</sup>, ENSI-G15<sup>G15</sup>, ENSI-G20<sup>G20</sup>
- NRC Regulatory Guide 1.183<sup>RG1.183</sup>

### 6.3.3 Aktivitätsinventare und Transport radioaktiver Stoffe

#### Angaben des KKB

Das KKB hat in den Sicherheitsberichten die neutronenphysikalische Kernausslegung sowohl für die zyklischen Brennelementwechsel als auch für die Sicherheitsanalysen im Rahmen der PSÜ 2012 beschrieben. Die Einhaltung der Grenzen der einzelnen Kenngrößen und damit der Schutzziele werden im Rahmen detaillierter Sicherheitsanalysen in abdeckender Weise für sog. Referenzkerne nachgewiesen. Für KKB 1 und KKB 2 sind aktuell drei Referenzkerne definiert.

Für die radiologischen Analysen in den Sicherheitsberichten wurde das Aktivitätsinventar mit ORIGEN-ARP aus dem Programmsystem SCALE für den Referenzkern mit sechs Regionen und Uran-Brennelementen konservativ abdeckend für das Zyklusende berechnet. Es wird die strahlungsbedingte Aktivierung des Hauptkühlmittels im Primärkreislauf und die Aktivierung aufgrund austretender Brennstoffpartikel wegen (ggf. vorhandener) kleiner Undichtigkeiten in Brennstäben ermittelt. Die Liste des Aktivitätsinventares im Primärkühlmittel ist gegenüber der Richtlinie ENSI-A08 auf die dosisrelevanten Nuklide gekürzt, enthält aber die aktivierten Korrosionsprodukte.

Für die Ermittlung des Quellterms für den Fall des Handhabungsstörfalles mit einem Brennelement im Brennelementlager setzt das KKB einen Leistungsfaktor von 1,6 an. Das Aktivitätsinventar wird für 116 Nuklide für das einzelne Brennelement angegeben. Der Maximalwert wird in der ersten Standzeit nach 330 Volllasttagen erreicht.

#### Beurteilung des ENSI

Die Referenzkerne haben sich seit der PSÜ 2012 nicht geändert. Das ENSI erachtet die Aussage des KKB nach wie vor als plausibel, wonach der für die durchgeführten Störfallanalysen zu Grunde gelegte Referenzkern 2 abdeckend für alle relevanten Beladevarianten im Überprüfungszeitraum ist. Da im KKB derzeit und zukünftig 6-Regionen-Kerne zum Einsatz kommen, würden die Referenzkerne 1 und 3 die Basis für genauere Analysen darstellen.

Das den Analysen zugrunde liegende Inventar im Primärkühlmittel wurde aus dem gemäss Technischer Spezifikation maximal zulässigen Wert für I-131 für den unbefristeten Betrieb hergeleitet. Die Sekundärkühlmittelaktivität wurde basierend auf diesem Primärkühlmittelinventar und der gemäss Technischer Spezifikation maximal zulässigen Dampferzeugerleckage errechnet. Da sich diese begrenzenden Betriebsbedingungen seit der letzten PSÜ 2012 nicht geändert haben, können die unterstellten Inventare für Primär- und Sekundärkühlmittel nach wie vor als abdeckend betrachtet werden.

Die relevanten Randbedingungen für den Aktivitätstransport in der Anlage werden in der Richtlinie ENSI-A08 festgelegt. Da sich diese Anforderungen im Überprüfungszeitraum nicht geändert haben, behält die diesbezügliche Bewertung des ENSI aus der PSÜ 2012 ihre Gültigkeit. Die Vorgehensweise des KKB bei der Modellierung des Aktivitätstransports entspricht demnach den aktuellen Anforderungen.

### 6.3.4 Methodik und Ergebnisse der Ausbreitungs- und Dosisberechnung

#### Angaben des KKB

Gemäss Basisbericht des KKB erfolgte die Berechnung der Folgedosis nach einer Freisetzung konform zur Richtlinie ENSI-G14 mit dem Programm EXPOG14, unter Verwendung aktueller Dosisfaktoren gemäss Strahlenschutzverordnung. Es werden folgende Expositionspfade für die Berechnung der Folgedosis berücksichtigt:

- externe Strahlung aus der Wolke (Immersion);
- Inhalation aus der Wolke;
- Bodenstrahlung;
- Resuspension;

- Ingestion.

Bei allen Rechnungen mit dem Programm EXPOG14 werden stets alle Ausbreitungsrichtungen berechnet. Anschliessend sucht das Programm automatisch den Sektor mit der maximalen Dosis. Dieses Ergebnis wird ausgegeben. Dabei werden die topografischen Eigenschaften des umliegenden Geländes berücksichtigt.

Für alle Störfälle werden für Ausbreitungsfaktor, Submersions-, Fallout- und Washout-Faktor die Werte aus der Richtlinie ENSI-G14 für die Wetterkategorie F verwendet. Die effektiven und tatsächlichen Abgabehöhen sind immer gleich gross, da jeweils eine Austrittsgeschwindigkeit von Null und eine thermische Überhöhung von Null vorliegt. Als effektive Freisetzungshöhe wird, soweit nicht anders beschrieben, 10 m angenommen (entsprechend der Höhe der Frischdampfstation auf dem Nebengebäudedach). Korrekturen auf Grund von Gebäudeeinflüssen werden nicht vorgenommen. Falls, wie beim Brennelement-Handhabungsunfall, Freisetzungen über den Kamin erfolgen, wird eine effektive Abgabehöhe von 50 m berücksichtigt. Die zu erwartende maximale Dosis wird in einer Entfernung von 300 m (das entspricht dem Zaunabstand) vom Abgabeort berechnet.

### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI hatte für die Überprüfung der Dosisrechnungen des Betreibers eigene Ausbreitungs- und Dosisberechnungen mit den KKB-Quelltermen bereits im Rahmen der PSÜ 2012 durchgeführt. Die Ergebnisse der KKB- und ENSI-Analysen stimmten bei den meisten Auslegungsstörfällen überein. Beim Brennelement-Handhabungsunfall und beim Ausfall der externen Netzeinspeisung lagen die Ergebnisse des KKB um etwa einen Faktor zwei höher als die ENSI-Rechnung. Das ENSI bewertete die vom KKB ausgewiesenen Ergebnisse der Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung in der PSÜ 2012 insgesamt als mit einer Methode bestimmt, die den aktuellen Anforderungen an die Ausbreitungsrechnungen entsprach.

Aufgrund der am 1. Januar 2018 in Kraft getretenen Revision der Strahlenschutzverordnung hat das ENSI diese Rechnungen mit Revisionsstand der Strahlenschutzverordnung vom Januar 2019 wiederholt, damit punktuelle Änderungen betreffend die Dosisfaktoren aktuell mitberücksichtigt sind.

Für die folgenden Störfälle wurden neue oder ergänzende radiologische Analysen eingereicht, auf die deshalb in den folgenden Kapiteln weiter eingegangen wird:

- Auslegungskühlmittelverluststörfall (vgl. Kap. 6.3.5.1);
- Auslegungsüberschreitender Flugzeugabsturz auf das Rückstandslager (vgl. Kap. 6.4.3.4);
- Gebindeabsturz im Rückstandslager (vgl. Kap. 6.4.3.1);
- Brand im Rückstandslager (vgl. Kap. 6.4.3.3).

Neu im Störfallspektrum wurden kleine und mittlere Kühlmittelverluststörfälle aufgenommen und technisch analysiert (vgl. auch Kap. 6.1.4, Tabelle 6.1-2 und Kap. 6.2.6.4). Diese werden laut KKB radiologisch abgedeckt durch den Auslegungskühlmittelverluststörfall bzw. durch den Stabauswurf, weshalb auf Letzteren im Folgenden ebenfalls eingegangen wird. Ähnliches gilt für den Brennelement-Handhabungsstörfall, für den neue strukturmechanische Analysen vorgelegt wurden (vgl. Kap. 6.2.7), aber keine neue radiologische Analyse. Auch den doppelendigen Bruch eines Dampferzeugerheizrohres bei Vollast hat das KKB mit dem Anlagensimulator neu analysiert (vgl. Kap. 6.2.6.3), ebenfalls ohne eine neuere radiologische Analyse vorzulegen.

Die vom KKB angegebenen Dosiswerte konnten vom ENSI mit den vom KKB angegebenen Quelltermen lediglich in der neueren radiologischen Analyse zum Auslegungskühlmittelverluststörfall und in derjenigen zum auslegungsüberschreitenden Flugzeugabsturz auf das Rückstandslager nicht nachvollzogen werden. Im ersten Fall erhält das ENSI kleinere Werte, weshalb hier auf eine Forderung verzichtet wird. Im zweiten Fall ergeben sich jedoch grössere Werte. Die Beurteilung der radiologischen Folgen eines auslegungsüberschreitenden Flugzeugabsturzes auf das Rückstandslager erfolgt in Kap. 6.4.3.4 der vorliegenden Stellungnahme (vgl. dort Forderung 6.4.3-2).

Für alle vom KKB genannten Referenzstörfälle (vgl. 6.3.1) werden die max. zulässigen Dosiswerte auch unter Berücksichtigung aktueller Dosisfaktoren der Strahlenschutzverordnung eingehalten.

## 6.3.5 Ergebnisse der Transport-, Ausbreitungs- und Dosisberechnungen

### 6.3.5.1 Auslegungskühlmittelverluststörfall

#### Angaben des KKB

Der doppelendige Bruch (2F-Bruch) einer Hauptkühlmittelleitung ist aufgrund seiner Eintrittshäufigkeit ohne Einzelfehler als Störfall der Kategorie 3 eingestuft. Unter Berücksichtigung eines Einzelfehlers ist er als auslegungsüberschreitender Störfall eingestuft, ebenso unter Berücksichtigung einer erhöhten Primärkühlmittelaktivität.

#### Störfallablauf

Die Hauptkühlmittelleitung versagt per Definition des Störfalls, Hüllrohre versagen induziert durch die Störfallauswirkungen, die Barrierenwirkung des Containments ist jedoch jederzeit gewährleistet.

#### Analyseannahmen und Ergebnisse

Das den Berechnungen zugrunde liegende Kerninventar wurde mit ORIGEN im Jahre 2012 neu berechnet. Bezüglich der zur Berechnung verwendeten Primärkühlmittelaktivitätskonzentrationen zu Störfallbeginn werden konservativ die in den Technischen Spezifikationen als Obergrenze festgelegten Werte für I-131 und Cs-137 herangezogen. Die unterstellte Freisetzung aus 10 % der Brennstäbe führt dazu, dass diese schon vorhandene Primärkühlmittelaktivitätskonzentration vernachlässigt werden kann. Die Berechnung des Auslegungskühlmittelverluststörfalls erfolgt bis zur Containmentisolation mit geöffneten Lüftungsclappen. Aus radiologischer Sicht verläuft der Störfall phänomenologisch ähnlich wie der analysierte Bleed-und-Feed-Betrieb. Daher kann das gleiche radiologische Modell auch auf den Auslegungskühlmittelverluststörfall angewendet werden, jedoch sind die deutlich höheren Aktivitätsmengen infolge Hüllrohrschäden sowie andere Leckageraten des Containments zu berücksichtigen.

Es werden folgende Leckagepfade aus dem Containment nach Containmentabschluss betrachtet:

- Containment-Luftraum via Nebengebäude zum Abluftschacht;
- Containment-Luftraum via Ringraum zur Atmosphäre;
- Containment-Luftraum via SIDRENT zur Atmosphäre;
- Containmentsumpf via Notstandgebäude zum Abluftschacht.

Die Leckageraten aus dem Containment-Luftraum ergeben sich abhängig vom störfallbedingtem Überdruck im Containment. Beim Leckagepfad via Ringraum wird davon ausgegangen, dass bis zu 4 Stunden nach Störfalleintritt ein Überdruck im Ringraum auftritt und deshalb die vom Containment übergetretene Leckage über Gebäudeöffnungen in die Umgebung gelangt. Nach 4 Stunden herrscht im Ringraum wieder Unterdruck, erzeugt durch das mit redundanten, notstromversorgten Kompressoren betriebene Ringraum-Rückpumpensystem, und es ist keine weitere Leckage über diesen Pfad mehr zu berücksichtigen.

Der untersuchte Störfall gehört in die Störfallkategorie 3, sodass nur innerhalb der ersten 48 Stunden nach Störfalleintritt eine nicht überwachte Ernte und Konsum von kontaminierten Nahrungsmitteln berücksichtigt wurde. Der gültige Dosiswert von 100 mSv wird mit Marge eingehalten. Einzelfehler haben keinen Einfluss auf die radiologischen Analysen.

#### Beurteilung des ENSI

Das ENSI akzeptiert die Störfalleinteilung des KKB. Das ENSI stellte im Rahmen der PSÜ 2012 fest, dass der Ausschluss von gleichzeitig offenen Containmentlüftungsclappen nicht durch Vorgaben der Technischen Spezifikationen gestützt wird. Das KKB hat basierend auf der Forderung 6.3-1 aus der PSÜ 2012 die Freisetzung vor Lüftungsisolation radiologisch analysiert<sup>steag-1</sup>. Das ENSI bewertet den zusätzlichen Dosisbeitrag infolge der offenen Containmentlüftungsclappen in den ersten Sekunden des Störfallverlaufs im Vergleich zur Gesamtdosis als sehr gering. Der maximal zulässige Dosiswert der Störfallkategorie 3 von 100 mSv für den Auslegungskühlmittelverluststörfall wird eingehalten.



### **6.3.5.2 Kleine und mittlere Kühlmittelverluststörfälle**

#### **Angaben des KKB**

Bei diesen Störfällen mit Einzelfehler wird Kühlmittel mit den darin enthaltenen radioaktiven Stoffen in das Containment freigesetzt. Die Freisetzung ins Containment ist allerdings geringer als beim Auslegungskühlmittelverluststörfall, da beim Auslegungskühlmittelverluststörfall pauschal ein Integritätsverlust von 10 % aller Brennstab-Hüllrohre im Kern unterstellt wird. Die radiologische Analyse des «Auslegungskühlmittelverluststorfalles» ist somit für die vorliegenden Analysen konservativ abdeckend und zeigt, dass der Dosisgrenzwert von 100 mSv für Störfälle der Kategorie 3 eingehalten wird.

Die radiologischen Folgen von kleinen und mittleren Kühlmittelverluststörfällen ohne Einzelfehler sind geringer oder höchstens gleich gross wie diejenigen des analysierten Störfalls «Stabauswurf». Kleine Kühlmittelverluststörfälle ohne Einzelfehler sind der Störfallkategorie 2 zugeordnet. Der Dosisgrenzwert von 1 mSv wird eingehalten.

#### **Beurteilung des ENSI**

Gemäss Tab. 6.1-2 in Kap. 6.1.4 sind die kleinen und mittleren Kühlmittelverluststörfälle mit Einzelfehler in Störfallkategorie 3 einzuordnen und werden durch den in Kap. 6.3.5.1 behandelten Auslegungskühlmittelverluststörfall radiologisch abdeckend beschrieben.

Ohne Einzelfehler sind die kleinen und mittleren Kühlmittelverluststörfälle in Störfallkategorie 2 einzuordnen (vgl. Tab. 6.1-2 in Kap. 6.1.4). Die kleinen und mittleren Kühlmittelverluststörfälle werden durch den seinerzeit analysierten Störfall Stabauswurf (vgl. Kap. 6.3.5.3) radiologisch abdeckend beschrieben, insbesondere da die technischen Nachweiskriterien der Störfallkategorie 2 eingehalten werden (vgl. Kap. 6.2.6.4).

### **6.3.5.3 Stabauswurf**

#### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum wurde keine neue radiologische Analyse für den Stabauswurf durchgeführt.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die radiologische Analyse des Störfalls «Stabauswurf» wurde in der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 bereits bewertet. Die Nachrechnungen des ENSI bestätigen weiterhin die Einhaltung des Dosiswerts für die Störfallkategorie 2. Dies gilt auch unter Berücksichtigung eines Beitrages aus, in Kap. 6.3.5.1 oben angesprochenen, gleichzeitig offenstehenden Containmentlüftungsclappen beim Auslegungskühlmittelverluststörfall.

### **6.3.5.4 Brennelement-Handhabungsunfall**

#### **Angaben des KKB**

Aufgrund seiner Eintrittshäufigkeit ist der Brennelement-Handhabungsunfall im Brennelementlager ohne Einzelfehler, unter Berücksichtigung der noch ausstehenden Nachrüstung des Brennelement-Lagerkrans, der Störfallkategorie 3 zuzuordnen. Mit Einzelfehler handelt es sich unter Berücksichtigung der genannten Nachrüstung um einen auslegungsüberschreitenden Störfall.

Es wird unterstellt, dass beim Absturz eines Brennelements die 14 Brennstäbe einer äusseren Reihe beschädigt werden und Spaltgase des Hüllrohrraums in das Beckenwasser gelangen. Dabei wird von der Beschädigung eines Brennelements mit dem maximalen Leistungsformfaktor und einer Abklingzeit von 3 Tagen ausgegangen. Die in den Luftraum gelangte Aktivität wird bis zur Auslösung der Notlüftung über die betriebliche Lüftung ungefiltert in die Umgebung gefördert. Ab 60 s bzw. 300 s (ohne bzw. mit Einzelfehler) nach Ereigniseintritt wird die Abluft über Aktivkohlefilter in die Umgebung geleitet. Die errechneten Maximaldosen liegen unterhalb des maximal zulässigen Dosiswerts von 100 mSv.

## Beurteilung des ENSI

Die radiologische Analyse des Störfalls «Brennelement-Handhabungsunfall» wurde in der PSÜ 2012 bereits bewertet. Die Einteilung in die Störfallkategorie 3 wird gemäss Kap. 6.2.7 unter Berücksichtigung der Nachrüstung des BE-Lagerkrans bestätigt. Die Ausbreitungs- und Dosisberechnungen des ENSI bestätigen die Einhaltung des Dosiswerts für die Störfallkategorie 3 für den Brennelement-Handhabungsunfall im Brennelementlager und im Containment.

### 6.3.5.5 Dampferzeugerheizrohrbruch

#### Angaben des KKB

Die Vernachlässigung der Wärme in den Strukturmassen des Primärkreises wurde in der PSÜ 2012 vom ENSI als nicht konservativ gewertet, da der Wärmeübertrag aus den Strukturmassen zu einer Verlangsamung der Abkühlung des Primärkreises führt.

Die hierzu neu vorgelegten Analysen ergänzen die zuvor eingereichte technische Analyse zur Abschätzung des thermischen Einflusses der Strukturmassen des Primärkreislaufs auf den Störfallablauf, die dem ENSI im Rahmen der Forderung aus der PSÜ 2012 eingereicht worden war<sup>TM-511-RA18016</sup>. Für den Vergleich mit den Simulatorfahrten wurden Ergebnisse aus einer früheren Analyse mit NLOOP<sup>Areva-DeHeiRo</sup> verwendet, bei welcher insgesamt ca. 48 t Primärkühlmittel auf die Sekundärseite der Dampferzeuger übertragen wird. Im Falle der neuen Simulatoranalyse beträgt die übertragene Masse ca. 40 t.

#### Beurteilung des ENSI

Die radiologische Analyse des Störfalls «Dampferzeugerheizrohrbruch ohne Einzelfehler» sowie die des Störfalls «Dampferzeugerheizrohrbruch mit Einzelfehler» wurde bereits in der PSÜ 2012 bewertet. Eine neuere radiologische Analyse wurde seitens des KKB nicht vorgelegt. Da die Analysen mit NLOOP hinsichtlich der übertragenen Primärkühlmittelmenge und der abgeblasenen Frischdampfmenge konservativ sind (vgl. Kap. 6.2.6.2), bestätigen auch die Ausbreitungs- und Dosisberechnungen des ENSI auf Basis der damaligen radiologischen Analyse<sup>TM-511-RA13102</sup> weiterhin die Einhaltung der Dosiswerte für die Störfallkategorie 2 respektive 3.

### 6.3.6 Radiologische Auswirkungen für das Betriebspersonal der Anlage

Die radiologischen Auswirkungen der in den vorhergehenden Kapiteln untersuchten Störfälle sind für das Betriebspersonal von untergeordneter Bedeutung, da es sich in der Regel nicht im unmittelbaren Einflussbereich einer störfallbedingten Freisetzung befindet. Eine Ausnahme bildet der Absturz eines Brennelements, dessen Auswirkungen für das betroffene Personal am folgenschwersten sind. Darüber hinaus kommt der Bewertung der radiologischen Auswirkung von Störfällen innerhalb der Anlage dann eine wesentliche Bedeutung zu, wenn das Personal Vor-Ort-Massnahmen zur Störfallbeherrschung ergreifen muss. Dies setzt allerdings voraus, dass die auslegungsgemäss vorgesehenen automatischen Schutzmassnahmen versagt haben. In diesem Fall handelt es sich um sehr seltene, auslegungsüberschreitende Störfallszenarien.

#### Angaben des KKB

Beim Handhabungsstörfall kommt es zur Beschädigung eines Brennelements und dadurch zur Freisetzung des Hüllrohrspalt-Inventars aus den Brennstäben in die Wasservorlage und von dort in den Luftraum des Brennelementlagers. Für die Dosisberechnung wird eine zylinderförmige Wolke mit den Abmessungen des Luftraums des Brennelementlagers und homogener Aktivitätsverteilung angesetzt, in deren Zentrum sich der Operateur während 60 s aufhält. Der in der Strahlenschutzverordnung aufgeführte Wert von 50 mSv wird eingehalten.

## Beurteilung des ENSI

Für die Auswirkungen auf das Betriebspersonal bei einem Brennelement-Handhabungsstörfall liegt keine aktuellere radiologische Analyse als die im Rahmen der PSÜ 2012 bereits bewertete vor. Das ENSI orientiert sich für die Beurteilung der unmittelbaren störfallbedingten radiologischen Folgen für das Betriebspersonal am Dosiswert von 50 mSv aus Art. 125 Abs. 5 der StSV. Die Überprüfung ergab, dass für eine Abschätzung der resultierenden Auswirkungen die Unterscheidung der Iodspezies von Bedeutung ist und daher berücksichtigt werden sollte. Zu diesem Zweck sind vorzugsweise die aus Anhang 5 der Strahlenschutzverordnung verfügbaren Dosisfaktoren für elementares und organisches Iod zu verwenden. In Anbetracht der kurzen Expositionszeit des Personals kann das ENSI der Schlussfolgerung des KKB folgen, wonach die resultierende Dosis für das Personal unterhalb von 50 mSv verbleibt.

Die Zugänglichkeit wichtiger Anlagenbereiche und -räume unter strahlenschutztechnischen Gesichtspunkten bei auslegungsüberschreitenden Störfallbedingungen wurde vom KKB ferner in einer sogenannten Post-LOCA-Studie untersucht. Das KKB hat diese dem aktuellen Stand der Anlage, den gültigen AM-Vorschriften sowie den bis dahin vorhandenen Erkenntnissen aus dem schweren Störfall in Fukushima angepasst und Ende 2012 eingereicht. Das ENSI hat im Rahmen der PSÜ 2012 die eingereichte Revision der umfangreichen Post-LOCA-Studie stichprobenartig geprüft und seinerzeit festgestellt, dass diese einen hohen Entwicklungsstand aufwies.

Mit der Revision der Richtlinie ENSI-B12 vom August 2019 wurden für die Vorsorge zum radiologischen Schutz des Personals bei schweren Unfällen in KKW im Kapitel 9 der Richtlinie neue Anforderungen formuliert, die es umzusetzen gilt. Das KKB hat daher die Erfüllung der neuen Anforderungen aus Kapitel 9 der Richtlinie ENSI-B12 darzulegen.

### Forderung 6.3.6-1

*Das KKB hat im Rahmen der Notfallvorsorge für eine Beurteilung von Interventionsmöglichkeiten bei schweren Unfällen die zu erwartenden radiologischen Bedingungen für das Personal bei der Durchführung von Notfallmassnahmen abzuschätzen und in einem Bericht darzulegen, wie die Anforderungen aus Kapitel 9 der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt werden. Termin 30. Juni 2023*

## 6.4 Störfallanalysen der Lager und betrieblichen Lagerbecken

### 6.4.1 Übersicht

Die Lager für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente am Standort Beznau werden für beide Blöcke des KKB genutzt. Zu diesen Lagern zählen das ZWIBEZ, das Rückstandslager und ein Dampferzeugerlager. Betriebliche Lagerbecken stehen getrennt für jeden Block einzeln zur Verfügung. Da mit Rev. 2 der Richtlinie ENSI-G04 (Stand Juni 2015) die Anforderung, das ZWIBEZ in die PSÜ einzubeziehen, entfallen und auch später in keine andere ENSI-Richtlinie aufgenommen worden ist, ist es in der PSÜ 2017 und damit auch in der vorliegenden Stellungnahme nicht behandelt (vgl. Kap. 1.1.1).

Zur Erfüllung der Forderungen aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 (Forderungen 6.4-3, 6.4-4 a, 6.4-4 b und 6.4-5) bezüglich der die Lager betreffenden radiologischen Nachweise hat das KKB neue Analysen<sup>steag-2 bis steag-5</sup> eingereicht. Diese betreffen, bis auf den Bericht zu den Folgen eines auslegungsüberschreitenden Flugzeugabsturzes auf das Hochaktivlager (HAA-Lager) des ZWIBEZ<sup>steag-2</sup>, das Rückstandslager. Der Stand der genannten Forderungen ist in Kap. 2.3.1 der vorliegenden Stellungnahme dargestellt. Die neu eingereichten Analysen für das Rückstandslager sind in Kap. 6.4.3 behandelt. Der Nachweisstand zum Dampferzeugerlager, zu den betrieblichen Lagerbecken und der Stand der seit der Stellungnahme zur PSÜ 2012 unverändert vorliegenden Nachweise für das Rückstandslager sind im Folgenden kurz beschrieben.

#### *Dampferzeugerlager*

Für das Dampferzeugerlager wurden keine eigenständigen Störfallanalysen durchgeführt. Der Nachweis der Einhaltung der Schutzziele erfolgt anhand von Ähnlichkeitsbetrachtungen zum auslegungsüberschreitenden

Flugzeugabsturz mit Treibstoffbrand auf den HAA-Bereich des ZWIBEZ mit den dort gelagerten Dampferzeugern des Blocks 2. In diesem Zusammenhang wurde in der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 vom KKB verlangt, den Sicherheitsbericht des ZWIBEZ für den auslegungsüberschreitenden Flugzeugabsturz auf das HAA-Lager noch um die Betrachtung der Folgedosen gemäss Richtlinie ENSI-G14 für die kritischen Bevölkerungsgruppen zu ergänzen. Das KKB kam dieser Forderung mit zwei Berichten<sup>steag-4, steag-5</sup> nach. Die maximale Dosis für Personen der Bevölkerung beträgt demnach 0,82 mSv (10-jährige Kinder). Das ENSI erhielt im Ergebnis mit den Randbedingungen für auslegungsüberschreitende Störfälle und dem Quellterm des KKB, somit auf Basis der Messungen aus dem Jahr 2008 ohne Zerfallskorrektur, leicht höhere Werte als das KKB.

Nach Wertung des ENSI sind die Störfälle Erdbeben, Blitzschlag, Überflutung und Absturz eines Gebindes für das Dampferzeugerlager nach wie vor durch die erwähnten Ähnlichkeitsbetrachtungen abgedeckt. Ein Lüftungsausfall und ein Ausfall der Stromversorgung führen aufgrund der Auslegung und der Beschaffenheit des Lagergutes nicht zu einer Beschädigung desselben mit einer Freisetzung radioaktiver Stoffe. Ferner kann ein Brand im Dampferzeugerlager mit Auswirkungen auf die Umgebung aufgrund der sehr geringen vorhandenen Brandlast praktisch ausgeschlossen werden.

#### *Betriebliche Lagerbecken*

Die Störfallanalysen für die betrieblichen Lagerbecken wurden im Rahmen der Verfügungen nach Fukushima aktualisiert. Die Analysen innerer Einwirkungen umfassen, neben dem im Kapitel 6.2.7 behandelten Brennelementhandhabungsstörfall, den Absturz von Transport- und Lagerbehältern sowie den Ausfall der Brennelement-Beckenkühlung. Als äussere Einwirkungen wurden Erdbeben, Flugzeugabsturz mit anschliessendem Treibstoffbrand, Blitzschlag und Überflutung analysiert. Das ENSI kommt zu dem Schluss, dass sich in Bezug auf die betrieblichen Lagerbecken keine neuen Erkenntnisse im Überprüfungszeitraum ergeben haben und die Bewertung in der Stellungnahme zur PSÜ 2012<sup>ENSI/14/2244</sup> nach wie vor aktuell ist. Die Nachrüstung eines seismisch robusten Brennelement-Beckenkühlstrangs ist nach wie vor ausstehend (vgl. Kap. 2.4 und 10.2).

#### *Rückstandslager*

Für das Rückstandslager wurden als innere Einwirkungen der Absturz von Gebinden, Lüftungsausfall, Ausfall der Stromversorgung und Brand betrachtet. Als äussere Einwirkungen werden Erdbeben, auslegungsüberschreitender Flugzeugabsturz mit anschliessendem Treibstoffbrand, Blitzschlag und Überflutung analysiert. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden lediglich die für das Rückstandslager im Rahmen des Überprüfungszeitraums neu erstellten Analysen zum «Schutz gegen extreme Wetterbedingungen, Explosionen und interne Überflutungen», «Absturz von Gebinden im Rückstandslager» und «Brand im Rückstandslager» bewertet. Hinsichtlich der restlichen auslösenden Ereignisse haben sich keine neuen Erkenntnisse ergeben und die Bewertung in der Stellungnahme zur PSÜ 2012<sup>ENSI/14/2244</sup> ist nach wie vor aktuell.

### **6.4.2 Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup>
- Richtlinien ENSI-A01<sup>A01</sup>, ENSI-A08<sup>A08</sup>, HSK-R-102<sup>R-102</sup> und ENSI-G14<sup>G14</sup>

### **6.4.3 Rückstandslager**

#### **6.4.3.1 Absturz von Gebinden**

#### **Angaben des KKB**

Im Rahmen der Analyse von Prozessen zur Handhabung radioaktiver Abfälle im Bereich des Rückstandslagers hat das KKB insgesamt 5 Szenarien identifiziert, die zu einem Fassabsturz führen können. Für diese Szenarien wurde mit Hilfe von Fehlerbäumen eine Eintrittshäufigkeit für Abstürze bei der Handhabung von Fässern mit AURA-Schlamm, Filterkerzen und Ionentauscherharzen von  $8,6 \cdot 10^{-4}/a$  bestimmt, womit diese der Störfallkategorie 2 zugeordnet werden.

Für die Ermittlung der radiologischen Auswirkungen eines Gebindeabsturzes im Rückstandslager werden die Gebinde mit dem höchsten Aktivitätsinventar der einzelnen Gebindetypen verwendet.

Der Gebindeabsturz wird als Lastabsturz beim Transport der Abfallgebände mit dem Kran unterstellt. Die grösste Senktiefe ist gleich der grössten möglichen Absturzhöhe. Diese beträgt von der Transportebene des Krans bis zur Höhe des Gitterrostes ca. 7,60 m. Konservativ wird als grösste mögliche Absturzhöhe 8 m (Transportebene des Krans bis zum Betonboden) unterstellt.

Der Gebindeabsturz resultiert in einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Raumluft. Die Abluft wird zusammen mit der freigesetzten Aktivität über einzelne Kanäle in den 50 m hohen Fortluftkamin des KKB geleitet und in die Umgebung des KKB abgegeben. Auf dem Abgabepfad zwischen dem Rückstandslager und dem Fortluftkamin ist ein Schwebstofffilter mit einem Abscheidegrad von 99 % für Aerosole vorhanden. Für Tritium, das Kohlenstoff-Isotop C-14 sowie für die Halogene wird keine Rückhaltung angenommen. Eine Rückhaltung an den Gebäudestrukturen wird konservativ ebenfalls nicht unterstellt.

Für die Bestimmung der Freisetzungsanteile werden konservativ alle im Rückstandslager eingelagerten Gebindetypen der Abfallbegindeguppe AGG 1 der Transportstudie Konrad<sup>GRS</sup> (brennbare unfixierte Abfälle in Stahlblechcontainern) zugeordnet. Diese Zuordnung führt bezüglich eines Gebindeabsturzes im Rückstandslager zu den höchsten Freisetzungsanteilen.

Für die Dosisberechnung wurde das Programm EXPOG14 verwendet. Die Kaminhöhe wird durch eine effektive Emissionshöhe von 50 m berücksichtigt. Der minimale Abstand zum Ort der Freisetzung beträgt 300 m. Die maximale Dosis für Personen der Bevölkerung für einen Gebindeabsturz im Rückstandslager beträgt  $3,17 \cdot 10^{-4}$  mSv (Kleinkinder). Damit wird die gemäss Art. 94 StSV zulässige Dosis von 1 mSv entsprechend der Störfallkategorie 2 eingehalten.

### **Beurteilung des ENSI**

Die Identifikation der Absturzzenarien ist aus Sicht des ENSI nachvollziehbar. Darüber hinaus ist die berechnete Eintrittshäufigkeit eines Gebindeabsturzes und damit die Eingruppierung des Störfalls in die Störfallkategorie 2 plausibel.

Bezüglich des abdeckenden Störfallszenarios ist es nach Wertung des ENSI nachvollziehbar, dass mit dem Kran immer nur ein einzelnes Gebinde bewegt werden kann und dass der Aufprall eines Gebindes auf den Boden den Aufprall auf ein anderes Gebinde hinsichtlich des Energieeintrags abdeckt. Ebenso wird die Absturzhöhe von 8 m als konservativ abdeckend bewertet.

Das ENSI hat mit den Angaben des KKB den Quellterm nachrechnen können. Die Ausführungen und Rechenwege sind grundsätzlich nachvollziehbar. Das ENSI ist mit den Annahmen für die Bestimmung der Freisetzungsanteile einverstanden. Bei Anwendung der Randbedingungen des KKB erhält das ENSI die gleichen Quellterme für die verschiedenen Gebindetypen wie das KKB.

Die Dosisberechnungen des KKB hat das ENSI ebenfalls überprüft. Das ENSI kommt zu der gleichen Schlussfolgerung wie das KKB betreffend den limitierenden Gebindetyp. Auch die zugehörige Dosis für die kritische Bevölkerungsgruppe (hier Kleinkinder) kann das ENSI im Ergebnis bestätigen.

In der Analyse des KKB wird jedoch nicht berücksichtigt, dass nach Richtlinie ENSI-A01 Kap. 4.4 Bst. c der Ausfall der Eigenbedarfsversorgung (Notstromfall) zum ungünstigsten Zeitpunkt während des Störfallablaufs anzunehmen ist. Somit ist zu betrachten, dass die betriebliche Lüftung dann nicht mehr zur Verfügung steht und der Transport der bei dem Gebindeabsturz freigesetzten Nuklide in die Umgebung nicht mehr über den Pfad via betriebliche Filter und Kamin erfolgt. Der Betreiber ist aufgefordert worden, seine Analyse zum Gebindeabsturz diesbezüglich zu ergänzen. Er hat dazu zwischenzeitlich einen ergänzenden Bericht eingereicht, der den Gebindeabsturz im Rückstandslager auch unter den Randbedingungen eines Ausfalls der Eigenbedarfsversorgung zum ungünstigsten Zeitpunkt radiologisch untersucht. Dabei wird vom KKB angenommen, dass alle freigesetzten Nuklide ohne Rückhaltung in die Umwelt freigesetzt werden.

Die Rechnungen des KKB sind gut nachvollziehbar und Ergebnisse des ENSI führen zu vergleichbaren Ergebnissen. Der nachweislich einzuhaltende Dosiswert für die Störfallkategorie 2 von 1 mSv wird auch in diesem Fall mit Marge eingehalten.

#### **6.4.3.2 Schutz gegen extreme Wetterbedingungen, Explosionen und interne Überflutungen**

##### **Angaben des KKB**

Das Rückstandslager besteht aus massivem Stahlbeton. Der Lagerbunker besitzt vom Fundament bis ca. 4 m über Geländeneiveau keine Öffnung in den Wänden und ist damit überflutungssicher. Darüber hinaus ist das Gebäude durch die umliegenden Gebäude, wie z. B. das Nebengebäude C, das Büro- und das Abfallgebäude, geschützt. Die massive Gebäudekonstruktion widersteht Windgeschwindigkeiten von 60 m/s mit einer Sicherheitsmarge und bietet daher einen ausreichenden Schutz gegen Winde und Tornados sowie gegen Windborne Missiles.

Aus Sicht des KKB stellen auch extreme Aussenlufttemperaturen keine Gefahr dar, da keine aktiven Komponenten zur Störfallbeherrschung (Schutzzeleinhaltung) erforderlich sind. Aus diesem Grund ist auch ein eventueller Ausfall der Lüftungstechnischen Komponenten nicht relevant.

Bezüglich Dachlasten legt das KKB dar, dass aus der Brüstungshöhe eine maximale Wasserlast von 10 kN/m<sup>2</sup> resultiert. Diese Last wird mit Sicherheitsmarge aufgrund der Bemessung der Stahlbetondecke beherrscht. Die resultierenden Lasten einer 10'000-jährlichen Schneelast von 2,7 kN/m<sup>2</sup> sowie durch extreme Hageleinwirkung sind damit ebenfalls abgedeckt.

Vereisender Regen, Trockenheit, Waldbrand sowie die Kombinationen aus extremen Winter- und Sommerbedingungen stellen aus Sicht des KKB generell keine Gefährdung für das Rückstandslager dar, da keine aktiven Komponenten zur Störfallbeherrschung benötigt werden und die massive Gebäudekonstruktion die einwirkenden Lasten mit grosser Sicherheit abtragen kann.

Eine Gefährdung durch Explosionen infolge einer Einwirkung von aussen ist aufgrund der Lage des KKB nicht gegeben (vgl. Kap. 2.1.1). Explosionen im Rückstandslager werden seitens KKB ausgeschlossen, da keine unter Druck stehenden Behälter vorhanden sind. Die Beeinflussung des Lagers durch Explosionen in anderen Teilen der Anlage wird durch eine entsprechende Auslegung und das Brandschutzkonzept ausgeschlossen.

Eine interne Überflutung im Rückstandslager kann aufgrund fehlender Flutquellen wie grösseren wasser- oder dampfführenden Leitungen oder wassergefüllten Behältern ausgeschlossen werden. Eine Überflutung des Nebengebäudes durch ausströmendes Nebenkühlwasser hat keinen Einfluss auf das Rückstandslager, da sich die Öffnung zum Lagerbereich auf einer Kote von +5,5 m befindet.

##### **Beurteilung des ENSI**

Aus Sicht des ENSI hat das KKB nachgewiesen, dass sowohl extreme Wetterbedingungen als auch externe Explosionen keine Gefährdung für das Rückstandslager darstellen. Das liegt an der robusten Bauweise des Lagergebäudes und daran, dass keine aktiven Systeme zur Störfallbeherrschung benötigt werden. Hinsichtlich interner Explosionen als Folge eines internen Brandes sei auf Kap. 6.4.3.3 der vorliegenden Stellungnahme und die Forderung 6.4.3-1 bezüglich der Robustheit der Lagerbehälter verwiesen. Aufgrund fehlender Flutquellen ist es für das ENSI nachvollziehbar, dass im Rückstandslager kein Potential für eine interne Überflutung besteht. Die Integrität des Lagergutes ist für extreme Wetterbedingungen, externe Explosionen und interne Überflutungen sichergestellt.

#### **6.4.3.3 Interner Brand**

##### **Angaben des KKB**

Das KKB hat die Eintrittshäufigkeit von internen Bränden im Rückstandslager bestimmt und die radiologischen Auswirkungen der Brandszenarien untersucht. Für die Bestimmung der Brandeintrittshäufigkeit berücksichtigt

das KKB das Fehlschlagen von Brandlöschmassnahmen, da es nur so zu einer Freisetzung von Radioaktivität aus den Fässern kommen kann.

Das KKB stuft die im Rückstandslager gelagerten Fässer als nicht brennbar ein. Es wird unterstellt, dass die Abfallfässer, welche durch eine Betonauskleidung geschützt sind, einem Kabelbrand am Lagerort standhalten und eine Selbstentzündung ausgeschlossen ist. Einzige Zündquelle und Brandlast im Lagerbunker sind die an der Decke verlaufenden Kabel für Beleuchtung und Brandmeldung. Eine Brandausbreitung in den Lagerbunker ist nur über die an der Decke verlaufenden Kabel aus den benachbarten Räumen möglich.

Für die Bestimmung der Brandeintrittshäufigkeit für den Lagerbunker berücksichtigt das KKB die Zündquellen im Lagerbunker, eine Brandausbreitung aus dem Vorraum des Lagerbunkers über die an der Decke verlaufenden Kabel und die Wahrscheinlichkeit der Nichtlöschung des Brandes gemäss NUREG/CR-6850<sup>NUREG/CR-6850</sup>. Die Brandausbreitung über die an der Decke verlaufenden Kabel wird mittels einer Wahrscheinlichkeit berücksichtigt. Insgesamt resultiert daraus eine Brandhäufigkeit im Lagerbunker von  $3,8 \cdot 10^{-7}$ /Jahr. Das Szenario wird vom KKB als auslegungsüberschreitend eingestuft.

Die Bestimmung der Brandeintrittshäufigkeit im Endkonditionierungsraum berücksichtigt die vorhandenen Komponenten als Zündquellen und die mögliche Brandausbreitung aus dem Vorraum über offene Verbindungen (Kranlaufbahn und Gittertür). Ein Brand bleibt aufgrund des baulichen Brandschutzes (Gebäudeöffnungen zum Nebengebäude sind durch eine Brandschutztüre und ein Hubschott verschlossen) auf den Vorraum und den Endkonditionierungsraum begrenzt. Eine Brandausbreitung ist auch deshalb sehr unwahrscheinlich, da während einer Konditionierungskampagne immer Operateure anwesend sind und einen Brand erkennen würden und entsprechende Brandbekämpfungsmassnahmen unverzüglich einleiten würden. Auf dieser Basis bestimmt das KKB die Brandeintrittshäufigkeit im Endkonditionierungsraum unter Berücksichtigung der Nichtlöschung des Brandes gemäss NUREG/CR-6850<sup>NUREG/CR-6850</sup> zu  $7,8 \cdot 10^{-5}$ /Jahr, welcher damit der Störfallkategorie 3 zugeordnet wird.

Im Endkonditionierungsraum werden maximal 20 Fässer (Typ J-B-116) mit je 100 kg Ionentauscherharz und 50 kg Styrol aufbewahrt. Es wird konservativ angenommen, dass alle 20 Gebinde im Endkonditionierungsraum von einem Brand betroffen sind. Die Freisetzungsanteile werden gemäss der Transportstudie Konrad<sup>GRS</sup> ermittelt. Die Gebinde werden abdeckend der Abfallgebindegruppe 1 «Brennbare unfixierte Abfälle in Stahlblechcontainern» zugeordnet. Aufgrund der Brandeinwirkung (Branddauer 30 Minuten) findet die Belastungskategorie 2 Anwendung. Mechanische Einwirkungen werden beim Brand nicht berücksichtigt. Die freigesetzte Aktivität wird über die Abluft in den Fortluftkamin geleitet und an die Umgebung abgegeben. Es wird keine Rückhaltung in den Partikelfiltern und keine Ablagerung von Aerosolen unterstellt. Im Rahmen der Dosisberechnung wurde davon ausgegangen, dass ein Dosiswert entsprechend der Störfallkategorie 2 nachzuweisen ist. Die entsprechenden Analysen zeigen, dass der Dosiswert von 1 mSv eingehalten wird.

Als weiteres Szenario kann ein Brand im Fassvorbereitungsraum des Rückstandslagers sowie in den Vorräumen der Harzabfüllstation auftreten. Der Vorraum/Korridor der Harzabfüllstation grenzt mit einer massiven Brandschutzwand an den Endkonditionierungsraum. Es gibt offene Verbindungen zum zweiten Vorraum und zur Harzabfüllstation. Insgesamt beträgt die Brandeintrittshäufigkeit in der Harzabfüllstation  $8,8 \cdot 10^{-5}$ /Jahr, was einer Zuordnung zur Störfallkategorie 3 entspricht.

Neben dem Brand im Endkonditionierungsraum wird als weiteres Störfallszenario angenommen, dass ein Gebinde im Fassvorbereitungsraum oder in den Vorräumen der Harzabfüllstation von einem Brand betroffen ist. Es wird konservativ angenommen, dass eine Brandlöschung fehlschlägt und eine Freisetzung radioaktiver Stoffe analog zum Brand im Endkonditionierungsraum erfolgt. Im Rahmen der Dosisberechnung wurde davon ausgegangen, dass ein Dosiswert entsprechend der Störfallkategorie 2 nachzuweisen ist. Die entsprechenden Analysen zeigen, dass der Dosiswert von 1 mSv eingehalten wird.

### Beurteilung des ENSI

Bei der Bestimmung der Brandeintrittshäufigkeiten berücksichtigt das KKB alle relevanten Räume für die Lagerung, Handhabung und Verfüllung der Fässer. Jedoch entspricht die ausgewiesene Brandeintrittshäufigkeit nach Wertung des ENSI nicht den Vorgaben der aktuellen Richtlinie ENSI-A01, da die Brandeintrittshäufigkeit

nicht über den gesamten Brandabschnitt ausgewiesen und eine Brandausbreitungswahrscheinlichkeit angenommen wird. Ferner wird eine Wahrscheinlichkeit für die nicht erfolgreiche Brandlöschung nach Branderkennung berücksichtigt, welche nach Prüfung des ENSI nicht die im KKB tatsächlich zu erwartenden Zeiten für Ansprechen der Brandmelder, Störfalldiagnose, Aufbieten der Feuerwehr und Zeit bis zur Einsatzbereitschaft zur Brandlöschung berücksichtigt. Grundsätzlich erachtet das ENSI aber die verwendete Referenz NUREG/CR-6850 als geeignet, um Häufigkeiten für Fehler bei der Brandlöschung zu bestimmen.

#### **Forderung 6.4.3-1**

*Die deterministische Sicherheitsanalyse zum internen Brand im Rückstandslager ist bis zum 30. Juni 2024 zu überarbeiten. Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:*

- a) *Die Brandeintrittshäufigkeiten sind gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 brandabschnittsweise mit und ohne wirksamsten Einzelfehler zu bestimmen. Basierend darauf ist die Einhaltung der Nachweiskriterien zu zeigen. Die benötigten Zeiten zur Durchführung der Brandbekämpfung sind zu belegen.*

Grundsätzlich wird in den Analysen angenommen, dass der Brandschutz dem aktuellen Stand der Technik entspricht (vgl. Kap. 4.6.3 «Brandschutz»). Bezüglich zu erwartendem Schadensbild fehlen Angaben zu den zu erwartenden Schäden und Folgen eines Brandes in anderen Räumen des betrachteten Brandabschnitts. Nach Wertung des ENSI ist es bspw. nicht nachvollziehbar, dass Folgeschäden im Lagerbunker aufgrund von Bränden im Endkonditionierungsraum oder dem Vorraum der Endkonditionierung ausgeschlossen werden. Weiterhin fehlen prüfbare Angaben zu den Feuerwiderständen, um die thermischen Lasten aus den Bränden auf die gelagerten Fässer im Lagerbunker bewerten zu können. Jedoch geht das ENSI von einem gewissen Feuerwiderstand der gelagerten Fässer aufgrund des vorhandenen Mörtelmantels aus.

#### **Forderung 6.4.3-1**

- b) *Es sind die abdeckenden Auswirkungen eines Brandes mit Ursprung im jeweiligen Brandabschnitt des Rückstandslagers unter Berücksichtigung der Branddauer und allfälligen damit verbundenen Freisetzungen aus Abfallgebinden zu ermitteln.*

Die in der Störfallanalyse unterstellte Anzahl von 20 Fässern im Endkonditionierungsraum ist nicht im Einklang mit der Angabe im Brandschutzkonzept (Beilage 1 Teil C, Zusammenstellung potentiell brennbarer aktiver Stoffe), in dem eine maximale Anzahl von 30 Fässern angegeben wird. Darüber hinaus ist das ENSI der Auffassung, dass die dort aufgeführten Angaben zu den Massen an brennbarem Material (40 kg Ionenaustauscherharz, 20 kg Polystyrol) sich auf 100-Liter-Fässer beziehen, die jedoch nicht mehr für die Konditionierung verwendet werden.

#### **Forderung 6.4.3-1**

- c) *Das KKB hat die Tabelle Beilage 1 Teil C (Zusammenstellung potentiell brennbarer aktiver Stoffe) des Brandschutzkonzeptes auf Aktualität zu überprüfen und entsprechend anzupassen. Es sind in der deterministischen Analyse des internen Brandes abdeckende Randbedingungen (Brandlasten) anzusetzen.*

Die für die radiologische Analyse vorgenommene Eingruppierung der gehandhabten Gebinde gemäss der Transportstudie Konrad<sup>GRS</sup> in die Abfallgebindegruppe 1 sowie Belastungsklasse 2 ist hinsichtlich der Freisetzunganteile konservativ. Die Annahme, dass die Aktivitätsabgabe über den Kamin erfolgt, ist für das ENSI nicht plausibel: Das KKB macht in der Analyse keine Aussagen zum auslegungsgemässen Schliessen der Brandschutzklappen im Anforderungsfall und zum Abschalten der Lüftung. Nach Ansicht des ENSI ist dies jedoch sowohl im Hinblick auf das Schadensbild als auch auf den Freisetzungspfad von Relevanz.

#### **Forderung 6.4.3-1**

- d) *Das KKB hat das Anlageverhalten (wie Schliessen von Brandschutzklappen und Aktionen der Brandfallsteuerung) sowohl bei der Ermittlung des Schadensbildes als auch bei der Festlegung des Freisetzungspfades zu berücksichtigen. Es ist ein Notstromfall anzunehmen, sofern dieser den Störfallablauf negativ beeinflusst.*



Der Fassvorbereitungsraum gehört nicht zur kontrollierten Zone. Die Aussage des Betreibers, dass darin Fässer mit radioaktiven Abfällen gelagert/behandelt werden, widerspricht sowohl den Angaben im Zonenplan als auch den Ausführungen im Sicherheitsbericht, welche den Fassvorbereitungsraum als nicht zur kontrollierten Zone gehörig angeben. Das Szenario des Betreibers «Brand im Fassvorbereitungsraum» wird daher aus rein radiologischer Sicht obsolet. Dieser Sachverhalt ist bei der Erfüllung der Teilforderungen 6.4-1 Teil b) zu berücksichtigen.

Die Vorräume der Harzabfüllstation befinden sich zum einen nicht mehr im Gebäude «Rückstandslager» und zum anderen jeweils in einem separaten Brandabschnitt im Nebengebäude. Aus diesen Gründen gehören diese Räume nicht in den Betrachtungsumfang der deterministischen Analyse zum internen Brand im Gebäude «Rückstandslager». Das ENSI verweist für die Harzabfüllstation auf die Forderung 6.2.8-2 a) im Kap. 6.2.8 der vorliegenden Stellungnahme.

#### **6.4.3.4 Flugzeugabsturz**

##### **Angaben des KKB**

Das KKB hat zur Erfüllung der Forderung 6.4-5 aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 den auslegungsüberschreitenden Flugzeugabsturz auf das Rückstandslager neu analysiert. Es wurde konservativ unterstellt, dass das Flugzeug im ungünstigsten Winkel aufschlägt. Weiterhin wurde angenommen, dass es zu einem Kerosinbrand kommt, der dazu führt, dass brennbarer Inhalt von zerstörten Gebinden ebenfalls in Brand gerät und somit die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus diesen verstärkt. Die unterstellten Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie HSK-R-102. Der Störfallanalyse liegen u. a. folgende Konservativitäten zugrunde:

- gesamte Flugzeugmasse und 50 % der mitgeführten Kerosinmenge dringen in die Lagergebäude ein;
- mechanische und thermische Belastung für alle Gebinde im Rückstandslager;
- vollständige Freisetzung aller thermisch freisetzbaren Radionuklide aus allen Gebinden unabhängig von der einwirkenden Brandlast.

Wird unterstellt, dass konservativ alle Gebinde jedes Gebindetyps im Rückstandslager durch die mechanischen und thermischen Einwirkungen aufgrund des Flugzeugabsturzes betroffen sind, ergibt sich entsprechend den Gebindeanzahlen die maximale Dosis für Personen der Bevölkerung zu 37,1 mSv (Erwachsene). Damit wird die gemäss Richtlinie ENSI-G04 (Ausgabe 30. Juni 2015) vorgegebene Dosis von 100 mSv eingehalten.

Aufgrund der sehr konservativen Vorgehensweise bei der Ermittlung der Aktivität der Gebinde und der Dosiswerte in der Umgebung des Rückstandslagers wird die tatsächliche Dosis noch deutlich unterhalb dieses Wertes liegen. Diese für einen Füllgrad des Rückstandslagers von mehr als 80 % durchgeführten Betrachtungen zeigen, dass die zulässige Dosis von 100 mSv auch für eine Vollbelegung des Lagers mit den betrachteten Gebindetypen nicht überschritten werden kann.

##### **Beurteilung des ENSI**

Die vom KKB vorgelegte radiologische Analyse zum auslegungsüberschreitenden Flugzeugabsturz auf das Rückstandslager berücksichtigt eine Bremswirkung des Flugzeugkörpers durch die Gebäudedecke nicht. Dies stellt eine konservative Annahme dar. Die Analyse berücksichtigt die Auswirkungen durch den begleitenden Kerosinbrand durch die Verwendung entsprechender Freisetzunganteile nicht nur für die beschädigten Gebinde, sondern auch für die unbeschädigten nicht getroffenen Gebinde. Die gemäss Gefährdungsannahmen-Verordnung zu betrachtenden Auswirkungen des Treibstoffbrandes wie heisse Gase oder Wärmestrahlung auf die nicht direkt getroffenen übrigen Gebinde wurden, wie auch der spezifische Energieeintrag in die Gebinde, berücksichtigt. Die Analyse des KKB hinsichtlich Schadensbild und Quelltermmittlung erlaubt die ausreichend konservative Einschätzung der Folgen eines Flugzeugabsturzes. Betreffend die Quelltermbestimmung wäre aufgrund des aktuellen Erkenntnisstands eine etwas modifizierte Modellierung zwar angebracht, dies hat aber keine grosse Auswirkung auf den Gesamtquellterm, wie eigene Rechnungen des ENSI gezeigt

haben. Die Dosisberechnung des KKB kann das ENSI mit den vom KKB angegebenen Quelltermen allerdings nicht nachvollziehen: Das ENSI erhält signifikant grössere Werte als das KKB für die resultierende Dosis in der Umgebung, insbesondere für den Gebindetyp H(100in200l). Die Dosisberechnungen des ENSI lassen dennoch den Schluss zu, dass die Dosis in der Umgebung auch bei einem gefüllten Rückstandslager 100 mSv nicht überschreitet.

Das ENSI ist aufgrund der Diskrepanz zur Dosisberechnung des KKB in der Analyse zum auslegungsüberschreitenden Flugzeugabsturz auf das Rückstandslager<sup>steag-5</sup> der Ansicht, dass die Ausbreitungs- und Dosisberechnung durch das KKB überprüft werden sollen.

**Forderung 6.4.3-2**

*Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 für die Analyse zum Flugzeugabsturz auf das Rückstandslager<sup>steag-5</sup> die Ausbreitungs- und Dosisberechnung insbesondere für den Gebindetyp H(100in200l) zu überprüfen, ggf. zu korrigieren und dem ENSI darüber zu berichten.*

## 7 Probabilistische Sicherheitsanalysen

Für die der Auslegung zugrunde liegenden Störfälle wird nachgewiesen, dass die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umgebung gering ist und keine Gefährdung für die Umgebung und für die Bevölkerung darstellt.

Auslegungsüberschreitende Störfälle sind Störfälle, welche in Bezug auf das auslösende Ereignis oder die Art und Anzahl zusätzlicher Fehler den Rahmen der Auslegung durchbrechen. Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, dass radioaktive Stoffe in gefährdendem Umfang freigesetzt werden. Es ist die Aufgabe der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA), das Risiko auslegungsüberschreitender Störfälle abzuschätzen. Die PSA-Methodik erlaubt eine quantitative Risikobewertung unter Berücksichtigung verschiedenartigster Unfallursachen wie beispielsweise Systemausfälle, menschliches Versagen oder Naturkatastrophen. Darüber hinaus lassen sich mittels der PSA Rückschlüsse auf mögliche Schwachstellen der Anlage beziehungsweise auf sinnvolle Anlagenverbesserungen ziehen, die das Risiko weiter reduzieren können. Die Quantifizierung von Risiken, die sich aus Sabotage, Terroranschlägen oder Kriegshandlungen ergeben, ist gemäaa Stand der Technik nicht Gegenstand einer PSA und wird dementsprechend auch in den schweizerischen PSA nicht durchgeführt.

Die Bestimmung des Kernschadens- und Freisetzungsriskos erfolgt in zwei Schritten, welche als PSA der Stufen 1 und 2 bezeichnet werden. Die PSA der Stufe 1 umfasst die Bestimmung derjenigen Unfallabläufe, die zu einer Beschädigung des Reaktorkerns (bei Leistungsbetrieb) bzw. des Brennstoffes (bei Nichtleistungsbetrieb) führen. Als Ergebnis wird die Kernschadenshäufigkeit (Core Damage Frequency, CDF) bzw. Brennstoffschadenshäufigkeit (Fuel Damage Frequency, FDF) pro Jahr ausgewiesen. Die CDF und die FDF sind zudem ein wichtiges Zwischenresultat bei der Berechnung des Risikos für die Umgebung, da nur Unfälle mit Kern- oder Brennstoffbeschädigung auch zu einer Freisetzung grosser Mengen radioaktiver Stoffe führen können. Die PSA der Stufe 2 baut auf den Ergebnissen der Stufe 1 auf. Sie analysiert den Unfallablauf nach Kern- bzw. Brennstoffschaden und das damit verbundene Freisetzungsrisiko und berechnet u. a. die Häufigkeit einer grossen frühen Freisetzung (für den Leistungsbetrieb: Large Early Release Frequency, LERF; für den Nichtleistungsbetrieb: Shutdown Large Early Release Frequency, SLERF).

### 7.1 Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 34 Abs. 2 Bst. b KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A05<sup>A05</sup> und ENSI-A06<sup>A06</sup>

### 7.2 Vorgehen bei der Beurteilung

Grundlage für die vorliegende Stellungnahme sind die vom KKB eingereichte BERA2020 zur Bewertung des Leistungsbetriebs sowie die BESRA2017 zur Bewertung des Nichtleistungsbetriebes. Nur die Stufe-1-PSA für die Bewertung des Leistungsbetriebes wurde unter Berücksichtigung der im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ 2012 identifizierten Verbesserungspunkte vollständig überarbeitet. Das KKB hat die Auswirkung auf die FDF/LERF/SLERF der noch nicht umgesetzten Punkte abgeschätzt. Das ENSI hat die Studien überprüft. Die Ergebnisse der Überprüfung sind in der vorliegenden Stellungnahme festgehalten. Wo notwendig, wird auch auf frühere Versionen der KKB-PSA Bezug genommen, wie die BERA2013 und BESRA2013, die im Rahmen der PSÜ 2012 eingereicht wurden. Die oben genannten Modelle beziehen sich auf Block 2 des KKB (KKB 2). Eine Betrachtung des Risikos für den Block 1 (KKB 1) des KKB erfolgt im Rahmen der laufenden Aufsicht und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Stellungnahme. Es kann jedoch festgehalten werden, dass das Risiko vom KKB 1 aufgrund der ähnlichen Bauweise der beiden Blöcke nicht signifikant anders ist als für KKB 2.

Aus der Überprüfung abgeleitete Verbesserungspunkte sind detailliert in einer Aktionsliste<sup>ENSI/14/1935</sup> aufgeführt. Die bedeutendsten Punkte sind in den einzelnen Abschnitten dieser Stellungnahme zusammenfassend dargestellt. Die Umsetzung der in der Aktionsliste festgehaltenen Verbesserungen ist Gegenstand der Forderung 7.2-1.

#### **Forderung 7.2-1**

*Bis Ende 2024 sind sämtliche in der Aktionsliste zur BERA2020 aufgeführten Verbesserungspunkte umzusetzen und das PSA-Modell inklusive zugehöriger Dokumentation dem ENSI einzureichen. Ferner ist zu jedem in der Aktionsliste festgehaltenen Verbesserungspunkt darzulegen, wie dieser im neuen Modell beziehungsweise in der neuen Dokumentation umgesetzt wurde.*

### **7.3 Risikotechnische Bewertung des Leistungsbetriebs**

#### **Angaben des KKB**

Für die PSÜ 2017 hat das KKB seine PSA zur Bewertung des Leistungsbetriebes bezüglich folgender Aspekte überarbeitet:

##### *Komponentenzuverlässigkeitskenngrößen*

Die BERA2020 beinhaltet eine Erweiterung der Datenerhebung. Der Überprüfungszeitraum für die Erhebung von anlagenspezifischen Daten zur Bestimmung der Zuverlässigkeitskenngrößen erstreckt sich nun bis Ende 2016. Die Komponentenausfallraten, die Instandhaltungsunverfügbarkeiten (Häufigkeiten und Dauer) sowie die Parameter für die Quantifizierung von Ausfällen aufgrund einer gemeinsamen Ursache (Common Cause Failure, CCF) sind aktualisiert. Dabei wird das sogenannte Bayes-Verfahren verwendet, mit dem anlagenspezifische Ausfallraten auf Basis von generischen und anlagenspezifischen Daten berechnet werden.

##### *Zuverlässigkeit von Personalhandlungen*

Die BERA2020 berücksichtigt in der Zuverlässigkeitsanalyse von Personalhandlungen (Human Reliability Analysis, HRA) Handlungen der Kategorien A (Instandhaltungstätigkeiten mit Gelegenheiten für latente Fehler, welche die Zuverlässigkeit der betroffenen Systeme beeinträchtigen), B (Handlungen mit Gelegenheiten für Fehler, welche zur Entstehung auslösender Ereignisse beitragen) und C (infolge eines auslösenden Ereignisses angeforderte Handlungen, deren Versagen den Ereignisablauf verschlimmern). Die wesentlichen Änderungen gegenüber der bisherigen HRA betreffen die Kategorien B und C. Für auslösende Ereignisse infolge Kühlwassereinlassverstopfung sind jetzt Abhängigkeiten zwischen Handlungen der Kategorien B und C berücksichtigt worden. Die Analysen für interne Überflutungen (Kategorien B und C) und Brände (Kategorie C) sind jetzt ausführlicher als bisher. Für den Wiederstart der Dampferzeuger-Bespeisung innerhalb eines Zeitfensters von rund 20 Minuten, als eine der infolge Erdbeben angeforderten Handlungen (Kategorie C), wurde eine ausführliche HRA durchgeführt. Dabei wurde der nominale Wert der Diagnose-Versagenswahrscheinlichkeit um den Faktor 10 erhöht, um die Bedingungen zu berücksichtigen, die infolge hoher Bodenbeschleunigungen (auslösende Ereignisse mit Spitzenwerten im Bereich von 0,35 bis 0,75 g) zu erwarten sind.

Ferner wurden einige Verbesserungen der Störfallvorschriften vorgenommen. Hierzu gehört eine genauere Beschreibung der Massnahmen zur Herstellung einer Querverbindung zum Notspeisewassersystem LSE des Nachbarblocks in der Vorschrift für Massnahmen nach Totalausfall der Wechselstromversorgung. Zudem werden alle Accident-Management-Vorschriften mit einer Tabelle ergänzt, welche Angaben zur Laufzeit der verschiedenen mobilen Pumpen bis zur ersten Nachfüllung von Kraftstoff enthält.

##### *Interne auslösende Ereignisse*

Der Umfang der internen auslösenden Ereignisse ist gegenüber der BERA2013 unverändert. Der Zeitraum für die Erhebung von anlagenspezifischen internen auslösenden Ereignissen wurde um 5 Jahre erweitert, sodass er den Zeitraum bis Ende 2016 umfasst. In diesem Zeitraum ereigneten sich zwei interne auslösende Ereignisse: eine automatische Reaktorschnellabschaltung durch das Signal «Dampferzeuger-Niveau tief» nach

Speisewasserisolierung sowie eine manuelle Reaktorschnellabschaltung wegen einer Störung an der Reaktorhauptpumpe. Es ist kein Trend bei den Eintrittshäufigkeiten der internen auslösenden Ereignisse feststellbar.

#### *Systemmodellierung, Unfallablaufanalyse und Anlagenänderungen*

Es wurden diverse kleinere Modellanpassungen vorgenommen. Diese betreffen insbesondere eine Verfeinerung des Modells für die Primärkreisintegrität sowie eine Vereinfachung des Modells für die Gleichstromversorgung. Für jede Komponente der Gleichstromversorgung wird eine Missionszeit von 24 h angenommen, statt wie zuvor unterschiedliche Anforderungen der Stromversorgungsdauer zu berücksichtigen. Die wesentlichen Anlagenänderungen, welche seit dem AUTANOVE-Projekt implementiert wurden, wie zum Beispiel die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) der Pumpen des Primären Nebenkühlwassersystems (PRW), sind berücksichtigt.

#### *Brand*

Das KKB hat eine vollständig neue Brand-PSA erstellt. Sie orientiert sich stark an der von EPRI und U.S.NRC entwickelten Methodik, die vor allem in der «Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities»<sup>NUREG/CR-6850</sup> festgehalten ist. Das Verfahren gliedert sich in folgende Schritte:

- Mit Hilfe einer Aufstellung der in den relevanten Bereichen vorhandenen Ausrüstungen und der Liste der in der PSA betrachteten auslösenden Ereignisse werden den einzelnen Anlagebereichen die bei einem dortigen Brand möglichen auslösenden Ereignisse zugewiesen. Dabei werden auch die Relevanz der verschiedenen Instrumentierungen für Personalhandlungen zusammengestellt und die möglichen auslösenden Ereignisse durch brandbedingte Fehlauflösungen geprüft.
- Räume, in welchen Brandschäden weder zur Unverfügbarkeit von in der PSA zur Störfallbewältigung kreditierten Ausrüstungen noch zu einer Reaktorabschaltung führen können, werden in der Analyse nicht weiter betrachtet. Auf Basis der beim vorangegangenen Arbeitsschritt identifizierten potentiellen Brandauswirkungen wird aus dem Risikomodell für interne Ereignisse das Modell für Brandereignisse erstellt.
- Die anlagenspezifischen Brandhäufigkeiten werden aus generischer Betriebserfahrung und den in der Geschichte der Anlage aufgetretenen Brandereignissen mittels des Bayes'schen Verfahrens gewonnen. Die Verteilung auf die einzelnen Räume der Anlage wird proportional zum Inventar an potentiellen Zündquellen und nach dem Aufkommen an Tätigkeiten mit möglicher Brandentstehung vorgenommen.
- Es werden Räume, die unter der Annahme ihres vollständigen Ausbrennens bei Auslösung der ungünstigsten Fehlfunktionen nur kleine Beiträge zur CDF ergeben, vernachlässigt, sodass die Summe der dabei vernachlässigten CDF weniger als  $10^{-8}$  pro Jahr beträgt. Die Auswirkungen des Brands auf die Zuverlässigkeit der Personalhandlungen zur Störfallbewältigung werden quantitativ bewertet. In einer darauffolgenden groben Brandausbreitungsanalyse werden Zündquellen, sofern der durch sie ausgelöste Brand zu klein ist, um von ihrem Standort aus mehrere relevante Komponenten zu erreichen, als Beitrag zur Brandhäufigkeit der jeweiligen Räume vernachlässigt.
- Typische Stromkreise von Armaturen und Pumpen werden auf ihr Verhalten bei brandbedingten Kurzschlüssen zu Stromleitern der gleichen Spannungsebene untersucht. Von Interesse sind die Möglichkeiten zur fehlerhaften Auslösung aktiver Ausrüstungen. Die bedingten Wahrscheinlichkeiten der verschiedenen Fehlauflösungen werden anhand der Beschaffenheit der Kabelstränge bewertet.
- Im Zuge einer detaillierten Brandmodellierung werden ausgewählte Räume in Unterabschnitte mit jeweils geringerem Umfang an beschädigten Ausrüstungen und möglichen auslösenden Ereignissen unterteilt, wobei die Zulässigkeit der angenommenen Trennungen zwischen den Unterabschnitten durch Brandausbreitungsberechnungen in einem Zonenmodell begründet wird. Teilweise werden auch weitere Verfeinerungen der Brandauswirkungen vorgenommen. Die endgültigen Brandszenarien werden im PSA-Modell eingefügt, um die Risikobeiträge zu CDF und LERF zu quantifizieren.

Es ergibt sich aus dieser Brand-PSA eine CDF von  $1,41 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr mit führenden Beiträgen von Bränden in den elektrischen Anlagen in den Schaltanlagen- und Notstandgebäuden sowie von Bränden im Reaktorgebäude und in der Frischdampfabblasestation.

### *Interne Überflutung*

Die im Rahmen der BERA2020 dokumentierte Analyse interner Überflutungen umfasst die Schritte

- Aufnahme anlagenspezifischer Information;
- Qualitative Auswahl von Überflutungsszenarien;
- Bestimmung der Überflutungshäufigkeiten;
- Quantitative Auswahl von Überflutungsszenarien;
- Detailanalyse von Überflutungsszenarien;
- Integration der Überflutungsszenarien in das PSA-Modell.

Im Vergleich zur Analyse interner Überflutungen gemäss BERA2013 wurden eine Datenaktualisierung der KKB-spezifischen Erfahrungen bezüglich interner Überflutungen durchgeführt, zusätzliche Komponenten und Gebäudeteile, die im Rahmen des Projekts AUTANOVE in die Anlage integriert worden waren, analysiert, ein strengeres Screening-Kriterium angewendet, die Wahrscheinlichkeit für Fehlsignale aufgrund von Kurzschlüssen neu beurteilt und die HRA für die Auslösung und Bewältigung von Flutszenarien überarbeitet.

Der durch anlageninterne Überflutung bedingte CDF-Beitrag beträgt  $1,32 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr.

### *Erdbeben*

In Zusammenhang mit der im Rahmen der Inkraftsetzung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 erlassenen Verfügung vom 26. Mai 2016<sup>ENSI-2016-05-26</sup> hat das KKB das seismische PSA-Modell erheblich erneuert und die zugehörige Dokumentation aktualisiert und erweitert.

Die Erdbebengefährdungsannahmen der BERA2013 (PRP Intermediate Hazard) sind in der BERA2020 durch die Annahmen ENSI-2015 ersetzt. Die in den auslösenden Ereignissen maximal erfasste Spitzenbodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration, PGA) ist von 2,8 g auf 4,9 g erhöht.

Die beschleunigungsbedingten Versagenswahrscheinlichkeiten (Fragilities) aller Komponenten sind unter Verwendung neu berechneter Etagenantwortspektren ermittelt.

Als Folge der verschiedenen Aktualisierungen und Verbesserungen erhöht sich die Erdbeben-CDF im Vergleich zur BERA2013. Sie liegt nunmehr bei  $1,10 \cdot 10^{-5}$  pro Jahr und entspricht somit einem Anteil von mehr als 75 % an der gesamten CDF.

### *Unfallbedingter Flugzeugabsturz*

Zu den wesentlichen Anpassungen, die infolge der Aktionspunkte aus der PSÜ 2012 vorgenommen wurden, gehören eine stärkere Anlehnung an die in der Richtlinie ENSI-A05 vorgegebenen Absturzraten und Absturzkonsequenzen. Beispielsweise ist der Verlust der externen Stromversorgung jetzt als Folge eines Militärflugzeugabsturzes auf dem Kraftwerksgelände im PSA-Modell abgebildet.

Der CDF-Beitrag des unfallbedingten Flugzeugabsturzes wird mit  $1,03 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr ausgewiesen.

### *Weitere Ausführungen zum Stufe-1-PSA-Modell*

Das Vorgehen zur Häufigkeitsbestimmung des Störfalls Turbinenzerknall wurde aktualisiert. Der CDF-Beitrag dieses Störfalls ist kleiner als  $10^{-9}$  pro Jahr.

Die Gefährdungsanalyse bezüglich extremer Winde und Tornados ist überarbeitet und im Modell berücksichtigt worden. Diese Änderungen führen zu einem CDF-Beitrag für diese Ereigniskategorie von  $2,68 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr.

Die Analyse externer Überflutungen wurde unverändert aus der BERA2013 übernommen. Es ergibt sich ein CDF-Beitrag von  $5,3 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr.

### Stufe-2-PSA

Die Stufe-2-PSA analysiert das Anlageverhalten bei schweren Unfällen (auslegungsüberschreitende Störfälle, bei denen es zu einer Kernschmelze kommt). Insbesondere die Belastung und das Verhalten des Containments sowie der Umfang und die Häufigkeit der zu erwartenden Aktivitätsfreisetzungen (Quellterme) stehen dabei im Vordergrund der Analyse.

Mit Erstellung der BERA2020 ist noch keine Umsetzung der Forderungen (Aktionspunkte) des ENSI aus der Prüfung der Stufe-2-PSA zur BERA2013 erfolgt. Da das Stufe-1-PSA-Modell und das Stufe-2-PSA-Modell im Programm gekoppelt sind (integriertes Modell), sind Anpassungen, welche in der Stufe-1-PSA vorgenommen worden sind, stets im Stufe-2-PSA-Modell berücksichtigt.

### Ergebnisse

Die in der BERA2020 für auslösende Ereignisse während des Leistungsbetriebs ermittelte CDF beträgt  $1,44 \cdot 10^{-5}$  pro Jahr. Tabelle 7.3-1 zeigt die zugehörigen Risikobeiträge.

**Tabelle 7.3-1: Beiträge auslösender Ereignisse zur CDF**

Zusammenfassungen	Ereigniskategorie	Mittlere CDF [1/a]	Anteil [%]
<b>Interne Ereignisse</b>	Kühlmittelverluste	$9,34 \cdot 10^{-7}$	6,5
	Transienten	$1,18 \cdot 10^{-7}$	0,8
	Hilfssystemausfälle	$3,32 \cdot 10^{-8}$	0,2
	<b>Total</b>	<b><math>1,08 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b>7,5</b>
<b>Interne systemübergreifende Ereignisse</b>	Interne Brände	$1,41 \cdot 10^{-6}$	9,8
	Interne Überflutung	$1,32 \cdot 10^{-7}$	0,9
	<b>Total</b>	<b><math>1,54 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b>10,7</b>
<b>Externe Ereignisse</b>	Erdbeben	$1,10 \cdot 10^{-5}$	76,5
	Extreme Winde und Tornados	$2,68 \cdot 10^{-7}$	1,9
	Externe Überflutung	$5,30 \cdot 10^{-8}$	0,4
	Flugzeugabsturz	$1,03 \cdot 10^{-7}$	0,7
	Kühlwassereinlassverstopfung	$3,45 \cdot 10^{-7}$	2,4
	<b>Total</b>	<b><math>1,18 \cdot 10^{-5}</math></b>	<b>81,8</b>
<b>Alle Ereignisse</b>	<b>Gesamt</b>	<b><math>1,44 \cdot 10^{-5}</math></b>	<b>100,0</b>

Die CDF des KKB ist vor allem von Erdbeben (mehr als 75 % der gesamten CDF) dominiert, mit weitem Abstand gefolgt von internen Bränden. Die übrigen Beiträge sind vergleichsweise gering. Das KKB hat verschiedene Importanzanalysen durchgeführt.

Die Fussel-Vesely-Importanz (FV) ist ein Mass dafür, wie stark die CDF sinken würde, wenn das betrachtete Anlageteil nie ausfiel bzw. die betrachtete Personalhandlung garantiert erfolgreich wäre. Eine hohe Bedeutung gemäss FV ergibt sich für die AUTANOVE- und Notstand-Diesलगeneratoren und das Reaktorschnellabschaltungssystem. Die Bedeutung der Notstand-Diesलगeneratoren hat sich infolge der AUTANOVE-Nachrüstung reduziert.

Der Risk Achievement Worth (RAW) gibt an, um welchen Faktor die CDF steigen würde, wenn das betrachtete Anlageteil bzw. die Personalhandlungen garantiert ausfallen würden. Für die CDF am bedeutendsten gemäss RAW sind das Reaktorschnellabschaltungssystem und der Borwassertank.

Die höchste Importanz von Personalhandlungen bezüglich FV und RAW weisen Handlungen zur Beherrschung eines Dampferzeugerheizrohrbruchs auf.

Die Ergebnisse der Stufe-2-PSA werden u. a. anhand der LERF ausgewiesen. Dabei zählt das KKB Unfälle, welche innerhalb der ersten 10 Stunden nach Kernschaden mehr als  $2 \cdot 10^{15}$  Bq I-131 in die Umgebung freisetzen, zur LERF.

Die LERF beträgt gemäss KKB  $4,27 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr und wird, wie Tabelle 7.3-2 zeigt, zu etwa 94 % von Erdbeben dominiert. Weitere Beiträge liefern Kühlmittelverluste (4 %) und Flugzeugabsturz (0,5 %). Bei den Kühlmittelverlusten tragen Dampferzeugerheizrohrbrüche mit über 94 % zur LERF bei. Insgesamt führt ein grosser Anteil der CDF zu einer grossen frühen Freisetzung. Die Erhöhung der LERF durch die nicht umgesetzten Aktionspunkte ist vernachlässigbar.

**Tabelle 7.3-2: Beiträge der auslösenden Ereigniskategorien zur LERF**

Zusammenfassungen	Ereigniskategorie	Mittlere LERF [1/a]	Anteil [%]
<b>Interne Ereignisse</b>	Kühlmittelverluste	$1,72 \cdot 10^{-7}$	4,03
	Transienten	$1,73 \cdot 10^{-8}$	0,41
	Hilfssystemausfälle	$3,06 \cdot 10^{-10}$	0,01
	<b>Total</b>	<b><math>1,89 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b>4,43</b>
<b>Interne systemübergreifende Ereignisse</b>	Interne Brände	$3,96 \cdot 10^{-8}$	0,93
	Interne Überflutung	$2,06 \cdot 10^{-9}$	0,05
	<b>Total</b>	<b><math>4,17 \cdot 10^{-8}</math></b>	<b>0,98</b>
<b>Externe Ereignisse</b>	Erdbeben	$4,02 \cdot 10^{-6}$	94,15
	Extreme Winde und Tornados	$2,10 \cdot 10^{-9}$	0,05
	Externe Überflutung	$4,72 \cdot 10^{-10}$	0,01
	Flugzeugabsturz	$1,91 \cdot 10^{-8}$	0,45
	Kühlwassereinlassverstopfung	$7,03 \cdot 10^{-9}$	0,16
	<b>Total</b>	<b><math>4,04 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b>94,61</b>
<b>Alle Ereignisse</b>	<b>Gesamt</b>	<b><math>4,27 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b>100,00</b>

Freisetzungen durch Versagen des Containmentabschlusses liefern mit 76,6 % den grössten Beitrag zur LERF. Personalhandlungen, deren Versagen mindestens 1 % zur LERF beitragen, sind:

- Massnahmen zur Beherrschung von Dampferzeugerheizrohrbrüchen;
- Wiederstart einer Speisewasserpumpe (insbesondere in Erdbebenstörfällen);
- die Erstellung einer alternativen Kühlung gemäss Accident-Management-Vorschriften (insbesondere in Erdbebenstörfällen).

Der seismische Beitrag zur LERF ist auf viele Systeme, Strukturen und Komponenten verteilt. Die wichtigsten davon sind diverse Strukturen, deren Versagen zum direkten Kernschaden führt, und die Isolation des Containments einschliesslich der Kühlwasser- und Steuerluftleitungen innerhalb.

Die Risikokenngrösse Total Risk of Activity Release (TRAR) ist definiert als Summe der Produkte aus den Freisetzungshäufigkeiten der einzelnen Kategorien und den entsprechenden Quelltermen und beträgt  $3,55 \cdot 10^{13}$  Bq pro Jahr. Den höchsten Beitrag zur TRAR liefern die Freisetzungskategorien mit einem durch externe Ereignisse ausgelösten Containmentbypass, mit Versagen des Containmentabschlusses und mit einer gefilterten Druckentlastung (die beiden letzten Kategorien jeweils mit einer Schmelze-Beton-Wechselwirkung und ohne Containmentsprühen). Die (seltenen) Bypass-Kategorien tragen aufgrund ihrer grossen Quellterme insgesamt rund 41 % zur TRAR bei.

- Die Häufigkeit eines späten Containmentversagens ist mit  $7,5 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr gering (Anteil 0,8 %).
- Die Häufigkeit von frühem Containmentversagen ist mit  $2,5 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr gering (Anteil 0,3 %). Frühes Containmentversagen ist im Wesentlichen durch Wasserstoffverbrennungen und den Druckaufbau im



Containment durch die Dampfproduktion nach dem RDB-Versagen bedingt. Aus Sicht des KKB zeigt dies, dass das KKB-Containment sehr robust gegenüber den Containmentbelastungen bei einem schweren Unfall ist.

Die aus risikotechnischer Sicht wichtigen Nachrüstungen, die zwischen 2012 und 2019 implementiert wurden, sind:

- zusätzliche Passive Autokatalytische Rekombinatoren (PAR) wurden eingebaut (2019);
- für das Notstandssystem wurde die Sicherheitsmarge gegen Hochwasser erhöht (2016);
- mit dem Projekt AUTANOVE wurden die neuen Notstromgeneratoren sowie das neue Notsperwasser-system eingebaut (2015);
- in beiden Blöcken wurde je ein Accident-Management-Diesel installiert (2014);
- diverse seismische Ertüchtigungen (Halterungen, Verankerungen, Verstärkung des Nebengebäudes A) wurden abgeschlossen (2012 – 2014).

#### *Brennelementlagerbecken bei Leistungsbetrieb*

Im Rahmen der PSÜ 2017 hat das KKB die Studie aus der PSÜ 2012 zu den Brennelementlagerbecken erneut eingereicht. Demnach ist die Erstellung einer PSA für das Brennelementlagerbecken nicht erforderlich, da der Risikobeitrag vernachlässigbar ist. Trotzdem kündigt das KKB an, eine PSA für das Brennelementlagerbecken zu erstellen.

#### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI nimmt zu den einzelnen Beurteilungspunkten wie folgt Stellung:

##### *Komponentenzuverlässigkeitskenngrößen*

Entsprechend den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A06, Kapitel 5 ist eine Aktualisierung der Komponentenzuverlässigkeitskenngrößen erfolgt. Deren Bestimmung, insbesondere das verwendete Bayes-Verfahren und die Methode zur Bestimmung der CCF-Parameter, entsprechen dem Stand der Technik.

Aus der ENSI-Überprüfung der Komponentenzuverlässigkeitskenngrößen ergeben sich Verbesserungspunkte. Insbesondere liegen geringfügige Unstimmigkeiten bei der Dokumentation vor. Ferner wurden für Messwertgeber und Siebe keine CCF berücksichtigt. Eine Erklärung diesbezüglich fehlt.

##### *Zuverlässigkeit von Personalhandlungen*

Die umgesetzten Forderungen aus der PSÜ 2012 sind wesentliche Verbesserungen der HRA und der Störfallvorschriften. Als besonders positiv hervorzuheben ist, dass das KKB konsequent die Erkenntnisse aus dem qualitativen Teil (Aufgabenanalyse) der HRA nutzt, um gezielt die Störfallvorschriften zu verbessern.

In der speziell für eine Handlung (Wiederstart der Dampferzeuger-Bespeisung innerhalb eines Zeitfensters von rund 20 Minuten), die infolge eines starken Erdbebens angefordert wird, durchgeführten HRA wird kaum szenariospezifisch auf die zu erwartenden Mensch-Maschine-Interaktionen eingegangen. Beispielsweise fehlt die Berücksichtigung der Arbeitsbelastung durch parallel angeforderte Massnahmen und parallel abzuarbeitende Störfallvorschriften. Eine Bestimmung der Fehlerwahrscheinlichkeit der Handlung (Human Error Probability HEP) entsprechend den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A05 hätte allerdings nur eine vernachlässigbare CDF-Erhöhung zur Folge.

Die durch weitergehende Prüfungen des ENSI identifizierten Verbesserungspotentiale betreffen insbesondere die HRA für interne Überflutungen (z. B. die unzureichend belastbare Herleitung ungewöhnlich kleiner HEP-Werte für die Leck-Absperrung), die Diagnosezuverlässigkeit bei Störungen infolge Kühlwassereinlaufverstopfungen und die Bewertung der rechtzeitigen Durchführbarkeit der gemäss Störfallvorschrift durchzuführenden Schritte für die Erstellung einer Rezirkulationskühlung im Verlauf eines grösseren Kühlmittelverluststörfalls.

### *Interne auslösende Ereignisse*

Die für die Aktualisierung der Häufigkeit verwendeten Methoden haben sich im Vergleich zur BERA2013 nicht geändert und entsprechen dem Stand der Technik. Entsprechend den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A05, Kap. 4.7.2.3 Bst. c wurden die Trends untersucht. Das ENSI stimmt den Ergebnissen der durchgeführten Trendanalyse zu.

### *Systemmodellierung, Unfallablaufanalyse und Anlagenänderungen*

Die vorgenommenen Änderungen sind zweckmässig. Die Aktionsliste aus der PSÜ 2012 wurde generell in angemessener und korrekter Weise umgesetzt. An Anlagenänderungen mit potentieller Auswirkung auf das Risiko seit Fertigstellung der BERA2013 ist hauptsächlich der Einbau der USV für das PRW-System zu erwähnen. Diese ist in der BERA2020 adäquat berücksichtigt.

### *Brand*

Die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Erstellung der Brand-PSA entspricht dem Stand der Technik. Die Zuweisung der Brandhäufigkeiten zu den Räumen entspricht einem üblichen Vorgehen und kann als realistisch beurteilt werden. Es bestehen einzelne Fälle unrealistischer Annahmen zur Auswirkung von Bränden. Diese sind stets von konservativer Natur, jedoch ohne die Beurteilbarkeit des Risikoniveaus und der Ausgewogenheit massgeblich zu beeinträchtigen.

### *Interne Überflutung*

Die im Rahmen der BERA2020 durchgeführte Analyse interner Überflutungen umfasst die wesentlichen in der Richtlinie ENSI-A05 geforderten Schritte. Mit der Überarbeitung der Analyse wurden diverse Punkte entsprechend dem vom ENSI bei der Prüfung der BERA2013 identifizierten Verbesserungspotenzial überarbeitet. Im Vergleich zur BERA2013 ist der CDF-Beitrag interner Überflutungen von  $3,70 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr auf  $1,32 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr gestiegen. Dies ist unter anderem auf die nunmehr höher als in der BERA2013 angenommene Wahrscheinlichkeit von überflutungsbedingten Fehlsignalen zurückzuführen.

Allerdings wird weiterhin eine Datenbasis aus der BERA2000 für die Bestimmung generischer Häufigkeiten interner Überflutungen verwendet, obwohl inzwischen international gesehen deutlich mehr Betriebserfahrung vorliegt, die in Bezug auf Häufigkeiten interner Überflutungen bereits ausgewertet ist<sup>EPRI-3002000079</sup>. Die Argumentation des KKB, dass der CDF-Beitrag interner Überflutungen gering sei und deshalb eine andere Datenbasis keinen Erkenntnisgewinn brächte, ist nicht stichhaltig. Darüber hinaus ist anzumerken, dass das KKB für einen Teil der deterministischen Nachweise der Beherrschung von internen Überflutungen (die nach der Überarbeitung der PSA zu internen Überflutungen durchgeführt worden sind) bereits eine geeignete, neuere Datenbasis verwendet hat.

Auch unter Berücksichtigung des angeführten Verbesserungspotenzials liefern interne Überflutungen aus Sicht des ENSI keinen dominanten Beitrag zur Gesamt-CDF des KKB.

### *Erdbeben*

Gemäss Ziffer 2 C der im Rahmen der Inkraftsetzung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 erlassenen Verfügung vom 26. Mai 2016<sup>ENSI-2016-05-26</sup> hatten die Werke auf Ende Juni 2019 die PSA betreffend Erdbeben zu aktualisieren sowie die Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage und insbesondere auf das Risiko zu bewerten. Die Beurteilung der Erfüllung der Verfügung ist nicht Gegenstand der vorliegenden Stellungnahme. Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse der im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ 2017 des KKB durchgeführten stichprobenartigen Prüfarbeiten dargelegt.

Der Erdbebenanteil der BERA2020 ist im Vergleich zu demjenigen der BERA2013 grundlegend weiterentwickelt. Das im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ 2012 des KKB identifizierte Verbesserungspotenzial ist adressiert worden. Im Einzelnen zeichnet sich die Analyse durch folgende spezifische Punkte aus:

- die in der BERA2020 verwendeten Erdbebengefährdungsannahmen (ENSI-2015) entsprechen der Festlegung des ENSI;
- neue Anlagenbegehungen wurden durchgeführt;

- es wurden neue Fragility-Analysen erstellt und bestehende Fragility-Analysen wurden in grösserem Umfang überarbeitet. Generell gelten die in den Fragility-Analysen der BERA2020 verwendeten Ansätze als Stand der Technik.

Zu den einzelnen Punkten der Erdbebenanalyse der BERA2020 haben die stichprobenartigen Prüfarbeiten des ENSI auch Verbesserungspotenzial aufgezeigt. Dieses betrifft vor allem die Qualität der Fragility-Analysen hinsichtlich der Gesichtspunkte Umfang der betrachteten Fehlermodi, Begründung von Annahmen und Eignung verwendeter generischer Fragility-Werte. Zudem sind die seismischen Veragenswahrscheinlichkeiten im Bereich tiefer Beschleunigungen vereinfacht quantifiziert und dadurch, nach Abschätzung des ENSI, die seismisch bedingte CDF um ca. 10 % unterschätzt.

Aufgrund der im Dezember 2020 festgestellten Montageabweichungen an Schwingungsdämpfern von zwei Notstand-Dieselmotoren erhöhte sich der seismisch bedingte Beitrag an die CDF um ca.  $3,8 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr und jener an die LERF um ca.  $1,05 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr. Mit den inzwischen erfolgten Instandsetzungsarbeiten zur Behebung der Abweichung vom Sollzustand wurde diese Erhöhung eliminiert.

Insgesamt ist das Ergebnis der BERA2020 plausibel, dass Erdbeben weiterhin die Gesamt-CDF des KKB dominieren. Aus der Umsetzung des identifizierten Verbesserungspotenzials der Erdbebenanalyse ergibt sich möglicherweise ein moderater Anstieg der Erdbeben-CDF.

#### *Unfallbedingter Flugzeugabsturz*

Die vorgenommenen Anpassungen sind eine Verbesserung der Analyse. Inkonsistenzen bestehen noch bei den angenommenen Absturzzraten, da die Summe der flugphasenspezifischen Absturzzraten kleiner ist als der jeweils in der Richtlinie ENSI-A05 vorgegebene Wert. Ferner werden aus Sicht des ENSI die beim unfallbedingten Flugzeugabsturz angenommenen Anprallgeschwindigkeiten nicht realistisch bewertet. Ein dominanter CDF-Beitrag durch unfallbedingte Flugzeugabstürze ist nicht zu erwarten.

#### *Weitere Ausführungen zum Stufe-1-PSA-Modell*

Zur überarbeiteten Turbinenzerknallanalyse hat das ENSI verschiedene Verbesserungspunkte identifiziert. Es ist nicht davon auszugehen, dass unter Berücksichtigung dieser Verbesserungspunkte der CDF-Beitrag vom Turbinenzerknall zu einer wesentlichen Änderung der gesamten CDF führt.

Die Studie zu extremen Winden und Tornado entspricht im Allgemeinen dem Stand der Technik, jedoch wurden bei der Gefährdungsbestimmung Verbesserungspunkte identifiziert. Hieraus erwartet das ENSI keinen relevanten CDF-Beitrag.

Erkenntnisse aus dem Projekt EXAR<sup>EXAR-2021</sup> konnten noch nicht aufgenommen werden, da diese erst zum Februar 2021 vorlagen. Auf Grundlage der nun publizierten Gefährdungskurve für das KKB erwartet das ENSI zwar eine Änderung des CDF-Beitrags externer Überflutungen, aber keinen dominanten Beitrag. Zur umfassenden Behandlung der Ergebnisse von EXAR, wie zum Beispiel zur Erosion, müssen zuerst vertiefte Untersuchungen durchgeführt werden, bevor diese allenfalls im PSA-Modell berücksichtigt werden können.

#### *Stufe-2-PSA*

Das ENSI hat die Stufe-2-PSA für den Leistungsbetrieb bereits im Rahmen der PSÜ 2012 geprüft. Da in der Zwischenzeit durch das KKB keine Arbeiten, welche speziell deren Modellierung betreffen, abgeschlossen wurden, bleiben die damaligen Erwägungen weiter gültig.

#### *Ergebnisse*

Das KKB hat eine umfassende Stufe-1-PSA eingereicht. Das Stufe-1-PSA-Modell ist, auch wenn Verbesserungspotenzial besteht, eine geeignete Grundlage für risikotechnische Anwendungen.

Auch unter Berücksichtigung des identifizierten Verbesserungspotenzials geht das ENSI davon aus, dass das KKB das Kriterium der Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UV EK-G</sup> (CDF <  $10^{-4}$  pro Jahr) deutlich einhält. Das Sicherheitsniveau der Anlage und die Ausgewogenheit der Risikobeiträge werden in Kap. 7.5 der vorliegenden Stellungnahme bewertet.

Gegenüber der Studie BERA2013 ist die CDF gestiegen. Dies ist hauptsächlich durch den Anstieg des seismischen Anteils der CDF bedingt (von  $7,72 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr auf  $1,1 \cdot 10^{-5}$  pro Jahr) wie auch durch einen Anstieg des CDF-Beitrages interner Brände (von  $8,96 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr auf  $1,41 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr).

- Der Anstieg bei der seismischen CDF ist zum einen bedingt durch die Aktualisierung von gewissen wichtigen Fragilities auf Basis von ENSI-Kommentaren, zum anderen durch die höheren Gefährdungsannahmen ENSI-2015.
- Die BERA2013 Brand-CDF wurde bei der letzten PSÜ-Stellungnahme als wenig belastbar beschrieben. Die aktuelle Studie zu Brand wurde komplett erneuert und entspricht weitgehend dem Stand von Wissenschaft und Technik. Die aktuelle Brand-CDF ist aus Sicht des ENSI plausibel.

Die in der BERA2020 identifizierten Hauptbeiträge zum Risiko und die ermittelten Importanzwerte erachtet das ENSI als plausibel.

Die infolge der nachgerüsteten Notstromversorgungssysteme AUTANOVE reduzierte sicherheitstechnische Bedeutung der Notstand-Dieselmotoren ist ein Anzeichen für eine erhöhte Sicherheit gegenüber externen Ereignissen. Die hohe Importanz des Reaktorschnellabschaltungssystems ist bedingt durch das Versagen von dessen Mechanik in auslegungsüberschreitenden Erdbeben.

Abgesehen von den seismischen Beiträgen sind die Ergebnisse der Stufe-2-PSA in der BERA2020 sehr ähnlich zu denjenigen in der BERA2013 und erscheinen daher robust und plausibel im Rahmen der Belastbarkeit der Ergebnisse der Stufe-1-PSA.

Die im Überprüfungszeitraum durchgeführten Nachrüstungen wirken sich positiv auf die CDF und auf die LERF aus. Die entsprechende Senkung der CDF und der LERF ist aus dem Vergleich zwischen BERA2013 und BERA2020 nicht ersichtlich, da einige Nachrüstungen bereits im BERA2013-Modell berücksichtigt waren und das Erdbebenrisiko aufgrund der neuen Gefährdungsannahmen sowie der überarbeiteten Fragilities gestiegen ist.

#### *Brennelementlagerbecken bei Leistungsbetrieb*

Die vom ENSI im Rahmen der Stellungnahmen zur PSÜ 2012 identifizierten Verbesserungen dienen der Klärung, ob eine PSA für das Brennelementlagerbecken zu erstellen ist. Mit der Entscheidung des KKB, eine PSA für das Brennelementlagerbecken zu erstellen, entfallen diese Abklärungen. Das ENSI hat die Einreichung dieser PSA gefordert und wird sie ausserhalb der vorliegenden PSÜ-Stellungnahme prüfen.

## **7.4 Risikotechnische Bewertung des Nichtleistungsbetriebs**

### **Angaben des KKB**

Anlässlich der PSÜ 2017 hat das KKB für die risikotechnische Bewertung des Nichtleistungsbetriebes die BESRA2017 eingereicht. Gegenüber dem PSA-Modell für die PSÜ 2012 wurden mit der BESRA2017 folgende Aspekte geändert:

#### *Komponentenzuverlässigkeitskenngrössen*

Die für die Bewertung des Nichtleistungsbetriebs verwendeten Komponentenzuverlässigkeitsdaten (Komponentenausfallraten und CCF-Parameter) basieren auf den Daten, die für die PSA zur Bewertung des Leistungsbetriebes verwendet werden. Die BESRA2017 verwendet die gleichen Zuverlässigkeitskenngrössen wie die BESRA2013. Es werden für den Nichtleistungsbetrieb keine zusätzlichen Komponentenausfallraten bestimmt.

#### *Zuverlässigkeit von Personalhandlungen*

Es wurde ergänzt, dass bei Instandhaltung des Diesels im Notstandsystem Block 2 für die Aufschaltung des Notstand-Dieselmotors des anderen Blocks eine Personalhandlung notwendig ist. Ansonsten erfolgten keine wesentlichen Anpassungen der HRA für den Nichtleistungsbetrieb.

### *Systemmodellierung, Unfallablaufanalyse und Anlagenänderungen*

Für die Studie BESRA2017 wurde eine bedeutende Überarbeitung der Modellierung der Instandhaltungskonfigurationen im Stillstand vorgenommen. Grund der Arbeiten war die lange Rechenzeit des Modells der BESRA2013 durch die hohe Anzahl der modellierten Sequenzen. Um die Quantifizierbarkeit des Modells zu verbessern, wurden die Struktur des Ereignisbaums optimiert sowie die Modellierung einiger Anlagekonfigurationen unter abdeckenden Annahmen zusammengefasst. Zudem wurden einzelne auslösende Ereignisse zusammengefasst. Dies führte zu einer erheblichen Reduktion der Anzahl nicht vollständig quantifizierter Sequenzen (die Summenhäufigkeit der nicht vollständig quantifizierten Sequenzen sank von  $2,16 \cdot 10^{-4}$  auf  $1,15 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr). Ferner wurden einzelne Fehler in den modellierten Systemzusammenhängen, grösstenteils bei den elektrischen Anlagen, behoben.

#### *Brand*

Die Brand-PSA für die BESRA2017 wurde analog zum Modell für die Bewertung des Leistungsbetriebs (BERA2020) durchgeführt. Es wurden die für den Stillstand relevanten auslösenden Brand-Ereignisse identifiziert und modelliert. Ferner wurde die Gewichtung der mobilen Brandlasten anhand einer Auswertung der Revisionsarbeiten vorgenommen. Es wird eine FDF von  $1,42 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr ausgewiesen, mit führenden Beiträgen aus Schaltanlagen-, Notstand- und Reaktorgebäude.

#### *Erdbeben*

In dem Erdbeben-Modell für den Nichtleistungsbetrieb wurde weiterhin die Erdbebengefährdung PRP-IH verwendet. Je ein Fehler im Erdbeben-Ereignisbaum und einem weiteren Ereignisbaum wurden korrigiert. Als Folge dessen und infolge des im Vergleich zur BERA2013 tieferen Abschneidekriteriums erhöht sich die Erdbeben-FDF gegenüber der BERA2013. Sie liegt nunmehr bei  $5,15 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr.

#### *Weitere Ausführungen zum PSA Modell*

Die Analyse bzw. die Annahmen zur Modellierung interner Überflutungen sind unverändert. Aufgrund der allgemeinen modelltechnischen Änderungen (siehe Systemmodellierung und Komponentenzuverlässigkeit) ergibt sich ein FDF-Beitrag von  $8,15 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr (BESRA2017) anstelle von  $4,17 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr (BESRA2013).

Auch die Analyse bzw. die Annahmen zur Modellierung externer Überflutungen sind unverändert. Aufgrund der allgemeinen modelltechnischen Änderungen (siehe Systemmodellierung und Komponentenzuverlässigkeit) ergibt sich ein FDF-Beitrag von  $4,99 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr (BESRA2017) anstelle von  $1,12 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr (BESRA2013).

#### *Stufe-2-PSA*

Mit Erstellung der BESRA2017 erfolgte noch keine Umsetzung der Forderungen des ENSI aus der Prüfung der Stufe-2-PSA zur BESRA2013. Daher behalten die Darstellungen zur Phänomenologie und Methodik in der sicherheitstechnischen Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2012 des Kernkraftwerks Beznau weiterhin ihre Gültigkeit.

#### *Ergebnisse*

Die mit der BESRA2017 ermittelte FDF beträgt  $2,36 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr. Tabelle 7.4-1 zeigt das zugehörige Risikoprofil. Hinzu kommt noch eine FDF von  $1,44 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr für den Betriebszustand Schwachlast sowie für das An- und Abfahren. Für diese Quantifizierung wurde ein leicht abgewandeltes Modell der BERA2020 verwendet.

Mit ca. 60 % tragen gemäss BESRA2017 Brände am meisten zur FDF bei. Darüber hinaus hat das KKB abgeschätzt, dass die nicht umgesetzten Aktionspunkte (inklusive der Berücksichtigung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015) zu einer Erhöhung der FDF um ca.  $1,23 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr führt. Diese Erhöhung resultiert massgeblich aus der HRA und kann nicht auf spezifische Ereigniskategorien zurückgeführt werden.

Tabelle 7.4-1: Beiträge der auslösenden Ereigniskategorien zur FDF

Zusammenfassungen	Ereigniskategorie	Mittlere FDF [1/a]	Anteil [%]
Interne Ereignisse	Transienten	$2,36 \cdot 10^{-7}$	10,04
	Kühlmittelverluste	$1,09 \cdot 10^{-8}$	0,81
	<b>Total</b>	<b><math>2,49 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b>10,60</b>
Interne systemübergreifende Ereignisse	Interne Brände	$1,42 \cdot 10^{-6}$	60,43
	Interne Überflutung	$8,15 \cdot 10^{-8}$	3,47
	<b>Total</b>	<b><math>1,50 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b>63,83</b>
Externe Ereignisse	Erdbeben	$5,15 \cdot 10^{-7}$	21,91
	Extreme Winde und Tornados	$1,32 \cdot 10^{-8}$	0,56
	Externe Überflutung	$4,99 \cdot 10^{-8}$	2,12
	Flugzeugabsturz	$2,92 \cdot 10^{-9}$	0,12
	Kühlwassereinlassverstopfung	$2,29 \cdot 10^{-8}$	0,97
	<b>Total</b>	<b><math>6,04 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b>25,70</b>
<b>Alle Ereignisse</b>	<b>Gesamt</b>	<b><math>2,36 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b>100,00</b>

Die SLERF beträgt gemäss KKB  $8,36 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr und wird, wie Tabelle 7.4-2 zeigt, zu ähnlichen Teilen von Brand und Erdbeben bestimmt. Kleinere Beiträge liefern interne Überflutung (5,6 %), Kühlmittelverlust (4,4 %) und Verlust der Kühlwassereinlassverstopfung (1,7 %). Rund 35 % der mit der Stufe-2-PSA quantifizierten Stillstands-FDF führt zu einer grossen frühen Freisetzung. Der zusätzliche Beitrag der LERF während des heiss-abgestellten Zustands wurde mit dem Modell für den Leistungsbetrieb für die Betriebszustände Schwachlast, An- und Abfahren bestimmt und beträgt  $4,05 \cdot 10^{-8}$  pro Jahr, wovon 90 % durch Erdbeben verursacht sind. Er ist in den nachfolgend dargestellten Ergebnissen nicht enthalten. Die Erhöhung der SLERF durch die nicht umgesetzten Aktionspunkte wird auf  $4 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr geschätzt.

Tabelle 7.4-2: Beiträge der auslösenden Ereigniskategorien zur SLERF

Zusammenfassungen	Ereigniskategorie	Mittlere SLERF [1/a]	Anteil [%]
Interne Ereignisse	Transienten	$3,67 \cdot 10^{-8}$	4,39
	Kühlmittelverluste	$4,47 \cdot 10^{-9}$	0,53
	<b>Total</b>	<b><math>4,11 \cdot 10^{-8}</math></b>	<b>4,92</b>
Interne systemübergreifende Ereignisse	Interne Brände	$3,91 \cdot 10^{-7}$	46,77
	Interne Überflutung	$4,70 \cdot 10^{-8}$	5,62
	<b>Total</b>	<b><math>4,38 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b>52,39</b>
Externe Ereignisse	Erdbeben	$3,35 \cdot 10^{-7}$	40,07
	Extreme Winde und Tornados	$3,18 \cdot 10^{-9}$	0,38
	Externe Überflutung	$3,67 \cdot 10^{-9}$	0,44
	Flugzeugabsturz	$1,25 \cdot 10^{-9}$	0,15
	Kühlwassereinlassverstopfung	$1,38 \cdot 10^{-8}$	1,65
	<b>Total</b>	<b><math>3,57 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b>42,70</b>
<b>Alle Ereignisse</b>	<b>Gesamt</b>	<b><math>8,36 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b>100,00</b>

## Beurteilung des ENSI

### *Komponentenzuverlässigkeitskenngrößen*

Die Verwendung der gleichen Komponentenausfallraten für die risikotechnische Bewertung des Nichtleistungs- wie für den Leistungsbetrieb wird auf Basis der Richtlinie ENSI-A05 als zulässig erachtet. Für die Beurteilung der Komponentenzuverlässigkeitskenngrößen für den Nichtleistungsbetrieb gilt daher diejenige für den Leistungsbetrieb (vgl. Kap. 7.3). Im Weiteren ist die Datenaktualisierung, wie sie beim Leistungsbetrieb durchgeführt wurde, noch ausstehend.

### *Zuverlässigkeit von Personalhandlungen*

Das ENSI begrüsst, dass in dem Modell eine Personalhandlung für die Aufschaltung des Notstand-Diesels ergänzt wurde. Das KKB hat die Bearbeitung der HRA-Aktionspunkte, welche den Nichtleistungsbetrieb betreffen, aus der PSÜ 2012 noch nicht abgeschlossen. Die Beurteilung hierzu wird daher zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

### *Systemmodellierung, Unfallablaufanalyse und Anlagenänderungen*

Die nicht vollständig quantifizierten Sequenzen werden in der BESRA nicht zur FDF gezählt. Deren Häufigkeit betrug in der BESRA2013 ein Vielfaches der FDF. Die Modellvereinfachungen waren daher aus Sicht des ENSI notwendig.

Das ENSI kommt zu dem Schluss, dass die zur besseren Quantifizierbarkeit beim Modell der BESRA2017 getroffenen Massnahmen hinreichend erfolgreich sind, um die Kompromisse beim Detaillierungsgrad der Instandhaltungskonfigurationen zu rechtfertigen.

### *Brand*

Die Brand-PSA für den Stillstand ist in der Betrachtung der Brandauswirkungen von denselben Mängeln betroffen, welche im Modell für die Bewertung des Leistungsbetriebes (BERA2020) bereits weitgehend in akzeptabler Weise durch das KKB behoben wurden. Viele davon betreffen eher die Begründung der Modellierungsannahmen als ihren Inhalt, die übrigen führen zu erkennbar konservativen Annahmen. Ferner werden spezielle Gegebenheiten im Stillstand, wie zum Beispiel die zeitweilige Aufhebung von Brandbarrieren, nicht behandelt. Es ist davon auszugehen, dass Brände einen relevanten Teil zur FDF beitragen. Dennoch wird aus Sicht des ENSI mit dem vorliegenden PSA-Modell die brandbedingte FDF plausibel abgeschätzt. Welche Brandszenarien bedeutende Risikobeiträge darstellen, ist dagegen unklar.

### *Erdbeben*

Der bedeutendste im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ 2012 des KKB identifizierte Verbesserungspunkt, die signifikante Unterschätzung des Erdbebenbeitrags zur FDF aufgrund des gewählten Abschneidekriteriums, wurde adressiert. Mit der BESRA-2017 weist das KKB gegenüber der BESRA2013 nunmehr einen um den Faktor 5,6 höheren FDF-Beitrag von Erdbeben aus.

Aufgrund der im Dezember 2020 festgestellten Montageabweichungen an Schwingungsdämpfern von zwei Notstand-Dieselgeneratoren erhöhte sich die seismisch bedingte FDF sowie die seismisch bedingte SLERF um jeweils weniger als  $1 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr. Mit den inzwischen erfolgten Instandsetzungsarbeiten zur Behebung der Abweichung vom Sollzustand wurde diese Erhöhung eliminiert.

### *Weitere Ausführungen zum PSA-Modell*

Die Analyse interner Überflutungen im Nichtleistungsbetrieb basiert auf der Analyse interner Überflutungen im Leistungsbetrieb. Eine gemäss Richtlinie ENSI-A05 erforderliche Identifizierung von Unterschieden zur Leistungs-PSA bezüglich potenzieller Ausbreitungspfade, Erkennung und Absperrung der Überflutung wurde nicht durchgeführt. Das ENSI erachtet es aber als plausibel, dass interne Überflutungen keinen dominanten Beitrag zur Gesamt-FDF des KKB liefern.

Hinsichtlich externer Überflutungen gilt die zum Leistungsbetrieb analoge Bewertung.

### *Stufe-2-PSA*

Das ENSI hat die Stufe-2-PSA für den Nichtleistungsbetrieb bereits im Rahmen der PSÜ 2012 geprüft. Da in der Zwischenzeit keine Arbeiten, welche speziell deren Modellierung betreffen, abgeschlossen wurden, bleiben die damaligen Erwägungen weiter gültig.

#### *Ergebnisse*

Die FDF ist in der BESRA2017 von  $6,85 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr in der BESRA2013 auf  $2,36 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr gestiegen, hauptsächlich durch die Massnahmen zur Verringerung des Anteils nicht quantifizierter Sequenzen und durch die teilweise konservative neue Brand-PSA. Aus Sicht des ENSI hat das KKB bedeutende Fortschritte in der Plausibilität der Ergebnisse erzielt, indem es das Modell für den Stillstand soweit vereinfacht hat, dass die Häufigkeit der nicht vollständig quantifizierten Sequenzen weitaus geringer als bei der BESRA2013 ist.

Die Umsetzung der Aktionspunkte zum Stillstand und diverse Nachführungen sind noch ausstehend. Die Abschätzung der FDF- und SLERF-Erhöhung durch die nicht umgesetzten Aktionspunkte erscheint plausibel.

Die gesamte FDF unter Berücksichtigung dieser Erhöhung bleibt unter dem ENSI-A06-Kriterium für den Stillstand ( $FDF < 10^{-5}$  pro Jahr).

Das ENSI kommt zu dem Schluss, dass das KKB aus Sicht der PSA ein gutes Sicherheitsniveau aufweist.

## **7.5 Anwendungen der PSA**

### **Angaben des KKB**

#### *Beurteilung des Sicherheitsniveaus*

Das KKB weist eine mittlere CDF von  $1,44 \cdot 10^{-5}$  pro Jahr und eine mittlere LERF von  $4,27 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr aus. Die für die Bewertung des Nichtleistungsbetriebes ausgewiesene mittlere FDF beträgt  $2,36 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr.

Zur sicherheitstechnischen Beurteilung der PSA-Ergebnisse verweist das KKB auf die bereits in der Vergangenheit ergriffenen Massnahmen, die aus der PSA abgeleitet wurden und die zu einer deutlichen Verringerung des Anlagenrisikos geführt haben. In einer Untersuchung identifiziert und analysiert das KKB verschiedene Massnahmen zur weiteren Senkung der CDF und der LERF. Dabei kommt es zum Schluss, dass nur wenige Ertüchtigungsmassnahmen geeignet sind, einer nochmaligen Prüfung in Bezug auf ihre Angemessenheit gemäss KEG Art. 22 Abs. 2 Bst. g unterzogen zu werden.

#### *Beurteilung der Ausgewogenheit der Risikobeiträge*

Bezüglich der CDF weist das KKB darauf hin, dass die Beiträge der Ereigniskategorien unausgewogen sind, da Erdbeben für rund 77 % des Gesamtrisikos verantwortlich sind. Bei der LERF tragen Erdbeben mit einem Anteil von 94 % bei.

Das KKB diskutiert die Dominanz des Erdbebenrisikos und kommt zu dem unter «Beurteilung des Sicherheitsniveaus» bereits genannten Schluss.

Das Verhältnis der mittleren CDF zur Baseline-CDF (siehe Definition des Begriffes in Richtlinie ENSI-A06) beträgt 1,03 und ist damit kleiner als der in der Richtlinie ENSI-A06 festgelegte Wert von 1,2. Massnahmen zur Reduktion des Risikobeitrages durch Instandhaltung sind somit aus Sicht der PSA nicht erforderlich.

Mit einem Beitrag grösser als 60 % wird die FDF von internen Bränden dominiert, gefolgt vom erdbebenbedingten Beitrag mit knapp 22 %. 86 % der Beiträge zu SLERF entfallen auf Brand und Erdbeben (mit nahezu gleichen Anteilen).

#### *Probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung*

Die Betriebserfahrung des KKB für die Jahre 2012 bis 2016 wird für den Leistungsbetrieb anhand des Risikoprofils, des Trends von probabilistischen Sicherheitsindikatoren, der probabilistischen Bewertung von Vorkommnissen und des Einflusses verschiedener Risikokategorien bewertet. Mitten in diesem Zeitraum wurde



die Anlagenänderung AUTANOVE fertiggestellt, was zu einer Risikosenkung führte. Die risikotechnischen Anforderungen gemäss Richtlinie ENSI-A06 Kap. 6.3.2 an die Wartung von Komponenten während des Leistungsbetriebes wurden jedes Jahr erfüllt. Im betrachteten Zeitraum ereigneten sich zwei Reaktorschnellabschaltungen, beide im Block 2. Ein Vorkommnis im KKB 2 führte aus Sicht der PSA zu einer INES-1-Bewertung. Es handelt sich um das Startversagen des Notstanddiesels XG 3000 beim monatlichen Test im Jahr 2012. Von den Ergebnissen lässt sich kein Trend in der Entwicklung der inkrementellen kumulativen Kernschadenswahrscheinlichkeit bzw. der Maximalwerte der momentanen Kernschadenshäufigkeit ableiten.

Aufgrund der im Dezember 2020 festgestellten Montageabweichungen an Schwingungsdämpfern von zwei Notstand-Dieselmotoren reichte das KKB eine Abschätzung des Einflusses des Befundes auf das Risiko für verschiedene Phasen der Nachrüstung und Anlageverbesserung ein. Die ICCDP des Vorkommnisses von 2012 liegt auch unter Berücksichtigung des Befundes weiterhin im ursprünglichen Bereich ( $10^{-6}$  bis  $10^{-4}$ ). Ferner wurden die ICCDP für das Vorkommnis vom 13. September 2017 (Auslegungsabweichung bei den Notstromsträngen 18/28BX) und das Vorkommnis vom 3. September 2016 (Geschlossener Druckschieber im Notspeisewassersystem (LSE)) erneut berechnet. Gemäss den neuen Analysen stieg die ICCDP und liegt neu für beide Vorkommnisse im Bereich  $10^{-6}$  bis  $10^{-4}$ .

#### *Beurteilung der Komponentenzuverlässigkeit und der Häufigkeit der auslösenden Ereignisse*

In einer Trendanalyse wurden die Komponentenausfallraten über die verschiedenen Auswertungsperioden verglichen. Aus der durchgeführten Trendanalyse lässt sich für die grosse Mehrheit der Komponentenausfallraten ein abnehmender Trend, beziehungsweise kein Trend für den Überprüfungszeitraum (2012 bis 2016) erkennen. Für 15 Komponentenausfallraten ist gegenüber den vorangehenden Perioden ein leicht steigender Trend beobachtbar, allerdings bewegt sich das Ansteigen auf tiefem Niveau.

Anhand eines Vorgängermodells der BERA2020 wurde der Einfluss der Datenaktualisierung (2012 bis 2016, inklusive Aktualisierung der Häufigkeit der internen auslösenden Ereignisse) abgeschätzt. Es ergibt sich eine Verringerung der CDF um ca. 2,5 %. Die FDF bleibt nahezu unverändert (0,1 % Erhöhung).

#### *Komponentenimportanz*

Das KKB hat die Importanzen RAW und FV der Komponenten bezüglich CDF, FDF und LERF quantifiziert und diejenigen, welche einen RAW von 2 oder einen FV von  $10^{-3}$  bezüglich eines dieser Risikomasse überschreiten, als Komponenten mit sicherheitstechnischer Bedeutung aus Sicht der PSA aufgelistet. Es wurden diejenigen davon, welche nicht den Sicherheitsklassen SK 1 bis SK 3 oder 1E angehören, identifiziert, um ihre Berücksichtigung bei Anpassungen in der Klassierung und der Alterungsüberwachung zu sichern.

#### *Klassierung*

Aufgrund der Komponentenimportanzanalyse ergeben sich sieben Komponenten, welche nicht den mechanischen Sicherheitsklassen SK 1 bis SK 4 oder den elektrischen Sicherheitsklassen 0E oder 1E angehören, jedoch eine sicherheitstechnische Bedeutung aus Sicht der PSA besitzen. Die Umklassierung von Komponenten wird durch die Qualitätsstellen der Fachabteilungen Maschinentechnik und Elektrotechnik auf Antrag vorgenommen.

#### *Alterungsüberwachung*

Die Alterungsüberwachung der Komponenten, welche nicht den Sicherheitsklassen SK 1 bis SK 3 oder 1E angehören, jedoch eine sicherheitstechnische Bedeutung aus Sicht PSA besitzen, erfolgt durch die Fachabteilungen Maschinentechnik und Elektrotechnik des KKB. Wie für die übrigen einer Alterungsüberwachung unterliegenden Komponenten werden Steckbriefe erstellt, um anhand der jeweils massgeblichen Alterungsmechanismen die geeigneten Überwachungsmassnahmen festzulegen.

### **Beurteilung des ENSI**

#### *Beurteilung des Sicherheitsniveaus*

Das von der International Atomic Energy Agency (IAEA) für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von weniger als  $10^{-4}$  pro Jahr wird vom KKB deutlich eingehalten.

Da die CDF (LERF) grösser als  $10^{-5}$  pro Jahr ( $10^{-6}$  pro Jahr) ist, sind gemäss Richtlinie ENSI-A06 Kap. 6.1 Bst. a Massnahmen zur Reduktion des Risikos zu identifizieren und – sofern angemessen – umzusetzen. Das KKB ist auf diese Anforderung eingegangen, indem es systematisch Massnahmen zur Risikoreduzierung identifiziert und deren Angemessenheit nachvollziehbar analysiert hat. Im Rahmen des laufenden Aufsichtsverfahrens ist das ENSI auf die Ergebnisse des KKB eingegangen, indem es ausgewählte Ertüchtigungsmassnahmen einer weiteren, vertieften Prüfung in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Angemessenheit gefordert hat. Die diesbezüglich zu untersuchenden Massnahmen betreffen die Auslösung der Reaktortripfunktion vor dem Eintreffen hoher Erdbebenbeschleunigungen, die Verbesserung der Zuverlässigkeit des Reaktortripsignals aus dem Notstand sowie die Ertüchtigung des physischen Zugangs zur Betätigung der Abblaseventile gegen externe Ereignisse. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im Rahmen der laufenden Aufsicht behandelt.

Das ENSI betrachtet es als plausibel, dass trotz des identifizierten Modell-Verbesserungsbedarfs die FDF deutlich kleiner als  $10^{-5}$  pro Jahr ist. Somit sind auf Grund des Risikoniveaus gemäss Richtlinie ENSI-A06 Kap. 6.1 Bst. a Ziff. 2 diesbezüglich keine weiteren Untersuchungen zur Risikosenkung erforderlich.

#### *Beurteilung der Ausgewogenheit der Risikobeiträge*

Die Ausgewogenheit der Risikobeiträge wurde entsprechend den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A06 Kap. 6.2 systematisch und nachvollziehbar beurteilt. Insbesondere wurde der dominante Anteil von Erdbeben zur mittleren CDF diskutiert. Ferner wurde gezeigt, dass das Verhältnis der mittleren CDF zur Baseline CDF kleiner als 1,2 ist. Massnahmen zur Reduktion des Risikobeitrages durch Instandhaltung sind somit aus der Sicht der PSA nicht erforderlich. Die zum Sicherheitsniveau ausgeführten Massnahmen (und erwähnten laufenden Aufsichtsverfahren) werden auch im Zusammenhang mit der Ausgewogenheit verfolgt.

#### *Probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung*

Die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung für die Jahre 2012 bis 2016 wurde systematisch und umfassend durchgeführt. Dabei wurde der Stand vor und nach der AUTANOVE-Nachrüstung berücksichtigt. Entsprechend den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A06, Kap. 6.6 wurden alle risikorelevanten Komponentenunverfügbarkeiten und meldepflichtigen Vorkommnisse der beiden KKB-Blöcke risikotechnisch bewertet. Die probabilistische Bewertung der Vorkommnisse entspricht den Angaben in den entsprechenden KKB-Vorkommnisberichten. Bei der Bewertung der Konfigurationen wurden latente Unverfügbarkeiten berücksichtigt. Die in der Richtlinie ENSI-A06, Kap. 6.6 definierten probabilistischen Sicherheitsindikatoren wurden bestimmt und deren Trends untersucht. Das ENSI stimmt der Schlussfolgerung des KKB zu, dass sich aus den ermittelten probabilistischen Sicherheitsindikatoren kein klarer Trend ergibt. Die entsprechenden Anforderungen an die Wartung von Komponenten während des Leistungsbetriebs (Richtlinie ENSI-A06 Kap. 6.3.2) wurden in beiden Blöcken eingehalten. Somit entspricht die durchgeführte probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung für die Jahre 2012 bis 2016 den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A06. Das KKB reichte nachträglich eine probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung für die Jahre 2016 bis 2020 ein. Diese Studie zeigt, dass die probabilistischen Sicherheitsindikatoren auch unter Berücksichtigung der im Dezember 2020 festgestellten Montageabweichungen an Schwingungsdämpfern von zwei Notstand-Dieselegeneratoren keinen Trend aufweisen und die Anforderung der Richtlinie ENSI-A06 an die Wartung der Komponenten eingehalten wurden.

Aus Sicht des ENSI ist es plausibel, dass unter Berücksichtigung der Montageabweichungen die ICCDP-Werte der Vorkommnisse vom 13. September 2017 und 3. September 2016 im Bereich von  $10^{-6}$  bis  $10^{-4}$  liegen.

#### *Beurteilung der Komponentenzuverlässigkeit und der Häufigkeit der auslösenden Ereignisse*

Entsprechend den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A05, Kap. 4.7.2.3 Bst. c wurde untersucht, ob die Komponentenzuverlässigkeitskenngrössen einen Trend aufweisen. Das ENSI stimmt den Ergebnissen der durchgeführten Trendanalyse zu.

Dass die CDF durch die Berücksichtigung der neuen Komponentenzuverlässigkeitsdaten (inklusive Aktualisierung der Häufigkeit der internen auslösenden Ereignisse) sinkt und die FDF nahezu unverändert bleibt, betrachtet das ENSI als Hinweis, dass die Zuverlässigkeit der Komponenten insgesamt positiv zu bewerten ist.

Für ausgewählte Komponententypen, wie zum Beispiel für Standby-Lüftungsventilatoren und die Restwärmeabfuhrpumpen, sieht das ENSI Klärungsbedarf, ob die Zunahme der Ausfallrate stochastischer Art ist oder auf ein Verbesserungspotential hinweist.

#### *Komponentenimportanz*

Das Vorgehen des KKB zur Identifizierung von Komponenten, die aus Sicht der PSA eine sicherheitstechnische Bedeutung haben, entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A06. Die Ergebnisse sind aus Sicht des ENSI plausibel.

#### *Klassierung*

Es wird, wie von der Richtlinie ENSI-A03, Kap. 5.5.2 Bst. g gefordert, eine risikotechnische Bewertung der Ist-Klassierung durchgeführt. Jedoch besteht Verbesserungsbedarf, da beim KKB kein Prozess besteht, welcher die systematische Nachführung der Klassierung aufgrund der Ergebnisse der PSA bewirkt.

#### *Alterungsüberwachung*

Das KKB bestimmt gemäss Richtlinie ENSI-A06 die Komponenten, welche nicht den Sicherheitsklassen 1, 2, 3 und 1E angehören und aus Sicht PSA für die Alterungsüberwachung relevant sind. Aus Sicht des ENSI besteht Verbesserungspotential, indem zu prüfen ist, ob die Aufnahme der von der PSA identifizierten Komponenten in das Alterungsüberwachungsprogramm im Prozess besser abgebildet werden kann.

## **7.6 Zusammenfassende Bewertung**

Basierend auf der vom KKB eingereichten PSA und den Resultaten der Überprüfung durch das ENSI können zusammenfassend folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die Modelle für die risikotechnische Bewertung des Leistungsbetriebs und des Nichtleistungsbetriebs berücksichtigen alle wesentlichen Störfälle und die für den Unfallablauf relevanten Phänomene gemäss Richtlinie ENSI-A05.
- Für die PSÜ 2017 wurde das Stufe-1-PSA-Modell für die Bewertung des Leistungsbetriebes vollständig überarbeitet. Es berücksichtigt u. a. die neu festgelegten Erdbebengefährdungsannahmen, überarbeitete Erdbebenfestigkeitsanalysen, eine erweiterte Auswertung der Betriebserfahrung, eine neue Brand-PSA sowie die vom ENSI Ende 2016 anlässlich der Stellungnahme zur PSÜ 2012 identifizierten Verbesserungspunkte. Die anderen PSA-Modelle wurden nur teilweise überarbeitet; insbesondere wurden die Verbesserungspunkte aus der Stellungnahme des ENSI zur PSÜ 2012 nicht vollständig umgesetzt. Die Auswirkungen der noch nicht umgesetzten Punkte auf das Risiko wurden vom KKB abgeschätzt. Das ENSI erachtet diese Abschätzung als plausibel.
- Das KKB weist für den Leistungsbetrieb im Vergleich zu dem von der Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup> verlangten Wert einer Kernschadenshäufigkeit von unter  $10^{-4}$  pro Jahr eine niedrige CDF von  $1,44 \cdot 10^{-5}$  pro Jahr aus. Auch unter Berücksichtigung des identifizierten alten und neuen Verbesserungsbedarfs, der insbesondere die Erdbeben-PSA sowie die HRA betrifft, ist es nach Wertung des ENSI plausibel, dass die CDF deutlich kleiner als  $10^{-4}$  pro Jahr ist.
- Das Risikoprofil bezüglich Ereigniskategorien ist wegen Erdbeben, die mit rund 77 % zur CDF beitragen, unausgewogen. Bei der LERF beträgt der seismische Anteil 94 %. Im Rahmen des laufenden Aufsichtsverfahrens ist das ENSI auf die Ergebnisse des KKB eingegangen, indem es für ausgewählte Ertüchtigungsmassnahmen eine weitere, vertiefte Prüfung in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Angemessenheit gefordert hat.
- Das Verhältnis der mittleren CDF zur Baseline-CDF beträgt 1,03 und ist damit kleiner als die in der Richtlinie ENSI-A06 festgelegte Schwelle von 1,2. Massnahmen zur Reduktion des Risikobeitrages durch Instandhaltung sind somit aus der Sicht der PSA nicht erforderlich.

- Das ENSI betrachtet es als plausibel, dass die FDF, trotz des identifizierten Verbesserungsbedarfs, kleiner als  $10^{-5}$  pro Jahr ist. Somit sind gemäss Richtlinie ENSI-A06 aufgrund des Risikoniveaus keine weiteren Untersuchungen zur Risikosenkung bei Nichtleistungsbetrieb erforderlich.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass wesentliche Teile der PSA überarbeitet wurden. Ausstehende Arbeiten werden im Rahmen der laufenden Aufsicht verfolgt. Die im Zusammenhang mit der vorliegenden Stellungnahme identifizierten Verbesserungspunkte zur PSA sind in einer Aktionsliste aufgeführt (vgl. Forderung 7.2-1). Auch unter Berücksichtigung des festgestellten Verbesserungsbedarfs, weist das KKB bezüglich auslegungüberschreitender Störfälle nach Wertung des ENSI einen guten Sicherheitsstatus auf.

## **8 Organisation und Personal**

### **8.1 Organisation des Bewilligungsinhabers**

#### **8.1.1 Eigentumsverhältnisse und Organisationsstruktur**

##### **Angaben des KKB**

Das KKB ist ein Unternehmen der Axpo Holding AG. Die Axpo Holding AG ist ein Schweizer Energieunternehmen, dessen Aktien zu 100 % im Besitz der nordostschweizerischen Kantone bzw. Kantonswerke sind. Die Beteiligungsverhältnisse blieben im Überprüfungszeitraum unverändert. Innerhalb der Holdingstruktur der Axpo-Gruppe ist das KKB der Tochtergesellschaft Axpo Power AG zugeordnet. Dieser Geschäftsbereich betreibt den Kraftwerkspark (u. a. Kern- und Wasserkraftwerke) sowie die Verteilnetze innerhalb der Axpo. Die Betriebsbewilligungen für beide Blöcke des KKB wurden auf die Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK) ausgestellt. Die Axpo Power AG ist direkter Rechtsnachfolger der ehemaligen NOK und somit Bewilligungsinhaber.

Die Division Kernenergie ist ein Führungs- und Organisationsbereich innerhalb der Axpo Power AG. Das KKB ist als Geschäftseinheit der Divisionsleitung unterstellt. Der Kraftwerksleiter und sein Stellvertreter sind Mitglieder der Divisionsleitung.

##### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 22 KEG<sup>KEG</sup>
- Art. 30 KEV<sup>KEV</sup>

##### **Beurteilung des ENSI**

Im Überprüfungszeitraum erfolgte keine Änderung der Eigentumsverhältnisse und der Organisationsstruktur. Die Organisation der Axpo Power AG erfüllt die massgebenden Vorgaben des KEG und der KEV.

#### **8.1.2 Sicherheitsverantwortung**

##### **Angaben des KKB**

Die übergeordnete Verantwortung für den sicheren, geordneten und wirtschaftlichen Betrieb des KKB liegt bei der Geschäftsleitung und beim Verwaltungsrat der Axpo Power AG. Die Organisation, die Verantwortlichkeiten und die Kompetenzen dieser Organe sind im Organisationsreglement der Axpo Power AG geregelt. In den Führungsdokumenten, erstellt durch den Verwaltungsrat, die Leitung der Division Kernenergie sowie die Kraftwerksleitung sind alle bedeutenden Sicherheitsgrundsätze verankert. Ihre Basis sind insbesondere auch die gesetzlichen Verpflichtungen.

Die Selbstverpflichtung der Axpo zur Wahrnehmung der Sicherheitsverantwortung hat die oberste Führung des Axpo-Konzerns in der Nuklearen Sicherheits-Charta beschrieben. Diese Charta stellt die Basis für alle

Mitarbeitenden bei der Erfüllung ihrer täglichen Aufgaben dar. Sie macht Aussagen zu den Themen: Sicherheit, Verantwortung, Optimierung, Initiativen zur kontinuierlichen Verbesserung und Prinzipien für das Handeln in der Kernanlage. Auch ist darin beschrieben, wie diese Themenstellungen im Rahmen der Führungs- und Sicherheitskultur im KKB umgesetzt werden sollen.

Im Kraftwerksreglement sind die Organisation und die Verantwortlichkeiten geregelt, um jederzeit einen sicheren und geordneten Kraftwerksbetrieb zu gewährleisten. Darin sind auch die Mission und die Grundsätze des KKB beschrieben. Die Mission ist als Auftrag formuliert, mit beiden Kraftwerksblöcken zuverlässig Strom und Fernwärme zu produzieren und dabei den Schutz von Menschen, Umwelt und Rechtsgütern innerhalb und ausserhalb des Areals unter Wahrung wirtschaftlicher Gesichtspunkte zu gewährleisten.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 22 KEG<sup>KEG</sup>
- Art. 30 KEV<sup>KEV</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die Axpo Power AG nimmt als Bewilligungsinhaber ihre Sicherheitsverantwortung gemäss den Grundlagen aus KEG und KEV wahr. In Ergänzung zu den gesetzlichen Grundlagen liegt mit der Nuklearen Sicherheits-Charta auch eine Selbstverpflichtung der Axpo vor.

## **8.1.3 Aufgaben, Kompetenzen, Entscheidungsfindung und Kommunikation von Divisions- und Kraftwerksleitung**

### **Angaben des KKB**

#### *Aufgaben und Kompetenzen*

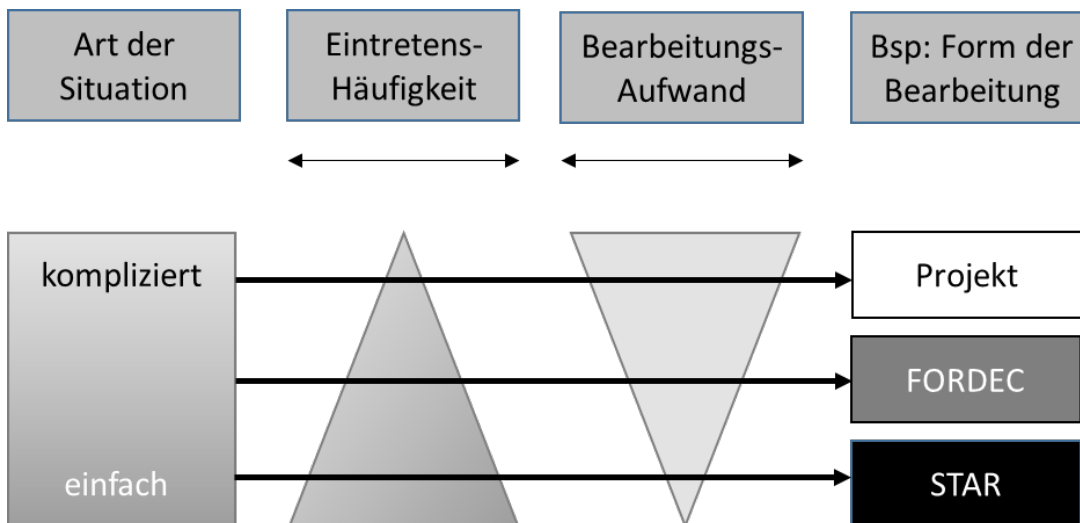
Die übergeordnete Verantwortung für einen sicheren, geordneten und wirtschaftlichen Betrieb des KKB liegt bei der Geschäftsleitung und beim Verwaltungsrat der Axpo Power AG. Der Kraftwerksleiter (Inhaber der Stelle für den technischen Betrieb) ist verantwortlich für den sicheren, geordneten und wirtschaftlichen Kraftwerksbetrieb. Der ernannte Stellvertreter übernimmt bei Abwesenheit des Kraftwerksleiters die vollumfängliche Funktion des Kraftwerksleiters und zwar in allen Belangen, die in direktem Zusammenhang mit dem Betrieb des Kernkraftwerks stehen und nicht aufgeschoben werden können. Bei Abwesenheit beider Funktionen wird der Kraftwerksleiter durch ein von ihm bezeichnetes Mitglied der Kraftwerksleitung (Abteilungsleiter) vertreten. Der Pikettingenieur übernimmt die Stellvertretung des Kraftwerksleiters ausserhalb der Normalarbeitszeit in allen Angelegenheiten, die eine unverzügliche Entscheidung verlangen.

Um die Anlage und Systeme stets gemäss dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik nachzuführen, wurden im Überprüfungszeitraum verschiedene Nachrüst- und Erneuerungsprojekte durchgeführt. Die grossen dieser Projekte (z. B. AUTANOVE, NEXIS, HERA) konnten mittlerweile abgeschlossen werden. Diese Investitionen sind eine Bekundung für die kontinuierliche Verbesserung von Anlage und Systemen und damit fliessen sie unmittelbar in die Sicherheit und Verfügbarkeit des KKB.

#### *Entscheidungsfindung und Kommunikation*

Im Normalbetrieb wird die Entscheidungsfindung bei Sicherheitsfragen je nach Zeitverhältnissen, Komplexität, Bearbeitungsaufwand und kontextbezogenem Fachwissen der Entscheidungsträger mit Hilfe unterschiedlicher Methoden unterstützt. Beispiele solcher Methoden sind FO<sup>2</sup>RDEC (Facts, Objectives, Options, Risks, Decision, Execution, Check) und STAR (Stop, Think, Act, Review) sowie Methoden des Projektmanagements. FO<sup>2</sup>RDEC ist eine Methode zur strukturierten Entscheidungsfindung, wenn mehrere Personen involviert sind, bei STAR handelt es sich um eine Technik, mit welcher die Aufmerksamkeit jedes Einzelnen auf die Details der auszuführenden Arbeit gerichtet wird. Im Überprüfungszeitraum wurden qualitative Kriterien entwickelt, um zu bestimmen, bei welcher Situation welche Entscheidungsmethoden zum Zuge kommen sollen. Bei der

Wahl der Entscheidungsmethoden gilt der Grundsatz, qualitative Kriterien den quantitativen Kriterien vorzuziehen. Damit soll sichergestellt werden, dass die Fachkompetenz und die Betriebserfahrung der Entscheidungsträger Berücksichtigung finden. Aus der Abbildung 8.1-1 sind diese qualitativen Kriterien ersichtlich.



**Abbildung 8.1.3-1: Qualitative Kriterien für die Wahl der Entscheidungsmethode**

STAR und FO<sup>2</sup>RDEC sowie das Projektmanagement sind im KKB gut etabliert. Entscheidungen aufgrund FO<sup>2</sup>RDEC und im Rahmen von Projekten werden nachvollziehbar dokumentiert.

Im Notfall wird die Entscheidungsfindung durch das Stabsmanagement, insbesondere durch die Traktanden der Stabsrapporte gelenkt. Anlagebetriebliche Entscheidungen werden mit Hilfe der Stör- und Notfallvorschriften sowie der Entscheidungshilfen zum Severe Accident Management durchgeführt.

Die Kommunikation im Normalbetrieb ist im Kraftwerksreglement und durch Weisungen geregelt. Letzteres gilt auch für die Kommunikation mit den Behörden. Die Kommunikation mit den Mitarbeitenden findet u. a. im Rahmen von Mitarbeiterinformationen statt. Jährlich finden an zwei Daten solche Veranstaltungen auch mit der Leitung und weiteren Mitgliedern der Division, sowie dem Kraftwerksleiter statt. Diese Veranstaltungen dienen dazu, der gesamten Belegschaft des KKB die Gelegenheit zu bieten, von der obersten Führung die für den Betrieb des KKB relevanten Informationen entgegenzunehmen.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 22 KEG<sup>KEG</sup>
- Art. 30 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

### Beurteilung des ENSI

Die Aufgaben, Kompetenzen, Entscheidungsfindung und Kommunikation von Divisions- und Kraftwerksleitung sind geregelt und erfüllen die massgebenden Vorgaben des KEG, der KEV sowie der Richtlinie ENSI-G07. Im Überprüfungszeitraum wurden das Bewusstsein für und die Methoden der konservativen Entscheidungsfindung weiterentwickelt.

Im Überprüfungszeitraum war das KKB mit den fortwährenden Folgen der Liberalisierung der Strommärkte und des Entscheids des Bundesrates aus der Kernenergie auszusteigen und den damit verbundenen Entwicklungen in der Kernenergiebranche konfrontiert. Diese führten zu Personalabbau, Zentralisierungen im Axpo-Konzern und auch zu Umstrukturierungen seitens Hersteller und Lieferanten. Das KKB war gezwungen, sich vermehrt mit Fragen zur Bereitstellung und Organisation und damit zum Erhalt von sicherheitsrelevanten Ressourcen (Personal, Mittel, Wissen) auseinanderzusetzen und es mussten entsprechende Entscheidungen von der Kraftwerks- und der Unternehmensleitung (Leitung der Axpo Power AG, Leitung der Division Kernenergie) gefällt werden. Gemäss der Kernenergiegesetzgebung ist die Verantwortung für die Sicherheit allen Akteuren

(d. h. den Repräsentanten des Bewilligungsinhabers sowie dem Kraftwerksleiter) zugewiesen. Aufgrund der hierarchischen Organisation des Bewilligungsinhabers steht der Kraftwerksleiter jedoch in einem Abhängigkeitsverhältnis zum Bewilligungsinhaber bzw. seinen Repräsentanten.

In den Angaben des KKB ist nicht dargelegt, wie bei der Entscheidungsfindung bei abweichender Meinung oder bei Konflikten zwischen Unternehmens- und Kraftwerksleitung zu Fragen der Sicherheit vorzugehen ist. Gemäss Richtlinie ENSI-G07 ist darauf zu achten, dass deren Abhängigkeitsverhältnis keine ungünstigen Einflüsse auf die Sicherheit hat. Daher erhebt das ENSI folgende Forderung:

#### **Forderung 8.1.3-1**

*Das KKB hat dem ENSI bis zum 20. Juni 2022 in einem Bericht die Vorgehensweise bei sicherheitsrelevanten Entscheidungen im Falle abweichender Meinungen bzw. bei Konflikten zwischen Unternehmens- und Kraftwerksleitung darzulegen. Dabei ist insbesondere darzulegen, wie sichergestellt wird, dass das Abhängigkeitsverhältnis von Unternehmens- und Kraftwerksleitung keinen ungünstigen Einfluss auf die Sicherheit hat (vgl. Richtlinie ENSI-G07). Aus dem Bericht muss weiter ersichtlich sein, wie bei der Entscheidungsfindung gewährleistet wird, dass die Selbstverpflichtung der Axpo (vgl. Nukleare Sicherheits-Charta) umgesetzt wird. Die Darlegungen im Bericht sind, wenn immer möglich, mit Beispielen zu illustrieren.*

## **8.2 Organisation des Kernkraftwerks**

### **8.2.1 Organisationsstruktur, Verantwortlichkeiten, Information und Kommunikation**

#### **Angaben des KKB**

Die Kraftwerksorganisation ist Teil der Division Kernenergie der Axpo Power AG. Dem Kraftwerksleiter ist die gesamte Belegschaft unterstellt. Sie ist in acht Organisationseinheiten, sogenannte Abteilungen aufgeteilt: Administration, Betrieb, Dienste, Elektrotechnik, Maschinenteknik, Reaktor und Sicherheit, Überwachung, Projektierung. Je nach Grösse sind die Abteilungen in Ressorts und Fachstellen unterteilt. Ständige und temporär eingesetzte Kommissionen (z. B. interne Sicherheitskommission) und Arbeitsteams verstärken diese Organisationsstruktur wirksam.

Die Aufgaben, Verantwortung, Zuständigkeiten und Kompetenzbereiche werden im Kraftwerksreglement geregelt. Es enthält die Bestimmungen für die Abteilungen sowie für das leitende Personal, wie Kraftwerksleiter, Abteilungsleiter und Ressortleiter. Die Bestimmungen für den Kraftwerksleiter gelten sinngemäss ebenfalls für den stellvertretenden Kraftwerksleiter.

Im KKB sind formelle Informations- und Kommunikationsregeln vorhanden. Im Kraftwerksreglement und in Weisungen sind die dazu notwendigen Informationskanäle und generellen Zuständigkeiten für den Informationsfluss geregelt. Dazu gehört beispielsweise die Anforderung der Bring- und Holschuld von Informationen. Diese Festlegungen gelten für alle Mitarbeitenden des KKB, sowie ebenfalls für alle externen Personen, die beauftragt sind, Arbeiten für das KKB auszuführen. Die wichtigsten Kommunikationswege, die im Arbeitsalltag zum Tragen kommen, sind grundsätzlich der Dienstweg über die Führungsebene und Informationsveranstaltungen für Mitarbeitende, die mittels Einladung angekündigt werden. Dazu gehören auch die täglich, wöchentlich oder monatlich institutionalisierten Besprechungen, wie etwa operative Führungssitzungen, Tagesplansitzungen oder Koordinationssitzungen während den Revisionen. Die Grundsätze zur Durchführung dieser Besprechungen sind in Leitungsdokumenten oder Weisungen beschrieben. Darüber hinaus verfügt das KKB auch über Techniken der verbalen Kommunikation. Diese gehören zu den Fehlervermeidungstechniken und sind in einer Weisung beschrieben.

Die Öffentlichkeit, die Medien, die Behörden sowie die Aktionäre sind wichtige Zielgruppen der externen Kommunikation. Im Überprüfungszeitraum wurde diese Kommunikation konzernweit in eine zentrale Organisation überführt. Mit der externen Kommunikation wird u. a. das Ziel verfolgt, dass das KKB als Kernkraftwerk wahrgenommen wird, das seinem Auftrag bis zum Ende des Leistungsbetriebs sowie ebenfalls in den Phasen Stilllegung und Rückbau nachkommt.

## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 22 KEG<sup>KEG</sup>
- Art. 30 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

## Beurteilung des ENSI

Die Verantwortung für alle Tätigkeits- und Sachbereiche, welche für die Sicherheit erforderlich sind, wird durch die Organisation des KKB wahrgenommen und ist im Kraftwerksreglement geregelt. Die Organisation des Kernkraftwerks, die Festlegung der Verantwortung, die Information und Kommunikation erfüllen die massgebenden Vorgaben des KEG, der KEV und der Richtlinie ENSI-G07.

### 8.2.2 Wesentliche organisatorische Änderungen im Überprüfungszeitraum

#### Angaben des KKB

Bei der Aufbauorganisation haben sich im Überprüfungszeitraum Änderungen ergeben. Zu Beginn des Jahres 2016 wurde die Organisationseinheit «Support strategische Grossprojekte» in die Abteilung «Projektierung» umgewandelt. Im Zuge dieser Änderung wurden die Projektleiter der Abteilungen Maschinentechnik und Elektrotechnik in diese Abteilung integriert. Darüber hinaus erfolgten bei den anderen Abteilungen kleinere Anpassungen. Die Ressorts und damit die Struktur unterhalb der Abteilungen haben sich bewährt. Entsprechend wurden auf dieser Ebene keine Anpassungen gemacht.

## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 5 KEG<sup>KEG</sup>
- Art. 30 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

## Beurteilung des ENSI

Die organisatorischen Änderungen erfüllen die massgebenden Vorgaben des KEG und der KEV und sind entsprechend den Vorgaben der Richtlinie ENSI-G07 abgewickelt worden.

### 8.2.3 Führungsaufgaben

#### Angaben des KKB

Im Überprüfungszeitraum erfolgte ein Wechsel der Kraftwerksleitung, der stellvertretenden Kraftwerksleitung sowie der Leitung von zwei Abteilungen. Mit dem Wechsel des Kraftwerksleiters wurden Neuerungen eingeführt. Dazu gehört die Einführung von regelmässigen Abteilungsleiterklausuren, in welchen organisatorische Änderungen und weitere spezielle Führungsthemen besprochen werden, oder regelmässige Abteilungsleiterzirkel, die mit Unterstützung eines externen Spezialisten für Personal- und Organisationsentwicklung durchgeführt werden. Diese Massnahmen dienen der Auseinandersetzung mit der Führungskultur im KKB und deren Fortentwicklung.

Mit dem Wechsel in der Kraftwerksleitung 2016 ist eine neue Lernmethode mit dem Namen «Lernen unter Kollegen» (LUK) KKB-weit initiiert worden. LUK ist ein nicht führungsorientierter Ansatz mit der Zielsetzung, die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen und Hierarchiestufen zu stärken sowie Fehler Trends zu erkennen. LUK bedeutet, zwei oder mehr Kollegen begegnen sich unabhängig von ihrer Hierarchiestufe auf Augenhöhe und lernen gegenseitig voneinander.

Mit dem Führungswechsel wurde bekannt gemacht, dass der Kraftwerksleiter jährlich mindestens an einem Audit von Prozessen mit grosser Relevanz für die Sicherheit der Anlage teilnimmt. Mittlerweile hat der Kraft-



werksleiter bereits an folgenden Audits teilgenommen: Prozess der Fremdpersonaleinführung, Factory Acceptance Tests sowie Änderungswesen. Bei den beiden letzten Audits handelt es sich um umfangreiche Überprüfungen von Aufgaben, deren Tätigkeiten in verschiedenen Prozessen festgelegt sind. Der Kraftwerksleiter war jeweils am gesamten Auditprozess beteiligt, d. h. bei der Datengewinnung (z. B. Durchführung von Interviews), Datenauswertung und den daran anschliessenden Statusgesprächen.

Das Pendenzenmanagement erfolgte im KKB gremienspezifisch, in der Regel anhand von Protokollen. Bei dieser Vorgehensweise zeigten sich Schwachstellen. Es war keine Abstimmung mit parallelen Pendenzen möglich und es fehlte eine Übersicht über die Massnahmenabwicklung. Mit der Einführung des Dokumentenmanagementsystems wurde ein Pendenzenmanagement geschaffen, welches erlaubt, die Pendenzen zentral zu verwalten. Mit einer Pilotanwendung wurde 2014 das Pendenzenmanagement in zwei Gremien gestartet und per Ende 2017 auf weitere Gremien ausgedehnt.

Alle Mitglieder des Notfallstabes haben im Überprüfungszeitraum an einer Ausbildung zum Thema «Stabsarbeit im Notfallmanagement – Psychologische Aspekte» teilgenommen. Neben praktischen Übungen in Form von Planspielen haben sie sich dabei mit Themen wie mentale Modelle, Entscheidungsfindung oder Kommunikation in kritischen Situationen auseinandergesetzt.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 5 KEG<sup>KEG</sup>
- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die Ausgestaltung und Umsetzung der Führungsaufgaben erfüllt die massgebenden Anforderungen des KEG und der Richtlinie ENSI-G07. Mit dem Instrument «LUK» verfügt das KKB über eine Methode, welche die kollegiale und kollektive Wissens- und Lernerfahrung unterstützt.

## **8.2.4 Interne Sicherheitskommission**

### **Angaben des KKB**

Die interne Sicherheitskommission (ISK) hat eine beratende Funktion gegenüber dem Kraftwerksleiter in sämtlichen Fragen der nuklearen Sicherheit in Bezug auf den Schutz von Personen und Umwelt vor ionisierender Strahlung. Sie setzt sich aus dem Kraftwerksleiter, seinem Stellvertreter, den Abteilungsleitern sowie weiteren Fachpersonen und mindestens einem externen Vertreter zusammen. Fallweise werden übrige Personen zu ständigen Mitgliedern ernannt oder zur Behandlung einzelner Traktanden zugezogen. Die ISK lieferte im Überprüfungszeitraum belastbare Entscheidungsgrundlagen für sicherheitsrelevante Entscheide der Kraftwerksleitung. Die Organisation und die Informationsmittel der ISK sind in einer administrativen Weisung sowie einer Prozessbeschreibung des integrierten Managementsystems (iMS) festgehalten. Dies gilt ebenfalls für die Berichterstattung über die Arbeit der ISK an das ENSI.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die Aufgabenstellung, Zusammensetzung und Arbeitsweise der internen Sicherheitskommission entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-G07.

## 8.2.5 Sicherheitskultur

### Angaben des KKB

Massnahmen zur Förderung der Sicherheitskultur werden im KKB langfristig, d. h. als 10-Jahresprogramm, geplant. Wichtige Massnahmen dazu sind das Lernen aus Erfahrungen, die Handbücher «Standards und Erwartungen», die Kurzvorträge im Rahmen von «5 Minuten für die Sicherheit» und auch der Fieldsimulator. Diese Massnahmen sind nachstehend beschrieben.

Zum Lernen aus Erfahrungen gehört die Erfassung und Kommunikation von Abweichungen, Fehlern und Beinahe-Ereignissen. Weitere Instrumente dazu sind Human-Factor- und vertiefte Analysen oder die Auseinandersetzung mit dem Erfahrungsrückfluss, welcher von fremden Anlagen kommuniziert wird. Zudem ist dem KKB wichtig, das Lernen aus positiven Erfahrungen als Aspekt der Sicherheitskulturförderung zu betrachten.

2009 wurde das Handbuch «Erwartungen an den Betrieb» erstmalig eingeführt. 2016 erarbeitete die Ausbildungskommission im Auftrag der Kraftwerksleitung und des Sicherheits-Controllers einen Vorschlag zur Überarbeitung der Handbücher für das Eigen- und Fremdpersonal. Die daraus resultierte Überarbeitung führte ab 2017 zu einer inhaltlichen Aktualisierung und Optimierung sowie auch zu einer Harmonisierung der abteilungsspezifischen Handbücher bzw. des Handbuchs für das Fremdpersonal. In der administrativen Weisung «Standards und Managementenerwartungen im KKB» sind die Erstellung und Vermittlung der Inhalte sowie auch die Beachtung der in den Handbüchern dargelegten Standards und Erwartungen festgelegt.

«5 Minuten für die Sicherheit» ist ein Gefäss zur Vermittlung von Informations- bzw. Schulungsinhalten, die sich an alle Mitarbeitenden des KKB richten. Es findet jeweils am Montagmorgen zu Beginn der 8-Uhr-Sitzung in Form von Kurzvorträgen zum Thema Sicherheit statt. Die Inhalte der Kurzvorträge sind allen Mitarbeitenden des KKB zugänglich. «5 Minuten für die Sicherheit» ist für eine Pilotphase gestartet worden. Viele positive Rückmeldungen führten dazu, dass die Vorträge nach der Pilotphase weitergeführt wurden und mittlerweile zu einem fest eingerichteten Instrument zur Förderung der Sicherheitskultur geworden sind. Das Ziel der Kurzvorträge ist, wenn immer möglich, einen Bezug zu den Standards und Erwartungen (s. oben) aufzuzeigen und dabei Inhalte in Form von Texten und Bildern aus den Handbüchern zu verwenden. Entsprechend haben sich die Kurzvorträge als geeignetes Mittel erwiesen, den Mitarbeitenden interne und externe Betriebserfahrungen zu vermitteln.

Der Fieldsimulator ist eine Übungsanlage für das Training von professionellem Verhalten in der Anlage (siehe Kap. 8.2.6.2 der vorliegenden Stellungnahme).

Eine bedeutende Massnahme zur Förderung der Sicherheitskultur ist die Einführung des Sicherheits-Controllers im Jahr 2006. Diese von der Linienorganisation unabhängige Stelle ermöglicht sowohl eine qualitative als auch eine quantitative Bewertung der Sicherheit und hat sich im Berichtszeitraum weiterhin bewährt.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

– Richtlinien ENSI-G07<sup>G07</sup> und ENSI-G09<sup>G09</sup>

### Beurteilung des ENSI

Die Massnahmen zur Förderung der Sicherheitskultur werden langfristig geplant. Mit dem Sicherheits-Controlling verfügt das KKB über eine von der Linienorganisation unabhängige Stelle zur Bewertung der Sicherheit.

Der Umgang des KKB mit Fragestellungen im Bereich der Sicherheitskultur erfüllt die Vorgaben der Richtlinien ENSI-G07 und ENSI-G09.

## **8.2.6 Personelle und materielle Ressourcen**

### **8.2.6.1 Personalbestandsentwicklung und Personalressourcen**

#### **Angaben des KKB**

Durch die systematische und vorausschauende Nachfolgeplanung im KKB konnten im Überprüfungszeitraum bis auf eine Ressortleitung sämtliche Abgänge und Pensionierungen von Abteilungs- und Ressortleitungen durch eigene Mitarbeitende besetzt werden. Die Nachfolgeplanung erhielt 2014 eine zusätzliche methodische Unterstützung durch das Talentmanagement, das konzernweit eingeführt wurde. In einem jährlichen Zyklus beurteilen dabei die Führungskräfte die Kompetenzen sowie das Potential von möglichen Nachfolgern. Dabei werden auch zielführende Massnahmen für die Führungskräfte- und Talente-Entwicklung besprochen und festgelegt. Dieses Vorgehen ermöglicht eine breite und differenzierte Erfassung von möglichen Nachfolgern.

Anfangs 2012 wurde in der Division Kernenergie das Fachlaufbahnmodell eingeführt. Dieses hat zum Ziel, Fachnachwuchskräfte gezielt zu entwickeln und zu fördern. Mit der Fachlaufbahn wurde eine Alternative zur Führungslaufbahn als Entwicklungsperspektive geschaffen, was die Attraktivität einer Anstellung im Kernenergiesektor erhöhen soll. In den Jahren 2012 bis 2016 hat das KKB 25 Mitarbeitende im Rahmen einer Fachlaufbahn befördert.

Nach dem Abschluss diverser Grossprojekte wurde die Personalplanung des KKB überarbeitet. Dabei wurde beschlossen, den Personalbestand des KKB von über 500 Vollzeitstellen auf den Stand von 2006 (450 Vollzeitstellen) zu reduzieren. Das Ziel von 450 Vollzeitstellen wurde bis Ende des Geschäftsjahres 2016/2017 erreicht. Der Abbau von Stellen erfolgte über einen Zeitraum von zwei Jahren primär über vorzeitige Pensionierungen, sodass der Wissenstransfer sichergestellt werden konnte. In der Abteilung Maschinentechnik hat die Personalreduktion bei gleichzeitiger Zunahme der erforderlichen Arbeiten im Bereich des Alterungsüberwachungsprogramms zur Überlastung einzelner Mitarbeitender geführt. Die Kraftwerksleitung bespricht aus diesem Grund in kurzen periodischen Abständen die Situation mit dem Abteilungsleiter.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB legt dar, dass die Reduktion des Personals auf den Stand von 2006 keine unmittelbar sicherheitsrelevanten Auswirkungen hat. Das ENSI stellt allerdings fest, dass die Arbeitsauslastung der KKB-Mitarbeitenden in einzelnen Abteilungen sehr hoch ist. Hierzu tragen einerseits ungeplante Projekte (z. B. BEFLAW) bei, andererseits sehen sich einzelne Abteilungen aber auch mit einer erhöhten Fluktuation und der daraus nötigen Einarbeitung von neuen Mitarbeitenden konfrontiert. Diese höhere Arbeitsauslastung macht sich auch im Kontakt mit dem ENSI bemerkbar, so wurden z. B. im Rahmen der vorliegenden PSÜ vom KKB diverse Fristerstreckungen beantragt.

Grundsätzlich erfüllt das KKB im Bereich der Personalbestandsentwicklung und Personalressourcen die Vorgaben der Richtlinie ENSI-G07. Das ENSI wird jedoch die Ressourcensituation im KKB im Rahmen der jährlich stattfindenden Fachgespräche zu Personal und Organisation schwerpunktmässig in den nächsten Jahren beaufsichtigen. Dabei hat das KKB u. a. aufzuzeigen, dass sowohl der jeweils aktuelle als auch der künftige Personalbestand geeignet sind, um die Sicherheit der Anlage zu gewährleisten.

### **8.2.6.2 Aus- und Weiterbildung**

#### **Angaben des KKB**

##### *Allgemeine Ausbildung*

Übergeordnetes Dokument für die gesamte Kraftwerksausbildung in der Division Kernenergie und somit auch für das KKB ist die administrative Weisung «Grundlegendes Konzept der Kraftwerksausbildung». Diese Weisung beschreibt die im Ausbildungsprozess involvierten Stellen, legt den Prozess zur Ermittlung des Ausbildungsbedarfs dar und enthält Vorgaben für die Dokumentation der durchgeführten Ausbildungen.

Die allgemeine Ausbildung für Neueintretende gliedert sich in eine Basis-, Vertiefungs-, Erweiterungs- und Repetitionsausbildung. Innerhalb von ca. 18 Monaten nach Arbeitsaufnahme der Neueintretenden wird im Rahmen der Basisausbildung kernkraftwerksspezifisches Wissen vermittelt. Anschliessend werden in der Vertiefungsausbildung weitergehende spezifische Wissensinhalte zum Kraftwerksbetrieb vermittelt. Für die Einführung neuer Mitarbeitender am Arbeitsplatz sind die Abteilungsleiter verantwortlich. Zusätzlich zur obligatorischen Grundausbildung werden dazu anhand einer Aufgabenanalyse individuelle Einarbeitungsprogramme ausgearbeitet, die einen umfassenden Know-How-Transfer ermöglichen.

Seit 2016 ist im KKB der sogenannte Fieldsimulator in Betrieb, welcher der Schulung von professionellem Handeln in der Anlage dient. Es ist vorgesehen, dass sämtliche Mitarbeitende des KKB einen Ausbildungstag zum Thema Fehlervermeidungstechniken im Fieldsimulator absolvieren. Gleichzeitig soll auch ausgewähltes Fremdpersonal diese Schulung absolvieren.

##### *Zulassungspflichtiges Personal*

Für die Tätigkeit als Reaktoroperateur, Schichtchef und Pikettingenieur ist eine behördliche Zulassung erforderlich. Die Ausbildungsinhalte sowie das Ausbildungsverfahren für dieses zulassungspflichtige Personal sind im «Ausbildungshandbuch der Betriebsausbildung» beschrieben. Reaktoroperateur-Kandidaten absolvieren zunächst eine werksinterne Ausbildung zum Anlagenoperateur. Danach erfolgt die kerntechnische Grundausbildung am Paul Scherrer Institut. Im Anschluss erwerben die Kandidaten im werksinternen Technologiekurs Anlagen- und Systemkenntnisse. Schliesslich erlernen sie in der Simulatoreausbildung die praktische Bedienung der Anlage im Kommandoraum. Abgeschlossen wird die Ausbildung durch eine Zulassungsprüfung im Beisein von ENSI-Vertretern. Die Weiterbildung zum Schichtchef bzw. Pikettingenieur erfolgt werksintern. Schichtchefkandidaten besuchen im Rahmen ihrer Ausbildung zusätzlich ein Führungsseminar, und angehende Pikettingenieure absolvieren zusätzlich einen zweitägigen Kurs für Stabsarbeit im Notfallmanagement.

Das zulassungspflichtige Personal absolviert periodische Wiederholungsschulungen. Diese beinhalten sowohl einen theoretischen als auch einen praktischen Teil, wobei die praktischen Übungen am Simulator durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Wiederholungsschulungen erfolgt mindestens alle zwei Jahre auch die gesetzlich vorgeschriebene Requalifikation der Mitarbeiter.

##### *Nicht-zulassungspflichtiges Personal*

Das Instandhaltungspersonal hat durch seine Tätigkeit einen direkten Einfluss auf den Anlagenbetrieb und die Sicherheit. Deshalb ist es erforderlich, dass das Instandhaltungspersonal die Zusammenhänge seiner Tätigkeit in Bezug auf die Gesamtanlagenfahrweisen und hinsichtlich der sicherheitstechnischen und qualitativen Anforderungen kennt. Um dieses Ziel zu erreichen, stehen dem Instandhaltungspersonal eine Vielzahl von Weiterbildungsmöglichkeiten offen. Eine weitere Massnahme zur Vermittlung von erforderlichen tätigkeitsspezifischen Wissensinhalten sind Pre-Job-Briefings (Arbeitsvorbereitungen). Dabei werden die beteiligten Personen in der Vorbereitung dazu angeleitet, sich vertieft mit den möglichen Konsequenzen ihrer Tätigkeiten zu befassen. Entsprechende Schulungsunterlagen über die Arbeitsvorbereitungen sind in jeder Instandhaltungsgruppe vorhanden.

Das technisch-wissenschaftliche Personal liefert mit der Erstellung von Analysen und Konzepten die Grundlage für die Ausführung von Prozessen, die den Anlagenbetrieb unterstützen. Die Umsetzung der teils komplexen und fachübergreifenden Aufgaben erfordert sowohl vertiefte Fachkenntnisse als auch ein übergreifendes Verständnis der Gesamtanlage. Die Aus- und Weiterbildung von technisch-wissenschaftlichem Personal

wird in der administrativen Weisung «Grundlegendes Konzept der Kraftwerksausbildung» geregelt. Wegen der teilweise hohen Komplexität der Fragestellungen und der hierfür erforderlichen spezifischen analytischen Fähigkeiten kann das notwendige Wissen oft nicht in externen Kursen erworben werden. In diesen Fällen hat das Training-on-the-job mit längeren Begleitfristen durch erfahrene Mitarbeitende eine grosse Bedeutung.

Die Führungsausbildung der Führungskräfte wird auf der Unternehmensebene durch den Axpo-Konzern koordiniert und organisiert. Für die untere Führungsstufe (Gruppen-, Equipen- und Teamchefs) wird ein Führungsseminar mit einer eher praxisorientierten Ausrichtung angeboten. Grundlage für diese Führungsschulung ist das Konzept der situativen Führung. Neben den Führungskursen werden diverse Kaderschulungen wie Konfliktmanagement, Präsentationstechnik, Rhetorik, Zeitmanagement oder Verhandlungstraining angeboten. Das Aus- und Weiterbildungsangebot wird jährlich neu eruiert, um dessen Aktualität sicherzustellen.

An der Systematik der Fremdpersonaleinführung haben sich im Überprüfungszeitraum keine wesentlichen Änderungen ergeben. Hingegen wurden aufgrund systematischer Auswertungen von Erfahrungen laufend die Detailprozesse optimiert. So wurden z. B. die Broschüren «Informationen und Erwartungen an das Fremdpersonal» und «Standards & Erwartungen» eingeführt. Seit ca. 2016 führt das KKB eine Liste mit autorisiertem Fremdpersonal. Diese Personen absolvieren – analog dem Eigenpersonal – das Ausbildungsprogramm im Field-Simulator, das der Schulung von Fehlervermeidungstechniken dient.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 22 KEG<sup>KEG</sup>
- Art. 30 KEV<sup>KEV</sup>
- VAPK<sup>VAPK</sup>
- Richtlinie ENSI-B10<sup>B10</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB verfügt über Prozesse, die eine systematische Ausbildung von neuen Mitarbeitenden sicherstellen. Auch die Weiterbildung des bestehenden Personals erfolgt systematisch und bedarfsorientiert. Mit dem im Überprüfungszeitraum neu eingeführten Field-Simulator verfügt das KKB über ein Werkzeug, das es ermöglicht, Fehlervermeidungstechniken und Werkzeuge des professionellen Handelns realitätsnah zu schulen und zu trainieren.

Die Aus- und Weiterbildung im KKB erfüllt die Vorgaben des KEG, der KEV, der VAPK und der Richtlinie ENSI-B10.

### **8.2.6.3 *Beauftragung von Fremdpersonal und Fremdleistungen***

#### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum haben sich betreffend die Beauftragung von Fremdpersonal keine wesentlichen Änderungen ergeben. Die Bestellung und die Beschäftigung von Arbeitskräften von Fremdfirmen sowie die Aufgaben der internen Betreuer sind in der administrativen Weisung «Beschäftigung von Fremdpersonal» geregelt. Jedem Fremdmitarbeiter wird ein KKB-Mitarbeiter zur Betreuung zugewiesen. Zur Unterstützung steht diesen Sachbearbeitern das Dokument «Merkmale für Fremdpersonalbetreuer» zur Verfügung. Dieser Leitfaden wird jeweils vor der Jahresrevision überarbeitet.

Nach Beendigung des Einsatzes werden die Fremdmitarbeiter durch deren Betreuer hinsichtlich der Erfüllung der Funktion, der Qualität der Arbeit und der Einhaltung der Vorschriften bewertet. Die mehrheitlich langjährige, gute Zusammenarbeit zwischen dem KKB und den verschiedenen Fremdfirmen führt bei den einzelnen Arbeitseinsätzen zu einer hohen Kontinuität betreffend des Fremdpersonals. Diese mehrjährige Erfahrung im KKB unterstützt die Massnahmen zur Förderung der Sicherheitskultur positiv.

Zukünftig wird der Axpo-Konzerneinkauf aus wirtschaftlichen Überlegungen vermehrt Einfluss auf die Beschaffung und Beauftragung von Fremdpersonal und Fremdleistungen nehmen. Dies führt dazu, dass die Einhaltung von kerntechnikspezifischen Regelwerken im KKB gegenüber den Allgemeininteressen stringent vertreten werden muss.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- VAPK<sup>VAPK</sup>
- Richtlinie ENSI-B10<sup>B10</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB verfügt über Prozesse, die sicherstellen, dass das Fremdpersonal den geforderten Qualitätsansprüchen genügt. Weiter setzt das KKB nach Möglichkeit auf eine langjährige Zusammenarbeit mit Fremdarbeitern, sodass Personal bevorzugt wird, welches sich bereits bewährt hat. Das ENSI nimmt den vermehrten Einfluss des Axpo-Konzerneinkaufs zur Kenntnis und verweist auf das kerntechnische Regelwerk, das auch unter erschwerten wirtschaftlichen Bedingungen zwingend eingehalten werden muss. Diese Thematik ist auch Teil der laufenden Aufsicht des ENSI.

Die Beauftragung von Fremdpersonal und Fremdleistungen im KKB erfüllt die Vorgaben der KEV und der Richtlinie ENSI-B10.

## **8.2.6.4 Infrastruktur, Arbeitsmittel und Arbeitsbedingungen**

### **Angaben des KKB**

#### *Wissensmanagement*

2015 wurde in der Aktennotiz «Wissensmanagement Axpo Kernenergie – Grundlagen» versucht, die wichtigsten Erkenntnisse der IAEA zum Wissensmanagement zusammenzufassen und mit Konzepten und Methoden aus wissenschaftlicher Literatur sowie mit eigenem Know-How der Verfasser zu ergänzen. Sie dient der Themenübersicht und soll aufzeigen, in welchen Bereichen mit vertieften Analysen und Realisierungen angesetzt werden soll.

Das Wissensmanagement stützt sich für seine Umsetzung auf drei Basiskomponenten: Organisation (Personen), Prozesse (Methoden) und Technologien (Hilfsmittel). Umgesetzt wird die praktische Implementierung des Wissensmanagements u. a. mit der Förderung von Weiterbildungen, dem Einsatz von systematischen Planungs- und Überwachungsinstrumenten und auch durch die Digitalisierung von Wissen in Form von Dokumenten, Bildern und Videos.

#### *Arbeitsmittel*

Im Überprüfungszeitraum wurde im KKB ein neues Dokumentenmanagementsystem (DMS) eingeführt, das eine elektronisch unterstützte Postverteilung ermöglicht. Das neue System ermöglicht kürzere Durchlaufzeiten bei der Postbearbeitung, sodass alle Berechtigten einen frühen Zugriff auf die Informationen haben. Neben dem neuen DMS wurde im Überprüfungszeitraum auch ein elektronischer Kreditorenworkflow eingeführt.

#### *Arbeitsbedingungen*

Bis Ende 2017 hat das KKB einen Abbau von 50 Vollzeitstellen vollzogen, mehrheitlich über vorzeitige Pensionierungen und den Abbau von administrativen Stellen über einen Zeitraum von gut zwei Jahren.

Per Ende des Überprüfungszeitraumes existieren rund 300 Änderungsaufträge mit Status «In Arbeit». Mit einer stringenten Priorisierung dieser Änderungen soll deren Anzahl reduziert werden. Damit Investitionen und Vorhaben umgesetzt werden, müssen diese die Sicherheit fördern oder die Effizienz steigern, oder es müssen regulatorische Anforderungen zu Grunde liegen.

Die Zunahme der Aufwendungen im KKB führte punktuell zu einer hohen Arbeitsbelastung einzelner Mitarbeiter. Beispiele für die höheren Aufwendungen sind die Qualifizierung von zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen und die Zusatzaufgaben im Rahmen des Safety-Cases «RDB Block 1» (Projekt BEFLAW).

Das neue DMS führte zur Entlastung bei administrativen Abläufen, z. B. durch die Einführung der elektronischen Unterschrift. Die Einführung des elektronischen Kreditorenworkflows im Jahr 2013 hat sich bewährt und führte zu einer signifikanten Entlastung der administrativen Abläufe und zu einer Steigerung der Prozessqualität. Die laufende Hinterfragung und gegebenenfalls Verschlinkung von Geschäftsprozessen speziell im administrativen Bereich soll weitergeführt werden, um Ressourcen für das anlagennahe (operative) Geschäft freizusetzen.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 7 und Art. 31 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-G07<sup>G07</sup> und ENSI-G09<sup>G09</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Mit dem Aufbau eines Wissensmanagements sowie mit der Einführung eines neuen Dokumentenmanagementsystems hat das KKB im Überprüfungszeitraum Massnahmen ergriffen, um Wissen in der Organisation festzuhalten und besser zu verteilen. Gleichzeitig hat das DMS auch zu einer Entlastung bei administrativen Abläufen geführt. Die höhere Arbeitsauslastung einzelner Mitarbeiter führt das KKB auf höhere Arbeitslasten bei einzelnen Projekten zurück.

Die Punkte Infrastruktur, Arbeitsmittel und Arbeitsbedingungen im KKB erfüllen die Vorgaben der KEV und der Richtlinien ENSI-G07 und ENSI-G09. Hinsichtlich der Beurteilung der höheren Arbeitsauslastung sei auf Kap. 8.2.6.1 der vorliegenden Stellungnahme verwiesen.

## **8.2.7 Vollständigkeit und Zweckmässigkeit des Managementsystems**

### **Angaben des KKB**

Damit Prozesse effektiv und effizient ausgeführt werden können, ist die Transparenz des Prozessnetzwerks, der Prozessstruktur, der Prozessabläufe und der Prozessleistungen nötig. Das integrierte Managementsystem (iMS) des KKB schafft diese Transparenz, ermöglicht eine einfache Handhabung der verschiedenen Standards und bietet somit eine Basis für organisatorische Verbesserungsmassnahmen. Im Überprüfungszeitraum hat sich das iMS des KKB konsolidiert, und es wurden diverse Softwareupdates durchgeführt.

Das iMS ist derart konzipiert, dass bei dessen konsequenter Anwendung die aktuellen Anforderungen der folgenden Normen erfüllt werden:

- ISO 9001 für ein Qualitätsmanagementsystem;
- ISO14001 für ein Umweltmanagementsystem;
- ISO 14025 für die Umweltdeklaration EPF;
- Spezifikation OHSAS 18001 für das Arbeitssicherheitsmanagementsystem AMS;
- Vorgaben der Richtlinie 6508 der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit;
- Safety Requirements der IAEA GS-R-3 resp. seit Mitte 2016 schrittweise die Safety Requirements der IAEA GSR Part 2.

Die Lenkung und Handhabung von Dokumenten und Daten sind wichtige Elemente des Qualitätsmanagementsystems und damit direkt relevant für die Sicherheitsaspekte im Kernkraftwerk. Im Überprüfungszeitraum wurde das Dokumentenmanagementsystem im Rahmen eines Organisations-Projekts neu konzipiert und

schrittweise eingeführt. Das DMS unterstützt den Benutzer in den elektronischen Abläufen der Dokumentenlenkung im Freigabeprozess, dem elektronischen Posteingang und der Postverteilung, dem Pendenzenmanagement und dem Vertragsmanagement.

Das IMS des KKB wird regelmässig sowohl einer internen als auch einer externen Bewertung unterzogen. Die Bewertungen im Überprüfungszeitraum bestätigten die Vollständigkeit und Zweckmässigkeit des IMS.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 31 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-G07<sup>G07</sup> und ENSI-G09<sup>G09</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die Axpo-Division Kernenergie verfügt über ein integriertes Managementsystem, das auch die Prozesslandschaft des KKB umfasst. Mit diesem integrierten Managementsystem verfügt das KKB über ein bewährtes Hilfsmittel zur Erfüllung der massgeblichen Normen. Durch Einführung eines neuen Dokumentenmanagementsystems wurden im Überprüfungszeitraum die Dokumentenlenkung sowie das Pendenzen- und Vertragsmanagement vereinfacht.

Das Managementsystem des KKB erfüllt die Vorgaben der KEV und der Richtlinien ENSI-G07 und ENSI-G09.

## **8.2.8 Motivation zur Nutzung von Meldesystemen**

### **Angaben des KKB**

Per Ende 2016 existierten im KKB die folgenden sechs Meldesysteme zur Erfassung von Verbesserungspotenzialen oder von Abweichungen von Erwartungen: Instandhaltungsmeldung, Lernen aus Erfahrung, Housekeeping M6, Manager in the Field, direkter Dienstweg und fachlicher Dienstweg. Zu den einzelnen Meldesystemen regeln dezidierte Vorgaben das jeweilige prozessuale Vorgehen.

2014 wurde aufgrund eines betrieblichen und sicherheitstechnischen Bedarfs zusätzlich zu den bestehenden Systemen der Meldetyp «Housekeeping M6-Meldungen» eingeführt. Dieses Verfahren dient dem einfachen Erfassen und der schnellen Bearbeitung von Meldungen aus den Bereichen Unfallschutz, Anlageordnung, Brandschutz und Gefahrenstoffe. Bis Ende 2016 wurden über 500 M6-Meldungen erfasst.

2016 wurde als Nachfolger zum Management-in-the-Field-Programm ein neuer Ansatz unter dem Begriff LUK (Lernen unter Kollegen, siehe Kapitel 8.2.3) initiiert. Das neue Programm wird ca. Ende 2017 für einen Pilotbetrieb zur Verfügung stehen.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB bietet seinen Mitarbeitenden diverse Meldesysteme zur Erfassung von Verbesserungspotenzialen und Abweichungen. Die Systeme werden von den Mitarbeitenden aktiv genutzt und regelmässig auf ihre Eignung überprüft.

Die Meldesysteme des KKB erfüllen die Vorgaben der Richtlinie ENSI-G07.



## 8.2.9 Prozess zur Gewährleistung der Qualität von Vorschriften

### Angaben des KKB

Als schweizerischer Betreiber einer Kernanlage muss die Axpo-Division Kernenergie ihre geschäftsrelevanten Dokumente lenken. Im Sinn der gesetzlichen Anforderungen gelten Dokumente als gelenkt, wenn ihr Werdegang in allen Teilschritten vom Erstellen über die Prüfung und Genehmigung bis zum Verteilen und Nutzen und letztlich dem Einzug alter, nicht mehr gültiger Versionen festgelegt und jederzeit nachvollziehbar ist. Im Überprüfungszeitraum haben sich bei den Grundlagen zur Lenkung und Qualitätssicherung von Dokumenten keine wesentlichen Änderungen ergeben.

Im Überprüfungszeitraum wurde das Dokumentenmanagementsystem (DMS) auf der Basis von SAP neu konzipiert. Für die gesamte Division Kernenergie wurden anhand vordefinierter Vorgaben DMS-Funktionalitäten in SAP realisiert und ab 2015 schrittweise eingeführt. Die Belegschaft wurde systematisch in der Bedienung und Nutzung des SAP DMS geschult. Mittels einer einfach bedienbaren Benutzeroberfläche können alle aktuellen geschäftsrelevanten Dokumente im SAP abgelegt werden und sind den Berechtigten über das SAP-Portal einfach zugänglich. Das DMS unterstützt den Benutzer in den elektronischen Abläufen der Dokumentenlenkung im Freigabeprozess, dem Posteingang und der Postverteilung, dem Pendenzenmanagement und dem Vertragsmanagement. Mit dem DMS wurde somit auch ein elektronischer Workflow für die Erstellung, Redaktion, Vernehmlassung, Freigabe und Publizierung geschaffen.

Die rund 4500 aktiven Vorgabedokumente werden dezentral durch die zuständigen Organisationsstellen administrativ bewirtschaftet. Zur dezentralen Planung, Durchführung und Überwachung des Überprüfungsrythmus von zwei Jahren wird ein im Überprüfungszeitraum eingeführtes Dokumentencockpit eingesetzt. Im Cockpit werden Daten aus dem SAP-DMS direkt übernommen und angezeigt. Die dadurch entstandene Transparenz zur laufenden Verbesserung hat seit der Einführung zu einer signifikanten Verbesserung hinsichtlich einer korrekten Datenhaltung im SAP-Ablagesystem und bei der Dokumentenprüfung respektive zur Erkennung von Revisionsbedarf für Vorschriften geführt.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Art. 31 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-G07<sup>G07</sup> und ENSI-G09<sup>G09</sup>

### Beurteilung des ENSI

Im Überprüfungszeitraum hat das KKB ein Dokumentenmanagementsystem eingeführt, das die Mitarbeitenden im Freigabeprozess von Dokumenten unterstützt. Das ENSI wird sich im Rahmen der laufenden Aufsicht über die Erfahrungen mit dem neuen DMS und die vom KKB daraus generierten Erkenntnisse informieren lassen. Der Prozess zur Gewährleistung der Qualität von Vorschriften des KKB erfüllt die Vorgaben der KEV und der Richtlinien ENSI-G07 und ENSI-G09.

## 8.2.10 Prozess zur internen Freigabe von Vorschriften

### Angaben des KKB

In den letzten 10 Jahren ist der Freigabeprozess in Bezug auf die Erstellung, Prüfung und Genehmigung von Dokumenten grundsätzlich unverändert geblieben. Im Bereich der Dokumentenlenkung war die Einführung des Dokumenten-Managementsystems prägend hinsichtlich einer signifikanten Steigerung der Effizienz und der Qualitätssicherung durch integrierte elektronische Workflows. Die Prüfung und Freigabe, aber auch die Verteilung von neuen und geänderten Dokumenten (inkl. Vorschriften) erfolgt elektronisch per sogenanntem Laufwegschritt.

Die Abteilung Betrieb unterhält eine separate Organisationsstelle für Betriebsvorschriften. Diese ist zuständig für die Erstellung, Aktualisierung und Verwaltung der Betriebs-, Routine-, Stör- und Notfallvorschriften. Betriebsvorschriften unterliegen den Standardvorgaben für die Lenkung von Dokumenten.

Für die im IMS dokumentierten Geschäftsprozesse gelten die gleichen Grundsätze der Dokumentenlenkung. Das Prüfungs- und Freigabeverfahren unterliegt einem systematischen Mehraugenprinzip zwischen dem Prozesseigner und einem fachlichen Prüfer sowie einem Freigeber. Das Vorgehen der Freigabe von gelenkten und nicht gelenkten IMS-Dokumenten wird in der Prozessbeschreibung «Freigabeprozess IMS-Dokumente» dargestellt.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 31 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-G07<sup>G07</sup> und ENSI-G09<sup>G09</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die interne Freigabe von Vorschriften geschieht mit Hilfe eines elektronischen Workflows. Dieser stellt ein Mehraugenprinzip sicher, der die fachliche Korrektheit der Vorschriften gewährleistet.

Der Prozess zur internen Freigabe von Vorschriften im KKB erfüllt die Vorgaben der KEV und der Richtlinien ENSI-G07 und ENSI-G09.

## **9 Notfallschutz**

Ziel des Notfallschutzes ist der Schutz des Personals und der Bevölkerung vor den Auswirkungen erhöhter Radioaktivität bei Stör- und Unfällen. Zum Schutz der Bevölkerung werden Behörden und Bevölkerung in der Umgebung von Kernanlagen (innerhalb der Notfallschutzzonen 1 und 2) über die möglichen Gefahren der Radioaktivität und über Schutzmassnahmen im Voraus informiert. Zudem wird sichergestellt, dass im Ereignisfall die Behörden rechtzeitig gewarnt werden. Die Bevölkerung wird mit Sirenen alarmiert und über Radio angewiesen, entsprechende Schutzmassnahmen zu befolgen, bevor radioaktive Stoffe in gefährdendem Umfang aus der Anlage austreten.

Verantwortlichkeiten und Aufgaben des Betreibers sind in Verordnungen und Konzepten des Bundes festgelegt und im Notfallreglement der Kernanlage festgeschrieben. Sie werden regelmässig im Rahmen von Übungen und Inspektionen überprüft.

Im Rahmen der vorliegenden Stellungnahme wird nur der anlageninterne Notfallschutz bewertet, da der anlagenexterne Notfallschutz den zuständigen Stellen des Bundes und der Kantone obliegt.

### **9.1 Notfallvorsorge und Notfallbereitschaft**

Der Betreiber ist verantwortlich für das rechtzeitige Erkennen eines Störfalls, das Ergreifen von Gegenmassnahmen in der Anlage und für die zeitgerechte Meldung an die Behörden. Mit einer Notfallorganisation, unterstützt durch Infrastruktureinrichtungen und Handlungsanweisungen in Form einer Notfalldokumentation, werden die Aufgaben des Notfallschutzes wahrgenommen.

#### **Angaben des KKB**

Das Ziel und die Verantwortlichkeiten für die Massnahmen der Notfallvorsorge sind im Kraftwerksreglement festgelegt. Darauf aufbauend regelt das Notfallreglement die KKB-Notfallorganisation, den Einsatz der Mitarbeitenden des KKB und weiterer Stellen sowie das Verhalten von Fremdpersonal und Besuchern auf dem Kraftwerksareal nach Eintritt eines Notfalls. Das Notfallreglement enthält die Definitionen und Kriterien, nach denen Notfälle im KKB deklariert und kategorisiert werden. Die übergeordneten Aufgaben und Pflichten der Notfallorgane sind in einer Notfallanweisung zusammengefasst, welche periodisch überprüft und angepasst wird.

Für die Organisation der Notfallvorsorge und die Einsatzbereitschaft der Notfallorganisation ist der Kraftwerksleiter verantwortlich. Seine diesbezügliche Aufgabe ist die Sicherstellung einer dem jeweiligen Stand der

Kenntnisse angepassten Notfallorganisation für die Notfallbekämpfung. Der Beauftragte für die Notfallvorsorge ist für die übergeordnete Koordination der Notfallvorsorge zuständig. Er verfolgt auch den internationalen Entwicklungsstand im Bereich der Notfallvorsorge sowie des Notfallmanagements und nimmt am internationalen Erfahrungsaustausch teil.

Das permanente Notfallvorsorge (NOVO)-Team behandelt abteilungsübergreifende Themen im Bereich der Notfallvorsorge und unterstützt die Kraftwerksleitung und die Abteilungsleiter bei der Sicherstellung einer optimalen Notfallbereitschaft. Im NOVO-Team werden Erkenntnisse aus Notfallübungen und der Notfalleinrichtung sowie notfallrelevante Erkenntnisse aus dem Kraftwerksbetrieb beraten und ggf. entsprechende Optimierungsmassnahmen der «Internen Sicherheitskommission» zur Beratung und anschliessend der Kraftwerksleitung zur Entscheidung vorgeschlagen.

Für die anforderungsgerechte Aufrechterhaltung der Notfallbereitschaft im KKB wurde im Rahmen des integrierten Managementsystems der Prozess «Gewährleistung der Notfallbereitschaft» erarbeitet. Darin wird u. a. dargestellt, wie mit Erfahrungen aus betrieblichen Ereignissen sowie aus Ereignissen in anderen Anlagen und mit den Anforderungen externer Stellen umzugehen ist. Ferner stellt der Prozess sicher, dass die Notfalleinrichtungen, Notfalleinrichtungen und Notfalldokumente regelmässig überprüft werden. Das KKB ist Mitglied in der Pressurized Water Reactor Owners Group (aus der Westinghouse Owners Group durch Erweiterung des Mitgliedskreises um Anlagen anderer Hersteller hervorgegangen), der Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter (GSKL) und der World Association of Nuclear Operators (WANO), die ihrerseits Grundlagen des Notfallschutzes erarbeitet haben, welche in der Notfallvorsorge des KKB Berücksichtigung finden.

Das richtige Verhalten in Notfällen ist Bestandteil der Grundausbildung aller Mitarbeitenden im Rahmen der modularen Basisausbildung. Mitarbeitende, die in die Notfallorganisation integriert sind, erhalten zusätzlich innerhalb ihres Notfallorgans eine angemessene funktionsspezifische Fachausbildung. Die Notfallorgane, die eine besondere Bedeutung für die Beherrschung von Störfällen haben, müssen ihre Kenntnisse mindestens einmal jährlich in internen Übungen oder im Rahmen der Notfallübung mit Behördenbeobachtung praktisch anwenden. Weiterführende spezielle Ausbildungen erhalten insbesondere Mitglieder des Notfallstabs, Pikett-ingenieure, Mitarbeitende der Notfallpiketts Maschinentechnik und Elektrotechnik, Mitglieder des Technical Support Centers (TSC), Mitarbeitende der Schicht, der Betriebsfeuerwehr, Sanität und Betriebswache. Die Ausbildung der in der Notfallequipen Schicht, Betriebsfeuerwehr, Sanität und Betriebswache eingesetzten Mitarbeitenden erfolgt gemäss den jeweils verabschiedeten Jahresplänen und den zugrunde liegenden gesetzlichen und regulativen Anforderungen.

Die Notfallbereitschaft im KKB gemäss den Richtlinien der ENSI-B11 und ENSI-B12 ist aus Sicht des KKB erfüllt.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Art. 123 bis 127 StSV<sup>StSV</sup>
- Art. 33 und Anhang 3 KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-B10<sup>B10</sup>, ENSI-B11<sup>B11</sup>, ENSI-B12<sup>B12</sup> und ENSI-G07<sup>G07</sup>
- Art. 6, 7 und 17 Notfallschutzverordnung

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB legt mit seinen Angaben dar, wie die Notfallvorsorge und die Notfallbereitschaft im KKB anhand des Prozesses «Gewährleistung der Notfallbereitschaft» sichergestellt wird. Der Prozess adressiert dabei hauptsächlich die Prüfung der Notfalldokumentation auf Aktualität und ggfs. deren Anpassung, die Planung, Durchführung sowie Auswertung von Ausbildungsmassnahmen und Notfallübungen, die Identifizierung von Verbesserungsmassnahmen und das Instandhalten der Notfalleinrichtungen. Mit dem Prozess werden die strukturierte Notfallbekämpfung, die ständige Bereitschaft der Notfallorganisation, deren Ausrüstung und Einrichtungen, die effiziente Zusammenarbeit und Kommunikation mit internen und externen Stellen, eine klare

Zuweisung von Aufgaben, Pflichten und Kompetenzen und nicht zuletzt der Einsatz von qualifizierten Mitarbeitern sichergestellt. Erkenntnisse aus Übungen und Einsätzen werden aufgegriffen, um die Notfallbereitschaft weiter zu verbessern.

In Notfallübungen wurde die Bereitschaft der KKB-Notfallorganisation bestätigt, mit Systemfunktionstests die der Notfallausrüstung. Gleichfalls bestätigen die Notfallübungen, dass die Notfallorganisation des KKB die an sie gestellten Anforderungen erfüllt, wonach der Betreiber einen Störfall erkennen und beurteilen, entsprechende Massnahmen zu dessen Beherrschung treffen sowie für die Alarmierung und die rasche Orientierung der zuständigen Behörden sorgen muss.

## **9.2 Notfallorganisation, Notfallausbildung und Notfallübungen**

### **9.2.1 Notfallorganisation**

#### **Angaben des KKB**

Die Notfallorganisation muss alle im Notfallreglement definierten Notfälle sach- und zeitgerecht bewältigen können und über die organisatorischen und technischen Fähigkeiten verfügen, um eine Eskalation zu schweren Störfällen zu verhindern.

Die Notfallorganisation des KKB basiert auf dem GSKL «Führungsmodell Notfallorganisation der Schweizerischen Kernkraftwerke» und berücksichtigt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B12.

Die für die erfolgreiche Bewältigung eines Notfalls erforderlichen technischen und organisatorischen Führungsdokumente sind vorhanden, ebenso wie die erforderliche Infrastruktur.

Organisatorisch wurde das Technical Support Center (TSC) weiter in die Notfallstabsorganisation eingebunden – dies führte zur Stärkung der technischen Fachkompetenz im Direktzugriff vom Notfallleiter. Die Umbenennung der Notfallstabssekretäre in die Stabdienstgruppe sowie die Zusammenfassung der Stabdienstgruppe, der Notfallzentrale und dem TSC in den Notfallstabssupport führte zur Vereinfachung der Notfallorganisation.

Durch die sog. «Implizite Alarmierung» wurde das Aufgebot der Notfallorgane auch für den Fall geregelt, wo aufgrund z. B. eines Naturereignisses die Alarmierung nicht mehr gewährleistet ist. Die Erfüllung der zeitlichen Vorgaben der Einsatzbereitschaft wird in Notfallübungen und insbesondere auch in den vom ENSI initiierten unangemeldeten Alarmierungsnotfallübungen überprüft, wobei die Einsatzbereitschaft immer mit grosser Reserve nachgewiesen werden konnte.

Die Verbesserungen im Nachgang der Ereignisse von Fukushima, namentlich das externe Lager und interne Lager mit Notfallmaterial, die Erstellung einer Einsatzstrategie bei schweren Störfällen mit der Einrichtung eines externen Ersatznotfallraums und der gegenseitigen Verpflichtung der schweizerischen Kernkraftwerke zur Hilfeleistung, hat die Möglichkeiten zur Bewältigung eskalierender Störfälle mit potentiell grossen Freisetzen verbessert.

Auf Initiative des ENSI wurde im Überprüfungszeitraum ein Notfallprozess für RENEGADE, also eine potenzielle Drohung gegen das Werk durch einen absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturz, entwickelt.

Letztlich wird dem Schutz der Bevölkerung durch die Einführung der neuen schweizerischen, IAEA-kompatiblen Notfalklassierung mit zusätzlichen, die Kriterien zur raschen Alarmierung der Bevölkerung (RABE-Kriterien) ergänzenden Notfallkriterien, Rechnung getragen.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien ENSI-B11<sup>B11</sup> und ENSI-B12<sup>B12</sup>

## Beurteilung des ENSI

Die Notfallorganisation des KKB entspricht in ihrer organisatorischen Zusammensetzung den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B12. Gleichfalls entsprechen die organisatorischen Regelungen zur Aktivierung der Notfallorganisation und die Übernahme der Notfalleitung durch den Kraftwerksleiter und den Notfallstab den behördlichen Anforderungen. Durch die Stabsarbeit während und zwischen den Notfallstabsrapporten erarbeiten die Mitglieder des Notfallstabes in ihrem Fachgebiet die notwendigen Entscheidungsgrundlagen für den Kraftwerksleiter und unterstützen ihn in seinen Führungstätigkeiten. Ein strukturierter Übergang beendet den Einsatz der Notfallorganisation. Erkenntnisse aus Übungen und Ereignissen wurden zur Optimierung der Notfallorganisation umgesetzt und deren Wirksamkeit erfolgreich überprüft. Die Auswertung der durchgeführten Alarmierungsnotfallübungen belegt zudem die Einsatzbereitschaft der Notfallorganisation entsprechend den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B11.

Der eingeführte Notfallprozess hinsichtlich RENEGADE wurde vom ENSI als akzeptabel erachtet.

### 9.2.2 Notfallausbildung

#### Angaben des KKB

Die Einführung und Ausbildung in Belange der Notfallvorsorge und des Notfallmanagements beginnt für die Mitarbeiter des Kernkraftwerks Beznau in der Regel am ersten Arbeitstag. Die integrale Überprüfung der Notfallbereitschaft erfolgt in den Notfallübungen. Das richtige Verhalten in Notfällen ist Bestandteil der Grundausbildung aller Mitarbeitenden im Rahmen der modularen Basisausbildung.

Die Verantwortlichkeiten für die Planung, Durchführung und Auswertung der Aus- und Weiterbildung für das gesamte KKB-Personal auf dem Gebiet der Notfallvorsorge ist in einer administrativen Weisung geregelt. Sie enthält insbesondere Vorgaben für die Ausbildungsinhalte einschliesslich einer Zusammenstellung der Dokumente, die die fachlichen Inhalte für die Aus- und Weiterbildung für die «Allgemeine Ausbildung» sowie die «Zusatzausbildung der Führungskräfte» festlegen.

Der Beauftragte für die Notfallvorsorge ist für die Planung und Durchführung der Ausbildungsmassnahmen des Notfallstabs auf der Grundlage einer Dreijahresplanung zuständig. Ausserdem gibt er den zuständigen Vorgesetzten Vorschläge zu Ausbildungsthemen für die ihnen bei Notfällen anvertrauten Notfallorgane.

Die Jahres- und Dreijahresplanung der Notfallstabsausbildung werden im NOVO-Team beraten und anschliessend allfällige Änderungen/Erweiterungen der Kraftwerksleitung zur Entscheidung und Freigabe vorgeschlagen.

Die direkt im Notfallmanagement involvierten Notfallorgane, wie die Schichtmannschaft des Betriebs und die Betriebswache, die Pikettingenieure und der Notfallstab, führen regelmässige Ausbildungen durch, basierend auf behördlichen Vorgaben und formalisierten Ausbildungsverfahren.

Die Notfallequipen Strahlenschutz, Feuerwehr und Sanität führen ebenfalls eine formalisierte, gründliche Ausbildung und Wiederholungsschulung durch, welche sie fachtechnisch auf den Einsatz vorbereitet, unabhängig davon, ob dieser im Rahmen eines betrieblichen Einsatzes, im Brandfall oder im KKB-Notfall notwendig wird. Eine zusätzliche notfallspezifische Ausbildung erfolgt nur bei Bedarf.

Die Notfallpiketts Elektrotechnik, Maschinentechnik und Überwachung übernehmen auf Weisung der Notfalleitung technische Aufgaben ihres Fachbereichs, analog zu Problemlösungen bei Betriebsstörungen; eine besondere Ausbildung für den Notfall wird deshalb neben den Notfallübungen nicht regelmässig durchgeführt.

Für alle Notfallorgane, welche für die Beherrschung von technischen Notfällen und Sicherungsereignissen unerlässlich sind, besteht ein systematisches Ausbildungsprogramm für ihren Fachbereich. Die notwendigen Kenntnisse der Belange der Notfallvorsorge und des Notfallmanagements werden in Übereinstimmung mit den Richtlinien, insbesondere der Ausbildungsrichtlinie ENSI-B10, geschult.

Die Überprüfung der Notfallbereitschaft erfolgt durch gesonderte Übungen der Notfallorgane und der regelmässigen Beteiligung an Notfallübungen.

## Beurteilungsgrundlage des ENSI

- Richtlinie ENSI-B10<sup>B10</sup>

### Beurteilung des ENSI

Das KKB verfügt über eine angemessene Planung für die Ausbildung der Notfallorganisation, welche sicherstellt, dass alle relevanten Ausbildungsthemen wiederkehrend durch die einzelnen Notfallelemente geschult werden. Zusätzliche Themen werden nach Bedarf in das Ausbildungsprogramm integriert. Ausbildungsanforderungen für Schlüsselpositionen werden gleichfalls berücksichtigt. Die Ausbildungsplanung und Ausbildungssteuerung folgen vorgegebenen Prozessen und werden innerhalb des NOVO-Teams beraten. Bei Bedarf wird die Planung angepasst. Verantwortlichkeiten und Abläufe sind eindeutig definiert.

Damit erfüllt das KKB die behördlichen Anforderungen an die Notfallausbildung des Personals gemäss Richtlinie ENSI-B10.

### 9.2.3 Notfallübungen

#### Angaben des KKB

Notfallübungen dienen der integralen Überprüfung der Notfallbereitschaft. Deshalb werden sie im KKB als anspruchsvolle Übungen durchgeführt, die beide Blöcke umfassen. Ziel dabei ist die Bestätigung der Notfallbereitschaft durch die KKB-Notfallorganisation sowie das Identifizieren von möglichem Verbesserungspotential. Die Vorbereitung sowie die Auswertung von Notfallübungen sind Gegenstand der Notfallvorsorge. In die Planung fliessen sowohl eigene Erfahrungen aus vorangegangenen Notfallübungen als auch Erkenntnisse aus anderen Anlagen im In- und Ausland ein.

Die Erfüllung der behördlichen Vorgaben bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Notfallübungen erfordert einen koordinierten Einsatz fast aller organisatorischen Einheiten des KKB. Deshalb wurde zur KKB-internen Umsetzung dieser Vorgaben eine Abwicklungsrichtlinie für Notfallübungen in Form einer administrativen Weisung erarbeitet und im Laufe der Jahre an den jeweils aktuellen Stand der Richtlinie ENSI-B11 angepasst. Die Auswertung der Notfallübungen erfolgt anhand von schriftlichen Beobachterdossiers und Ergebnissen der Übungsbesprechungen, die unmittelbar im Anschluss an den Übungen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Auswertung sind in KKB-Übungsberichten dokumentiert, wobei Erkenntnisse aus den Notfallübungen anhand von Kriterien und Beurteilungen systematisch in formalisierte Prozesse zur Verbesserung einfliessen und entsprechende Massnahmen ausgearbeitet und umgesetzt werden.

Die turnusgemäss abzuhaltenden Notfallübungen gemäss den Vorgaben aus der Richtlinie ENSI-B11 wurden, mit Ausnahme der Gesamtnotfallübung (GNU) 2011 aufgrund eines Bundesratsentscheids im Nachgang zur Reaktorkatastrophe in Fukushima, wie gefordert durchgeführt. Ersatzweise hat das KKB im Jahr 2011 die Werksnotfallübung 2011 ARALKUM durchgeführt und zwei Jahre später an der GNU ODYSSEUS des KKL teilgenommen. Im Überprüfungszeitraum wurde bei einer Notfallübung die Behörde zu spät informiert – bei dieser starken Unzulänglichkeit wurden umgehend Massnahmen ergriffen, um eine Wiederholung zu vermeiden und die «unverzögliche» Meldung sicherzustellen. In den folgenden Übungen wurde und wird besonderes Augenmerk auf eine zeitgerechte Meldung an die Behörde gerichtet – bisher ohne Beanstandung.

Aus den durchgeführten Übungen abgeleitete Massnahmen führten insbesondere zu Optimierungen betreffend gezielter, gut dokumentierter Notfallstabsarbeit, günstigen Arbeitsbedingungen, griffbereiter Dokumentation und guter Zusammenarbeit mit eigenen Notfallorganen und externen Notfallpartnern.

Die Notfallübungen lieferten jeweils die Bestätigung, dass die KKB-Notfallorganisation auch für die Bewältigung eines anspruchsvollen Ereignisses mit beiden Blöcken gerüstet ist. Die Stabsarbeit war in der Regel strukturiert, diszipliniert und führte zu zeitnahen und lösungsorientierten Massnahmen, welche die in die Übung eingebundenen Notfallorgane zielgerichtet umsetzen konnten.

## Beurteilungsgrundlage des ENSI

- Richtlinie ENSI-B11<sup>B11</sup>

## Beurteilung des ENSI

Gemäss Richtlinie ENSI-B11 hat das KKB jährlich eine vom ENSI inspizierte Notfallübung durchzuführen und ferner auch anlageninterne Notfallübungen durchzuführen. Das KKB zeigt nachvollziehbar auf, dass innerhalb von 4 Jahren alle Elemente der Notfallorganisation entsprechend ihrer Aufgaben im Verband beübt wurden. Mit der Werksnotfallübung VEXATOR (2015) erfolgte auch der Einbezug der Kantonspolizei in eine Übung. Mit vom ENSI im Überprüfungszeitraum ausgelösten jährlichen Alarmierungsnotfallübungen konnte die Erreichbarkeit des KKB-Notfallstabs erfolgreich nachgewiesen werden. Die in den Übungen sowohl vom ENSI als auch vom KKB identifizierten Verbesserungsmassnahmen wurden umgesetzt und deren Wirksamkeit überprüft. Damit erfüllt das KKB mit den im Überprüfungszeitraum durchgeführten Notfallübungen die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B11.

## 9.3 Notfallabläufe

### Angaben des KKB

Im Überprüfungszeitraum hat das KKB zusammen mit den anderen Kernkraftwerksbetreibern an der Erarbeitung der neuen IAEA-kompatiblen schweizerischen Notfallklassierung mitgewirkt, welche im Jahr 2016 eingeführt wurde und das bisherige Klassierungssystem abgelöst hat. Dabei wurden die bisherigen technischen und radiologischen Kriterien (RABE-Kriterien) um weitere Notfallkriterien ergänzt und in Korrelation zum schweizerischen Bevölkerungsschutzkonzept gebracht. Ebenfalls wurde von allen schweizerischen Kernkraftwerken die Einführung eines RENEGADE-Prozesses verlangt. Da ein solcher Fall eine potentielle Drohung beinhaltet, werden RENEGADE-Fälle im KKB unter der Notfallart «Drohung» abgehandelt. Im Rahmen der Einführung der neuen IAEA-kompatiblen schweizerischen Notfallklassierung wurden die Notfallarten des KKB hinsichtlich ihrer Relevanz auf die nukleare Sicherheit überprüft. Zusammenfassend werden die KKB-Notfallarten als vollständig und zweckmässig erachtet. Sie sind eindeutig und unmissverständlich definiert.

Das Vorgehen im Ereignisfall ist klar geregelt und mit allen Beteiligten geschult und eingespielt. Die Notfallklärung obliegt dem Pickettingenieur. Die Kriterien für die insgesamt 14 Notfallarten sind in der Kriterienliste einer Notfalleinweisung zusammengefasst. Für den Fall, dass der Pickettingenieur nicht erreicht werden kann, entscheidet der Schichtchef bzw. der Equipenleiter der Betriebswache, ob ein Notfall vorliegt und alarmiert die Notfallorgane. Dies ist, wie auch die entsprechenden Sofortmassnahmen der Notfallorgane, ebenfalls in der Notfalleinweisung geregelt. Technische Sofortmassnahmen sind in den entsprechenden Vorschriften der Betriebsschicht geregelt. Entsprechendes gilt für das Vorgehen in Fällen des Unerlaubten Einwirkens für die Betriebswache. Damit kann im Ereignisfall der Notfall unverzüglich identifiziert und erklärt werden. Zur Alarmierung wird, abhängig von der Notfallart, der Alarmierungsprozess des Alarmierungsordners aufgerufen.

Das KKB erfüllt mit Hilfe der integrierten Prozesse, der administrativen Massnahmen und der entsprechenden Dokumentationen die Anforderungen der neuen Brandschutzvorschriften VKF 2015. Die Beschreibung und die technische Ausführung der Fluchtwege sowie Pläne mit Flucht- und Interventionswegen sind im Brandschutzkonzept enthalten, welches im Überprüfungszeitraum redaktionell wie auch inhaltlich überarbeitet wurde. Die behördlich geforderte Soll-Interventionszeit wurde steterfüllt oder unterboten. Die Durchlässigkeit von Flucht- und Interventionswegen ist sichergestellt. Die bewährten Prozesse sowie administrative Massnahmen erlauben ein schnelles Vorgehen bei erkannten Abweichungen. Weiter wird bei den obligatorischen KKB-internen Belehrungen auf das aktuelle Fluchtwegkonzept hingewiesen und die Mitarbeiter werden zum Thema Rettungs- und Fluchtwege sensibilisiert. Sammelplätze dienen sowohl als Sammelplatz bei Evakuierung, z. B. bei Brand, als auch als Besammlungsorte im Notfall. Die Anforderungen an Sammelplätze sind eindeutig definiert, die Eignung von Sammelplätzen wird kontinuierlich überprüft und nötigenfalls werden Massnahmen ergriffen um den Sollzustand herzustellen.

### Beurteilungsgrundlage des ENSI

– Richtlinie ENSI-B12<sup>B12</sup>

## Beurteilung des ENSI

Das KKB legt dar, wie die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B12, Kap. 4.3 umgesetzt werden. Die Eintrittskriterien sind in den Notfallvorschriften klar definiert, ebenfalls sind die einzelnen Zuständigkeitsbereiche und zu treffenden Massnahmen klar erkennbar. Die Kommunikation mit externen Stellen ist in den Notfallvorschriften geregelt. Das jeweilige Aufgebot und die Zuständigkeit sind in den Notfallvorschriften geregelt. Die technischen Kriterien für die Warnung der Behörden und die Alarmierung der Bevölkerung und das Vorgehen bei anstehenden RABE-Kriterien sind in Notfalleinweisungen festgelegt. Mit den jährlichen Notfallübungen wird der Nachweis erbracht, dass das benötigte Einsatzpersonal zeitgerecht zur Verfügung steht und die vorgesehenen Melde- und Entscheidungswege eingehalten werden. Das KKB erfüllt damit die Anforderungen an die Notfallabläufe nach der Richtlinie ENSI-B12.

Hinsichtlich der Beurteilung des Brandschutzes sei auf Kap. 4.6.1 der vorliegenden Stellungnahme verwiesen, hinsichtlich Flucht- und Rettungswege auf Kap. 4.6.3.

## 9.4 Notfalldokumentation

### 9.4.1 Störfallvorschriften

#### Angaben des KKB

Die Störfallvorschriften dienen der Beherrschung von anormalen Betriebszuständen und Auslegungstörfällen unter Einbeziehung von Operateurmassnahmen. Der Anwendungsbereich der Störfallvorschriften beginnt bei Erreichen von anormalen Betriebszuständen bzw. mit Störfalleintritt. Ziel ist, die Anlage in einen stabilen, sicheren Zustand zu überführen. Der Übergang von Betriebsvorschriften in die Störfallvorschriften und nachgelagert zu den Notfallvorschriften ist eindeutig geregelt.

Die Störfallvorschriften werden bei Überschreitung der Grenzwerte von definierten Anlagenparametern (hauptsächlich nach einer Reaktorschnellabschaltung) bzw. dem Anstehen bestimmter Alarme benutzt. Dabei beruhen sie auf klar definierten Entscheidungsabläufen und einzuleitenden Massnahmen. Die im KKB vorhandenen Stör- und Notfallvorschriften haben sich über den Überprüfungszeitraum bewährt, wie die erfolgreich verlaufenden Werksnotfallübungen und das Simulatortraining zeigen. Wesentliche Änderungen bei den Stör- und Notfallvorschriften ergaben sich aufgrund der Durchführung von Anlagenänderungen wie z. B. AUTANOVE bzw. aufgrund von Erkenntnissen aus Ereignissen wie denen von Fukushima. Alle Störfallvorschriften werden periodisch auf ihre Gültigkeit überprüft. Die Betriebserfahrung, das Simulatortraining und Anlagenänderungen werden gemäss den geltenden Prozessen in den Vorschriften berücksichtigt. Erkenntnisse aus Ereignissen anderer Anlagen werden auf ihre Übertragbarkeit überprüft und nötigenfalls in die entsprechenden Dokumente eingearbeitet.

#### Beurteilungsgrundlage des ENSI

- Richtlinie ENSI-G09<sup>G09</sup>

#### Bewertung des ENSI

Störfallvorschriften sind nicht freigabepflichtig. Die Störfallvorschriften des KKB entsprechen dem aktuellen Anlagenstand und werden periodisch auf Aktualität überprüft. Alle Änderungen in den Störfallvorschriften werden dokumentiert. Der Aufbau der Störfallvorschriften ist nach Wertung des ENSI nachvollziehbar und die Entscheidungsabläufe sowie die zu ergreifenden Massnahmen sind klar geregelt. Die Anwendbarkeit wird durch regelmässige Simulatorübungen und Werksnotfallübungen sowie bei (international) aufgetretenen Ereignissen überprüft. Nach Wertung des ENSI stellen die Störfallvorschriften im KKB ein geeignetes Vorschriftenwerk zur Beherrschung von Auslegungstörfällen dar und sind aktuell.



## 9.4.2 Severe Accident Management Guidance

### Angaben des KKB

Die Notfalldokumentation im KKB umfasst technische Unterlagen und Vorschriften für die gesamte Anlage. Im Zusammenhang mit dem Unfall-Management (Accident Management, AM) wird als Unfall ein Störfall bezeichnet, bei dem eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen in gefährdendem Ausmass erfolgen kann. Von einem Unfall spricht man spätestens dann, wenn der Reaktorkern beschädigt wird. Die in AM-Vorschriften beschriebenen Massnahmen, welche bei auslegungsüberschreitenden Störfällen angefordert werden, können einem Unfall vorbeugen oder dessen Auswirkungen lindern.

Die zur Linderung der Unfallfolgen zu verwendenden Unfallbegrenzungs-Richtlinien sind eine KKB-spezifische Umsetzung der generischen SAMG der Westinghouse Owners Group. Unmittelbar nach SAMG-Einstieg relevant sind die Richtlinien bezüglich Sofortmassnahmen im Hauptkommandoraum (HKR) durch die Schicht, Massnahmen im HKR unter Führung des Notfallstabs, Sofortmassnahmen im Notstand-Leitstand (NLS) durch die Schicht und Massnahmen im NLS unter Führung des Notfallstabs. Der SAMG-Arbeitsplan ist die hierarchisch höchste Richtlinie für das weitere Vorgehen des Notfallstabs. Dieser Arbeitsplan verweist mit erster Priorität auf Strategien zum Umgang mit einer vorliegenden oder aufgrund der Druckverhältnisse im Containment bevorstehenden Verletzung von Spaltprodukt-Barrieren. Mit nachfolgender Priorität wird auf Strategien zum Umgang mit einer erwarteten Verletzung von Spaltprodukt-Barrieren, zur Langzeitüberwachung und zur SAMG-Beendigung verwiesen. Die einzelnen Strategien verweisen wiederum auf technische Entscheidungshilfen und AM-Massnahmen.

Im Überprüfungszeitraum wurden sieben neue AM-Vorschriften erstellt. Ausserdem wurden mit dem Anlagenhersteller Änderungen an den SAMG besprochen, die aus Erkenntnissen nach Fukushima abgeleitet worden waren. Ferner wurden die Verbesserungspunkte bezüglich SAMG aus der PSA-Aktionsliste der PSÜ 2012 bearbeitet und dem ENSI eingereicht. Im Dezember 2019 wurden die SAMG durch Anweisungen für Szenarien mit Ausfall der Gleichstromversorgung und/oder Ausfall der Instrumentierung erweitert. Sie beschreiben Massnahmen, welche nach einem Totalausfall der Gleichstromversorgung zur Aufnahme lokaler Überwachungsparameter und zur Ausführung von Handlungen ohne Anzeigen («blind») durchgeführt werden müssen, um die Folgen eines Kernschadens zu lindern und das Containment zu schützen, während dem die Stromversorgung wiederhergestellt wird.

### Beurteilungsgrundlage des ENSI

- Richtlinie ENSI-B12<sup>B12</sup>

### Beurteilung des ENSI

Die Unterschiede zwischen der aktuellen Version der SAMG und den SAMG, wie sie für die PSÜ 2012 vorlagen, sind Ergänzungen von Querverweisen auf die 2013 und 2014 neu eingeführten AM-Vorschriften sowie die Hinzufügung von zwei neu erstellten Unfallbegrenzungs-Richtlinien im Dezember 2019.

Die ergänzten AM-Vorschriften sind zweckmässige Erweiterungen zur Implementierung der bereits vorhandenen Unfallbegrenzungsstrategien. Die mit den hinzugefügten Unfallbegrenzungs-Richtlinien umgesetzten Erkenntnisse aus dem Fukushima-Unfall betreffen die Priorisierung von Massnahmen zur Wiederherstellung der Spannungsversorgung und die Durchführung zweckmässiger Massnahmen trotz ausgefallener Instrumentierung. Diese Umsetzungen sind aus Sicht des ENSI in angemessener Weise erfolgt. Damit ist eine der Forderungen des aus der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ 2012 resultierenden Folgegeschäfts (14/18/057) umgesetzt.

Weitere Verbesserungspunkte, die Gegenstand dieses Geschäfts sind, betreffen die Erkenntnis<sup>GSG-2</sup>, dass bei fortgeschrittener Kernfreilegung die zur Kernkühlung erforderliche Einspeiserate (in den Reaktorkreislauf oder in die Dampferzeuger) deutlich grösser sein sollte als bei noch vorhandener Kernüberdeckung, die Vervollständigung von Angaben zu erforderlichen und erzielbaren Einspeiseraten sowie ergonomische Verbesserungen in den Anweisungen zu den anfänglich durchzuführenden SAMG-Massnahmen. Diese Punkte wurden vom KKB im 2020 bearbeitet. Die Prüfungen hierzu erfolgen im Rahmen der laufenden Aufsicht.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die KKB-SAMG konform mit den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B12 sind und dass der bereits gute Zustand der KKB-SAMG seit der letzten PSÜ zweckdienlich weiterentwickelt wurde.

## **9.5 Technische Ausrüstungen**

### **9.5.1 Räumlichkeiten des Notfallschutzes**

#### **Angaben des KKB**

Zur Gewährleistung der Arbeitsfähigkeit der Notfallorganisation unter Notfallbedingungen stehen im KKB speziell ausgestattete Arbeitsräume für den Notfallstab, das TSC und die Notfallzentrale zur Verfügung:

- Notfallraum;
- Raum für das TSC;
- Notfallzentrale;
- Ersatznotfallräume und Ersatzkommunikationsräume;
- Externe Ersatznotfallräume;
- Notstandleitstand.

Die Räumlichkeiten wurden im Überprüfungszeitraum weiterentwickelt und entsprechend den Bedürfnissen angepasst. Aufgrund der Erfahrungen aus Fukushima wurde erkannt, dass in einem schweren Störfall mit Aktivitätsfreisetzung einerseits die notwendigsten Einsatzkräfte sowie die technische Entscheidungsgewalt (Notfallleiter) auf dem Kraftwerksgelände verbleiben müssen, andererseits aber für die Unterstützungskräfte, die nicht notwendigerweise in der Gefahrenzone verbleiben müssen, eine geeignete Unterbringung mitsamt der notwendigen Notfalldokumentation vorbereitet werden muss. So wurden zusätzlich drei Örtlichkeiten ausserhalb der Zone 1 vorevaluiert und im Herbst 2016 mittels einer Dislokationsübung die prinzipielle Machbarkeit einer solchen Dislokation bestätigt. In diesem Rahmen wurde auch der seit 2004 genutzte Ersatznotfallraum bei der Zwischenlager Würenlingen AG aufgegeben.

#### **Beurteilungsgrundlage des ENSI**

- Richtlinie ENSI-B12<sup>B12</sup>

#### **Bewertung des ENSI**

Das KKB verfügt über die gemäss Richtlinie ENSI-B12 geforderten Räumlichkeiten und zusätzlich über externe Notfallräume. In einer neuen Lagerhalle für Feuerwehr- und Notstromausrüstung auf dem Gelände ist zusätzliches Material für Accident Management Massnahmen untergebracht. Die Räumlichkeiten der Notfallorganisation wurden im Zusammenhang mit Betrachtungen zu möglichen langandauernden Freisetzungen bei einem Unfall vom ENSI im Überprüfungszeitraum inspiziert, Verbesserungsmassnahmen wurden vom KKB identifiziert und umgesetzt.

### **9.5.2 Technische Einrichtungen für das Notfallmanagement**

#### **Angaben des KKB**

Die auf dem Areal im KKB zur Verfügung stehenden Ausrüstungen des Accident Management (AM) beinhalten Anschlusspunkte und lokal gelagerte AM-Einsatzmittel der Feuerwehr zur Durchführung von geplanten und vorbereiteten Notfallmassnahmen sowie mobile weitere AM-Ausrüstungen, die den Notfallorganen des KKB zur Durchführung ihrer Aufgaben zur Verfügung stehen. Die Mittel für AM-Massnahmen sollen auch nach einem SSE (ENSI-2015) einsatzbereit sein. Da das Feuerwehrmagazin im Mehrzweckgebäude aber nicht für

dieses Erdbeben ausgelegt ist, wurden für die AM-Mittel der Feuerwehr je ein Zelt innerhalb und ausserhalb des Perimeters des Kraftwerksareals aufgestellt.

AM-Ausrüstungen stehen zusätzlich in einem von allen schweizerischen Kernkraftwerken gemeinsam genutzten externen Lager in Reitnau bereit. Zu diesen Ausrüstungen gehören Notstromaggregate, mobile Pumpen, Borsäurevorräte und Baustellentanks für die Treibstoffversorgung. Sie sind erdbeben- und überflutungssicher gelagert. Das Aufgebot des externen Lagers Reitnau und der Bestellprozess sind in Notfallanweisungen geregelt.

Die AM-Ausrüstungen werden regelmässig gewartet und deren Betriebsbereitschaft wird regelmässig geprüft.

### **Beurteilungsgrundlage des ENSI**

- Richtlinie ENSI-G02<sup>G02</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die Verfügbarkeit und Zweckdienlichkeit der AM-Ausrüstungen des KKB wurden vom ENSI mehrfach inspiziert<sup>ENSI/14/2139</sup> bzw. geprüft<sup>ENSI-AN-8149, ENSI-AN-9152</sup>. Die AM-Ausrüstungen sind demnach gut zugänglich, vom Eigenpersonal bedienbar, Gegenstand regelmässiger Tests und Wartungen, angemessen gegen äussere Einwirkungen wie Erdbeben oder Überflutung geschützt und bereits intern auch dann ausreichend vorhanden, wenn sie in beiden Blöcken gleichzeitig benötigt werden.

Mit dem externen Lager in Reitnau sind in zweckdienlicher Weise zusätzliche Sicherheitsreserven hinsichtlich der Verfügbarkeit von AM-Ausrüstungen vorhanden. Dessen Aktivierung bei einem Störfall ist in ausreichender Weise in den Notfallanweisungen «Aufgebot des externen Lagers Reitnau» und «Bestellung von Material im externen Lager in Reitnau» geregelt.

Die technischen Ausrüstungen des AM erfüllen die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02.

## **9.5.3 Kommunikationsmittel**

### **Angaben des KKB**

Die Kommunikationsmittel des KKB werden zum Informationsaustausch und der Weitergabe von Anweisungen zur Betriebsführung während des Normalbetriebes und eines Notfalls verwendet. Insofern dienen sie speziell zur Information des Kraftwerkspersonals nach einem Notfall, der Behörden beim Auftreten meldepflichtiger Vorkommnisse und der Betriebsleitung über eventuelle von aussen drohende Gefahren. Zur Erfüllung dieser Aufgaben stehen verschiedene Kommunikationsmittel zur Verfügung:

- Digitale Festnetz-Telefonanlage und Cordless-Telefonanlage;
- Analoge Alarmierungs- und die Alarmdurchsageanlage;
- Funkanlagen;
- Gegensprechanlage;
- Unterhaltsschleufe.

Die Festnetz-Telefonanlage- und Cordless-Telefonanlage sind über zwei Querverbindungen miteinander verbunden. Zwei Grundanschlüsse werden mittels Lichtwellenleiter über getrennte Wege zu externen Dienstleistern geführt. Die beiden Anlagen sind redundant ausgelegt, sodass beim Ausfall einer der beiden Anlagen die andere funktionsfähig und die interne wie auch die externe Kommunikation gewährleistet bleibt.

Die Cordless-Telefonanlage ist als sicherheitsbezogenes System ausgelegt, sodass sie in den dafür postulierten Notfallsituationen mindestens in den nicht betroffenen Anlageteilen zur Verfügung steht.

Die Alarmierungs- und die Alarmdurchsageanlage sind klassische Lautsprecheranlagen mit dezentralen Verstärkern und zentralen Bedienstellen. Sie dienen primär zur Alarmierung und Orientierung der Belegschaft bei einem Notfall. Die Alarmdurchsageanlage ist zweisträngig aufgebaut. Insbesondere auf den Fluchtwegen ist

die Hörbarkeit auch bei Ausfall eines Stranges gewährleistet. Die Stromversorgung der Anlagen erfolgt über halbgesicherte Schienen.

Unabhängig von der Telefonanlage gibt es im KKB verschiedene Funkanlagen, die auf unterschiedlichen Frequenzen arbeiten.

Die von den anderen Übermittlungseinrichtungen unabhängige Gegensprechanlage besteht ausschliesslich aus fest installierten Sprechstationen. Jede Sprechstation enthält alle Einrichtungen zum Verbindungsaufbau. Die Einrichtungen innerhalb der sicherungsmässig überwachten Zone sind gegen Einwirkungen von aussen ausgelegt.

Die Unterhaltsschleife wird im normalen Kraftwerksbetrieb nicht mehr verwendet, sie dient aber noch als Kommunikationsmöglichkeit für auslegungsüberschreitende Szenarien. Die dazu nötigen Kommunikationsgeräte mit Lokalbatterieversorgung sind im Notstandgebäude untergebracht. Als Ergänzung zur Unterhaltsschleife wurden Feldtelefone und Kabelrollen zur Erstellung von Punkt zu Punkt Verbindungen beschafft.

Zur externen Alarmierung der Mitglieder der KKB-Notfallorgane wird ein spezialisierter öffentlicher Dienst benutzt. Das Satellitentelefon dient als eine weitere mögliche Kommunikationsverbindung nach aussen.

Die meisten Übermittlungseinrichtungen werden im Normalbetrieb benutzt. Dadurch wird die Funktionsbereitschaft zusätzlich zu spezifischen Prüfungen laufend nachgewiesen. Die beschriebene Diversität soll Kommunikationsmöglichkeiten auch unter Störfallbedingungen gewährleisten.

### **Beurteilungsgrundlage des ENSI**

- Richtlinie ENSI-B12<sup>B12</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB verfügt über diversitäre Kommunikationseinrichtungen, die eine Kommunikation auch im Notfall ermöglichen. Diese sind grossteils im dauerhaften Gebrauchseinsatz. Für auslegungsüberschreitende Szenarien sind zusätzliche Mittel eingelagert.

Zur Kommunikation mit externen Stellen im Notfallschutz wie dem ENSI, der Nationalen Alarmierungszentrale und dem Standortkanton verfügt das KKB über einsatzbereite und funktionstüchtige externe Kommunikationsmittel. Jährlich vom ENSI durchgeführte Inspektionen bestätigen die Einsatzbereitschaft dieser Kommunikationsmittel. Bei Ausfall der Festnetz- und Mobiltelefonie steht seit 2013 auch das Sicherheitsfunknetz POLYCOM für die Kommunikation zur Verfügung. Auf Bundesebene erfolgen zurzeit weitere Abklärungen bzgl. hochverfügbaren Kommunikationsmitteln.

Die Kommunikationssysteme sind im Dossier des Alterungsüberwachungsprogramms enthalten. Aus der Tatsache, dass diese Systeme regelmässig verwendet respektive periodisch getestet werden, kann gefolgert werden, dass deren Wirksamkeit und Zuverlässigkeit gegeben ist. Das ENSI hat die Kommunikationsmittel stichprobenweise überprüft und als einsatztauglich befunden. Die Auslegung des Gesamtsystems zur Kommunikation zeichnet sich dadurch aus, dass verschiedene Systeme sich ergänzen und in der Anwendung Überlappungen vorhanden sind. Damit ergeben sich funktionelle Redundanzen und räumliche Separation. Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass diese Systeme auch weiterhin ihre Funktion erfüllen werden.

## **9.5.4 Störfallinstrumentierung**

### **Angaben des KKB**

Die Störfallinstrumentierung, wie sie in der Richtlinie ENSI-B12 beschrieben ist, ist im KKB vorhanden und entsprechend den Anforderungen ausgeführt. Die Messwerte sind sowohl im Hauptkommandoraum als auch im Notstandleitstand ablesbar.

Die Messgrößen mitsamt ihrer redundanten Ausführung sind für die Beurteilung des Anlagenzustandes zweckmässig. Damit sind die Voraussetzungen in Bezug auf Instrumentierung und die Gesamtübersicht über den Anlagenzustand gegeben.

Das Nachunfall-Probenahmesystem (Post Accident Sampling System, PASS) dient der Probenahme bei sehr hohen Aktivitätskonzentrationen, wie sie bei auslegungsüberschreitenden Vorkommnissen mit Brennelement-Schäden im Reaktorkühlsystem und im Sicherheitsgebäudesumpf sowie in der Sicherheitsbehälteratmosphäre auftreten können. Es besteht aus zwei Teilsystemen. Das eine Teilsystem ermöglicht eine Probenentnahme aus der flüssigen Phase, während mit dem anderen eine Probe aus der oberen, mittleren und unteren Atmosphäre des Sicherheitsbehälters entnommen werden kann. Die Proben aus der Containment-Atmosphäre werden vor Ort in einen Gaswäscher geleitet. Durch gammaspektroskopische Auswertung von Proben aus der Waschflüssigkeit und der Luft im Gaswäscher kann die Aktivitätskonzentration in der Containment-Atmosphäre nuklidspezifisch bestimmt werden.

Damit ist das PASS ein wichtiges System zur Beurteilung des Anlagezustandes nach einem Störfall und zur Abschätzung des Quellterms, insbesondere bezüglich radioaktiven Jods, sowie des zeitlichen Verlaufs des Unfalls. Die Messungen mit dem PASS dienen somit als Entscheidungsgrundlage für den externen Notfallschutz.

### **Beurteilungsgrundlage des ENSI**

- Richtlinie ENSI-B12<sup>B12</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die Störfallinstrumentierung umfasst die gemäss Richtlinie ENSI-B12 verlangten Messungen. Diese sind in den Technischen Spezifikationen enthalten. Die Störfallinstrumentierung wird periodisch geprüft und die Ergebnisse werden protokolliert. Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass die Störfallinstrumentierung auch innerhalb des nächsten Überprüfungszeitraums ihre Funktion erfüllt.

Hinsichtlich des Nachunfall-Probenahmesystems sei auf Kap. 4.6.4 der vorliegenden Stellungnahme verwiesen.

## **9.5.5 Safety Parameter Display System**

### **Angaben des KKB**

Das Safety Parameter Display System beinhaltet eine Auskopplung ausgewählter Anlagenparameter aus dem Anlageninformationssystem zur übersichtlichen Darstellung des Anlagenzustandes hinsichtlich der Erfüllung kritischer Sicherheitsfunktionen. Die Gestaltung und Gliederung der Darstellung ist auf die kritischen Sicherheitsfunktionen im symptomorientierten Teil der Notfallvorschriften zugeschnitten.

Mit der Notstandleitstandinstrumentierung verfügt das KKB über eine redundante störfallfeste Instrumentierung, die alle für die Bestimmung der kritischen Sicherheitsfunktionen relevanten Parameter erfasst.

Das Alarmkomprimierungssystem AWARE liefert selektierte und priorisierte Informationen zu ausgelösten Alarmmeldungen. Damit werden bei einem Vorkommnis momentan unwichtige Meldungen unterdrückt und so dem Operateur die Lagebeurteilung erleichtert. Es wird ein schnelles Erkennen der auslösenden Ursachen ermöglicht und die Reaktionszeit des Betriebspersonals wird verkürzt.

### **Beurteilungsgrundlage des ENSI**

- Richtlinie ENSI-B12<sup>B12</sup>

## **Beurteilung des ENSI**

Das Safety Parameter Display System wurde im Rahmen der Aufdatierung des Anlageninformationssystems überprüft und als gut befunden. Aufgrund der bisherigen Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass das Safety Parameter Display System auch innerhalb des nächsten Überprüfungszeitraums seine Funktion erfüllt.

### **9.5.6 Anlageparameter-System**

#### **Angaben des KKB**

Das Anlageparameter (ANPA)-System überträgt ausgewählte Anlageparameter über ein störfallsicheres Übermittlungsnetz permanent an die Aufsichtsbehörde. Diese permanente Datenübertragung läuft mit sehr hoher Verfügbarkeit und die Datenqualität ist gut.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinie ENSI-B12<sup>B12</sup>
- ANPA-Reglement<sup>ENSI-AN-10433</sup>

#### **Beurteilung ENSI**

Die ANPA-Daten werden dem ENSI im 2-Minutentakt übermittelt. Die Messbereiche der übertragenen Parameter entsprechen denen der Verfügung ENSI-AN-10433. Die Anforderungen des ENSI an das ANPA-System werden erfüllt.

## 10 Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb

### 10.1 Zustand von Grosskomponenten

Im vorliegenden Kapitel werden der Reaktordruckbehälter mit Einbauten, das nukleare Dampferzeugungssystem sowie die StahlDruckschale und die Betonhülle des Containments hinsichtlich des Langzeitbetriebes betrachtet. Die Betreiberangaben sind in der Technischen Mitteilung «Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb»<sup>TM-16800</sup> zusammengestellt.

#### 10.1.1 Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und ENSI-B01<sup>B01</sup>
- Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup>
- 10 CFR 50.61<sup>10CFR50.61</sup>
- KTA 3203<sup>KTA3203</sup>
- American Society for Testing and Materials, ASTM E 185<sup>ASTM185</sup> und ASTM E 1921<sup>ASTM1921</sup>
- US NRC Regulatory Guide 1.99, Rev. 2<sup>RG1.98</sup>
- NUREG-800<sup>NUREG-0800</sup> und NUREG-1806<sup>NUREG-1806</sup>

#### 10.1.2 Alterungsüberwachung

##### Angaben des KKB

Bezüglich des im KKB angewendeten Alterungsüberwachungsprogrammes wird auf den Bericht zur Alterungsüberwachung<sup>TM-16400</sup> verwiesen. Für die gemäss Richtlinie ENSI-A03 Kap. 5.8. definierten Grosskomponenten werden alle relevanten Alterungsmechanismen aufgezählt und hierzu auf die entsprechenden AÜP-Steckbriefe verwiesen.

##### Beurteilung des ENSI

Die generelle Beurteilung des ENSI zum Alterungsüberwachungsprogramm erfolgt unter Kap. 5.2. In den Steckbriefen der Grosskomponenten sind für die als relevant eingestufteten Alterungsmechanismen die angewendeten Massnahmen der Überwachung wie z. B. Wiederholungsprüfungen und Instandhaltungsmassnahmen dargelegt. Somit ist der aktuelle Alterungszustand bewertet. Durch die Verfolgung der internen und internationalen Betriebserfahrung werden die angewendeten Massnahmen auf ihre Wirksamkeit hin überprüft und so die Voraussetzungen für den Langzeitbetrieb geschaffen.

#### 10.1.3 Reaktordruckbehälter und Kerneinbauten

##### 10.1.3.1 Absicherung des Werkstoffzustandes der Reaktordruckbehälter Block 1 und 2

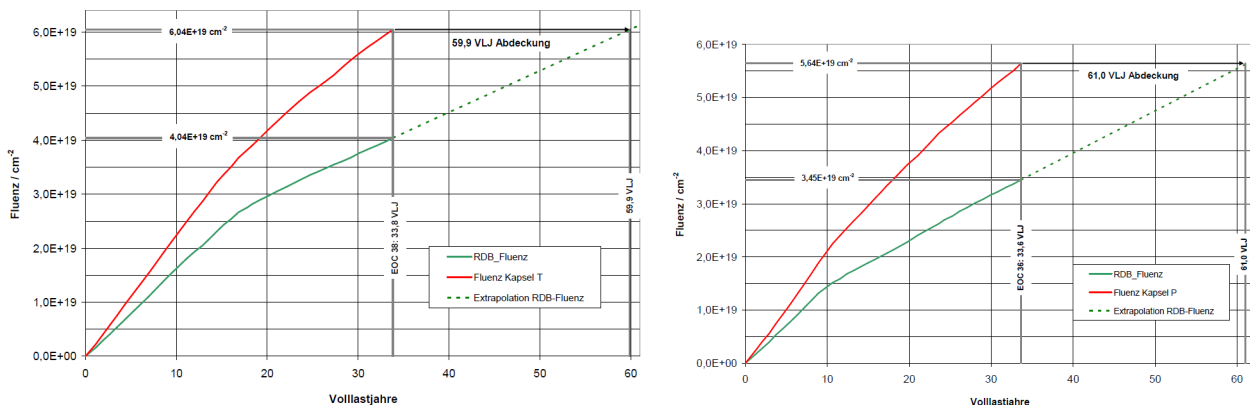
Das Material des Reaktordruckbehälters erfährt durch die Bestrahlung mit schnellen Neutronen eine zunehmende Versprödung. Diese Werkstoffveränderung wird mit Hilfe von voreilend bestrahlten Begleitproben überwacht und ausgewertet. Die Ergebnisse fliessen in die Nachweise gegen Sprödbbruch ein. Für Druckwasserreaktoren ist hierzu der Lastfall PTS (Pressurized Thermal Shock) nachzuweisen. Des Weiteren ist zu zeigen, dass der 2008 eingeführte Grenzwert aus der Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup> eingehalten wird. Führend in Bezug auf die bestrahlungsinduzierte Versprödung Bestrahlungsreaktion ist der Schmiedering C des KKB 1.

Im 2015 wurden im Reaktordruckbehälter des KKB 1 Ultraschallanzeigen detektiert, die als nichtmetallische Einschlüsse aus Aluminiumoxid identifiziert worden sind. Die Befunde liegen insbesondere auch im Schmiering C in der Nähe der Kernnaht. Aus diesem Grund musste ein gesonderter Sicherheitsnachweis unter Berücksichtigung der Ultraschallbefunde geführt werden. Anhand von Werkstoffuntersuchungen mit repräsentativem Replika-Material wurde gezeigt, dass Risse nicht an Aluminiumoxideinschlüssen initiieren und die Bruchzähigkeit sowie Sprödbrechübergangstemperatur nicht negativ beeinflusst werden. Lokale Bereiche mit hoher Konzentration von Fehlern, sogenannte HAI (High Amplitude Indications) wurden konservativ als gerissen postuliert und als zulässig bewertet. Die zugrunde liegende Lastfallmatrix enthält Störfallszenarien vom LOCA mit kalt- und heissseitigen Kleinleckagen von 20 cm<sup>2</sup> bis zur maximalen Leckgrösse von 450 cm<sup>2</sup>, wobei sich 70 cm<sup>2</sup> heissseitig als führend herausgestellt haben.

#### 10.1.3.1.1. Erfassung der Fluenz (Fluenzüberwachung)

### Angaben des KKB

Das Mass für die Bestrahlung mit schnellen Neutronen (>1MeV) wird als schnelle Neutronenfluenz bzw. Fluenz bezeichnet. Der örtliche und zeitliche Verlauf der Fluenzwerte wird auf Basis von qualifizierten theoretischen Neutronenfluenzberechnungen ermittelt. Für die Betriebszyklen bis 2010 kann dazu auch auf Daten der Neutronenquellstärken und aus den in den Bestrahlungsproben enthaltenen Fluenzmonitoren zurückgegriffen werden. Die im 2010 entnommenen Probensätze T (KKB 1) und P (KKB 2) decken die Bereiche der RDB-Innenwand mit den höchsten Fluenzen mit mehr als 60 Betriebsjahren ab. Im Reaktordruckbehälter sind die Materialproben an Stellen mit erhöhter Fluenz angebracht, um zeitlich voreilend bestrahlt zu werden. Abbildung 10.1-1 zeigt die zeitliche Entwicklung der Fluenz in den Bestrahlungsproben (rote Kurven) und der RDB-Innenwand (grüne Kurven). Für den Zeitraum nach 2010 (gestrichelte Linie) erfolgt eine Extrapolation mit theoretischen Modellen.



**Abbildung 10.1.3-1: Zeitliche Entwicklung der Fluenzen ( $E > 1$  MeV) an der RDB-Innenseite im Bereich der maximalen Fluenz von KKB 1 (links) und KKB 2 (rechts), sowie der Bestrahlungskapseln T im KKB 1 und P im KKB 2 aus der Technischen Mitteilung «Sicherheitstechnischer Nachweis für den Langzeitbetrieb» TM-16800**

Aus den Materialproben wurden experimentell Materialkennwerte für die Versprödung ermittelt, die einer bestimmten Fluenz zugeordnet werden und dem Grenzwert aus der Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup> gegenübergestellt werden und für die PTS-Analysen Verwendung finden.

### Beurteilung des ENSI

Im Überprüfungszeitraum der aktuellen PSÜ sind gegenüber dem Stand, welcher mit dem vorherigen Langzeitbetriebsnachweis 2008<sup>ENSI/14/1400</sup> und der PSÜ 2012<sup>ENSI/14/2244</sup> bewertet wurde, die Prognosen zur zeitlichen und örtlichen Entwicklung der Fluenzen im Wesentlichen gleich geblieben. Das ENSI hatte mit der Prüfung der Fluenzberechnungen das Paul Scherrer Institut (PSI) beauftragt, wobei ausschliesslich Block 1 betrachtet wurde, da diese Ergebnisse auch für Block 2 abdeckend sind. Die wesentlichsten Änderungen gegenüber



2008 sind die Einbeziehung der 2010 entnommenen Bestrahlungskapseln T (KKB 1) und P (KKB 2). Die Analysen des PSI wiesen etwas geringere Fluenzen aus, wodurch man u. a. zum Schluss gekommen ist, dass die Berechnungsergebnisse des KKB als konservativ angesehen werden können.

Anhand Abbildung 10.1-1 ist zu erkennen, dass ab ca. Zyklus 19 im KKB 1 und Zyklus 12 im KKB 2 die Fluenzen deutlich langsamer ansteigen. Daran zeigt sich der signifikante Einfluss der Kernbeladung. Inzwischen wird diese sogenannte «Low Leakage»-Kernbeladung standardmässig angewandt, um die schnelle Neutronenfluenz an der RDB-Wand zu minimieren.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu dem Ergebnis, dass die vom KKB angewendeten Verfahren zur Fluenzberechnung geeignet sind, die zukünftige Versprödung der RDB der Blöcke 1 und 2 abzuschätzen. Die letzten getesteten beiden Probensätze T (KKB 1) und P (KKB 2) decken jeweils ca. 60 bzw. 61 Vollastjahre ab. Dies entspricht deutlich mehr als 60 Betriebsjahren. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass der dreijährige Stillstand vom Block 1 zu nochmals verringerten Fluenzen nach 60 Betriebsjahren führen wird. Block 2 verfügt noch über eine im Reaktor befindliche ungetestete Bestrahlungskapsel. Da sie für die Absicherung des Betriebes bis 60 Betriebsjahre nicht benötigt wird, sind momentan keine Entnahme und Auswertung geplant. Das ENSI kommt ebenfalls zur Schlussfolgerung, dass der Weiterbetrieb bis 60 Betriebsjahre durch die bereits entnommenen und getesteten Bestrahlungskapseln abgedeckt ist.

#### 10.1.3.1.2. Werkstoffprüfungen

##### **Angaben des KKB**

Nach 2008 wurden bis zum Ende des Überprüfungszeitraumes die nachfolgend genannten Werkstoffprüfungen durchgeführt. Im 2009 wurden aus vorhandenem unbestrahltem Material der Schmiederinge B, C, D vom Block 1 und C, D vom Block 2 zusätzliche Untersuchungen mit der Masterkurve-Methode mit Standard-C(T)-Bruchmechanikproben (C(T)-25) vorgenommen. Im Jahr 2010 wurden die Bestrahlungsprobensätze T (Block 1) und P (Block 2) entnommen. Anschliessend wurden die Temperatur und Fluenzmonitore ausgewertet. Es wurden Kerbschlagprüfungen und Zugversuche durchgeführt. Für das in der Bestrahlungsreaktion führende Grundmaterial des Schmiederings C vom KKB 1 wurden zusätzlich Auswertungen nach der Masterkurve-Methode an bestrahltem Material vorgenommen. Hierzu wurden WOL-25X-Proben und mittels Verbundprobentechnik hergestellte Dreipunktbiegeproben (PCCV-Proben) verwendet.

Die Auswertung der Proben dient der Ermittlung Spröbruchübergangstemperatur nach der klassischen RTNDT-Methode bzw. RTref nach der moderneren Masterkurven-Methode. Die Spröbruchübergangstemperatur charakterisiert die Bruchzähigkeit entsprechend der ASME-KIC-Kurve<sup>BPVC-XI</sup>, welche zum Nachweis gegen Spröbruch benötigt wird.

Die Auswertung erfolgte entsprechend der in Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup> genannten Methoden I (klassische Methode mittels Kerbschlagversuchen), für das Grundmaterial zusätzlich Methode IIB (Masterkurven-Methode am unbestrahltem Material und Kerbschlagversuche) und für den Schmiedering C des KKB 1 Methode IIA (Masterkurven-Methode am bestrahltem Material).

In den folgenden Tabellen aus der Technischen Mitteilung «Sicherheitstechnischer Nachweis für den Langzeitbetrieb»<sup>TM-16800</sup> sind die Ergebnisse der Probenprüfungen zusammengefasst.

Tabelle 10.1-1: Ergebnisse der Probenprüfungen von Probensatz T, KKB 1

Werkstoff	RT <sub>NDT</sub> bzw. RT <sub>ref(0)</sub> [°C]	$\Delta T_{41}$ [K]	RT <sub>ref</sub> [°C]	Bestimmung der Referenztemperatur nach ENSI- B01
Schmiedering C	-1	105	104	Methode I
	-16	105	89	Methode II, Variante B
	-	-	70	Methode II, Variante A
Schmiedering D	-5	68	63	Methode I
	-22	68	46	Methode II, Variante B
Schweissgut	-18	58	40	Methode I

Tabelle 10.1-2: Ergebnisse der Probenprüfungen von Probensatz P, KKB 2

Werkstoff	RT <sub>NDT</sub> bzw. RT <sub>ref(0)</sub> [°C]	$\Delta T_{41}$ [K]	RT <sub>ref</sub> [°C]	Bestimmung der Referenztemperatur nach ENSI- B01
Schmiedering C	-10	71	61	Methode I
	-34	71	37	Methode II, Variante B
Schmiedering D	-10	72	62	Methode I
	-79	72	-7	Methode II, Variante B
Schweissgut	-35	66	31	Methode I

Aus den Sprödbruchübergangstemperaturen der aktuell und bereits früher getesteten Bestrahlungsproben wird entsprechend der Vorgehensweise nach US-NRC Regulatory Guide 1.99, Rev. 2<sup>RG1.98</sup> unter Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlages die Versprödungstrendkurve bestimmt. Diese liefert in Abhängigkeit der Fluenz für jede Position in der RDB-Wand den individuellen RT<sub>ref,ART</sub>-Wert. Die maximale Fluenz findet man an der RDB-Innenwand auf Höhe des Kerns in einer azimutalen Position von 0°. Damit ergeben sich in Kombination mit dem in der Werkstoffreaktion führenden Grundmaterial die grössten Versprödungen jeweils im Schmiedering C. Ebenfalls von Bedeutung sind die Werte unter einem Azimut von 30°, da dort unterhalb des RDB-Speisewasser-Stutzens unter PTS-Störfallszenarien die grösste Thermoschockbeanspruchung zu erwarten wäre. Die entsprechenden Werte sind in den Tabellen 10.1.3 bis 10.1.5 aus der Technischen Mitteilung «Sicherheitstechnischer Nachweis für den Langzeitbetrieb»<sup>TM-16800</sup> dargestellt. Die Werte in ¼ Wandtiefe werden für den Vergleich mit dem UVEK-Kriterium<sup>UVEK-A</sup> benötigt.

Tabelle 10.1-3: RT<sub>ref,ART</sub> für die am höchsten versprödeten Bereiche, KKB 1, nach Methode IIB

VLJ	Azimut [°]	RDB Wandtiefe	Fluenz E > 1 MeV [cm <sup>-2</sup> ]	RT <sub>ref,ART</sub> [°C]
54	0	Innenwand	5,59E+19	89
		¼ T	3,55E+19	83
		¾ T	1,07E+19	62
	30	Innenwand	2,39E+19	77
		¼ T	1,51E+19	68
		¾ T	4,67E+18	46

**Tabelle 10.1-4:  $RT_{ref,ART}$  für die am höchsten versprödeten Bereiche, KKB 2, nach Methode IIB**

VLJ	Azimut [°]	RDB Wandtiefe	Fluenz E > 1 MeV [cm <sup>-2</sup> ]	$RT_{ref,ART}$ [°C]
54	0	Innenwand	5,07E+19	51
		¼ T	3,22E+19	46
		¾ T	9,74E+18	29
	30	Innenwand	2,38E+19	42
		¼ T	1,51E+19	36
		¾ T	4,64E+18	18

**Tabelle 10.1-5:  $RT_{ref,ART}$  für die am höchsten versprödeten Bereiche, KKB 1, nach Methode IIA**

VLJ	Azimut [°]	RDB Wandtiefe	Fluenz E > 1 MeV [cm <sup>-2</sup> ]	$RT_{ref,ART}$ [°C]
54	0	Innenwand	5,59E+19	80
		¼ T	3,55E+19	74
		¾ T	1,07E+19	55
	30	Innenwand	2,39E+19	68
		¼ T	1,51E+19	61
		¾ T	4,67E+18	41

### Beurteilung des ENSI

Mit der Entnahme und Auswertung der Bestrahlungsprobensätze T (KKB 1) und P (KKB 2) decken die Werkstoffuntersuchungen eine Betriebszeit von mehr als 54 Vollastjahren bzw. 60 Betriebsjahren ab. Gleichzeitig ist das KKB auch einer Forderung des ENSI aus dem Langzeitbetriebsgutachten 2008 nachgekommen, neben dem bisherigen klassischen Verfahren zusätzliche Auswertungen mit dem, dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechenden, Masterkurven-Verfahren vorzunehmen. Insbesondere wurden auch die Regelungen im Anhang 5 der 2011 in Kraft gesetzten Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup> umgesetzt.

Bei der klassischen Methode handelt es sich um ein indirektes Verfahren. Gemessen wird nicht die Bruchzähigkeit, sondern die Kerbschlagzähigkeit aus Pellini-Versuchen (Ausgangszustand) und Charpy-Versuchen. Zur Berücksichtigung der Unsicherheiten bei der Abschätzung von bruchmechanischen Kennwerten aus Kerbschlagzähigkeiten müssen die inhärenten Unsicherheiten durch grosse Sicherheitszuschläge kompensiert werden. Das Verfahren führt daher meist zu überkonservativen Ergebnissen. Obwohl die Methode nicht mehr den heutigen Stand von Wissenschaft und Technik repräsentiert, wird sie weiterhin grosse Bedeutung behalten, da die Bestrahlungsprogramme der bestehenden Reaktorflotte auf dieses Verfahren ausgerichtet waren und sie einfach anzuwenden ist.

Mit der Masterkurven-Methodik steht inzwischen ein zeitgemässeres Prüfverfahren als Alternative zur Verfügung, welches inzwischen in nahezu alle einschlägigen Normen und Regelwerke Einzug gehalten hat. Dabei handelt es sich um ein direktes Verfahren, mit dem die Bruchzähigkeit unmittelbar aus bruchmechanischen Proben bestimmt wird. Es ist genauer als die klassische Methode und entspricht dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik. Zur Normung des Prüfverfahrens wurde 1997 die amerikanische Werkstoffprüfnorm ASTM E1921<sup>ASTM1921</sup> eingeführt. Seit 1999 ist das Verfahren im amerikanischen nuklearen Regelwerk als ASME Section III<sup>BPVC-III</sup> und XI<sup>BPVC-XI</sup> Code Cases N-629 (Section XI) und N-631 (Section III) etabliert. Die US NRC hat die Anwendbarkeit der beiden ASME Code Cases als vollwertige Alternative zu den Kerbschlagversuchen akzeptiert. Inzwischen wurden diese Code Cases durch den neueren Code Case N-851 ersetzt bzw. direkt in ASME III<sup>BPVC-III</sup>, Subsection NB inkorporiert.

Bis 2011 waren in der Schweiz die US-Normen als Quasi-Standard anzusehen, da die bis dahin gültige Richtlinie HSK-R-51 keine detaillierten Vorgaben zur Auswertung der Versprödungsdaten enthielt. Mit der Stellungnahme zum Langzeitbetrieb 2008 erhob das ENSI die Forderung 4.1-1, welche explizit zusätzliche Auswertungen der Bestrahlungsproben nach dem Masterkurven-Verfahren forderte. Seit Inkrafttreten der Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup> sind die Anforderungen an die Auswertung der Bestrahlungsproben detailliert in Anhang 5 vorgegeben. Die Methode I beinhaltet das klassische RT<sub>NDT</sub>-Verfahren basierend auf Kerbschlagversuchen, während Methode II die Anwendung des Masterkurven-Verfahrens regelt. Bei Methode II-A wird direkt die Sprödbruchtemperatur aus bestrahlten Proben ermittelt, während bei Methode II-B die Pellini-Versuche für das unbestrahlte Material durch Bruchmechanikversuche ersetzt werden, die Verschiebung der Sprödbruchtemperatur jedoch weiterhin durch Charpy-Versuche ermittelt wird.

Zusammenfassend kommt das ENSI zum Ergebnis, dass die Werkstoffprüfungen zur Charakterisierung der Versprödung fachgerecht und regelwerkskonform ausgeführt wurden. Die Untersuchungen entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und die Forderung 4.1-1 aus dem Langzeitbetriebsgutachten wurde vollumfänglich umgesetzt. Die zuletzt entnommenen und geprüften Bestrahlungsproben der Kapseln T (KKB 1) und P (KKB 2) decken einen Zeitraum von mindestens 54 Volllastjahren bzw. 60 Betriebsjahren ab. Die noch im Reaktor vom Block 2 befindliche letzte ungeprüfte Bestrahlungskapsel steht als zusätzliche Reserve zur Verfügung. Für den Langzeitbetrieb bis 60 Betriebsjahre ist deren Prüfung nicht zwingend notwendig, da der Zeitraum bereits durch die geprüften Kapseln vollumfänglich abgedeckt ist und da Block 2 deutlich grössere Reserven bzgl. der Versprödung gegenüber Block 1 aufweist.

#### 10.1.3.1.3. Sicherheitstechnische Bewertung der Nachweise zur Sprödbruchsicherheit

##### **Angaben des KKB**

Der Betreiber hat die sicherheitstechnische Bewertung nach drei verschiedenen Methoden geführt, eine deterministische PTS-Analyse, eine probabilistische PTS-Analyse und die Bewertung gegenüber dem durch das UVEK-Kriterium<sup>UVEK-A</sup> gesetzten Grenzwert.

Den massgeblichen Auslegungstörfall für den Reaktordruckbehälter stellt bei Druckwasserreaktoren der sogenannte Pressurized Thermal Shock, kurz PTS-Lastfall dar. Die PTS-Analysen erfolgten im 2012 unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Probensatzes T und wurden 2015 aktualisiert. Dabei wurde der Nachweis der Plattierungsintegrität kreditiert. Im Block 1 sind Massnahmen umgesetzt, um eine Mindesttemperatur von 30 °C für den Druckspeicherinhalt zu garantieren. Für Block 2 wurde beim PTS-Nachweis eine minimale Einspeisetemperatur von 10 °C postuliert. Die Nachweise wurden für die Kante des Einspeisestutzens und auf Höhe der Kernnaht im Schmiedering C geführt. Die Betrachtungen sind für verschiedene Leckgrössen geführt worden.

Beim sicherheitstechnischen Nachweis wird die transiente Beanspruchungskurve der Bruchzähigkeit gegenübergestellt. Bei Block 1 werden für den Schmiedering C die nach Methode II-A<sup>B01</sup> ermittelten Referenztemperaturen verwendet, während für die Bereiche ausserhalb des Schmiederings C und bei Block 2 auf Methode II-B<sup>B01</sup> zurückgegriffen wird. Die führenden Lastfälle sind kaltseitige Einspeisungen bei einem heissseitigen Leck mit 3 cm<sup>2</sup> Leckquerschnitt für die Stutzenkante bzw. 70 cm<sup>2</sup> für den Kernnahtbereich. Die führende Fehlerkonfiguration ist ein Innenfehler mit jeweils 12 mm Tiefe.

Für die Stutzenkante wurde für beide Blöcke eine rechnerisch zulässige Referenztemperatur von 38 °C ermittelt. Da die Stutzenkante keiner signifikanten Neutronenstrahlung ausgesetzt ist, ist für die Ist-Referenztemperatur, welche deutlich unterhalb von 0 °C liegt, der unbestrahlte Zustand anzusetzen. Für den Kernnahtbereich wurde eine zulässige RT<sub>ref</sub> von 101 °C bei Block 1 und 96 °C bei Block 2 errechnet. Die Differenz resultiert aus der tiefer postulierten Einspeisetemperatur von 10 °C im Block 2. Ergänzend wurde für Block 2 noch ein 12 mm tiefer Oberflächenfehler analysiert. Damit ergeben sich zulässige Referenztemperaturen von 25 °C (Stutzenkante) bzw. 66 °C (Kernnahtbereich).

Der RDB-Bereich mit der höchsten Versprödung liegt bei einem azimuthalen Winkel von 0°, während die Stutzen für die Einspeisung um 30° versetzt sind. Dadurch liegt der Bereich maximaler Versprödung ausserhalb des Bereichs mit der höchsten Beanspruchung durch die Kühlmittelsträhne. Aus Gründen der Konservativität

wird beim Sicherheitsnachweis jedoch die höchste Beanspruchung mit der höchsten Versprödung kombiniert. Entsprechend der Tabellen 10.1.4 und 10.1.5 sind die im Material vorhandenen, auf 60 Betriebsjahre extrapolierten, Referenztemperaturen deutlich unterhalb der zulässigen Werte. Die sicherheitstechnischen Nachweise wurden folglich erfolgreich geführt.

Neben den deterministischen PTS-Nachweisen wurde auch eine probabilistische PTS-Analyse für den Kernnahtbereich durchgeführt. Dabei wird mit realitätsnahen Annahmen gearbeitet. Mit den Referenztemperaturen der Schmiederinge basierend auf der Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup>, Methode II-B werden für Block 1 Versagenswahrscheinlichkeiten von kleiner  $10^{-9}$ /Jahr für Block 1 und kleiner  $10^{-10}$ /Jahr für Block 2 ermittelt. Bei einer geforderten Versagenswahrscheinlichkeit von  $5 \cdot 10^{-6}$ /Jahr, analog zum «PTS-Screening-Criterion»<sup>10CFR50.61</sup> nach US-Amerikanischer Vorgehensweise, wären für die Schmiederinge C und D Referenztemperaturen von 191 °C (Block 1) bzw. 194 °C (Block 2) und in der Kernnaht 244 °C bzw. 246 °C zulässig.

Des Weiteren ist noch die Einhaltung der zwei Kriterien der Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup> für die Kerbschlagenergie sowie für die Sprödbruchübergangstemperatur zu zeigen. In Abhängigkeit der Probenorientierung muss für die Hochlage mindestens eine Kerbschlagenergie von 68 J (bzw. 105 J) nachgewiesen werden. Die Sprödbruchübergangstemperatur darf den Wert von 93 °C nicht erreichen. Massgeblich sind die Kennwerte in  $\frac{1}{4}$  Tiefe von der Innenwand des RDB. Die auf 60 Betriebsjahre extrapolierten Referenztemperaturen, basierend auf Methode II-B gemäss Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup>, betragen 83 °C (Block 1) sowie 46 °C (Block 2). Die bestimmten Kerbschlagenergien liegen zwischen 120 J und 160 J.

In seiner Zusammenfassung kommt das KKB zum Ergebnis, dass alle notwendigen Nachweise zur Sprödbruchsicherheit und Integrität vollständig erbracht sind und dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Die Resultate der zuletzt geprüften Probensätze T (Block 1) und P (Block 2) sowie die sicherheitstechnische Bewertung durch die deterministischen PTS-Analysen decken 60 Betriebsjahre ab. Zusätzliche Margen bei den Werkstoffkennwerten wurden ausgewiesen. Mit einer probabilistischen PTS-Analyse wurden grosse globale Margen sowie kleine Beiträge zur Kernschadenshäufigkeit ausgewiesen. Die Grenzwerte der Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup> werden eingehalten und durch jährliche Nachführung der Ergebnisse kontinuierlich überwacht. Damit wurde gezeigt, dass Sprödbruch beider RDB für alle untersuchten Bereiche sicher für 60 Jahre Betrieb ausgeschlossen werden kann. Die Auswirkung der Neutronenversprödung kann mit den durchgeführten Untersuchungen und Analysen sicherheitstechnisch für 60 Betriebsjahre abgesichert werden.

## Beurteilung des ENSI

Die deterministischen PTS-Berechnungen sind die wichtigsten Analysen zur Absicherung des RDB gegen Sprödbruch. Die PTS-Analysen des KKB wurden im Überprüfungszeitraum mehrfach aktualisiert und vom ENSI jeweils detailliert geprüft. Im Jahr 2015 erfolgte zusätzlich eine externe Begutachtung durch die GRS. Die Empfehlungen der GRS wurden in den aktuellsten Versionen der PTS-Analysen berücksichtigt und umgesetzt. Die Analysen entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Für beide Blöcke kann das KKB ausreichende Margen gegenüber Sprödbruch nachweisen. Für die führende postulierte Leckgrösse von 70 cm<sup>2</sup> wurde in Höhe des Kernnahtbereiches vom Block 1 eine zulässige Sprödbruchübergangstemperatur von 101 °C berechnet. Der Nachweis ist somit sowohl gegenüber der kreditierten Referenztemperatur von 80 °C an der höchstversprödeten Position an der Innenwand des RDB, bestimmt mit Methode II-A<sup>B01</sup>, als auch gegenüber den konservativeren 89 °C, bestimmt mit Methode II-B<sup>B01</sup>, erfüllt. Die Analysen für Block 1 sind auch abdeckend für Block 2. Bei Block 2 sind die zulässigen Sprödbruchübergangstemperaturen auf Grund der mit 10 °C postulierten Einspeisetemperatur etwas tiefer, jedoch ist die vorhandene Versprödung des RDB-Materials auch deutlich geringer.

Ergänzend zu den deterministischen PTS-Analysen wurden probabilistische Berechnungen durchgeführt. Diese Vorgehensweise ist nach US-Amerikanischen Regelwerk üblich. Gemäss 10 CFR 50.61<sup>10CFR50.61</sup> ist dort der Weiterbetrieb ohne weitere Nachweise zulässig, wenn das PTS-Screening-Kriterium von 132 °C für Grundmaterial und Axialnähte bzw. 149 °C für die Rundnähte eingehalten wird. Im Fall, dass das Screening-Kriterium nicht eingehalten wird, sind anlagenspezifische probabilistische PTS-Analysen durchzuführen. Die probabilistisch berechnete zulässige Sprödbruchübergangstemperatur im Grundmaterial des Kernnahtbereichs vom KKB 1 beträgt beispielsweise 191 °C.

Im Gegensatz zur US-Vorgehensweise akzeptiert das ENSI probabilistische PTS-Berechnungen bisher nicht als alleiniges Nachweiskriterium. Es eignet sich jedoch, um die noch sehr grossen inhärenten Margen einer deterministischen PTS-Analyse aufzuzeigen. Bei probabilistischen Analysen wird mit möglichst realitätsnahen Randbedingungen (best estimate) unter expliziter Berücksichtigung von Modellvariabilitäten gerechnet, während bei der deterministischen Analyse stets von der ungünstigsten Annahme ausgegangen wird und bereits Sicherheitsmargen berücksichtigt sind. Dadurch akkumulieren sich verschiedene Konservativitäten. Des Weiteren wurden in der deterministischen Berechnung aus Gründen des Analyseaufwandes nicht alle sich positiv auf das Ergebnis auswirkenden Effekte (z. B. Rissstopp und Constraint) kreditiert.

Seit dem Jahr 2008 sind mit Inkraftsetzung der Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup> zwei weite Kriterien mit Bezug zur Versprödung des RDB zu beachten. Zum einen ist ein Mindestwert für die Kerbschlagenergie von 68 J (bzw. 105 J) in der Hochlage einzuhalten. Dieses Kriterium wird für alle Materialien des RDB mit grossem Abstand erfüllt. In einer Wandtiefe von  $\frac{1}{4}$  wird darüber hinaus gefordert, dass die Referenztemperatur des Materials unterhalb von 93 °C bleiben muss. Dieser Grenzwert wird für das bei Versprödung führende Material des Schmiederings C vom Block 1 sowohl nach Methode II-A<sup>B01</sup> als auch der konservativeren Methode II-B<sup>B01</sup> eingehalten.

Zusammenfassend kommt das ENSI damit zum Schluss, dass die Versprödung des Materials des Reaktor-druckbehälters für eine Betriebszeit von 60 Jahren nicht limitierend ist.

#### 10.1.3.1.4. Gesamtbewertung

##### **Angaben des KKB**

Neben der Zusammenfassung der Ergebnisse der Werkstoffprüfungen und der Nachweise zur Integrität und Sprödbruchsicherheit werden in einer tabellarischen Übersicht die Ergebnisse der wichtigsten Wiederholungsprüfungen von 2012 bis 2016 aufgelistet. Zusammenfassend kommt der Betreiber zum Ergebnis, dass die Prüfungen entsprechend dem Stand der Technik erfolgt sind und allfällige Befunde im zulässigen Bereich liegen und einen Weiterbetrieb zulassen.

##### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI hat die beschriebenen Wiederholungsprüfungen im Rahmen des Tagesgeschäftes begleitet. Des Weiteren wurden die Prüfungen vom Sachverständigen des ENSI überwacht. Die Zulässigkeit von Befunden wurde vom Sachverständigen bzw. vom ENSI bestätigt.

#### 10.1.3.2 **Kerneinbauten**

##### **Angaben des KKB**

Im Überprüfungszeitraum sind verschiedene Massnahmen und Inspektionen an den Kerneinbauten durchgeführt worden. Für die führenden Lastfallkombinationen wurden verschiedene Nachweise nach ASME III, Subsection NG für die Kerneinbauten geführt. Für die Lastfallkombinationen der Beanspruchungsstufen A und B wurden Ermüdungsanalysen durchgeführt. Für die Auslegungstörfälle Erdbeben und LOCA wurden Integritätsnachweise geführt. Die Nachweise zeigen, dass die Kerneinbauten mit ausreichend konstruktiven Reserven bemessen wurden. Die Aktualisierung der seismischen Nachweise auf die neuen Gefährdungen ENSI-2015 wird im Rahmen des Projektes NEUSI durchgeführt.

In den Jahren 2009 und 2010 wurden in jedem Block mindestens 192 der 624 Kernumfassungsschrauben aufgrund negativer internationaler Betriebserfahrungen in Form von Ermüdungsschäden ausgetauscht. Der Austausch erfolgte nach einem vorausgerechneten Muster, welches so optimiert ist, dass die getauschten Schrauben allein die Integrität der Kernumfassung sicherstellen können. Die Austauschschrauben bestehen aus AISI 316 statt AISI 347 und weisen eine verbesserte Geometrie auf. Die ausgetauschten Bolzen im KKB wiesen keine Befunde auf.

In beiden Blöcken wurden präventiv jeweils 29 Zentrierstifte der Steuerstabsführungsrohre durch Stifte aus anderem Material ersetzt. Im Rahmen dieser Instandhaltungsmassnahme wurden ebenfalls die je vierfach vorhandenen Zylinderkopfschrauben und deren Sicherungselemente ersetzt und die Führungsplatten visuell inspiziert. Es wurden keine abnormalen Schädigungen festgestellt.

Bei visuellen Inspektionen im 2015 wurden im KKB 1 diverse Auffälligkeiten in Form eines Fremdkörpers, welcher geborgen wurde, einer linearen Auffälligkeit im Bereich des radialen Support Key und einer fehlenden Schraube sowie einer Fehlbohrung in der Kernumfassung festgestellt. Die Sachverhalte wurden für den sicheren Weiterbetrieb als nicht relevant eingestuft.

Das KKB kommt zum Schluss, dass die Integrität der Kerneinbauten weiterhin gewährleistet ist.

### **Beurteilung des ENSI**

Die vom Betreiber durchgeführten Instandhaltungsmassnahmen und Inspektionen sind vom ENSI ausführlich beurteilt und die Anlagenänderungen freigegeben worden. Alle Instandhaltungsmassnahmen werden als zielführend und die Anlagenänderungen als Anlagenverbesserung angesehen. Das ENSI kommt daher zum Schluss, dass bis zu einer Laufzeit von 60 Betriebsjahren keine Gefährdung des sicheren Reaktorbetriebes durch Integritätsversagen von Kerneinbauten auf Grund von Alterungsphänomenen zu erwarten ist.

Der massgebliche Schädigungsmechanismus an den Kernumfassungsschrauben ist Spannungsrisskorrosion und nicht wie im Betreiberdokument angegeben Ermüdung. In jüngster Zeit sind international wieder verstärkt Befunde gemeldet worden. Diese betreffen verstärkt Kernumfassungsschrauben aus AISI 347, jedoch sind auch einzelne Befunde an Schrauben aus AISI 316 CW festgestellt worden. Die einschlägigen internationalen Betriebserfahrungen sind daher weiterhin mit besonderem Augenmerk zu verfolgen und gegebenenfalls entsprechende Massnahmen einzuleiten.

#### **10.1.3.3 Reaktordruckbehälter-Deckeltausch**

### **Angaben des KKB**

2015 wurden in beiden Blöcken die Deckel des Reaktordruckbehälters ersetzt. Der Austausch wurde präventiv vorgenommen, da sich das Material Alloy 600 der Einschweissnähte der Deckeldurchführungsrohre als anfällig für Spannungsrisskorrosion erwiesen hatte und international zunehmend negative Betriebserfahrungen vorlagen. Auch durch wasserchemische Optimierungen liess sich das Risiko für primärwasserinduzierte Spannungsrisskorrosion (Primary Water Stress Corrosion Cracking, PWSCC) nicht ausreichend ausschliessen. Im Jahr 2012 wurde erstmals im KKB an der Deckeldurchdringung Nr. 8 eine Anzeige an der Innenoberfläche festgestellt und mittels eines qualifizierten Reparaturverfahrens repariert. Der Deckel im Block 1 wies eine durch Borsäure verursachte Korrosionsmulde auf, welche infolge einer herstellungsbedingten Leckage aus dem Jahr 1971 stammte. Die Leckage wurde seinerzeit repariert und die Korrosionsmulde als zulässig bewertet.

Für die neuen Deckel wurde insbesondere das bewährte und gegenüber SCC weniger anfällige Material Alloy 690 eingesetzt und die Gehäuse der Regelstabsantriebsstangen inklusive deren integrierter Klinkenmechanismus wurden ersetzt. Insgesamt wurden als technische Verbesserung gegenüber dem alten Deckel 52 Änderungen vorgenommen. So wurde der Deckel aus einem Schmiedeteil gefertigt und damit die Anzahl der Schweissnähte um acht reduziert. Die Oberfläche der J-Groove-Welds wurde elektroliert, was die Rissinitiationsanfälligkeit weiter absenkt und die Prüfbarkeit verbessert. Die Thermo-Sleeves wurden durch kurze Führungshülsen ersetzt. Für die Rohrleitungen des Deckel-Ventingsystems wurde der weniger interkristalline Spannungsrisskorrosion (Intergranular Stress Corrosion Cracking, IGSCC) anfällige Werkstoff 316L eingesetzt.

Das KKB bewertet den Deckelaustausch als wichtigen Beitrag zum weiteren sicheren Langzeitbetrieb des Reaktors.

## **Beurteilung des ENSI**

Auf Grund der international negativen Betriebserfahrung an Deckeln mit Einschweissnähten aus Alloy 600 und nachdem auch im KKB bereits entsprechende Befunde aufgetreten waren, begrüsst das ENSI uneingeschränkt den vorgenommenen Deckeltausch. Auch teilt das ENSI die Einschätzung, dass mit den zahlreichen konstruktiven Verbesserungen im Rahmen dieser Massnahme ein signifikanter Beitrag zu einem sicheren Langzeitbetrieb des KKB geleistet wurde. Erwähnenswert ist insbesondere auch die Tatsache, dass es sich bei den neuen Deckeln um eine Konstruktion ohne Thermoschutzrohre handelt. Die RDB-Deckel des KKB sind daher immun gegenüber solchen Verschleisschäden an den Thermoschutzrohren der Steuerstabdurchführungen, wie sie in jüngster Zeit verstärkt in DWR-Anlagen z. B. in den USA, Frankreich und Belgien aufgetreten sind.

### **10.1.4 Nukleares Dampferzeugungssystem**

#### **10.1.4.1 Bewertung bezüglich Leckagen und Wanddickenschwächungen sowie Ergebnisse zerstörungsfreier Prüfungen**

##### **Angaben des KKB**

Im Rahmen des Projektes REQUA sind die Rohrleitungen > 2" für die damaligen Erdbebenanforderungen nachgewiesen worden. Die Aktualisierung mit Bezug auf die neuen Erdbebenanforderungen ENSI-2015 wird im Rahmen des laufenden Projektes NEUSI erfolgen. Die Aktualisierung der «Fukushima-Nachweise» hat ausreichende Margen gezeigt.

Im Überprüfungszeitraum sind keine signifikanten Leckagen oder Wanddickenschwächungen am nuklearen Dampferzeugungssystem festgestellt worden. Andere relevante Befunde haben sich als zulässig erwiesen oder wurden behoben. Das KKB schlussfolgert, dass sich die nuklearen Dampferzeugungssysteme beider Blöcke in einem einwandfreien Zustand befinden.

Des Weiteren stellt das KKB fest, dass die Ausserbetriebnahmekriterien des UVEK hinsichtlich wanddurchdringender Risse und unzulässiger Wandstärkeminderungen eingehalten werden. Das KKB hat alle gemäss der Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup> geforderten druckführenden Ausrüstungen der SK 1 entsprechend periodisch geprüft und keine unzulässigen Abweichungen festgestellt. Demgemäss steht dem weiteren Betrieb beider Blöcke nichts entgegen.

## **Beurteilung des ENSI**

Im Rahmen der Erhöhung der seismischen Gefährdungsannahmen ENSI-2015 ist eine Aktualisierung der Nachweise erforderlich. Die neuen Gefährdungsannahmen wurden vom ENSI 2015 mit entsprechenden Fristen für die Nachweiserbringung verfügt. Der Betreiber hat hierzu ein Konzept erstellt, welches vom ENSI akzeptiert wurde, einzelne Zwischenschritten abgeschlossen und dem ENSI entsprechende Dokumente eingereicht. Die deterministischen Nachweise für das nukleare Dampferzeugungssystem (Primärkreislauf) sind in Bearbeitung. Da es sich um ein laufendes Geschäft handelt, ist eine abschliessende Beurteilung im Rahmen dieser PSÜ noch nicht möglich.

Das ENSI erkennt an, dass im Überprüfungszeitraum keine Befunde im nuklearen Dampferzeugungssystem aufgetreten sind, welche einer 60-jährigen Betriebszeit im Wege stehen.

#### **10.1.4.2 Ermüdung durch Transienten**

##### **Angaben des KKB**

Von der Inbetriebsetzung des Werkes bis zum Jahr 2001 wurde die Ermüdung durch Erfassung und Zuordnung von betrieblichen Transienten zu den in der Auslegung spezifizierten Transienten bestimmt. Der rechnerische Teilerschöpfungsgrad resultiert aus dem Verhältnis von aufgetretenen zu den gesamthaft spezifizierten

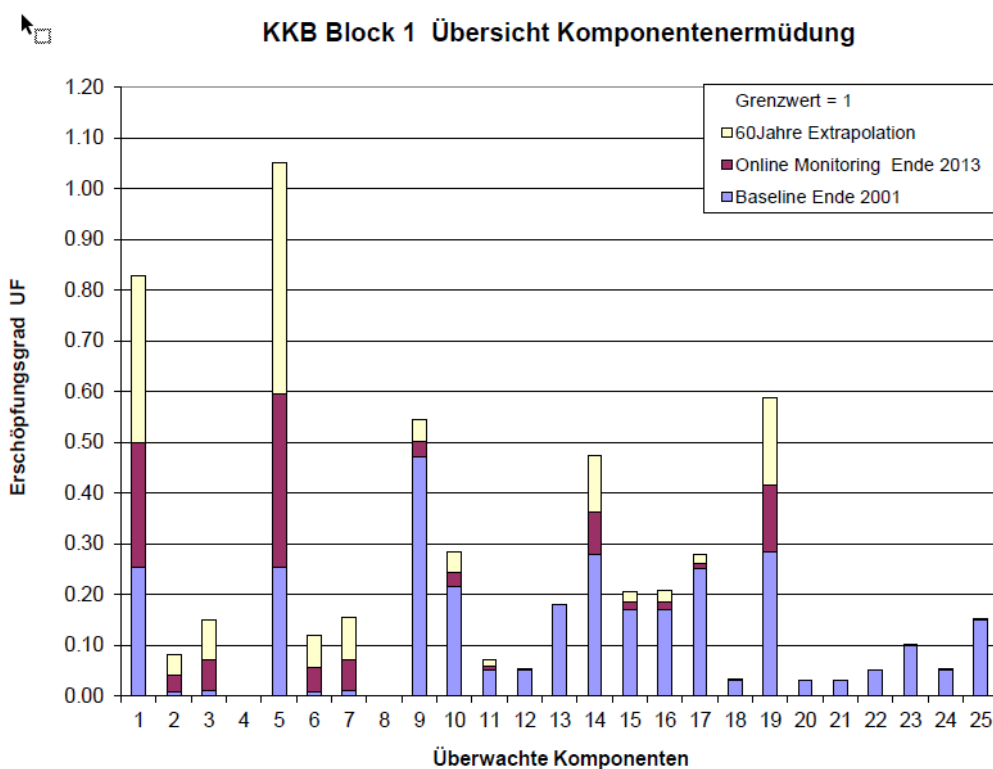


Transienten und wird als Baseline Fatigue bezeichnet. Auf Grund der hohen Konservativität der Auslegungstransienten gilt der Ansatz als entsprechend konservativ und deckt auch mögliche Einflüsse des Umgebungsmediums ab.

Im 2002 wurde das Online-Monitoring-System WESTEMS des Reaktorherstellers Westinghouse in Betrieb genommen. Damit werden die Temperaturen und andere thermohydraulische Grössen erfasst und daraus die lokalen Beanspruchungskenngrössen ermittelt. Bei diesem spannungsbasierten Ansatz wird entsprechend der Vorgaben der Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup> auch der Einfluss des Umgebungsmediums auf die Ermüdung erfasst. Erfasst werden die ermüdungsrelevanten Stellen in den Komponenten der SK 1 und SK 2. Das sind je Block 25 Positionen. Der aktuelle Erschöpfungsgrad ist die Summe aus Baseline Fatigue und dem aus dem Online-Monitoring ermittelten Teilerschöpfungsgrad. Des Weiteren wird der Erschöpfungsgrad für eine Laufzeit von 60 Betriebsjahren extrapoliert.

Für die meisten Bereiche sind seit Installation des Online-Monitorings nur sehr geringe Zuwächse der Ermüdungsausnutzung zu verzeichnen. Ausnahme sind die Hilfsspeisewasserstutzen der Dampferzeuger und die Volumenausgleichsleitung, wo Schichtungsphänomene identifiziert worden sind. Die aktuellen sowie mit Ausnahme eines Hilfsspeisewasserstutzens auf 60 Betriebsjahre extrapolierten Erschöpfungsgrade sind im zulässigen Bereich.

Die Ergebnisse werden in einem jährlich zu aktualisierenden Ermüdungsbericht zusammengestellt und dem ENSI eingereicht. Zum Ende des Überprüfungszeitraumes war der Stand der eingereichten Ermüdungsberichte Ende 2013 für Block 1 und Ende 2015 für Block 2. Vor dem Hintergrund, dass zwischen 2014 und 2016 keine ermüdungsrelevanten Ereignisse stattgefunden haben und des sehr langsamen jährlichen Zuwachses hat das ENSI eine Terminerstreckung für die Einreichung des aktualisierten Ermüdungsberichtes genehmigt.

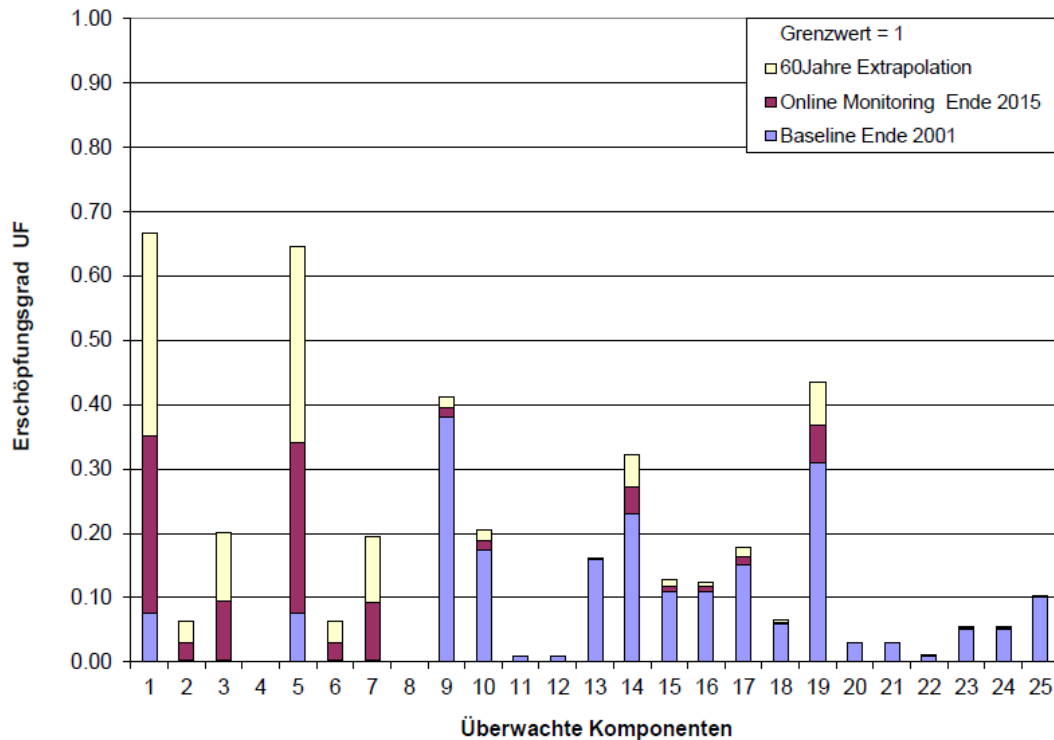


Legende: Überwachte Komponenten Auswertestellen:  
 Dampferzeuger A,B Hilfsspeisewasserstutzen 1 bis 8  
 Druckhalter 13, 14  
 Hauptkühlmittelleitungs-Stutzen 9 bis 12, 17 bis 18, 22 bis 23, 25  
 Reaktordruckbehälter Sicherheitseinspeise-Stutzen und Leitungen 15 bis 16, 20 bis 22  
 Hilfsablass T-Stück 19  
 Restwärmesystem T-Stück 24

Abbildung 10.1.4-1: Übersicht Komponentenermüdung im Block 1 Stand Ende 2013<sup>TM-16800</sup>

Im Block 1 sind die Hilfsspeisewasserstutzen Position 1 und 5 der Dampferzeuger die führenden Stellen. Der höchste Erschöpfungsgrad Ende 2013 beträgt 60 % und extrapoliert auf 60 Betriebsjahre werden 105 % ermittelt. Durch betriebliche Massnahmen konnte jedoch die Anzahl der ermüdungswirksamen Zyklen deutlich reduziert werden, sodass der tatsächliche Zuwachs des Erschöpfungsgrades wesentlich geringer ausfällt als die Extrapolation erwarten lässt. Der Betreiber geht davon aus, dass der Gesamterschöpfungsgrad für 60 Jahre Betrieb deutlich unterhalb von 100 % bleiben wird. Ergänzend wird die Zählung der aufgetretenen Transienten mit der sogenannten Transientenbuchhaltung fortgesetzt und mit den spezifizierten Transienten verglichen. Die Extrapolation der erfassten Transienten, Stand Ende 2015, überschreitet in keinem Fall die Anzahl der in der Auslegung spezifizierten Transienten.

### KKB Block 2 Übersicht Komponentenermüdung



Legende: Überwachte Komponenten Auswertestellen:  
 Dampferzeuger A,B Hilfsspeisewasserstutzen 1 bis 8  
 Druckhalter 13, 14  
 Hauptkühlmitteleitungs-Stutzen 9 bis 12, 17 bis 18, 22 bis 23, 25  
 Reaktordruckbehälter Sicherheitseinspeise-Stutzen und  
 Leitungen 15 bis 16, 20 bis 22  
 Hilfsablass-T-Stück 19  
 Restwärmesystem T-Stück 24

Abbildung 10.1.4-2: Übersicht Komponentenermüdung im Block 2 Stand Ende 2015<sup>TM-16800</sup>

Für Block 2 sind die Ergebnisse sehr ähnlich wie im Block 1. Generell sind die Erschöpfungsgrade in den meisten Stellen, insbesondere auch den führenden Positionen, etwas geringer als im Block 1. Alle aktuellen und auf 60 Betriebsjahre extrapolierten Erschöpfungsgrade bleiben deutlich unterhalb von 100 %. Der grösste Wert beträgt ca. 67 % an einem Hilfsspeisewasserstutzen eines Dampferzeugers. Auch die erfassten Transienten werden gemäss Extrapolation auf 60 Jahre Betrieb die Anzahl der spezifizierten Transienten voraussichtlich nicht überschreiten.

Aufgrund von Empfehlungen des Herstellers soll das Online-Monitoring-System ab 2017 um eine zusätzliche Messstelle am Boden des Druckhalters erweitert werden. Für die Hilfsspeisewasserstutzen soll das Berechnungsmodell überprüft und gegebenenfalls durch ein aktualisiertes Modell mit realistischeren Randbedingungen ersetzt werden.

## Beurteilung des ENSI

Ermüdung stellt einen der wichtigsten Alterungs- und Schadensmechanismen in technischen Anlagen dar und ist die Folge von zyklisch auftretenden Lasten. Im Kraftwerksbereich spielt zum einen die niederzyklische Ermüdung (LCF) durch thermo-mechanische Transienten und zum anderen die hochzyklische Ermüdung durch Vibrationen eine Rolle. Letzteres tritt eher in Kleinleitungen auf. Die Ermüdung wird mit dem sogenannten Erschöpfungsgrad quantifiziert. Ein Erschöpfungsgrad von 100 % (bzw. 1,0) bedeutet, dass die Anrisslebensdauer rechnerisch ausgeschöpft ist. Basis zur Ermittlung der Ermüdungsausnutzung ist eine Wöhler-Kurve, die nach ASME III<sup>BPVC-III</sup>, Div. 1, Appendix I als Designkurve bezeichnet wird. Sie enthält im Vergleich zur Mittelwertskurve noch Sicherheitsmargen von Faktor 12 (20 bis Ausgabe 2007, Addenda 2008) in Anzahl von zulässigen Zyklen und Faktor 2 in Spannungen. Bei den 2009 eingeführten geänderten Designkurven muss der Einfluss des Umgebungsmediums gesondert berücksichtigt werden.

Das ENSI hat die vom KKB durchgeführten Massnahmen zur Ermüdungsüberwachung regelmässig beurteilt und ist zum Ergebnis gekommen, dass die Massnahmen zielführend sind und dem Stand der Technik entsprechen. Das KKB betreibt seit 2002 ein funktionsfähiges Online-Monitoring-System namens WESTEMS zur Überwachung der Ermüdung. Die bekannten ermüdungsrelevanten Stellen, insbesondere der Primärkreis-komponenten, sowie einiger SK 2-Komponenten sind einbezogen. Der Betreiber verfolgt die internationalen Betriebserfahrungen, sodass beim Vorliegen neuer Erkenntnisse die Ermüdungsüberwachung bei Bedarf erweitert werden kann. Der Einfluss des Umgebungsmediums ist gemäss Vorgaben der Richtlinie ENSI-B01<sup>B01</sup> ab dem Ermüdungsbericht für 2010 berücksichtigt. Das Online-Monitoring-System erfasst primär niederzyklische Beanspruchungen in Folge von Temperaturtransienten. Im Ermüdungsbericht werden Vorkommnisse und Massnahmen im Zusammenhang mit Vibrationen jedoch ebenfalls festgehalten.

Insgesamt kommt das ENSI zum Ergebnis, dass der Langzeitbetrieb von 60 Betriebsjahren der Blöcke 1 und 2 des KKB durch Ermüdung nicht gefährdet ist. Die Ergebnisse der Ermüdungsüberwachung zeigen, dass die auf 60 Betriebsjahre extrapolierten Erschöpfungsgrade unter 100 % bleiben. In einem Fall ergibt die Extrapolation für einen Hilfsspeisewasserstutzen im Block 1 mit 105 % einen Wert, der unzulässig wäre. Jedoch wurde plausibel dargelegt, dass aufgrund betrieblicher Massnahmen die Zahl der auftretenden Transienten deutlich verringert wurde. Dadurch ist ein langsamerer Zuwachs zu erwarten, der aus einem Vergleich der Ermüdungsberichte von 2010 und 2013 bereits erkennbar ist. Noch nicht berücksichtigt ist der dreijährige Stillstand vom Block 1 von 2015 bis 2018, welcher ebenfalls zu geringeren Ermüdungsausnutzungen führen wird. Des Weiteren sind die jährlichen Zuwächse gering, sodass durch das kontinuierliche Monitoring und die regelmässige Aktualisierung des Status bei Bedarf rechtzeitig Gegenmassnahmen ergriffen werden können.

### 10.1.4.3 Leck-vor-Bruch-Konzepte

#### Angaben des KKB

Die Leck-vor-Bruch-Analysen wurden im Jahr 2008 aktualisiert und bereits für einen Betriebszeitraum von 60 Jahren angepasst. Im Überprüfungszeitraum sind keine weiteren Änderungen vorgenommen worden. Das KKB orientiert sich bei seinen Analysen an den Vorgaben des US-Regelwerks<sup>NUREG-0800</sup>. Dabei wird auch die thermische Alterung der austenitischen Gussbögen der HKL gemäss NUREG/CR-4513<sup>NUREG/CR-4513</sup> berücksichtigt. Für die Frischdampf- und Speisewasserleitungen im Ringraum wurden ebenfalls Leck-vor-Bruch-Analysen durchgeführt und ein Leckageüberwachungssystem installiert. Bei der Störfallvorschrift SV-B-UR.-A wurde die Schluckfähigkeit des Ringraumentlastungssystems so berücksichtigt, dass ein möglicher Druckanstieg auf den zulässigen Wert gemäss Sicherheitsbericht begrenzt wird. Das Leckageüberwachungssystem ist in der Lage, sehr kleine Leckagen zu erkennen. Die Überwachung von Frisch- und Speisewasserleitungen erfolgt einzeln und online. Bei Feststellung einer Leckage erfolgt eine Alarmierung im Hauptkontrollraum. Im Überprüfungszeitraum wurden keine Leckagen festgestellt. Relevante Alterungsmechanismen, die den Betrieb bis 60 Jahre in Frage stellen könnten, sind für den Bereich des Ringraumes nicht bekannt. Bei UT-Prüfungen wurden keine Befunde registriert. Für zukünftige visuelle Inspektionen wird eine neues Prüfsystem qualifiziert.

Das KKB kommt zum Schluss, dass die Leck-vor-Bruch-Analysen weiterhin dem Stand der Technik entsprechen, die Regelwerksvorgaben der NRC einhalten und abdeckend für 60 Betriebsjahre sind. Der Betreiber plant, die LBB (Leak before Break, Leck-vor-Bruch)-Nachweise unter Einbeziehung der Gefährdungsannahmen ENSI-2015<sup>ENSI-2016-05-26</sup> zu aktualisieren.

### **Beurteilung des ENSI**

Das Schweizer Regelwerk macht keine Detailvorgaben zur Durchführung von Leck-vor-Bruch-Analysen. Die Betreiber sind daher gehalten, sich an etablierten internationalen Normen zu orientieren. Als ein anwendbarer Standard sind die Vorgaben des US-Regelwerks<sup>NUREG-0800</sup> anzusehen. Die Vorgaben sind im Überprüfungszeitraum unverändert geblieben. Die aktuelle Revision 1 wurde im Jahr 2007 veröffentlicht. Daher kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Methodologie der vom Werk durchgeführten und vom ENSI bewerteten LBB-Analysen weiterhin dem Stand der Technik entspricht. Unabhängig davon hält es das ENSI jedoch für notwendig, neue Trends und die Weiterentwicklung des Standes von W/T zu verfolgen und im Hinblick auf 60 Betriebsjahre zu diskutieren. (z. B. Vergleich zur neuen KTA 3206<sup>KTA3206</sup>, Einbeziehung von aktiven Degradationsmechanismen).

Die Berücksichtigung von thermischer Alterung von austenitischen Gussbauteilen entspricht nach Ansicht des ENSI nicht mehr dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. In den letzten Jahren wurde diesem Alterungsmechanismus vor dem Hintergrund längerer Laufzeiten verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet. Eine neuere Revision von NUREG/CR-4513 wird vom Betreiber erwähnt, jedoch nicht bewertet oder angewandt. Des Weiteren wurde nicht diskutiert, ob der Betrachtungsumfang zum Alterungsmechanismus thermische Alterung auf weitere Komponenten zu erweitern ist.

Ein integraler Bestandteil der LBB-Analyse ist die Stabilitätsanalyse des postulierten Risses. Diese schliesst seismische Beanspruchungen mit ein, welche beim vorhandenen Nachweis noch nicht die neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015<sup>ENSI-2016-05-26</sup> berücksichtigen. Der Betreiber hat angekündigt, nach Vorliegen und Bestätigung der neuen Gefährdungsannahmen die Nachweise nachzuführen. Die Prüfung der aktualisierten Erdbebennachweise ist Teil eines laufenden ENSI-Geschäftes.

### **Forderung 10.1.4-1**

*Das KKB wird aufgefordert, den Betrachtungsumfang des AÜP zum Alterungsmechanismus thermische Alterung von austenitischen Gusskomponenten des Primärkreislaufs und der einbindenden Systeme mit einer Betriebstemperatur von grösser als 250 °C unter Berücksichtigung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik zu überprüfen. Die Betrachtung muss dabei auch die Auswirkungen auf den Langzeitbetrieb umfassen.*

*Im Hinblick auf eine Betriebszeit von 60 Jahren ist die Weiterentwicklung des Standes von W/T auf den Fachgebieten Leck-vor-Bruch-Nachweise und thermische Alterung detailliert zu analysieren und die Auswirkung von neuen Trends und Entwicklungen auf den Langzeitbetrieb zu bewerten. Die Ergebnisse der Abklärungen sind dem ENSI im Rahmen der Aktualisierung der LBB-Analysen unter Berücksichtigung der neuen seismischen Gefährdungsannahmen ENSI-2015 einzureichen (Termin: 30. Juni 2023).*

### **10.1.4.4 Weitere Erfahrungen und Abklärungen**

#### **Angaben des KKB**

Im Jahr 2011 wurden im Rahmen einer PT-Prüfung am Dampferzeuger B vom Block 2 bewertungspflichtige Anzeigen innen am Safe End (Anschweisstutzen/-ende), dem Verbindungsstück zwischen Stutzen und Rohrleitung, festgestellt. Es handelt sich nicht um rissartige, sondern um schuppen- bzw. brauenartige Defekte ohne sicherheitstechnische Bedeutung.

Am Primärkreislauf vom Block 2 wurden ebenfalls im Jahr 2011 diverse UT-Anzeigen registriert. Die Bewertung zeigte, dass es sich nicht um betriebsinduzierte Anzeigen handelt und dass sie mehrheitlich auf erhöhtes Rückwandrauschen zurückzuführen sind.

Im Jahr 2016 hatte das ENSI das KKB aufgefordert, vor dem Hintergrund der in Frankreich entdeckten Problematik der Kohlenstoffsegregationen Abklärungen zur Qualität der Schmiedeteile in den KKB-Dampferzeugern durchzuführen. Die Aufarbeitung des Themas wurde im Jahr 2017 mit dem Start des Projektes DEKMA gestartet. Im April 2017 wurden dem ENSI die Unterlagen eingereicht, welche die geforderte Sicherstellung der Herstellungsqualität nachweisen. Die Abklärungen zeigten keine Hinweise auf Abweichungen bei der Herstellungsqualität der Dampferzeuger.

### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI erkennt an, dass die im Überprüfungszeitraum festgestellten Anzeigen am Dampferzeuger B sowie im Primärkreis vom KKB 2 und auch die weiteren festgestellten und bewerteten Befunde keine Einschränkung für einen sicheren Weiterbetrieb der Anlage darstellen.

Die eingereichten Dokumente zum Thema Kohlenstoffsegregationen und Herstellungsqualität der Schmiedeteile von den Dampferzeugern wurden vom ENSI und seinem Sachverständigen eingehend geprüft. Das ENSI ist zum Schluss gekommen, dass die Dampferzeuger im KKB keine unzulässigen Abweichungen aufweisen. Das ENSI hat sich hierzu auch mit ausländischen Behörden und Sachverständigenorganisationen ausgetauscht.

## **10.1.5 Stahldruckschale des Containments**

### **10.1.5.1 Ergebnisse von lokalen (Durchführungen) und integralen Dichtheitsprüfungen**

#### **Angaben des KKB**

Das KKB weist mit regelmässigen Dichtheitsprüfungen an Schleusen, Durchdringungen, Abschlüssen und Isolationsarmaturen des Primärcontainments nach, dass die in den Technischen Spezifikationen festgelegten Grenzwerte für die Leckagerate unter Störfallbedingungen gewährleistet sind. Prüfindervalle und -umfang sind im Wiederholungsprüfprogramm festgelegt.

Bei lokalen Dichtheitstests (Typ B und C) wird mit Hilfe von Bilanzierungstabellen jährlich überprüft, ob die Richtwerte eingehalten sind. Dazu werden Druckänderungen in Einzelprüfungen gemessen und in eine Leckagerate umgerechnet. Für 2016 wurde im Block 1 wegen des ganzjährlichen Stillstandes keine Bilanzierung durchgeführt. Die zulässige Gesamtleckrate wurde immer unterschritten.

Alle 10 Jahre findet eine integrale Dichtheitsprüfung (Typ A) statt. Auf Grund der für den Deckeltausch erfolgten temporären Öffnung des Containments ist nach Abschluss der Arbeiten für beide Blöcke im 2015 ein integraler Dichtheitstest erfolgt. Dabei ist nachzuweisen, dass in 24 h die Leckage bei einem Störfallüberdruck von 2,9 bar weniger als 0,25 % des Gesamtgewichts der im Containment enthaltenen Luftmasse beträgt. Die ermittelten Leckraten wurden um ca. eine Grössenordnung unterschritten. Die angewandte Methodik ist in KTA 3405<sup>KTA3405</sup> beschrieben.

#### **Beurteilung des ENSI**

Das KKB hat im Überprüfungszeitraum alle notwendigen Dichtheitsprüfungen vorgenommen. Dabei wurden keine Überschreitungen von Grenzwerten festgestellt. Damit steht seitens der Dichtheitsanforderungen der Weiterbetrieb der Anlage nicht in Frage.

### **10.1.5.2 Ergebnisse und Bewertungen spezifischer Inspektionen und Untersuchungen**

#### **Angaben des KKB**

##### *Block 1*

Infolge des Eindringens von borsäurehaltigem Wasser in den Spalt zwischen Stahldruckschale und Betonwandung des Containments kam es zu lokaler Muldenkorrosion an der Aussen- und Innenoberfläche der Stahldruckschale im Übergangsbereich vom zylindrischen Teil zur Bodenkalotte. Seit der Feststellung der

Korrosion Ende der 1990er Jahre wurden verschiedene Untersuchungen und Versuche zum Korrosionszustand und -fortschritt durchgeführt mit dem Ziel, die aktuelle Korrosionsraten der Stahldruckschale zu bestimmen (On-Line-Monitoring) sowie die Effizienz verschiedener Korrosionsschutzverfahren (z. B. kathodischer Korrosionsschutz) zu ermitteln.

Durchgeführte Untersuchungen sind die Leckstellenortung in der Cavity, 15 Inspektionsbohrungen an der Aussenfläche und an der Innenfläche der Stahldruckschale, Potenzialfeld- und Betonfeuchtemessungen, Bestimmung der Dealkalisierung des Betons, Abklärungen zur mikrobiologischen Besiedelung sowie die Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens auf Basis der Guided-Wave-Technik, um lokale Wanddickenschwächungen im nicht zugänglichen Bereich der Stahldruckschale zu detektieren.

Anhand der Inspektionsbohrungen wurden an der Aussenfläche der Stahldruckschale Korrosionstiefen von maximal ca. 5 mm und an der Innenfläche von maximal ca. 4 mm ermittelt. Die Wandstärke der Stahldruckschale beträgt 38 mm. Die mit den Inspektionsbohrungen ermittelten lokalen Korrosionsstellen wurden mit dem Guided-Wave-Verfahren bestätigt. Zusammenfassend kommt das KKB zum Schluss, dass das Guided-Wave-Verfahren sich zum Screening eignet, jedoch ist das Verfahren bezüglich der Lochtiefen und Restwanddicken nicht kalibrierbar und somit sind keine quantitativen Aussagen bezüglich Muldentiefen und zur Wanddickenschwächung möglich. Zudem ist das Verfahren empfindlich bezüglich der Oberflächenbeschaffenheit an der Prüfstelle. Weiterhin werden zeitlich stetig zunehmende Wanddickenschwächungen nicht wahrgenommen.

Die Ergebnisse zur Untersuchung zur Alkalität des Betons zeigten, dass im Bereich des Bodens eine Dealkalisierung des Betons im Spaltbereich zwischen Stahldruckschale und Beton vorhanden ist.

Umgesetzte Massnahme zur Minimierung des Korrosionsfortschrittes ist die Installierung eines kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) im Ringraum (2008-2010) sowie im Containment (2009-2010). Um die Schutzwirkung zu verbessern wurden in den Folgejahren Modifikationen an der Anodenanlage vorgenommen sowie die Anodenanzahl erhöht.

Für die Überwachung des Korrosionsfortschrittes und die Überprüfung der Wirksamkeit des KKS-Systems wurde sowohl im Ringraum als auch in der Splitterschutzwand des Containments ein On-Line-Monitoringsystem installiert. Mit den an je vier Stellen im Ringraum und im Containment installierten Sensoren, die aus dem gleichen Werkstoff wie die Stahldruckschale bestehen, kann die Korrosionsgeschwindigkeit online bestimmt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Korrosionsgeschwindigkeiten mit Inbetriebsetzung der KKS-Anlage auf sehr geringe Werte reduziert werden konnten, die deutlich unter den Abtragsraten von atmosphärischer Korrosion liegen.

## *Block 2*

Nach Feststellen der Korrosionserscheinungen im Block 1 wurde auch eine Zustandsbeurteilung vom Block 2 durchgeführt. Anhand der Betriebsgeschichte wurden keine Hinweise auf einen Eintrag von flüssigen Medien in den Spalt zwischen Stahldruckschale und Betoncontainment gefunden.

Die Ergebnisse durchgeführter Inspektionsbohrungen zeigen eine gleichmässige, durch normale atmosphärische Einflüsse gekennzeichnete und dem Alterungszustand entsprechende Stahldruckschalenoberfläche.

Trotzdem wurde vorbeugend in Analogie der Erkenntnisse vom Block 1 ein KKS-System und ein On-Line-Monitoringsystem installiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die niedrigen Korrosionsraten mit zunehmender Zeit weiter abnehmen.

## **Beurteilung des ENSI**

Die hier beschriebenen, in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen und ergriffenen Massnahmen wurden im Rahmen des ENSI-Geschäftes 14/11/005 bewertet und mit ENSI-Schreiben<sup>ENSI-2017-08-28</sup> geschlossen. In seinem Brief hält das ENSI jedoch auch fest, dass es die Korrosionsproblematik weiterhin verfolgt. Nach Bewertung des Korrosionszustandes des Stahlcontainments auf Grundlage der bisher eingereichten Unterlagen<sup>TM-16800, TM-M-16091, TM-MP-11055</sup> ergeben sich zwei neue Forderungen zur Verfolgung der Thematik:

**Forderung 10.1.5-1**

*Das KKB wird aufgefordert, die gewonnenen Daten des On-Line-Monitoringsystems zur Beurteilung der Korrosionsraten der Stahldruckschale zusammenfassend für Block 1 und Block 2 in einem Bericht darzustellen. Der Betrachtungszeitraum für den Erstbericht soll dabei die Zeiträume der Erstinbetriebnahme bis Ende 2021 umfassen. Der Bericht ist alle 4 Jahre zu aktualisieren und dem ENSI einzureichen (Termin 30. Juni 2022).*

**Forderung 10.1.5-2**

*Weiterhin wird das KKB dazu aufgefordert, die Leckstellensuche im Bereich der Reaktorgrube und des Transferkanals mit geeigneten technischen Verfahren fortzusetzen, da durch fortschreitende Korrosionsprozesse die Integrität sowohl des Cavity-Liners als auch der Stahldruckschale gefährdet ist. Dazu ist eine Konzeptstudie zur Leckstellensuche zu erstellen und dem ENSI einzureichen (Termin: 30. Juni 2022).*

**10.1.5.3 Instandsetzungsmassnahmen**

Im Überprüfungszeitraum wurden an den Stahldruckschalen von Block 1 und 2 keine Instandsetzungsmassnahmen durchgeführt.

**10.1.5.4 Integritätsnachweis der Stahldruckschale****Angaben des KKB**

Der ursprüngliche Auslegungsüberdruck der Stahldruckschale für Störfälle betrug 2,62 bar und der Prüfüberdruck 2,94 bar. In den Jahren 1999/2000 wurde der maximale Störfallüberdruck bei einer Auslegungstemperatur von 130 °C nachträglich auf 3,1 bar qualifiziert. Der erhöhte Auslegungsdruck resultiert aus aktualisierten Druckaufbau-Rechnungen aus dem Jahr 2000.

Zur strukturmechanischen Beanspruchungsermittlung wurden analytische Formeln als auch FEM-Berechnungen eingesetzt. Zur Berücksichtigung der Korrosionsmulden wurden FEM-Analysen mit dem Programm ANSYS durchgeführt. Die Korrosionsmulden wurden durch ein abdeckendes trapezförmiges Profil idealisiert. Es wurden sowohl 2-D-axialsymmetrische Berechnungen als auch 3-D-Berechnungen mit Schalenelementen ausgeführt. Mit dem 2-D-Modell wurde das Verhalten bei einer H<sub>2</sub>-Deflagration untersucht.

Auf Basis des ursprünglich massgebenden ASME III<sup>BPVC-III</sup>, Subsection NC-3200 wurde eine rechnerische Mindestwandstärke von 31,3 mm für den zylindrischen Teil und 18,3 mm für den Torusbereich des Containments bei 3,1 bar Auslegungsdruck bestimmt. Beim ungünstigsten Korrosionsfortschritt wird für 60 Betriebsjahre eine minimale Wanddicke von 19,7 mm im Torusbereich prognostiziert. Damit wurde der Nachweis erbracht, dass die Spannungsgrenzwerte ebenfalls nach dem heute gültigen ASME III<sup>BPVC-III</sup>, Subsection NE unter Berücksichtigung der Korrosion eingehalten werden.

Im Rahmen von Wiederholungsprüfungen wird die Wandstärke unterhalb der Kranbahn (Kote 349 m) mit Ultraschalltechnik und oberhalb der Kranbahn visuell periodisch überprüft. Die Einhaltung der Mindestwandstärke wird durch das Wanddicken-Wiederholungsprüfprogramm sowie durch reduzierte Korrosionsraten durch den Einsatz eines kathodischen Korrosionsschutzes für den Langzeitbetrieb gewährleistet. Im Alterungsüberwachungsprogramm wird die Thematik im Steckbrief AM-M-1024 adressiert.

Für die PSA wurden mittels einer probabilistischen strukturmechanischen Analyse unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in Materialeigenschaften und Ausdehnung der Korrosion die druckabhängigen Versagenswahrscheinlichkeiten der Stahldruckschale insgesamt sowie ihrer verschiedenen Durchdringungen ermittelt. Um die Ausdehnung der Stahldruckschale besser zu ermöglichen, wurden im Überprüfungszeitraum Störkanten beseitigt.

Im Verlauf eines schweren Unfalls ist die Entstehung der brennbaren Gase Wasserstoff und Kohlenmonoxid zu erwarten. Die Integrität des Containments ist nicht gefährdet, einerseits, wenn die Druckspitze einer Deflagration den Wert von 6,4 bar abs. nicht übersteigt, und andererseits, wenn die äquivalente Wasserstoffmasse den Wert von 400 kg nicht überschreitet. Selbst wenn die Wirksamkeit der passiven autokatalytischen

Rekombinatoren (PAR), welche unabhängig von äusserer Energieversorgung oder Steuerung Wasserstoff und Kohlenmonoxid abbauen, eingeschränkt ist, wird diese Masse im Unfallverlauf nicht überschritten.

Der Druckaufbau durch Dampf und weitere Gase aus der Kernschmelze kann durch das Containmentsprühsystem, die Umluftkühler und das System der gefilterten Druckentlastung gemindert bzw. begrenzt werden.

### **Beurteilung des ENSI**

Im Rahmen der Beurteilung der Auswirkungen von Korrosionsschäden an der Stahldruckschale wurden Berechnungen zur rechnerischen Mindestwandstärke der Stahldruckschale für den im 1999/2000 qualifizierten Auslegungsdruck von 3,1 bar durchgeführt. Des Weiteren wurde ein Spannungsnachweis unter Berücksichtigung des Korrosionsabtrages beim Block 1 geführt. Die Analysen, denen konservative Annahmen zugrunde liegen, zeigen, dass die Mindestwandstärken nicht unterschritten sind und das Ausserbetriebnahmekriterium für das Stahlcontainment aus der Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup> zur vorläufigen Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken nicht verletzt wird. Für den Langzeitbetrieb bestehen unter der Voraussetzung der Wirksamkeit der Korrosionsschutz- und Überwachungsmassnahmen keine Einschränkungen bis zu einer Betriebsdauer von 60 Jahren.

Die für die PSA ermittelte Versagenswahrscheinlichkeit des Containments bezüglich Überdruckbelastung entspricht dem Stand der Technik.

Die Massnahmen des KKB zur Beherrschung brennbarer Gase aus schweren Unfällen sind adäquat. Das KKB hat zusätzlich zu den bereits seit längerem bestehenden Passiven Autokatalytischen Rekombinatoren (PAR) zwei weitere PAR je Block im Innern des Containments installiert. Die PAR tragen dazu bei, das Risiko grossflächiger Wasserstoffverbrennungen durch frühzeitigen Abbau des Wasserstoffs und Kohlenmonoxid zu reduzieren.

Die beim KKB vorhandenen Mittel zur Begrenzung des Containmentüberdrucks entsprechen dem Stand der Technik. Gegen Druckaufbau durch Dampf und nicht kondensierbare Gase aus Schwerunfallphänomenen wird mit den auch im Total Station Blackout einsetzbaren Systemen zur Containmentkühlung und gefilterten Druckentlastung (Containment-Venting) ausreichend Vorsorge getroffen.

Das Unterdruckversagen der Stahldruckschale wird in der Stufe-2-PSA berücksichtigt. Im PSA-Modell abgebildet sind Szenarien, die unter bestimmten Bedingungen mit einer ungünstigen äusseren Druckbelastung der Stahldruckschale einhergehen und Handmassnahmen zur Verhinderung des Containment-Unterdruckversagens in diesen Szenarien. Diesbezüglich erachtet das ENSI, unter Voraussetzung der Randbedingungen des Stufe-2-PSA-Modells aus dem Jahr 2013, die im KKB vorliegenden schriftlichen Entscheidungshilfen für schwere Unfälle (SAMG) als geeignet.

Für die PSÜ 2017 hatte das KKB die Stufe-2-PSA noch nicht überarbeitet. Dies ist Ende 2020 erfolgt. Das ENSI beurteilt die Studie im laufenden Aufsichtsverfahren. Sie ist damit nicht Gegenstand der vorliegenden PSÜ-Stellungnahme.

### **10.1.6 Betonhülle des Containments**

Im Bericht «Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb»<sup>TM-16800</sup> wird als bautechnische Grosskomponente die Betonhülle des Containments beurteilt. Das KKB verweist diesbezüglich auf die Technische Mitteilung «Sicherheitsgebäude 1/2US und 1/2UR»<sup>TM-16351</sup>.

#### **10.1.6.1 Alterungsüberwachung der Betonhülle des Containments**

### **Angaben des KKB**

Das KKB betreibt seit 1996 eine systematische Alterungsüberwachung der klassierten Gebäude. Bis 2017 sind in beiden Blöcken drei Hauptinspektionen durchgeführt worden. Als Vorgabe für die Durchführung der Inspektionen und die Bewertung der Befunde dient der GSKL-Leitfaden für die Bautechnik-Steckbriefe<sup>GSKL-B-1</sup>. Entsprechend diesem Leitfaden hat das KKB auch den Zustand unzugänglicher und schwer zugänglicher



Bauteile zu bewerten. Es handelt sich dabei um die erdberührten Flächen der Foundation, die durch die Stahl-druckschale abgedeckte Obersicht der Foundation, die durch den Stahlliner abgedeckten Innenseiten des Betonzyinders und der Kuppel, die an bestehende Gebäude angrenzenden Bereiche des Betonzyinders und die Betonoberfläche unter der Kuppelabdichtung. Ferner werden auch die Spannglieder des Betonrings beim Übergang des Zylinders auf die Kuppelkonstruktion als nicht oder schwer zugängliches Bauteil betrachtet. Die Befunde aus den Hauptinspektionen der Betonhülle des Containments (2016 bei Block 1 und 2017 bei Block 2) wurden für die beiden Blöcke in den Steckbriefen<sup>AN-14-G-5004, AN-14-G-5034</sup> nachgetragen.

### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI hat die im Rahmen der Alterungsüberwachung erstellten und nachgeführten Bautechnik-Steckbriefe geprüft (vgl. Kap. 5.1 der vorliegenden Stellungnahme). In seiner Stellungnahme<sup>ENSI-2018-05-25</sup> zu den Steckbriefen der Bauwerksklassen BK I und BK II, welche auch das äussere Betoncontainment beinhalten, stellt es fest, dass die überarbeiteten Bautechnik-Steckbriefe den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B01 entsprechen.

Im vom ENSI initiierten Fachgespräch vom 10. April 2018<sup>BH-2018-4-10</sup> sagte das KKB im Hinblick auf die weitere Alterungsüberwachung die folgenden Massnahmen zu:

- Die nicht oder schwer zugänglichen Bauteile werden in den Steckbriefen separat aufgeführt, mit Erläuterungen der indirekten Prüfungen.
- Durchdringungen und Verankerungen werden zukünftig ebenfalls von den beauftragten Prüfinstituten inspiziert.
- Nicht sichtbare Fugenbänder werden als nicht oder schwer zugängliche Bauteile in die Steckbriefe aufgenommen.

In den nach diesem Zeitpunkt (2018) erstellten bzw. revidierten Steckbriefen sind diese Massnahmen berücksichtigt.

#### **10.1.6.2 Aktueller Zustand der Betonhülle des Containments**

##### **Angaben des KKB**

Das KKB gliedert das Betoncontainment in den Fundamentblock, den Betonzyinder mit der Kuppel, den vorgespannten Stahlbetonring und den Stahlliner. Für diese Bauteile werden die bisher durchgeführten Inspektionen und Untersuchungen bzw. Instandsetzungsmassnahmen zusammenfassend erläutert. Basierend auf den Ergebnissen wird der Zustand der Betonhülle des Containments als gut bis sehr gut bewertet. Die Funktionstüchtigkeit ist im Rahmen der Auslegung für eine Betriebsdauer von 60 Jahren gewährleistet. Sonderinspektionen oder Sondermassnahmen sind an der Betonhülle des Containments nicht erforderlich.

Laut der Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup> ist das Kernkraftwerk vorläufig ausser Betrieb zu nehmen, wenn durch Risse von mehr als 0,5 mm Breite und durch Abplatzungen:

- mehr als 20 % der Betonoberfläche; oder
- mehr als 10 % der Betonoberfläche im Bereich von vorgespannten Bauteilen

beschädigt sind. Die drei bisher durchgeführten Hauptinspektionen zeigten keine flächigen Abplatzungen. Da die Karbonatisierungstiefe deutlich geringer ist als die Bewehrungsüberdeckung, sind auch zukünftig keine relevanten Abplatzungen am Betoncontainment zu erwarten. Die Risse im Betoncontainment resultieren aus den Materialeigenschaften des Betons. Sie sind seit der ersten Hauptinspektion nahezu unverändert und mehrheitlich zwischen 0,2 und 0,6 mm breit. Bohrkerne durch Risse haben aufgezeigt, dass es sich um oberflächliche Schwindrisse handelt. Die Integrität des Betoncontainments wird dadurch nicht geschwächt. Bei beiden Blöcken sind gegenüber den Ausserbetriebnahme Kriterien grosse Reserven vorhanden.

## Beurteilung des ENSI

Gestützt auf die Zustandsuntersuchungen und Instandsetzungsmassnahmen des Alterungsüberwachungsprogramms bestätigt das ENSI, dass die Betonhüllen der beiden Containments in einem guten bis sehr guten Zustand sind. Die Grenzwerte der Ausserbetriebnahmeverordnung für die Betonhülle des Containments werden bei beiden Blöcken mit grosser Marge eingehalten. Mit den auch weiterhin geplanten Inspektionen sowie den Instandhaltungs- und Instandsetzungsmassnahmen wird gewährleistet, dass die Sicherheit der Anlage nicht durch bauliche Schwachstellen gefährdet wird.

### 10.1.6.3 Tragfähigkeit und Standfestigkeit gegen äussere Einwirkungen

#### Angaben des KKB

Die Tragsicherheit und die Standfestigkeit der Betonhülle des Containments gegen äussere Einwirkungen wie Erdbeben, Flugzeuganprall und extreme Wetterbedingungen hat das KKB in mehreren Studien unter Berücksichtigung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik bewertet. In Bezug auf Erdbeben wurde die Tragsicherheit des Containments im Rahmen der Studie Post-Fukushima (2011–2012) auf Basis der damals aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen des PEGASOS Refinement Projekts (PRP) bewertet und mit grosser Sicherheitsmarge nachgewiesen. In Bezug auf Flugzeuganprall wurde die Tragsicherheit und Standfestigkeit im Rahmen der aktualisierten Analysen eines vorsätzlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes (2013–2015) neu untersucht und bewertet. Die Ergebnisse belegen, dass das KKB auch für dieses Szenario einen hohen Schutzgrad aufweist. Weitere äussere Einwirkungen wie extreme Wetterbedingungen führen zu geringeren Belastungen des Containments als Erdbeben und Flugzeuganprall.

#### Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat zu den im Rahmen der Verfügungen nach den Ereignissen in Fukushima eingereichten Analysen des KKB detailliert Stellung genommen<sup>ENSI/14/1658</sup>. Mit Verfügung vom 26. Mai 2016<sup>ENSI-2016-05-26</sup> wurden die Randbedingungen und Termine für die basierend auf den neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 zu erbringenden Sicherheitsnachweise festgelegt. Die entsprechenden Nachweise werden vom KKB im laufenden Projekt NEUSI (vgl. Kap. 2.4) erbracht. Hierzu wird das ENSI separat Stellung nehmen.

Mit Verfügung vom 17. Mai 2013 zum vorsätzlichen Flugzeugabsturz<sup>ENSI-2013-05-17</sup> war eine Aktualisierung der entsprechenden Analysen gefordert worden. Das KKB führte die geforderten Untersuchungen durch. Diese Aktualisierung bestätigt, dass das KKB über einen ausreichenden Schutzgrad gegen einen vorsätzlichen Flugzeugabsturz verfügt (vgl. Kap. 2.3.2).

Die Belastungen aus den Gefährdungen Flugzeugabsturz und Erdbeben sind bei der Nachweisführung zur Tragsicherheit massgebend und decken daher andere Gefährdungen ab. Die Standfestigkeit der Betonhülle des Containments ist gegeben.

## 10.2 Nachrüstungskonzept

### 10.2.1 Beurteilungsgrundlagen

- KEV<sup>KEV</sup>
- Gefährdungsannahmen-Verordnung<sup>UVEK-G</sup>
- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-A06<sup>A06</sup>, ENSI-G02<sup>G02</sup>

## 10.2.2 Betrachtungsumfang

### Angaben des KKB<sup>TM-16800</sup>

Zur Erfüllung der heutigen gesetzlichen Anforderungen (insbesondere Art. 7, 8 und 10 der KEV) sind für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks über die bei der Auslegung zugrunde gelegte Einsatzdauer hinaus gemäss der Richtlinie ENSI-A03 insbesondere der Redundanzgrad und die Diversität von Sicherheitsfunktionen, die funktionale Unabhängigkeit und räumliche Trennung von Sicherheitssystemen sowie deren Automatisierungsgrad, der Schutz gegen äussere Einwirkungen und die Vorsorge gegen schwere Unfälle zu beurteilen.

Für das Nachrüstungskonzept sind daher die Sicherheitsebenen 3 und 4 sowie die in diesen Sicherheitsebenen massgebenden Sicherheitsfunktionen zu betrachten. Das übergeordnete Auslegungskonzept, das in der ebenfalls im Rahmen der PSÜ 2017 eingereichten technischen Mitteilung «Übergeordnetes Auslegungskonzept»<sup>TM-16103</sup> dargestellt ist, ist allgemeiner, da es alle Sicherheitsebenen umfasst und auf den Schutzzielefunktionen basiert.

### Beurteilung des ENSI

Gemäss Richtlinie ENSI-A03 ist aufzuzeigen, inwieweit die Anlage die gesetzlichen Anforderungen von Art. 7, 8 und 10 der KEV erfüllt. Art. 7 KEV spezifiziert Anforderungen an die nukleare Sicherheit, die neben den Sicherheitsebenen 3 und 4 auch die Sicherheitsebenen 1 und 2 betreffen. Eine Einschränkung der Betrachtungen auf die Sicherheitsebenen 3 und 4 ist daher unzureichend.

Das KKB hat in der Vergangenheit Nachrüstvorhaben realisiert, die weder der Sicherheitsebene 3 noch 4 eindeutig zuzuordnen sind. Als Grossprojekte hervorzuheben sind z. B. der Dampferzeugeraustausch in den Jahren 1993/1999 und der Reaktordruckbehälter-Deckeltausch im 2015, bei denen die alten Komponenten durch solche aus besser geeigneten Werkstoffen ersetzt worden sind. Beide Nachrüstungen sind auch der Sicherheitsebene 1 zuzuordnen, da sie der Sicherstellung einer hohen Qualität der eingesetzten Ausrüstungen dienen. Durch den Austausch wurden die Überwachung und die Instandhaltung der Komponenten im Normalbetrieb wesentlich vereinfacht. Die Neuberohrung der Kondensatoren im 1992 und der Austausch der Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer (2007) sind Beispiele für Nachrüstungen, die ausschliesslich der Sicherheitsebene 1 zuzuordnen sind.

Generell zielen Massnahmen und Einrichtungen auf Sicherheitsebene 1, also auf Ebene des Normalbetriebs, auf die Vermeidung von Betriebsstörungen, die präventive Erkennung von Schwachstellen und die Minimierung der Strahlenbelastung des Personals ab (vgl. Kap.2.2.4). Zu den Massnahmen gehören auch eine Klassierung sowie eine der Klassierung entsprechende Auslegung und Konstruktion der Ausrüstungen. Dies bezieht sich nicht nur auf die aus rein betrieblichen Gründen benötigten Komponenten, sondern ebenfalls auf solche der Sicherheitssysteme. So schreiben die Technischen Spezifikationen des KKB unter anderem vor, welche Sicherheitssysteme in welchem Umfang während des Leistungsbetriebs zur Verfügung stehen müssen. Wenn eine Komponente z. B. aufgrund einer nicht erfolgreich durchgeführten Prüfung oder aufgrund einer nachträglich erkannten Auslegungsschwäche für die Störfallbeherrschung nicht zur Verfügung steht, sind gestaffelt nach deren sicherheitstechnischen Bedeutung Massnahmen, wie z. B. Reparatur innerhalb eines gegebenen Zeitfensters und ggfs. das Abfahren der Anlage bei Misserfolg oder zu langer Dauer der Reparatur, zu ergreifen. Somit ist die korrekte Auslegung und die Sicherstellung einer hohen Qualität der Sicherheitssysteme bereits eine Anforderung auf der Sicherheitsebene 1.

Erstmalig (aufgrund der Ablösung der Richtlinie HSK-R-48 durch die Richtlinie ENSI-A03) umfasst die PSÜ des KKB die Überprüfung der korrekten Auslegungen der SSK (vgl. Kap. 4.4). Das KKB hat bei dieser Überprüfung teilweise notwendige Massnahmen identifiziert, um z. B. Abmessungen und verwendete Materialien zu überprüfen (vgl. Kap. 4.4.2 bis 4.4.25). Mit der systematischen Auslegungsüberprüfung hat das KKB die Grundlage dafür gelegt, ggfs. auf der Sicherheitsebene 1 erforderliche Nachrüstungen zu identifizieren, deren Umsetzung dann im Aufsichtsverfahren vom ENSI verfolgt wird.

Auf der Sicherheitsebene 2 waren im KKB in der Vergangenheit keine grossen Nachrüstungsprojekte erforderlich. Die Anschaffung z. B. von Breitbanddetektoren im 2015 und 2016, um u. a. Am-241 auf Luftfiltern und

Wischtesten messen zu können (vgl. Kap. 3.4.5), zeigt aber, dass das KKB auch auf der Sicherheitsebene 2 (hier: bei den Einrichtungen zur Aktivitätsüberwachung) seine Schutzmassnahmen hinterfragt und optimiert.

Auch wenn Nachrüstungen auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 im Rahmen der PSÜ 2017 nicht thematisiert sind, ist zu erkennen, dass das KKB solche Betrachtungen durchführt und erforderlichenfalls entsprechende Investitionen tätigt.

### 10.2.3 Nachrüstungskonzept auf der Sicherheitsebene 3

#### Angaben des KKB<sup>TM-16800</sup>

Ein Vergleich mit dem KKB-Sicherheitskonzept aus dem Jahre 2008 zeigt, dass die damals getroffenen Aussagen bei Einwirkungen von innen bis auf die nicht mehr unterbrechungslose Notstromversorgung, die keinen Einfluss auf die Störfallbeherrschung hat, weiterhin gültig ist. Dagegen wurden bei den systemübergreifenden internen Ereignissen (Brand und Überflutung) sowie bei den Einwirkungen von aussen (Erdbeben, Überflutung) durch die im Rahmen des Projektes AUTANOVE realisierten Nachrüstungen deutliche Verbesserungen erzielt.

Nunmehr sind zur Beherrschung der Auslegungsstörfälle auf der Sicherheitsebene 3 der Strang BE, der Strang BX und der vollständig gegen Einwirkungen von aussen geschützte Notstandstrang BV vorhanden. Der BE-Strang war bereits im ursprünglichen Anlagendesign für die Beherrschung der Auslegungsstörfälle vorgesehen, hat aber neben der geänderten Notstromversorgung durch den Dieseldieselgenerator keine wesentlichen Verbesserungen erfahren. Der BX-Strang wurde im Rahmen des Projektes AUTANOVE auf Basis bestehender Ausrüstungen des Originaldesigns neu aufgebaut. Bei diesem Strang sind die ergänzten Teile vollständig gegen Einwirkungen von aussen geschützt und unabhängig von der «ursprünglichen» Anlage. Neben den drei Sicherheitssträngen ist durch die Einbeziehung der Querverbindungen zwischen den Blöcken für die Wechselstromversorgung und für die Versorgung mit Notstand-Brunnenwasser ein vierter Sicherheitsstrang verfügbar (erweiterter Notstandstrang BV). Für diesen vierten Strang ist zur Beherrschung von Einwirkungen von aussen der Abfahrstrang über den Bleed-und-Feed-Betrieb mit einer diversitären Wärmeabfuhr massgebend und nicht, wie beim Notstandstrang BV, der Abfahrstrang über die Dampferzeuger. D. h. Einwirkungen von aussen (z. B. Erdbeben, Überflutung, schweres Wetter) werden allein mit den Notstandssystemen beider Blöcke einzelfehlersicher beherrscht.

Die Systemfunktionen in den drei Strängen BE, BX und BV zur Gewährleistung der Sicherheitsfunktionen sind in einer Tabelle in Abhängigkeit von den Sicherheitsfunktionen zusammengestellt. In einer weiteren Tabelle ist die Anzahl der Redundanzen zur Beherrschung der Auslegungsstörfälle angegeben, wobei die Stränge BE, BX, BV und der erweiterte BV-Strang berücksichtigt werden. Als sichere und stabile Anlagenzustände hinsichtlich der Störfallbeherrschung gelten der heiss-abgestellte (Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger) und der kalt-abgestellte Zustand (Wärmeabfuhr über das Restwärmesystem JAC oder das Notstand-Kaltabfahren mit anschliessender Notstand-Rezirkulation).

Bei Einwirkungen von aussen ist, im Gegensatz zum Abfahren in den heiss-abgestellten Zustand, das Abfahren von dem heiss- in den kalt-abgestellten Zustand nicht einzelfehlersicher möglich, da lediglich eine Redundanz (Abfahrpfad Notstand-Kaltabfahren/Notstand-Rezirkulation) für das aktuelle Nachweiserdbeben der Störfallkategorie 3 kreditiert werden kann und die einzige aktive Ausrüstung dieses Abfahrpfades, die Notstand-Rezirkulationspumpe, ausfallen kann. Dennoch besteht nach einem derartigen Erdbeben und dem Erreichen des heiss-abgestellten Zustandes langfristig die Möglichkeit (d. h. erst nach einigen Tagen) trotz des Einzelfehlers in den kalt-abgestellten Zustand abzufahren, da die Notstand-Rezirkulationspumpe im Notstandgebäude gut zugänglich ist und gut gegen die vorhandene Reservepumpe ersetzt werden kann. Zudem können in der zur Verfügung stehenden Zeit ggf. Reparaturen am JAC-System (inklusive der erforderlichen Hilfsysteme) oder Accident-Management-Massnahmen (AM) durchgeführt werden.

Damit werden im KKB alle Störfälle (Einwirkungen von innen, Einwirkungen von aussen sowie systemübergreifende interne Ereignisse) unter Einhaltung der geltenden Akzeptanzkriterien für den Brennstoff und die druckführende Umschliessung mit qualifizierten Sicherheitssystemen der Sicherheitsebene 3 einzelfehlersi-

cher beherrscht. Die funktionale Unabhängigkeit und räumliche Trennung der zur einzelfehlersicheren Störfallbeherrschung benötigten redundanten Systeme ist sichergestellt. Aufgrund der Automatisierung der für die Störfallbeherrschung erforderlichen Sicherheitssysteme sind, bis auf eine Ausnahme, keine Handmassnahmen in den ersten 30 Minuten nach Störfalleintritt erforderlich. Die Ausnahme betrifft den Dampferzeugerheizrohrbruch, bei dem vor Ablauf der 30 Minuten vorbereitete Handmassnahmen, die regelmässig am Simulator geübt werden, auszuführen sind. Aufgrund des Schutzes der Notstandssysteme sowie von Teilen des Stranges BX gegen Einwirkung von aussen ist die Beherrschung aller Auslegungsstörfälle einzelfehlersicher gewährleistet.

In drei Bereichen hat das KKB Nachrüstungsbedarf identifiziert, da Abweichungen bei der Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen festgestellt wurden. Die geplanten Nachrüstungen betreffen den Schutz der Brennelementbeckenkühlung gegen Einwirkungen von aussen im Rahmen des Projektes NABELA, den Schutz des Primären Nebenkühlwassersystems (PRW) im Notstromfall vor unzulässigen Druckstössen (unterbrechungsfreie Stromversorgung der PRW-Pumpen, seismische Ertüchtigungen der Rohrleitungsabschnitte im Containment) und die Erneuerung der seismischen Nachweise aufgrund der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 im Rahmen des Projektes NEUSI. Die Arbeiten zur Verbesserung des Schutzes der Brennelementbeckenkühlung und des PRW-Systems sind bereits im Gange. Hinsichtlich der Erneuerung der seismischen Nachweise werden aktuell die Analysen erstellt.

### **Beurteilung des ENSI**

Das ENSI hat in den Stellungnahmen zum im Jahre 2008 beantragten Langzeitbetrieb über 40 Jahre und zu der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ2012) das Sicherheitskonzept mit den relevanten Sicherheitsfunktionen bewertet und bereits in der Stellungnahme zum Langzeitbetrieb<sup>ENSI/14/1400</sup> im Jahre 2010 festgestellt, dass mit den geplanten Nachrustungsmassnahmen im Rahmen des Projektes AUTANOVE die Einzelfehlersicherheit sowie die funktionale Unabhängigkeit und räumliche Trennung von Sicherheitssträngen in beiden Blöcken deutlich verbessert wird. An dieser Beurteilung hat sich auch nach dem erfolgreichen Abschluss dieses Projektes im Jahr 2015 bis heute nichts geändert.

Im Rahmen des Projektes AUTANOVE wurde die Druckstossproblematik bei kurzfristiger Unterbrechung der Stromversorgung der PRW-Pumpen nicht erkannt. Die vom KKB später identifizierte Nachrüstung zum Schutz des PRW-Systems vor unzulässigen Druckstössen wurde in der Zwischenzeit umgesetzt (vgl. Kap. 4.4-16 der vorliegenden Stellungnahme).

Das Projekt NEUSI (neue seismische Nachweise) ist seitens des KKB zurzeit noch in Bearbeitung (vgl. Kap. 2.3.2.6 und Kap. 2.4 der vorliegenden Stellungnahme). Zu bemerken ist allerdings, dass im Rahmen dieses Projektes keine Nachrüstungen realisiert, sondern ein sicherheitstechnischer Nachweis geführt wird. Nur falls dieser Nachweis nicht erfolgreich erbracht werden kann, ergeben sich daraus erforderliche Nachrüstungen.

Die Massnahmen zum Schutz der Brennelementbeckenkühlung gegen Einwirkungen von aussen (Projekt NABELA, vgl. Kap. 2.4 und 4.4.25) sind noch nicht endgültig abgeschlossen und werden weiterhin vom ENSI im Rahmen des regulären Freigabeverfahrens begleitet.

Aus Sicht des ENSI ist auch die Erweiterung des Isoliersperrwassersystems (KIV), die im Wesentlichen einen grösseren Isoliersperrwassertank und zusätzliche Anschlüsse an diesen Tank beinhaltet, als wichtige Nachrüstung einzustufen. Das KIV-System dient bei Störfällen dazu, Leckagen aus dem Containment, die durch Absperrarmaturen austreten könnten, zu verhindern, indem bei einer Containment-Isolation inaktives Wasser in den Zwischenraum entweder eines geschlossenen Plattenschiebers oder zweier geschlossener Absperrventile gespeist wird. Weitere Anschlüsse an das KIV-System sind erforderlich, da der Umfang der Dichtheitsnachweise von Rohrleitungsdurchdringungen am Containment erweitert worden ist. Zudem erfüllt der vorgesehene neue Tank die erhöhten Anforderungen an die Einspeisemenge und die seismische Robustheit.

Die Darstellung des KKB, dass alle Auslegungsstörfälle einzelfehlersicher beherrscht werden, gilt aus Sicht des ENSI uneingeschränkt nur für den Fall, dass bis zum heiss-abgestellten Anlagenzustand abgefahren wird.

Hinsichtlich des Erreichens des kalt-abgestellten Anlagenzustandes hatte das KKB bereits im Rahmen des Projektes ERSIM (Erhöhung der Sicherheitsmargen für Erdbeben und Überflutung) aufgezeigt<sup>TM-511-RN15059, ENSI-2016-10-24</sup>, dass lediglich der Abfahrpfad mit den Ausrüstungen des Notstandsystems über eine ausreichende Robustheit verfügt, um die Anlage bei dem betrachteten Sicherheitserdbeben in den kalt-abgestellten Zustand zu überführen und dort zu halten. Die vom KKB aufgezeigten Massnahmen zur Gewährleistung der Einzelfehlersicherheit der Wärmeabfuhr im kalt-abgestelltem Zustand bei Einwirkungen von aussen (Austausch der ausgefallenen Notstand-Rezirkulationspumpe gegen eine Reservepumpe), kann das ENSI grundsätzlich nachvollziehen, weil mit den vorgesehenen Massnahmen in diesem Anlagenzustand ausreichend Zeit für eine Reparatur gewährleistet werden kann. Auf Sicherheitsebene 4 sieht das ENSI hier jedoch Verbesserungspotenzial hinsichtlich Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr über das Restwärmesystem (System JAC) bei Erdbeben (vgl. Kap. 10.2.4).

Auf der Sicherheitsebene 3 besteht aus Sicht des ENSI Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Frischdampf-Abblasesation, zu der Massnahmen erforderlich sind.

Wie in Kap. 2.2.6 der vorliegenden Stellungnahme erläutert, stellt das ENSI Verbesserungspotenzial im Frischdampf-abblasesystem (LDA) hinsichtlich räumlicher Trennung und funktionaler Unabhängigkeit der redundanten Stränge sowie Schutz gegen interne und externe Einwirkungen fest. Der Ausfall der Frischdampf-abblasesregelung bei einem internen Brand oder Erdbeben der Störfallkategorie 3 ist bisher nur durch Vor-Ort-Massnahmen zu kompensieren, indem eines der Frischdampf-abblasesventile per Hand (mittels Handkurbel) geöffnet werden muss. Aus Sicht des ENSI entspricht diese Art der Störfallbeherrschung nicht mehr dem Stand der Technik. Die daher aufgestellte Forderung 2.2.6-1 zur Identifikation und Prüfung der Durchführbarkeit von Nachrüstungsmassnahmen ist der Sicherheitsebene 3 zuzuordnen.

Hinsichtlich des 30-Minuten-Kriteriums (vgl. Richtlinie ENSI-G02, Abs. 5.2.2.6 a.), welches das KKB für einen Dampferzeugerheizrohrbruch nicht einhält, da vor Ablauf von 30 Minuten Handmassnahmen auszuführen sind, kommt das ENSI zu dem Ergebnis, dass diese Abweichung begründet und akzeptabel ist. Mit einer Automatisierung der Operateurhandlung kann nur ein begrenzter Sicherheitsgewinn erzielt werden, wobei die Automatisierung nicht eindeutig sicherheitsgerichtet wäre. Darüber hinaus wäre eine unverhältnismässig höhere Komplexität des Reaktorschutzsystems notwendig.

#### **10.2.4 Nachrüstungskonzept auf der Sicherheitsebene 4**

##### **Angaben des KKB<sup>TM-16700</sup>**

Zur Vorsorge gegen schwere Störfälle stehen im KKB passive und aktive Massnahmen zur Verfügung. Zu den passiven Massnahmen zählen die momentan geplante Erhöhung der Anzahl der autokatalytischen Rekombinatoren (Vermeidung der Bildung von brennbaren oder explosiven Gasgemischen), die grosse Ausbreitungsfläche für die Kernschmelze auf dem Boden des Reaktorsicherheitsgebäudes (Kühlbarkeit der Kernschmelze mit grosser Wahrscheinlichkeit möglich) und die gefilterte Druckentlastung des Containments (Vermeidung eines potenziellen Versagens des Containments), die aufgrund einer im Normalbetrieb nicht isolierten Berstscheibe eine passive Massnahme darstellt. Aktive Massnahmen zielen auf die Vermeidung eines potenziellen Versagens des Containments durch den Einsatz der Containment-Umluftkühler, des Containment-Sprühsystems und des aktiven Teils der gefilterten Druckentlastung des Containments. Weitere aktive Massnahmen sind die Bereitstellung von Ausrüstungen und Material im KKB und im externen Lager Reitnau für die Durchführung von AM-Massnahmen sowie die anlagentechnischen Vorkehrungen für die AM-Massnahmen im Rahmen des vorbeugenden bzw. des lindernden Unfallmanagements (Sicherheitsebene 4a gemäss den Notfallvorschriften zur Vermeidung von Kernschaden bzw. Sicherheitsebene 4b gemäss den Unfallbegrenzungsrichtlinien). Zahlreiche der AM-Vorschriften wurden in den letzten fünf Jahren neu entwickelt und in Kraft gesetzt, sodass im KKB eine ausreichende Vorsorge gegen schwere Unfälle getroffen ist.

Die Erfüllung der Anforderungen für auslegungsüberschreitende Störfälle wird im Rahmen der Probabilistischen Sicherheitsanalysen behandelt. Es bestehen Forderungen von Seiten des ENSI an das KKB<sup>TM-16502</sup>, dass mögliche Massnahmen zur Senkung des Erdbebenrisikos zu eruieren sind.

## Beurteilung des ENSI

Verschiedene vom KKB dargestellte aktive und passive Massnahmen zur Vorsorge gegen schwere Störfälle, wie z. B. die grosse Ausbreitungsfläche für eine Kernschmelze im Reaktorsicherheitsgebäude oder die gefilterte Druckentlastung des Containments, der Einsatz der Containment-Umluftkühler und des Containment-Sprühsystems waren bereits vor dem Überprüfungszeitraum Bestandteil der Anlagenauslegung. Neu hinzugekommen sind die zusätzlichen autokatalytischen Rekombinatoren, die im Jahre 2019 in beiden Blöcken eingebaut wurden und mit denen ein verbesserter Schutz gegen Deflagrationen oder Detonationen im Containment erreicht wurde. Diese vom ENSI im Rahmen eines Freigabeverfahrens begleitete Massnahme resultierte, wie auch die neue externe Bereitstellung von Material und Ausrüstungen sowie die neuen AM-Massnahmen auf der Sicherheitsebene 4, aus Verfügungen des ENSI aufgrund der Ereignisse in Fukushima.

Es bestehen aus Sicht des ENSI jedoch auf der Sicherheitsebene 4 potenzielle Abweichungen vom Stand der Technik, wie er in der Richtlinie ENSI-G02 festgehalten ist, zu denen Massnahmen erforderlich sind. Diese betreffen die gefilterte Druckentlastung und provisorische Massnahmen zur Erstellung eines Netzanschlusses.

### *Gefilterte Druckentlastung*

In Kap. 4.4.19 der vorliegenden Stellungnahme ist ausgeführt, dass die Richtlinie ENSI-G02 «Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke» neu auch Anforderungen an die Rückhaltung von organischem Iod bei der gefilterten Containment-Druckentlastung stellt. Es ist unklar, inwieweit das bestehende System des KKB zur gefilterten Druckentlastung dieser neuen Anforderung entspricht. Die gefilterte Druckentlastung und damit auch die Forderung 4.4.19-2 nach einer Überprüfung des entsprechenden Rückhaltefaktors ist der Sicherheitsebene 4 zuzuordnen.

### *Provisorische Massnahmen zur Erstellung eines Netzanschlusses*

Wie in Kap. 4.5.3.1 erläutert, fordert die Richtlinie ENSI-G02 «Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke», dass nach einem Verlust der Stromversorgung auf den Sicherheitsebenen 1 bis 3 innerhalb weniger Tage eine Verbindung zu einem externen Netz durch provisorische Massnahmen erstellt werden können muss. Da die Verbindung zum Wasserkraftwerk Beznau beim Projekt AUTANOVE geändert wurde, verlangt das ENSI vom KKB den Nachweis der Funktionsfähigkeit einer Verbindungsmöglichkeit zu einer anderen externen Netzeinspeisung. Die Forderung 4.5.3-1, eine solche Verbindungsmöglichkeit vorzubereiten und deren Funktionsfähigkeit aufzuzeigen, ist ebenfalls der Sicherheitsebene 4 zuzuordnen.

Wie in Kap. 10.2.3 dargestellt, sieht das ENSI aufgrund der eingeschränkten Einzelfehlersicherheit der Wärmeabfuhr über die Notstand-Rezirkulation im kalt-abgestellten Zustand bei Einwirkungen von aussen auch Verbesserungspotenzial hinsichtlich Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr über das Restwärmesystem (System JAC) bei Erdbeben.

### *Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr über das Restwärmesystem (System JAC) bei Erdbeben*

Im Zusammenhang mit der Untersuchung zur Erhöhung der Sicherheitsmargen gegen Erdbeben (ERSIM) beschloss das KKB, basierend auf den Erkenntnissen aus dem Projekt NEUSI mögliche Massnahmen zur Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr über das Restwärmesystem (System JAC) bei Erdbeben einer Überschreitungshäufigkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr entsprechend den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 zu untersuchen (z. B. direkte Einspeisung von Wasser auf die Zwischenkühlwasserseite des Restwärmekühlers über neue Accident-Management-Anschlüsse). Der Grund hierfür war, dass mit dem Notstandsystem der Restwärmebetrieb nur über das gezielte Öffnen des Primärkühlkreises möglich ist und gemäss den damaligen ERSIM-Analysen das Restwärmesystem im Gegensatz zu der Kühlkette des Systems, bestehend aus dem Neben- und dem Zwischenkühlwassersystem (Systeme PRW und KAC), seismisch deutlich robuster ist. Eine entsprechende Untersuchung wurde nach Kenntnis des ENSI bisher vom KKB nicht durchgeführt.

## Forderung 10.2.4-1

*Das KKB hat bis zum 30. September 2022 ein Nachrüstungskonzept zur Verbesserung der seismischen Robustheit der Nachwärmeabfuhr (Kalt-Abfahren ohne Öffnen des Primärkreises) einzureichen.*

Auf der Sicherheitsebene 4 gelten zur Vorsorge gegen auslegungsüberschreitende Störfälle Anforderungen der Gefährdungsannahmen-Verordnung. Die dort spezifizierten Kriterien

- Häufigkeit eines Kernschadens kleiner als  $10^{-4}$  pro Jahr;
- Treffen aller angemessenen Vorkehrungen bei einer Kernschadenshäufigkeit zwischen  $10^{-4}$  pro Jahr und  $10^{-5}$  pro Jahr;
- Ausgewogenheit der Risikobeiträge;
- Häufigkeit von Freisetzungen radioaktiver Stoffe in gefährdendem Umfang deutlich geringer als Kernschadenshäufigkeit

sind in der Richtlinie ENSI-A06 aufgegriffen und werden mit Hilfe Probabilistischer Sicherheitsanalysen überprüft (vgl. Kap. 7).

Da die CDF (LERF) des KKB grösser als  $10^{-5}$  pro Jahr ( $10^{-6}$  pro Jahr) ist, sind gemäss Richtlinie ENSI-A06 Massnahmen zur Reduktion des Risikos zu identifizieren und – sofern angemessen – umzusetzen. Das KKB hat dementsprechend systematisch Massnahmen zur Risikoreduzierung identifiziert und deren Angemessenheit analysiert. Im Rahmen des laufenden Aufsichtsverfahrens hat das ENSI gefordert<sup>ENSI-2020-09-22</sup>, ausgewählte Ertüchtigungsmassnahmen einer weiteren, vertieften Prüfung in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Angemessenheit zu unterziehen. Die diesbezüglich zu untersuchenden Massnahmen betreffen die Auslösung der Reaktortripfunktion vor dem Eintreffen hoher Erdbebenbeschleunigungen, die Verbesserung der Zuverlässigkeit des Reaktortripsignals aus dem Notstandsystem sowie die Ertüchtigung des physischen Zugangs zur Betätigung der Abblaseventile gegen externe Ereignisse.

Bezüglich CDF (LERF) sind die Beiträge der Ereigniskategorien unausgewogen, da Erdbeben für rund 77 % (94 %) des Gesamtrisikos verantwortlich sind. Die oben erwähnten, zu untersuchenden Massnahmen betreffen Verbesserungen insbesondere für den Fall von Erdbeben und wirken daher auch der Unausgeglichenheit der Risikobeiträge entgegen.

### 10.2.5 Zusammenfassende Beurteilung des Nachrüstungskonzepts

#### Angaben des KKB<sup>TM-16900</sup>

Mit den seit 2008 realisierten Nachrüstungen konnte eine deutliche Verbesserung des Sicherheitskonzepts erzielt werden, vor allem bei systemübergreifenden, internen Ereignissen (Brand und Überflutung) sowie bei Einwirkungen von aussen (Erdbeben, Überflutung). Weitere geplante Ertüchtigungen (z. B. Schutz der Brennelementbeckenkühlung gegen Einwirkungen von aussen und Schutz des PRW-Systems vor unzulässigen Druckstössen und Sicherstellung der Containmentintegrität) stellen sicher, dass das KKB auch weiterhin einem hohen Sicherheitsstandard entspricht.

#### Beurteilung des ENSI

Gesamthaft kommt das ENSI zu dem Ergebnis, dass durch die in der Vergangenheit durchgeführten Nachrüstungen das Sicherheitsniveau des KKB verbessert wurde. Die gemäss KKB-Nachrüstungskonzept identifizierten Nachrüstungen der Anlage erhöhen zusätzlich die Sicherheit. Die vom ENSI darüber hinaus geforderten Untersuchungen und Nachrüstungen sollen einen weiteren Beitrag leisten, um die Erfüllung des Stands der Nachrüstungstechnik sicherzustellen und das bereits gute Sicherheitsniveau des KKB weiter zu erhöhen. Die Umsetzung der Forderungen 2.2.5-1, 2.2.6-1, 4.4.19-2, 4.5.3-1 und 10.2.4-1 ist notwendig, damit das KKB das für einen Langzeitbetrieb von bis zu 60 Jahren Betrieb erforderliche Sicherheitsniveau erreicht.



## 10.3 Betriebsdauermanagement

### 10.3.1 Technische Beurteilung des Langzeitbetriebs

#### 10.3.1.1 Bautechnik

##### Angaben des KKB

Für den sicheren Langzeitbetrieb sind aus bautechnischer Sicht die Beherrschung der Auswirkungen aus Betriebslasten und aus aussergewöhnlichen Lasten sowie die Beherrschung der werkstofftechnischen Alterung von Bedeutung.

Für die Gebäude der Bauwerksklassen 1 und 2 ist aufgezeigt, dass sie den Anforderungen der heute gültigen Tragwerksnormen mit ausreichenden Sicherheiten widerstehen. Die Auswirkungen aus den aktuell gültigen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 werden mit dem laufenden Projekt NEUSI untersucht. Änderungen und Nachrüstungen sowie Nachrechnungen werden generell mit den aktuell gültigen Tragwerksnormen und nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik durchgeführt.

Eine technologische Alterung wie beispielsweise in der Maschinenteknik, dass also zu ersetzende Bauteile technisch überholt und nicht mehr lieferbar sind, kommt in der Bautechnik nicht vor. Sollten Bauteile ersetzt werden müssen, sind die Hauptbaustoffe Stahl und Beton sowie weitere eingesetzte bautechnische Komponenten wie z. B. Befestigungselemente, Abdichtungen oder Abschottungen verfügbar.

Die Massnahmen zur Beherrschung der werkstofftechnischen Alterung der Bauwerke werden im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogramms festgelegt. Die entsprechenden Gebäudeinspektionen zeigen, dass sich die Baustrukturen in einem guten bis sehr guten Zustand befinden. Die Zustandsbewertung in den Inspektionen und die Planung und Ausführung allfällig erforderlicher Massnahmen bauen darauf auf, dass der Sollzustand mindestens bis zur nächsten Folgeinspektion erhalten bleibt.

Die bisherige Überwachungs- und Instandhaltungstätigkeit hat sich bewährt und wird weitergeführt. Damit ist die technische Machbarkeit für den Betrieb bis mindestens 60 Jahre aus bautechnischer Sicht gegeben.

##### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup> und ENSI-G01<sup>G01</sup>
- Normen SIA 260 bis 267<sup>SIA 260 bis SIA 267</sup>, SIA 269<sup>SIA 269</sup> und SIA 469<sup>SIA 469</sup>

##### Beurteilung des ENSI

Die Instandhaltung und Alterungsüberwachung in der Bautechnik sind in Kap. 5.1 der vorliegenden Stellungnahme bewertet, der Zustand der Bauwerke in Kap. 4.2 und der Zustand der Betonhülle des Containments vertieft in Kap. 10.1.6.

Zusammenfassend werden das Konzept und der Stand der Alterungsüberwachung positiv beurteilt. Die Baustrukturen sind in einem guten bis sehr guten Zustand. Durch die Strategie der zustandsorientierten und stetigen Instandhaltung werden schädigende Alterungsprozesse frühzeitig unterbunden und die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit für den weiteren Betrieb gewährleistet. Es ist sichergestellt, dass bauliche Mängel frühzeitig erkannt und behoben werden.

Aus Sicht der Bautechnik sind die Voraussetzungen für einen sicheren Langzeitbetrieb des KKB bis 60 Betriebsjahre gegeben.

### **10.3.1.2 Elektro- und Leittechnik**

#### **Angaben des KKB**

Die Massnahmen zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Langzeitbetriebs auf Ebene der elektro- und leittechnischen Komponenten und Systeme basieren auf einem funktionierenden Alterungsüberwachungsprogramm, auf der Instandhaltung, den Austauschmassnahmen sowie auf einer kontinuierlichen Überprüfung der Restlebenserwartung.

Die Alterungsüberwachung erfasst alle sicherheitstechnisch relevanten oder sicherheitsbezogenen elektro-technischen Komponenten und Systeme und bildet sie in 1E-Steckbriefen und in 0E-Alterungsdossiers ab. In die Steckbriefe und Alterungsdossiers fliessen relevante interne und externe Betriebserfahrungen, Erkenntnisse zum Stand von Wissenschaft und Technik, Informationen aus Arbeitsgruppen, von Lieferanten und von anderen Kernkraftwerksbetreibern und insbesondere der Instandhaltung in der eigenen Anlage ein.

Die Abschätzung der Restlebenserwartung erfolgt in der Elektrotechnik weniger aufgrund der werkstofftechnischen Alterung, sondern ist geprägt durch die Verfügbarkeit und den Know-how-Verlust der Hersteller. Einen grossen Unsicherheitsfaktor stellen auch Produktabmeldungen der Lieferanten dar. In diesem Zusammenhang sind folgende Massnahmen etabliert: Einsatz von Standard-Industrieprodukten (unter Anwendung zusätzlicher Qualifikationsverfahren, um die Erfüllung der Anforderungen nachzuweisen), frühzeitige Evaluation von Ersatzkomponenten und Systemen, vorsorgliche Reserveteilhaltung, funktioneller 1:1-Ersatz von Baugruppen und Aufbau langfristiger Bindungen zu Lieferanten (Etablierung einer kundenspezifischen Ersatzteilstrategie).

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von komplexen Systemen erneuert oder komplett neu konzipiert. Deshalb wird der Gesamtzustand der elektrotechnischen Komponenten und Systeme mit gut bewertet.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- Richtlinien HSK-R-46<sup>R-46</sup>, ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup>, ENSI-B14<sup>B14</sup>, ENSI-G02<sup>G02</sup>
- KTA 3701<sup>KTA3701</sup>

#### **Beurteilung des ENSI**

Die Instandhaltung und Alterungsüberwachung in der Elektro- und Leittechnik sind in Kap. 5.3 der vorliegenden Stellungnahme bewertet, der Zustand der elektro- und leittechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme in Kap. 4.5.

Zusammenfassend wird das Alterungsüberwachungsprogramm als umfassend, aktualisiert und sachrichtig bewertet. Mit den speziellen Kenntnissen über das Alterungsverhalten und mit der Festlegung der Nutzungszeit von Komponenten und Bauteilen ist eine präventive Instandhaltung möglich. Besonders hervorzuheben ist, dass in den letzten Jahren eine Vielzahl von Systemen und Komponenten im Rahmen von Projekten und Freigaben erneuert worden sind. Der Zustand der elektro- und leittechnischen Komponenten und Systeme kann insgesamt als gut bestätigt werden.

Aus Sicht der Elektro- und Leittechnik sind die Voraussetzungen für einen sicheren Langzeitbetrieb des KKB bis 60 Betriebsjahre bei Erfüllung der Forderung 4.5.3-1 (Vorbereitung einer Verbindungsmöglichkeit mit einem externen Netz zur Erfüllung einer entsprechenden Anforderung der Richtlinie ENSI-G02, siehe auch Ausführungen zum Nachrüstungskonzept in Kap. 10.2) gegeben.

### 10.3.1.3 Maschinentchnik

#### Angaben des KKB

Wie bei der Elektrotechnik basieren die Massnahmen zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Langzeitbetriebs auch auf Ebene der mechanischen Komponenten und Systeme auf einem bewährten Alterungsüberwachungsprogramm, auf der Auswertung diverser Betriebserfahrungen und insbesondere dem Erfahrungsrückfluss aus der Instandhaltung der eigenen Anlage.

In den Betriebserfahrungsberichten der Systeme und Komponenten ist dargelegt, dass einem Langzeitbetrieb nichts entgegensteht. Einzelne Probleme, die im Überprüfungszeitraum aufgetreten sind, sind analysiert und entsprechende Massnahmen zur Behebung der Störung oder Verbesserung des Zustands erfolgreich umgesetzt.

In der Maschinentchnik ist ein Hauptproblem nebst der relativ gut vorhersehbaren werkstofftechnischen Alterung und Abnutzung von Teilen von Komponenten die Verfügbarkeit und der Know-how-Verlust der Hersteller oder auch deren gänzlich Verschwinden vom Markt. Deshalb liegt ein besonderes Augenmerk bereits auf der Ermittlung des Bedarfs an Ersatzteilen für die Restlebensdauer relevanter Komponenten. Für deren Beschaffung werden die Anforderungen an die Komponenten und Systeme in zu aktualisierenden oder neu zu erstellenden Vorgabedokumenten abgebildet.

Im Fall des Reaktordruckbehälters und der Stahldruckschale, welche nicht ersetzt werden können, ist deren Tauglichkeit für den Betrieb für mindestens 60 Jahre durch Untersuchungen und Nachweise lückenlos erbracht.

Der Gesamtzustand der mechanischen Komponenten und Systeme ist als gut zu bewerten. Es existieren keine Indizien, die gegen einen Weiterbetrieb bis 60 Jahre sprechen.

#### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- KEV<sup>KEV</sup>
- Ausserbetriebnahmeverordnung<sup>UVEK-A</sup>
- Richtlinie ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-B01<sup>B01</sup>, ENSI-B02<sup>B02</sup>, ENSI-G01<sup>G01</sup>
- 10 CFR 50.61<sup>10CFR50.61</sup>
- KTA 3203<sup>KTA3203</sup>
- American Society for Testing and Materials, ASTM E 185<sup>ASTM185</sup> und ASTM E 1921<sup>ASTM1921</sup>
- US NRC Regulatory Guide 1.99, Rev.2<sup>RG1.98</sup>
- NUREG-1806<sup>NUREG-1806</sup> und NUREG-800<sup>NUREG-0800</sup>
- IAEA Safety-Guide NS-G-2.12<sup>NSG-2.12</sup>

#### Beurteilung des ENSI

Die Instandhaltung und Alterungsüberwachung in der Maschinentchnik sind in Kap. 5.2 der vorliegenden Stellungnahme bewertet, der Zustand der verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme in Kap. 4.4. Der Primärkreis des KKB ist in Kap. 4.3 nur knapp behandelt, da der Zustand der Grosskomponenten ausführlich in Kap. 10.1 beschrieben und bewertet ist und Darstellungen dort weitgehend auch den Primärkreis des KKB abdecken.

Die Überprüfung der verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme aus systemtechnischer Sicht erfolgt im Kapitel 10.2 (Nachrüstungskonzept) und wird hier nicht nochmals aufgegriffen.

Bei der Alterungsüberwachung hat das ENSI Verbesserungsbedarf beim Umfang der in der systematischen Alterungsüberwachung erfassten Komponenten (vgl. Forderung 5.2.2-1, Aufnahme der PSA-relevanten Komponenten in die systematische Alterungsüberwachung), bei der Verfolgung der Alterung von maschinentechnischen Ausrüstungen, die nach Richtlinie ENSI-G01 klassiert sind, jedoch nicht der systematischen Alte-

rungsüberwachung in Form von Steckbriefen gemäss Kapitel 7 der Richtlinie ENSI-B01 unterliegen (vgl. Forderung 5.2.2-2) und bei den Darlegungen zur angewendeten Ersatz- oder Nachbesserungsstrategie (vgl. Forderung 5.2.2-3) identifiziert.

Bei der Überprüfung der verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme hat das KKB erstmalig systematisch die korrekte Auslegung der SSK überprüft. Die entsprechende Anforderung war bei der Ablösung der Richtlinie HSK-R-48 neu in die neue Richtlinie ENSI-A03 zur PSÜ aufgenommen worden, da für die Bewertung des sicheren Langzeitbetriebs einer Anlage und die korrekte Beurteilung der Alterung der Komponenten unter anderem auch eine aussagefähige Dokumentation der Auslegung und Herstellung, sowie gegebenenfalls neuer oder geänderter Anforderungen an Systeme und Komponenten relevant sind. So ist beispielsweise anhand der vorliegenden Dokumentation bei einigen Komponenten heute nicht mehr nachvollziehbar, welche Nachweise geführt wurden, welche Materialien genau verwendet wurden, welche Prüfungen vorgenommen wurden oder welche Abmessungen tatsächlich vorliegen. Das KKB hat bei dieser Überprüfung notwendige Massnahmen identifiziert, um die korrekte Auslegung der Komponenten zu verifizieren. Diese Massnahmen sind aus Sicht des ENSI zielgerichtet und wichtig. Sie werden nach Priorität gestaffelt durchgeführt (vgl. Kap. 4.4.2). Über die vom KKB identifizierten Massnahmen hinaus sieht das ENSI weiteren Handlungsbedarf hinsichtlich der Auslegung der verfahrenstechnischen Sicherheits- und Hilfssysteme (vgl. weitere Forderungen in Kap. 4.4). Die Einhaltung der zulässigen Beanspruchungsgrenzen für die jeweiligen Auslegungslastfälle der Systeme und Komponenten ist eine essentielle Voraussetzung für den Langzeitbetrieb.

Hinsichtlich des Zustands der Grosskomponenten kommt das ENSI zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Werkstoffprüfungen zur Charakterisierung der Versprödung des Reaktordruckbehälters sind fachgerecht und regelwerkskonform ausgeführt worden. Die Bewertung der Untersuchungen entspricht dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die zuletzt entnommenen und geprüften Bestrahlungspalten decken einen Zeitraum von mindestens 54 Vollastjahren bzw. 60 Betriebsjahren ab.
- Die Kriterien der Ausserbetriebnahme-Verordnung mit Bezug zur Versprödung des RDB werden eingehalten, die Versprödung des Materials des Reaktordruckbehälters ist für eine Betriebszeit von 60 Jahren nicht limitierend.
- Mit den konstruktiven Verbesserungen im Rahmen des RDB-Deckeltauschs wurde ein signifikanter Beitrag zu einem sicheren Langzeitbetrieb des KKB geleistet.
- Im Überprüfungszeitraum sind keine Befunde im nuklearen Dampferzeugungssystem aufgetreten, welche einer 60-jährigen Betriebszeit im Wege stehen.
- Der Langzeitbetrieb von 60 Betriebsjahren der Blöcke 1 und 2 des KKB ist durch Ermüdung des nuklearen Dampferzeugungssystems nicht gefährdet.
- Hinsichtlich der Bewertung der Relevanz des Alterungsmechanismus thermische Alterung bei austenitischen Gusskomponenten des Primärkreislaufs sowie der einbindenden Systeme mit einer Betriebstemperatur von grösser als 250 °C und hinsichtlich der Leck-vor-Bruch-Nachweise besteht noch Ergänzungsbedarf (vgl. Forderung 10.3.1-1).
- Auch besteht hinsichtlich der Darstellung der gewonnenen Daten des On-Line-Monitoringsystems zur Beurteilung der Korrosionsraten der Stahldruckschale und hinsichtlich der Leckstellensuche im Bereich der Reaktorgrube und des Transferkanals Verbesserungsbedarf (vgl. Forderungen 10.1-2 und 10.1-3).
- Das Kriterium der Ausserbetriebnahme-Verordnung für das Stahlcontainment wird nicht verletzt. Für den Langzeitbetrieb bestehen unter der Voraussetzung der Wirksamkeit der Korrosionsschutz- und Überwachungsmassnahmen hinsichtlich des Stahlcontainments keine Einschränkungen bis zu einer Betriebsdauer von 60 Jahren.

Aus Sicht der Maschinenteknik sind die Voraussetzungen für einen sicheren Langzeitbetrieb des KKB bis 60 Betriebsjahre bei Erfüllung der Forderungen aus den Kapiteln 5.2, 4.4 und 10.1 gegeben.

### 10.3.1.4 Strahlenschutz

#### Angaben des KKB

Das KKB verfolgt die Strahlenschutzziele

- Einhaltung der in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwerte;
- keine Grenzwertüberschreitung beim Entlassen von Materialien aus dem Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung;
- Einhaltung der Grenzwerte des Abgabereglements.

Zur Einhaltung der Schutzziele gilt grundsätzlich für alle Mitarbeitenden des KKB während der Planung und Durchführung von Tätigkeiten, dass Personendosen eigenverantwortlich im Sinne des ALARA-Prinzips optimiert werden, Personenkontaminationen und Inkorporationen vermieden werden, möglichst wenige Abfälle entstehen und eine Ausbreitung radioaktiver Stoffe bereits so nahe wie möglich an ihrer Quelle verhindert wird. Die Einhaltung der Schutzziele wird zusätzlich durch die Abschirmung radioaktiver Komponenten und Anlagenteile, durch den operationellen Strahlenschutz, durch die Aktivitäts- und Dosisleistungsüberwachung mit Strahlenmessgeräten, die Begrenzung und Kontrolle der Aktivitätsabgaben und die Umgebungsüberwachung sichergestellt.

Grundsätzlich können die Strahlenschutzziele des KKB für die nächsten 10 Jahre durch die Weiterführung der eingesetzten Strahlenschutzmassnahmen eingehalten werden, da diese für Normalbetrieb und Störfälle ausgelegt sind. Zusätzlich werden Strahlenschutzmassnahmen kontinuierlich überwacht und bewertet und bei Bedarf optimiert.

Massnahmen zur Reduzierung der Dosisleistung in der kontrollierten Zone werden regelmässig diskutiert, bewertet und bei positiver Bewertung durchgeführt. Ziel dieser Massnahmen ist, durch die Reduktion der Ortsdosisleistung die Dosis des Personals bei Arbeiten vor Ort zu senken.

Zur Befreiung von Material aus dem Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung, bei einer Laufzeit von 60 Betriebsjahren, ist das KKB gut ausgestattet. Die Messgeräte zur Feststellung von festhaftender Oberflächenkontamination besitzen ausreichend tiefe Nachweisgrenzen von  $\alpha < 0,1 \text{ Bq/cm}^2$  und  $\beta/\gamma < 1 \text{ Bq/cm}^2$ . Die Freimesskammern sind auch bei einem  $\beta/\alpha$ -Verhältnis bis 5:1 einsetzbar. Anhand der verfügbaren Wischtestmessplätze ist eine Feststellung von loser Oberflächenkontamination von  $\alpha < 0,03 \text{ Bq/cm}^2$  und  $\beta/\gamma < 0,3 \text{ Bq/cm}^2$  möglich. Somit können in Zukunft auch die wesentlich strengeren Befreiungsgrenzen der neuen Strahlenschutzverordnung eingehalten werden.

Die ausreichende radiologische Überwachung ist im KKB somit für die nächsten 10 Jahre gewährleistet und stellt die Einhaltung der Strahlenschutzziele sicher.

#### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- KEG<sup>KEG</sup>
- KEV<sup>KEV</sup>
- StSG<sup>StSG</sup>
- StSV<sup>StSV</sup>
- UraM<sup>UraM</sup>
- Dosimetrieverordnung<sup>DosV</sup>
- Richtlinien HSK-R-07<sup>R-7</sup>, ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-B13<sup>B13</sup>, ENSI-G07<sup>G07</sup>, ENSI-G14<sup>G14</sup>, ENSI-G15<sup>G15</sup>
- KTA 1503.3<sup>KTA1503.3</sup>
- IAEA Safety Standards, Safety requirements No. GSR Part 3<sup>GSR-3</sup>
- NEA-Report 6399<sup>NEA-6399</sup>
- Betriebsbewilligung für das KKB 2

- Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Beznau für das KKB<sup>ENSI/14/2492</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Der Strahlenschutz ist in Kap. 3.4 der vorliegenden Stellungnahme bewertet, die Umgebungsüberwachung in Kap. 3.6.

Zusammenfassend stellt das ENSI Folgendes fest:

- Die Strahlenschutzorganisation inkl. personeller Ressourcen, Aufgaben, Zuständigkeiten, Prozesse und Weisungen stimmt mit den gesetzlichen Vorgaben überein. Erkanntes Verbesserungspotential wird umgesetzt.
- Bezüglich der Integrität der Zonengrenzen, der Barrieren zwischen Systemen sowie weiteren Anforderungen an die Kontaminationszonen ist das KKB auf dem Stand der Technik.
- Der betriebliche Strahlenschutz wird in Übereinstimmung mit dem ALARA-Prinzip optimiert praktiziert. Verbesserungspotential bei der Strahlenschutzplanung wird vom KKB selbst erkannt und es werden adäquate Massnahmen ergriffen. Der Optimierungsprozess wird weitergeführt und die dazugehörigen Planungsverfahren sowie Strahlenschutz-Freigaben sind im KKB etabliert.
- Positiv hervorzuheben ist, dass der enge Zusammenhang zwischen der Ortsdosisleistung an den Komponenten des Primärkreislaufs, dem Fremdstoffeintrag und der Wasserchemie im KKB über die Grenzen der zuständigen Ressorts hinweg gemeinsam beachtet wird.
- Das KKB verfügt über ein umfassendes Überwachungskonzept sowie über eine ausreichende, dem Stand der Technik entsprechende Überwachungsinstrumentierung.
- Die Kontamination mit alphastrahlenden Nukliden wird im KKB intensiv beobachtet und bei den Arbeiten werden entsprechende Schutzmassnahmen angewendet.
- Die Strahlenexposition des Personals im KKB ist optimiert.

Damit sind aus Sicht des Strahlenschutzes die Voraussetzungen für einen sicheren Langzeitbetrieb des KKB bis 60 Betriebsjahre gegeben.

Das ENSI beurteilt Qualität, Verfügbarkeit und Aussagekraft der Umgebungsüberwachungsdaten als sehr hoch. Damit sind auch aus dem Blickwinkel der Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte des Abgabereglements die Voraussetzungen für einen sicheren Langzeitbetrieb des KKB bis 60 Betriebsjahre gegeben.

#### **10.3.1.5 Kernüberwachung**

##### **Angaben des KKB**

Zur Kernüberwachung werden im Wesentlichen zwei Methoden verwendet:

- Online-Informationen über den Zustand des Reaktorkerns werden von Programmen des Anlageninformationssystems ANIS und vom Kernsimulatorsystem GARDEL bereitgestellt sowie vom KKB regelmässig überprüft.
- Alle 31 Volllasttage oder häufiger wird gemäss den Technischen Spezifikationen eine Vollkern-Neutronenflussverteilungsmessung (Flux-Map) durchgeführt und ausgewertet.

In den kommenden Jahren sind keine prinzipiellen Änderungen an der Kernausslegung oder anderweitige Modifikationen der Anlage geplant, die die bewährte und zuverlässige Kernüberwachung mit ANIS und GARDEL in Frage stellen könnten. Der anstehende Übergang von FOCUS-Brennelementen zu solchen des Typs AGORA 4H stellt keine neuen Herausforderungen an die Online-Systeme dar, da diese Brennelemente neutronisch identisch und die thermohydraulischen Unterschiede zwischen ihnen sehr gering sind.

Das Advanced Flux Mapping System (AFMS) hat seit seiner Installation im Jahr 1992 zuverlässig funktioniert. Um Funktionsstörungen des AFMS kurzfristig beheben zu können, werden zugehörige Ersatzteile auf Vorrat gehalten.

Nach den Erfahrungen der letzten Jahre sind die Unterschiede zwischen den vorausgerechneten und gemessenen Grössen in der Kernüberwachung gering und besitzen generell einen grossen Abstand zu den Grenzwerten.

Somit sind für die Kernüberwachung in den kommenden Jahren keine neuen Herausforderungen in Sicht.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

- KEV<sup>KEV</sup>
- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup> und ENSI-G20<sup>G20</sup>

### **Beurteilung des ENSI**

Die Kernüberwachung ist in Kap. 3.3.1.3 der vorliegenden Stellungnahme bewertet. Dort kommt das ENSI zu dem Schluss, dass die Kernüberwachung anforderungsgerecht erfolgt. Zudem ist das KKB laufend bestrebt, dem Stand der Technik bei der Kernüberwachung durch den Austausch von Teilsystemen zu folgen und dadurch deren Zuverlässigkeit weiterhin zu gewährleisten.

Aus Sicht der Kernüberwachung sind die Voraussetzungen für einen sicheren Langzeitbetrieb des KKB bis 60 Betriebsjahre gegeben.

## **10.3.2 Brennstoff- und Abfallbewirtschaftung**

### **Angaben des KKB<sup>TM-16800</sup>**

#### *Behandlung der festen Betriebsabfälle*

Die Herkunft der festen radioaktiven Abfälle wird im nächsten Überprüfungszeitraum in etwa gleich bleiben. Bis jetzt sind keine Arbeiten und auch keine neuen Systeme geplant, bei welchen andere Abfälle anfallen würden als bisher.

Dank den vielseitig und gut eingerichteten Arbeitsplätzen können die radioaktiven Betriebsabfälle weiterhin effizient dekontaminiert werden. Die Menge an Material, welches nach Dekontamination freigemessen werden kann, wird aber stark von der Entwicklung des Alpha- zu Beta/Gamma-Verhältnisses abhängen. Bei hohem Alpha-Anteil werden die Abfallbehandlung, die Dekontamination und das Ausmessen der Abfälle aufwändiger und komplizierter. Wegen der tieferen Freimessgrenzen von Co-60 und Cs-137 seit dem 1. Januar 2018 werden mehr Abfälle erst nach einer Abklinglagerung freigegeben werden können.

Wegen des erhöhten Alpha- zu Beta/Gamma-Verhältnisses dürfte auch die Menge an verbrennbaren Mischabfällen, vorwiegend nicht dekontaminierbares Strahlenschutz- und weiteres Verbrauchsmaterial, in den nächsten Jahren weiter zunehmen. Die Kapazitäten zur Verarbeitung der verbrennbaren Betriebsabfälle werden aber sowohl im KKB (Sortierung, Verpressung) als auch bei der Zwiilag (Plasmaanlage) als ausreichend bewertet.

#### *Behandlung der flüssigen Betriebsabfälle*

Da das Volumen der Duschen- und Wäschereiabwässer hauptsächlich durch die Dauer der Brennelementwechsel bzw. Revisionsabstellungen und den Umfang der Arbeiten in der Kontrollierten Zone bestimmt wird, wird dieses weiterhin jährlich etwas variieren. Der weitaus grösste Teil der Duschen- und Wäschereiabwässer aus der kontrollierten Zone wird weiterhin aus der Wäscherei kommen. Da keine sehr lange Revisionsabstellung für den nächsten Überprüfungszeitraum geplant ist, wird erwartet, dass jährlich ca. 700 bis 1200 m<sup>3</sup> Wäschereiabwässer anfallen werden (dies entspricht in etwa dem jährlichen Mittel von 1005 m<sup>3</sup> aus dem Überprüfungszeitraum 2012 bis 2016). Die Kapazität des bestehenden Systems ist ausreichend, um diese Menge

zu behandeln. Es ist geplant, das bestehende System wie bisher weiter zu betreiben. Ein Umbau oder eine Erweiterung werden nicht als notwendig erachtet.

Für die Behandlung der übrigen betrieblichen radioaktiven Abwässer hat sich das AURA-System im vergangenen Überprüfungszeitraum als sehr effizientes System bewährt und soll weiterhin so betrieben werden. Wichtige Komponenten des Systems, wie die Zentrifugen und die Nanofiltrationsanlage, sind in guter Verfassung und werden regelmässig gewartet. Es ist nicht vorgesehen, diese im nächsten Überprüfungszeitraum zu ersetzen. Die Filtermodule der Nanofiltrationsanlage sind Standardmodule, welche auch in den nächsten Jahren in genügender Menge erhältlich sein werden. Die Kapazität des Systems ist ausreichend, um das jährlich anfallende Volumen von ca. 1100 m<sup>3</sup> zu behandeln. Im Bedarfsfall könnte das System auch noch das doppelte Volumen verarbeiten. Sollte die Aktivität in den Abwässern zunehmen (z. B. infolge allfälliger Brennstoffleckagen oder aufwändiger Dekontaminationsarbeiten), kann die Aktivität nicht nur mittels Nanofiltration, sondern auch mittels chemischer Fällung reduziert werden. Die chemische Fällung wurde zwar seit dem Jahr 2006 nicht mehr eingesetzt, das System wird aber weiterhin unterhalten und steht jederzeit zur Verfügung. Falls eine erhöhte Cs-137-Aktivität im Abwasser auftritt, welche von der Nanofiltration nur bedingt zurückgehalten wird, kann das gereinigte Abwasser mittels Ionenaustauscherharzen nachbehandelt werden. Dieses Verfahren wurde im Jahr 2015 mehrmals angewendet und hat sich bewährt. Wenn die Ionenaustauscherharze erschöpft sind, können sie über die Plasmaanlage der Zwiilag entsorgt werden.

#### *Konditionierung der radioaktiven Abfälle*

Die Konditionierverfahren, welche für die Abfallströme Harze und Aura-Schlamm angewendet werden, sind langjährig erprobt und haben sich bewährt. Die Verfahren haben den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle und die spezifikationskonforme Konditionierung der Gebinde jederzeit sichergestellt. Diese Verfahren werden daher im nächsten Überprüfungszeitraum unverändert angewandt. Anpassungen der Abfallgebinder-Spezifikationen sind nicht vorgesehen.

Für die Konditionierung der Filterkerzen wurde 2017 eine neue Spezifikation erstellt. Beim neuen Abfallgebinder wird auf die zinkhaltigen Spiralfalzhöhle verzichtet. Zudem können zementierbare Kleinteile zusammen mit den Filterkerzen konditioniert werden.

Die Anzahl Gebinde, welche konditioniert werden müssen, hängt vom Betriebsverlauf ab. Vorausgesetzt, dass keine grösseren Leckagen in den betrieblichen Systemen und keine Brennstoffschäden auftreten, wird ihre Anzahl im Durchschnitt in etwa gleich bleiben wie im vergangenen Überprüfungszeitraum. Erwartet werden pro Jahr ca. 20 Harzgebinder, ca. zehn Aura-Schlammgebinder und ca. ein Filterkerzengebinder.

Die bewährten Prozesse und Verfahren, zusammen mit der internen und externen Produktkontrolle, werden auch in Zukunft die Spezifikationskonformität der Abfallgebinder sicherstellen.

#### *Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle*

Erwartet werden im nächsten Überprüfungszeitraum pro Jahr ca. 31 konditionierte Abfallgebinder (200-Liter-Gebinder). Damit wird der 200-Liter-Bereich des RS-Lagers an seine Kapazitätsgrenze stossen. Allerdings können genügend Abfallgebinder vom RS-Lager in das SAA-Lager ZWIBEZ umgelagert werden. Das SAA-Lager ZWIBEZ ist erst zu ca. 6 % mit konditionierten Abfallbindern belegt. Weitere konditionierte Abfallgebinder, welche im SAA-Lager ZWIBEZ eingelagert werden müssten, werden nicht erwartet. Die Abfallgebinder, die für das KKB in der Zwiilag hergestellt werden, werden dort zwischengelagert. Im nächsten Überprüfungszeitraum müssen keine neuen Grosskomponenten im SAA-Lager ZWIBEZ eingelagert werden.

Für die sichere Zwischenlagerung der konditionierten Betriebsabfälle verfügt das KKB im RS-Lager und im SAA-Lager ZWIBEZ für den nächsten Überprüfungszeitraum über genügend Lagerkapazitäten.

#### *Zwischenlagerung und Transport der abgebrannten Brennelemente*

Das KKB verweist auf zwei zusätzliche Defektstäbe, die aufgrund von Brennstoffuntersuchungen noch beim PSI gelagert sind. Diese Defektstäbe sollen in den nächsten Jahren zum KKB zurücktransportiert werden.

Hinsichtlich Lagerkapazität, Verfügbarkeit und Bewirtschaftung der Lagerbecken wiederholt das KKB seine unter Kap. 3.7.4 der vorliegenden Stellungnahme zusammengefasste positive Beurteilung.



## Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinien ENSI-A03<sup>A03</sup>, ENSI-B05<sup>B05</sup> und ENSI-G04<sup>G04</sup>

### Beurteilung des ENSI

Das ENSI stellt fest, dass die Bewirtschaftung der Reaktorabfälle und der Grosskomponenten in der Technischen Mitteilung «Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb»<sup>TM-16800</sup> nicht bzw. nur knapp angesprochen wird, wobei dies in der Richtlinie ENSI-A03 auch nicht explizit gefordert ist. Entsprechende Bewertungen sind aber in der Technischen Mitteilung «Radioaktive Abfälle, abgebrannte Brennelemente und Transporte»<sup>TM-16207</sup> enthalten; sie decken auch den Langzeitbetrieb ab (siehe Bewertung unter vorangehendem Kapitel). Ansonsten sind für den nächsten Überprüfungszeitraum mit Ausnahme des erwarteten erhöhten Alpha- zu Beta/Gamma-Verhältnisses und der daraus resultierenden grösseren Aufwendungen und Abfallmengen keine Änderungen gegenüber dem in der vorliegenden Stellungnahme bewerteten Überprüfungszeitraum geplant. Die Abfallbehandlungssysteme weisen genügend Kapazitätsreserven zur Verarbeitung möglicher grösserer Mengen an Betriebsabfällen auf.

Für die Aspekte Lagerkapazität, Behälterverfügbarkeit und langfristige Bewirtschaftung der Lagerbecken legt das KKB derzeit jährlich einen Bericht zum aktuellen Stand der Langzeitplanung für Transport- und Lagerbehälter vor<sup>Axpo-2018-06-25</sup>. Dieser Bericht deckt eine 60-jährige Betriebszeit des KKB ab.

Hinsichtlich der Lagerkapazität geht das KKB von den verfügbaren Stellplätzen im ZWIBEZ und im ZZL aus. Ein weiterer Bau von Zwischenlagern ist nicht vorgesehen. Das KKB argumentiert vielmehr mit möglichen Stellplatzverdichtungen in beiden Zwischenlagern. Für eine Nutzung von mehr als 48 Stellplätzen im ZWIBEZ ist ein offizielles Gesuch des KKB mit ergänzenden Nachweisen erforderlich. Da zum 31. Dezember 2016 erst acht Stellplätze im ZWIBEZ belegt waren, ist hier keine Dringlichkeit erkennbar. Das ENSI wird diesen Aspekt im Rahmen seiner üblichen Aufsichtstätigkeit verfolgen.

Aufgrund der geringeren BE-Aufnahmekapazität des derzeit zur Brennelemententsorgung eingesetzten Behältertyps CASTOR V/19 (CH) ist für die Sicherstellung ausreichender Stellplatzkapazitäten der zeitnahe Abschluss des Behälterprojekts HI-STAR 180 erforderlich. Das ENSI anerkennt die zuletzt gemachten Fortschritte in diesem Projekt. Die Priorisierung dieses Projekts seitens KKB ist zu begrüssen. Auch diesem Aspekt wird das ENSI im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit besondere Beachtung schenken. Ein zeitnahe Einsatz von Behältern des Typs HI-STAR 180 geht einher mit einer grösseren Flexibilität bei der Bewirtschaftung der Lagerbecken und einem reduzierten Belegungsgrad im Vergleich zur Situation im Überprüfungszeitraum.

Die zwei zusätzlichen Defektstäbe, die aufgrund von Brennstoffuntersuchungen noch beim PSI gelagert sind, haben auf das Entsorgungskonzept der Defektstäbe keinen Einfluss. Viel wichtiger sind hier die Verfügbarkeit geeigneter TLB sowie die Erweiterung der Inhaltsbeschreibungen von Zulassungen und Zwischenlagerfreigaben. Das KKB verfolgt auf der Basis der TLB-Typen CASTOR V/19 (CH) und HI-STAR 180 zwei Erfolg versprechende Konzepte. Insbesondere für die Behälterbauart CASTOR V/19 (CH) liegen international bereits erste Zulassungen von Innenbehältnissen mit Defektstäben vor. Das ENSI wird dies im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit verfolgen.

In der Stellungnahme zur PSÜ 2012 des KKB hatte das ENSI die Forderung 4.7-1 zur Alterungsüberwachung von TLB formuliert. Das KKB hat zwischenzeitlich auf der Basis des Alterungsleitfadens trockene Zwischenlagerung<sup>ENSI-AN-10412</sup> einen Prozess etabliert, um entsprechende Nachweise zur Alterungsüberwachung von TLB zu erstellen. Es liegt ein Zeitplan vor, der beginnend 2019 bis 2026 alle derzeit zwischengelagerten TLB-Typen des KKB erfasst. Auslaufende gefahrgutrechtliche Zulassungen werden dabei durch Studien zur Transportfähigkeit auf der Basis von Gap-Analysen kompensiert. Das ENSI begrüsst die Aktivitäten des KKB auf dem Gebiet der Alterungsüberwachung und wird deren Konkretisierung in den nächsten Jahren engmaschig verfolgen.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu dem Schluss, dass das KKB derzeit zwar noch nicht in allen Fällen fertige Lösungen vorlegen kann, aber in allen relevanten Aspekten diese bereits initiiert hat. Die initiierten Entsorgungskonzepte sind aus heutiger Sicht grundsätzlich Erfolg versprechend. Es ist daher ausreichend, deren konkrete Ausgestaltung im Rahmen der Aufsichtstätigkeit in den nächsten Jahren zu verfolgen.

Gestützt auf die Bewertungen zu den Themen betreffend die Bewirtschaftung und Entsorgung der radioaktiven Abfälle kommt das ENSI zum Schluss, dass die entsprechenden Voraussetzungen für einen sicheren Langzeitbetrieb des KKB (60 Betriebsjahre) gegeben sind.

### 10.3.3 Personalbestand

#### Angaben des KKB

Für die Betriebsdauer bis wenige Jahre vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) geht das KKB von einem Personalbestand von 430 bis 460 Vollzeitäquivalenten (Full Time Equivalent, FTE) aus. Aufgrund der Zunahme an Aufgaben sollen in den Abteilungen Maschinenteknik, Elektrotechnik und Reaktor & Sicherheit bis Ende 2019 je zwei bis drei weitere Stellen geschaffen werden. Im Hinblick auf die Stilllegung ist in der Abteilung Überwachung wenige Jahre vor der EELB ebenfalls ein Ressourcenaufbau geplant. Die Abteilung Betrieb wird bis 2026 nicht mehr alle natürlichen Abgänge ersetzen. Der Personalbestand wird voraussichtlich auf 174 FTE sinken. Das KKB führt für die Abteilung Betrieb jedoch eine detaillierte Personalplanung mit dem Ziel, die gesetzlich geforderten Personalbestände sicherzustellen. Die Abteilungen Administration, Projektierung/Support und Stilllegung werden ihren Personalbestand voraussichtlich im jetzigen Umfang beibehalten.

Damit der Personalbestand bis wenige Jahre vor der EELB sichergestellt werden kann, sind bis 2026 gut 90 Stellen neu zu besetzen. Diese fallen vor allem in den Jahren 2023 bis 2025 mit der Pensionierung der starken Jahrgänge 1958 bis 1960 an. Bereits heute werden mit den Mitarbeitenden Gespräche geführt, um die individuellen Pensionierungen festzulegen und so die Nachfolgeplanung frühzeitig einzuleiten. Seit 2018 finden zudem Workshops zum Thema «Perspektiven in der Kernenergie» statt. Diese sollen den Mitarbeitenden berufliche Zukunftsaussichten aufzeigen, um so die Fluktuation im KKB weiterhin auf einem tiefen Niveau zu halten.

#### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinie ENSI-G07<sup>G07</sup>

#### Beurteilung des ENSI

Das KKB verfügt über eine langfristige Personalplanung bis zur EELB. Auch ist sich das KKB bewusst, dass die Attraktivität der Kernenergiebranche eher tief ist, und den Mitarbeitenden somit Perspektiven aufgezeigt werden müssen.

Die Planung des Personalbedarfs bis zur EELB im KKB erfüllt die Vorgaben der Richtlinie ENSI-G07.

## 11 Gesamtbewertung

### 11.1 Sicherheitsebenenorientierte Bewertung

#### Angaben des KKB

Das KKB beschreibt in der Technischen Mitteilung «Übergeordnetes Auslegungskonzept»<sup>TM-16103</sup> ausführlich, durch welche Massnahmen es auf den einzelnen Sicherheitsebenen die Einhaltung der grundlegenden Schutzziele sicherstellt. Zusammenfassend<sup>TM-16900</sup> nimmt das KKB die im Folgenden beschriebene Zuordnung vor.

#### *Sicherheitsebene 1*

Auf der Sicherheitsebene 1 wird die Einhaltung der Schutzziele durch die hohe Qualität der eingesetzten Ausrüstungen, also durch die Auslegung sowie betriebsbegleitenden Massnahmen zur Absicherung bzw. Erhal-

tung der Qualität während des Betriebs sichergestellt. Darüber hinaus stellen das inhärent stabile Betriebsverhalten des Reaktors sowie die implementierten Regelfunktionen sicher, dass die thermohydraulischen und neutronenphysikalischen Anlageparameter in ihrem bestimmungsgemässen Bereich bleiben.

#### *Sicherheitsebene 2*

Auf der Sicherheitsebene 2 überwachen die Begrenzungs- und Überwachungsfunktionen wichtige Zustandsgrössen des Reaktors und lösen noch vor Erreichen von Reaktor-Tripkriterien oder von Kriterien zur Anregung von Sicherheitssystemen korrigierende Aktionen aus. Zu den Massnahmen und Einrichtungen, die auf dieser Sicherheitsebene wirken, zählen auch Alarme und Störungsmeldungen, die im Hauptkommandoraum angezeigt werden, Einrichtungen der Aktivitätsüberwachung sowie der Aggregatschutz, der Ausrüstungen sicher abschaltet, wenn Abweichungen von zulässigen Betriebszuständen dieser Ausrüstungen erkannt werden.

#### *Sicherheitsebene 3*

Von besonderer Bedeutung ist aus Sicht des KKB der Nachweis der Beherrschung der Auslegungsstörfälle auf der Sicherheitsebene 3. Mit Hilfe von technischen Störfallanalysen wird gezeigt, dass für alle Auslegungsstörfälle die technischen Kriterien gemäss der Gefährdungsannahmen-Verordnung eingehalten werden. Mit radiologischen Störfallanalysen wird die Einhaltung der gesetzlichen Dosislimiten nachgewiesen. Zur Einhaltung der Schutzziele dienen auf dieser Sicherheitsebene passive Einrichtungen wie Barrieren, aber auch das inhärent sichere Verhalten des Reaktors, und aktive Einrichtungen, zu denen das KKB die Auslegungsprinzipien, auslösende Systeme, Notstand-Funktionen und Systemfunktionen wie Sicherheitseinspeisesystem, Not- und Notstand-Speisewassersysteme und die Notstromversorgung zählt.

#### *Sicherheitsebene 4*

Grundsätzlich stehen für die Sicherheitsebene 4 neben allen betrieblichen Systemen die gleichen Sicherheitsfunktionen, Ausrüstungen und Systeme zur Verfügung, die auch auf der Sicherheitsebene 3 für den Nachweis der Störfallbeherrschung benutzt werden. Zusätzlich können auf der Sicherheitsebene 4 vorbereitete Mittel des Accident Management für einen Nachweis der Beherrschung solcher Ereignisse kreditiert werden. Die Untersuchung von Störfällen jenseits der Auslegung erfolgt mit Hilfe probabilistischer Sicherheitsanalysen.

### **Beurteilung des ENSI**

Die übergeordnete Beurteilung der Umsetzung des Konzepts der gestaffelten Sicherheitsvorsorge im KKB findet sich in Kap. 2.2.4 der vorliegenden Stellungnahme. Aus Sicht des ENSI sind mit den im KKB in der Vergangenheit insbesondere auf den Sicherheitsebenen 3 und 4 durchgeführten Nachrüstungen und der Einführung zahlreicher Accident-Management-Massnahmen das in Kap. 4.3 der Richtlinie ENSI-G02 geforderte Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge und damit auch die in Art. 7 der KEV geforderte Umsetzung der Grundsätze der nuklearen Sicherheit konsequent weiter verbessert worden. Aus Sicht des ENSI besteht aber noch Verbesserungsbedarf. Dieser wird im Folgenden den einzelnen Sicherheitsebenen zugeordnet.

#### *Vorsorge auf Sicherheitsebene 1*

Die Aufzeichnung und Auswertung der Betriebserfahrung (vgl. Kap. 3.1, 3.2 und 3.8) ist der Sicherheitsebene 1 zuzuordnen. Auch Instandhaltung, Wartung, Prüfungen, Klassierung der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) sowie eine der Klassierung entsprechende Auslegung und Konstruktion der Ausrüstungen (vgl. Kap. 4, aber auch Kap. 3.7 hinsichtlich Lagerung von Brennelementen) bewertet das ENSI als der Sicherheitsebene 1 zugehörig.

Hier besteht Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Prüfung und des Erhalts der Qualität der Brennelement-Lagergestelle der Nasslager, nämlich in Bezug auf den Nachweis (für die Zukunft) der Integrität dieser Brennelement-Lagergestelle sowie der Möglichkeit der schadensfreien Entnahme von Brennelementen aus den Gestellen (vgl. Forderung 3.7.4-1).

Aufgrund der Auslegungsüberprüfung haben sich in Kapitel 4.4 zahlreiche Forderungen ergeben, die der Sicherheitsebene 1 zuzuordnen sind.

Auch wenn die Wasserchemie (vgl. Kap. 3.5) aus Sicht des ENSI generell als Sicherheitsebenen übergreifend einzuordnen ist, ist der dort identifizierte Verbesserungsbedarf, nämlich die Leckfindung im KDW-Tank (vgl. Forderung 3.5.2-1) den betriebsbegleitenden Massnahmen zur Absicherung bzw. Erhaltung der Qualität der SSK während des Betriebs und damit der Sicherheitsebene 1 zuzuordnen.

#### *Vorsorge auf Sicherheitsebene 2*

Diverse Funktionen von Systemen und Komponenten des KKB sind der Sicherheitsebene 2 zuzuordnen. Hier ergaben sich keine Forderungen.

Das KKB erfüllt die Anforderungen an die Sicherheitsebene 2.

#### *Vorsorge auf Sicherheitsebene 3*

Der Sicherheitsebene 3 ordnet das ENSI insbesondere die Zuverlässigkeit der Sicherheitssysteme einschliesslich deren Hilfs- und Versorgungssystemen sowie die Eignung der Instandhaltungs- und Alterungsüberwachungsprogramme (vgl. Kap. 4 und 5), den anlageninternen Notfallschutz (vgl. Kap. 9), die Analyse standortspezifischer Gefährdungen (vgl. Kap. 2.1) sowie technische und radiologische Störfallanalysen (vgl. Kap. 6) zu.

Verbesserungsbedarf hat das ENSI bezüglich der Alterungsüberwachung von PSA-relevanten Komponenten sowie bei den Darlegungen zu Alterungsmechanismen von maschinentechnischen Ausrüstungen, die nach Richtlinie ENSI-G01 klassiert sind, jedoch nicht der systematischen Alterungsüberwachung in Form von Steckbriefen gemäss Kapitel 7 der Richtlinie ENSI-B01 unterliegen, und zur vom KKB angewendete Ersatz- oder Nachbesserungsstrategie (vgl. Forderungen 5.2.2-1, 5.2.2-2 und 5.2.2-3) identifiziert. Darüber hinaus ist ein Grossteil der Forderungen zu den deterministischen Sicherheitsanalysen (Forderungen 6.1.4-1, 6.1.4-2, 6.1.5-1, 6.2.8-1, 6.2.8-2 und 6.4.3-1) der Sicherheitsebene 3 zuzuordnen. Gleiches gilt für die Forderung, ein Nachrüstungskonzept einzureichen, um die Anlage bei Einwirkungen durch Erdbeben und interne Brände ohne Vor-Ort-Massnahmen mit dem Frischdampfabblassesystem in den kalt-abgestellten Zustand überführen zu können (Forderung 2.2.6-1).

#### *Vorsorge auf Sicherheitsebene 4*

Die Probabilistischen Sicherheitsanalysen (vgl. Kap. 7) und der Notfallschutz (vgl. Kap. 9) werden vom ENSI insbesondere der Sicherheitsebene 4 zugeordnet. Gleiches gilt für auslegungsüberschreitende Störfälle, die gemäss Richtlinie ENSI-A01 zu untersuchen sind (vgl. Kap. 6.2.11).

Die Verbindungsmöglichkeit mit einem externen Netz (vgl. Forderung 4.5.3-1) sowie die Überprüfung der Rückhaltung von organischem Iod bei gefilterter Druckentlastung (Forderung 4.4.19-2) wird vom ENSI auf der Sicherheitsebene 4 gefordert. Auch die Forderung 6.2.11-1 zum mehrfachen Dampferzeugerheizrohrbruch ist dieser Sicherheitsebene zuzuordnen. Der Verbesserungsbedarf hinsichtlich Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr über das Restwärmesystem (JAC) bei Erdbeben (vgl. Forderung 10.2.4-1) betrifft ebenfalls die Sicherheitsebene 4. Gleiches gilt für die Abschätzung der zu erwartenden radiologischen Bedingungen für das Personal bei der Durchführung von Notfallmassnahmen zur Beurteilung von Interventionsmöglichkeiten bei schweren Unfällen (vgl. Forderung 6.3.6-1).

#### *Vorsorge auf Sicherheitsebene 5*

Die Verantwortung für die Sicherheitsebene 5, also den anlagenexternen Notfallschutz, liegt primär nicht beim KKB. Die Wirksamkeit der Sicherheitsebene 5 ist Gegenstand national koordinierter Massnahmen. Die Übung der Teilaufgaben des KKB im Rahmen von Notfallübungen (vgl. Kap. 9.2) bewertet das ENSI als zur Sicherheitsebene 5 gehörig. Hier ergab sich kein Verbesserungsbedarf.

Das KKB erfüllt die Anforderungen an die Sicherheitsebene 5.

#### *Sicherheitsebenen übergreifende Vorsorge*

Themen wie Organisation und Personal (vgl. Kap. 8), Strahlenschutz (vgl. Kap. 3.4), Umgebungsüberwachung (vgl. Kap. 3.6) und Entsorgung (vgl. Kap. 3.7) werden vom ENSI als Sicherheitsebenen übergreifend bewertet.

Weitere wichtige Aspekte wie Brandschutz (vgl. Kap. 4.6.1), Blitzschutz (vgl. Kap. 4.6.2), Flucht- und Rettungswege (vgl. Kap. 4.6.3) sowie Strahlenmesstechnik (vgl. Kap. 4.6.4) sind aus Sicht des ENSI ebenfalls als Sicherheitsebenen übergreifend einzuordnen.

Die Forderung, eine systematische Überprüfung, inwieweit die Anlage die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02, Kap. 7 erfüllt, durchzuführen (Forderung 2.2.5-1), kann keiner einzelnen Sicherheitsebene zugeordnet werden, sondern ist als Sicherheitsebenen übergreifend einzustufen. Verbesserungsbedarf wurde auch im Bereich von Organisation und Personal identifiziert, in dem ein Bericht über die Vorgehensweise bei sicherheitsrelevanten Entscheidungen im Falle abweichender Meinungen bzw. bei Konflikten zwischen Unternehmens- und Kraftwerksleitung einzureichen ist (vgl. Forderung 8.1.3-1).

## 11.2 Schutzzielorientierte Bewertung

### Angaben des KKB

Die sicherheitstechnische Auslegung des KKB basiert auf den vier grundlegenden Schutzzielen

- Kontrolle der Reaktivität;
- Kühlung der Brennelemente;
- Einschluss radioaktiver Stoffe und
- Begrenzung der Strahlenexposition von Mensch und Umwelt.

Diese Schutzziele sollen auch unter den Bedingungen eines breiten Spektrums von Störungen (mit Ursache innerhalb oder ausserhalb der Anlage) eingehalten werden. Für alle diese Ereignisse müssen geeignete Vorsorgemassnahmen getroffen werden. Diesem Zweck dient das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, das aus fünf aufeinanderfolgenden Sicherheitsebenen besteht.

Jede Sicherheitsebene zeichnet sich durch präventiv wirkende Massnahmen aus. Diese sollen eine Ausweitung der auftretenden Ereignisse auf die nächsthöhere Sicherheitsebene verhindern. Die Einhaltung der Schutzziele auf den einzelnen Sicherheitsebenen wird mit Hilfe von Schutzziel-funktionen und mit schutzziel-übergreifenden Massnahmen und Prozessen sichergestellt. Diese müssen anlagenspezifisch festgelegt werden. Für das KKB sind 20 Schutzziel-funktionen definiert.

In den PSÜ2017-Berichten ist dargelegt, wie mit der vorhandenen Auslegung sowie den definierten Schutzziel-funktionen alle Schutzziele auf den Sicherheitsebenen 1 bis 3 erfüllt werden. Der Aufbau der pro Block vorhandenen Sicherheitsstränge, die für diese Sicherheitsstränge vorhandenen Systeme und System-funktionen sowie deren Schutzgrad sind erläutert. Die schutzzielübergreifenden Massnahmen und Prozesse und deren Wirksamkeit auf den Sicherheitsebenen sind aufgeführt.

Die Einhaltung der Schutzziele wird im KKB durch die Vorsorgemassnahmen auf den einzelnen Sicherheits-ebenen gewährleistet.

### Beurteilung des ENSI

Das ENSI kann bestätigen, dass die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente», «Einschluss der radioaktiven Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition» im Überprüfungszeitraum erfüllt waren.

Damit das Sicherheitsniveau der Anlage weiter erhöht wird, stellt das ENSI die im Kapitel 11.3 zusammengestellten Forderungen. Generell gilt, dass wegen der Redundanz von Sicherheitssystemen, der Diversität von Sicherheitsfunktionen, des Barrierekonzepts und des Konzepts der gestaffelten Sicherheitsvorsorge eine einzelne identifizierte Verbesserungsmöglichkeit die Einhaltung eines oder mehrerer Schutzziele grundsätzlich nicht in Frage stellt.

Die Forderungen, die das ENSI in Hinblick auf die Ergänzung des vom KKB entwickelten Nachrüstungskonzepts für notwendig hält, haben aus Sicht des ENSI eine besonders hohe Bedeutung. Sie können teilweise direkt einem der vier Schutzziele zugeordnet werden:

- Forderung 10.2.4-1 (Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr über das Restwärmesystem bei Erdbeben) und Forderung 2.2.6-1 (Verbesserungen in der Frischdampf-Abblasestation) zielen auf Optimierungen der Nachwärmeabfuhr und dienen daher dem Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».
- Forderung 4.4.19-2 (Rückhaltung von organischem Iod bei gefilterter Druckentlastung) ist der Begrenzung der Strahlenexposition von Mensch und Umwelt zuzuordnen.
- Forderung 4.5.3-1 (Provisorische Massnahmen zur Erstellung eines Netzanschlusses) bezieht sich nicht eindeutig auf ein einziges Schutzziel, da die Wiederherstellung der Stromversorgung verschiedene Schutzziefunktionen unterstützen kann.
- Zur Reduktion des Risikos (CDF und LERF) hat das ENSI bereits im Rahmen des laufenden Aufsichtsverfahrens gefordert<sup>ENSI-2020-09-22</sup>, ausgewählte Ertüchtigungsmassnahmen einer weiteren, vertieften Prüfung in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Angemessenheit zu unterziehen. Die diesbezüglich zu untersuchenden Massnahmen betreffen die Auslösung der Reaktortripfunktion vor dem Eintreffen hoher Erdbebenbeschleunigungen und die Verbesserung der Zuverlässigkeit des Reaktortripsignals aus dem Notstandssystem (Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität») sowie die Ertüchtigung des physischen Zugangs zur Betätigung der Abblaseventile (Schutzziel «Kühlung der Brennelemente»).

## 11.3 Forderungen

### Forderung 2.2.5-1

*Das KKB hat eine systematische Überprüfung der Auslegung der Anlage durchzuführen, inwieweit die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02, Kap. 7 erfüllt werden. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren und dem ENSI wie folgt gestaffelt einzureichen:*

- a) *Überprüfung hinsichtlich der Anforderungen aus Kap. 7.1 bis Kap 7.7, Kap.7.10, Kap.7.12 und 7.15 bis zum 15. Dezember 2022*
- b) *Überprüfung hinsichtlich der Anforderungen aus Kap. 7.8, 7.9, 7.11, 7.13 und 7.14 bis zum 15. Dezember 2023.*

### Forderung 2.2.6-1

- a) *Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2022 darzulegen, inwieweit die Frischdampfabblasestation (FDA) die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G02 insbesondere hinsichtlich SSK für SE3-Funktionen erfüllt.*
- b) *Das KKB hat bis zum 15. Juni 2023 den internationalen Stand der Nachrüstungstechnik hinsichtlich des Brandschutzes und seismischer Robustheit der FDA aufzuzeigen. Hierbei ist im Speziellen auf die Thematik diversitärer Abblaseventile, auf das Ölversorgungssystem und die zur Trennung von SSK für SE2- und SE3-Funktionen einzugehen. Ferner sind weitere Optionen zu untersuchen, wie die FDA an den internationalen Stand der Technik herangeführt werden kann.*
- c) *Die zeitliche und technische Umsetzbarkeit der in Teilforderung b) identifizierten Nachrüstungsmassnahmen zur Verbesserung der FDA ist zu prüfen und dem ENSI bis zum 15. März 2024 darzulegen.*

### Forderung 3.5.2-1

*Das KKB hat dem ENSI das Resultat der im 2017 initiierten Massnahme zur Leckfindung im KDW-Tank (Primäres Zusatzwasser) vom Block 1 mitzuteilen. Führt diese Massnahme nicht zum Erfolg, hat das KKB aufzuzeigen, welche weiteren Massnahmen zur Klärung der Ursache für die erhöhte Sauerstoffkonzentration im primären Zusatzwasser geplant werden, und einen Terminplan für diese anzugeben (Termin: 15. Dezember 2022).*

**Forderung 3.7.4-1**

*Das KKB hat bis zum 30. September 2022 darzulegen, wie es zukünftig den Nachweis der Integrität der BE-Lagergestelle der Nasslager sowie der Möglichkeit der schadensfreien Entnahme von Brennelementen aus diesen Gestellen über die gesamte Einsatzzeit erbringen wird.*

**Forderung 4.4.2-1**

*Das KKB hat unter Berücksichtigung der Forderungen des ENSI in den systemspezifischen Kapiteln dieser Stellungnahme die Einstufung der Komponenten in die Erdbebenklassen EK I und EK I\* unter der Massgabe anzupassen, dass Komponenten nur dann in die Erdbebenklasse EK I\* eingestuft werden, wenn weder deren Funktion noch deren Integrität oder Standsicherheit für die einzelfehlersichere Beherrschung des SSE (ENSI-2015) erforderlich sind. Hierfür sind systematische Anlagenbegehungen zur Überprüfung der seismischen Rückwirkungsfreiheit von EK-I\*-Komponenten durchzuführen. Die Integrität und die Standsicherheit der Komponenten bzw. mögliche Versagensfolgen sind zu bewerten.*

*Basierend auf dieser Bewertung sind die bestehenden Komponentenlisten bis zum 31. Dezember 2022 so zu überarbeiten, dass die spezifischen Anforderungen an den Erdbebennachweis für EK-I- und EK-I\*-klassierte Komponenten (Funktion/Integrität/Standsicherheit) festgelegt sind. Die Erdbebenklassierung der einzelnen Systembereiche ist in den zugehörigen Systemschaltplänen farblich einzutragen.*

Die Dokumentation der Überprüfung der EK-I\*-Komponenten, die überarbeiteten Komponentenlisten und die zugehörigen Systemschaltpläne sind dem ENSI bis zum 31. Dezember 2022 einzureichen.

**Forderung 4.4.2-2**

*Bei Ersatz und Änderung sind EK-I\*-Komponenten so auszulegen, dass diese den zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Belastungen durch das SSE (Errichtungszeitpunkt) unter Beibehaltung der ursprünglich festgelegten Anforderungen an Funktionalität, Integrität oder Standfestigkeit standhalten. Ein entsprechendes Verfahren ist vom KKB bis zum 31. März 2022 zu etablieren.*

**Forderung 4.4.2-3**

*Es ist zeitlich gestaffelt für sämtliche EK-I-Komponenten aufzuzeigen, dass ein Funktions-/Integritäts-/Stand-sicherheitsnachweis entsprechend den in den jeweiligen Systemberichten festgelegten Anforderungen nach für die Auslegung von Komponenten anerkannten, deterministischen Regeln unter Berücksichtigung der zum Zeitpunkt der Systemerrichtung festgelegten Erdbebengefährdung durchgeführt wurde. Hierbei sind die Forderungen in den jeweiligen Systemkapiteln der Stellungnahme zu berücksichtigen. Komponenten ohne solche Nachweise und Komponenten, deren vorliegende Auslegungsdokumentation noch nicht vom KKB überprüft ist, sind sicherheitstechnisch zu bewerten und es ist ein Zeitplan für die Nachweisführung bzw. die Überprüfung der existierenden Auslegungsdokumentation vorzulegen.*

*Für die zeitliche Staffelung der Überprüfung bzw. Bewertung bei fehlenden Nachweisen / fehlender Überprüfung der Auslegungsdokumentation und Erstellen eines Zeitplans für die Nachweisführung / Überprüfung gilt Folgendes:*

*30. September 2022:*

*EK-I-Komponenten der Systeme JRC, LSE, LNA, JSI, JES, LNB*

*15. Dezember 2022:*

*EK-I-Komponenten der Systeme LDA/LDF, JAC, JNA, KCH, QIA, QNA*

*31. März 2023:*

*EK-I-Komponenten der Systeme PRW, KAC, KIV/Sicherheitsgebäudeisolation, KHV, SHV*

30. Juni 2023:

*EK-I-Komponenten der Systeme LSH, LSN, LBW, JCS, FAC/FEC, sowie Komponenten, die aufgrund der Erkenntnisse der systematischen Anlagenbegehungen (vgl. Forderung 4.4.2-1) als EK-I-Komponenten einzustufen sind.*

#### **Forderung 4.4.3-1**

*Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Ablassisolierventile JRC AOV 0459 A und JRC LCV 0459 B als mechanische Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung einzustufen und die Funktionsanforderungen an diese Armaturen in der Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 festzulegen.*

#### **Forderung 4.4.5-1**

*Die Massnahmen gemäss Beilage 3 der technischen Mitteilung «Hauptspeisewassersystem LSH»<sup>TM-16312</sup> (Untersuchung und ggf. Ertüchtigung der Armaturen LSH6700 und LSH6701) sind bis zum 30. September 2023 umzusetzen und dem ENSI zu melden.*

#### **Forderung 4.4.6-1**

*Das KKB hat für beide Blöcke die Auslegung der SK 2 klassierten Komponenten des Hilfsspeisewassersystems ab und mit der Hilfsspeisewasserpumpe bis zu dem zugehörigen Dampferzeuger vollständig (einschliesslich aller Zusatzlasten) nach den Anforderungen aktueller Bauvorschriften zu bewerten und dem ENSI bis zum 31. März 2023 einen entsprechenden Bericht einzureichen.*

#### **Forderung 4.4.8-1**

*Die korrekte Auslegung der NS-Speisewasserleitung LNA XP 0002 und der Rückschlagklappen LNA 2420 und 2421 sowie der Funktionsnachweis der mechanisch aktiven Rückschlagklappen für alle Lastfallstufen ist dem Sachverständigen des ENSI bis zum 31. März 2022 zur Überprüfung einzureichen.*

#### **Forderung 4.4.9-1**

*Das KKB hat die Funktionsanforderungen für die Notstandkomponenten, die für die Beherrschung des SSE (ENSI-2015) im Stillstandbetrieb notwendig sind, festzulegen und zu begründen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI bis zum 31. März 2022 einzureichen.*

#### **Forderung 4.4.9-2**

*Bei den Abweichungen A11, A2 und A21 des Sicherheitseinspeisesystems ist zusätzlich zu der vom KKB als Massnahme definierten festigkeitstechnischen Überprüfung der Level B-, C- und D-Lastfälle auch die Gültigkeit des Funktionsnachweises der angeschlossenen mechanisch aktiven Komponenten zu überprüfen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen.*

#### **Forderung 4.4.9-3**

*Die rechnerischen Nachweise der Rohrleitungsanlage im Bereich der Sicherheitseinspeisepumpen, der Containmentsprüh-pumpen und der Rezirkulationspumpen inklusive Verankerung und Pumpenbelastungen sind einschliesslich der zu unterstellenden Erdbebenlasten gesamthaft zu bewerten. Die Bewertung ist dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen.*

#### **Forderung 4.4.9-4**

*Die Diskrepanzen bei den Nachweisen der Armatur JSI MOV 0850-B sind zu klären. Die zu qualifizierenden Funktionsanforderungen sind übersichtlich zusammenzustellen. Die Quellen der Nachweise sind zu referenzieren. Falls Routineprüfungen und betriebliche Funktionstests als Funktionsnachweise unter Störfallbedingungen herangezogen werden, ist die Repräsentativität des Tests aufzuzeigen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI bis zum 30. September 2023 einzureichen.*



**Forderung 4.4.10-1**

Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Anforderungen an die Armaturen JAC MOV 0816, JAC MOV 817, JAC MOV 837 und JAC MOV 838 des Restwärmesystems so in der Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 festzulegen, dass deren Funktion nach SSE gefordert wird.

**Forderung 4.4.11-1**

Die Bereiche des Notstand-Sperrwassersystems mit identifizierten Abweichungen bei der Temperaturlauslegung sind konkret zu benennen, zu überprüfen und in die Massnahmenliste aus der Konformitätsprüfung aufzunehmen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI bis zum 30. September 2022 einzureichen.

**Forderung 4.4.12-1**

Das KKB hat bis zum 31. März 2022 den Nachweis für die korrekte Auslegung der Saugleitung JSI XP 0035 bis und mit JES XP 0001 einzureichen.

**Forderung 4.4.13-1**

Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Rückschlagklappen KCH 1318 bis 1321 und 1326 bis 1329 und die Isolationsarmaturen KCH 0294 A/B des Chemie- und Volumenregelsystem als mechanische Komponenten mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung einzustufen und die Funktionsanforderungen, insbesondere bei Erdbeben, an diese Armaturen in der Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 festzulegen. Die Anforderung an die Rückschlagklappen in der Ladeleitung (KCH 0285-A und KCH 427) sind so zu korrigieren, dass deren Schliessen bei Erdbeben gewährleistet ist.

**Forderung 4.4.13-2**

Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Anforderungen an die Isolationsarmaturen KCH MOV 1307/1317 und KCH AOV 1407/1417 in der Sperrwasserzulaufleitung anzupassen, indem deren Funktion auch während SSE gefordert wird, und hat diese in der Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 aufzunehmen.

**Forderung 4.4.13-3**

Das KKB hat für die Motorarmaturen KCH MOV 1307/1317 dem ENSI bis zum 30. September 2022 die vollständigen Unterlagen zum Integritätsnachweis bei Abschaltversagen einzureichen.

**Forderung 4.4.14-1**

Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die festgelegten Anforderungen an die mechanischen Komponenten des Notstand-Brunnenwassersystems mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung (Pumpe LNB 0001, RSK LNB 2501) anzupassen, indem deren Funktion auch während SSE gefordert wird, und hat diese in die Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 aufzunehmen.

**Forderung 4.4.15-1**

Im Rahmen der erweiterten Bestandsaufnahme des Brunnenwassersystems ist die Auslegung der Rohrleitungen 00LBW XP 0100 und 10LBW XP 0400 inklusive der enthaltenen Komponenten zu beurteilen. Die Beurteilung der überwachungspflichtigen Komponenten ist dem ENSI bis zum 30. September 2023 einzureichen.

**Forderung 4.4.15-2**

- a) Zur Bestätigung der Angaben zur Auslegung sind dem ENSI die Auslegungsdokumente der Rückschlagklappen LBW 5915 sowie der Rohrleitungsabschnitte 11/12 LBW XP 0200 zusammen mit der angepassten Komponentenliste und mit den erforderlichen Referenzdokumenten bis zum 31. März 2023 einzureichen.
- b) Die Nachweise zur korrekten Auslegung der Komponenten des LBW-Systems an den Schnittstellen zu den LBD/LSN-Systemen gemäss angepasster Komponentenliste sind dem ENSI bis zum 30. September 2023 zusammen mit den erforderlichen Referenzdokumenten einzureichen.

**Forderung 4.4.18-1**

Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Komponenten der Sicherheitsgebäudedurchdringungen (Armaturen und Rohrleitungsabschnitte mit Containmentcharakter) in die Erdbebenklasse EK I einzustufen und die Anforderungen an diese Armaturen und Rohrleitungen zu überarbeiten. Hierbei sind auch mögliche Einwirkungen der anschliessenden, niedriger klassierten Rohrleitungsabschnitte auf die Komponenten der Sicherheitsgebäudedurchdringungen zu berücksichtigen. Insbesondere sind die Einstufungen der Isolations- und Absperrarmaturen als mechanisch aktiv während und nach dem SSE (ENSI-2015) zu überprüfen und festzulegen. Diese Anforderungen sind in die Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 aufzunehmen.

**Forderung 4.4.19-1**

Das KKB hat die Systemauslegungsanforderungen für die in SK 4 klassierten Anlagenteile des Systems zur gefilterten Druckentlastung neu festzulegen, die technische Mitteilung «Gefilterte Druckentlastung SIDRENT»<sup>TM-16316</sup> entsprechend zu überarbeiten und diese dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen. Alternativ können bis zu diesem Termin auch Nachweise eingereicht werden, aus denen hervorgeht, dass der genannte Systembereich für einen Überdruck von 5,4 bar und 166 °C ausgelegt ist.

**Forderung 4.4.19-2**

Das KKB hat zu prüfen, ob das System zur gefilterten Druckentlastung des Containments (SIDRENT) einen Rückhaltefaktor von 10 für organisches Iod aufweist. Die Ergebnisse sind in einem Bericht darzulegen, der dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen ist.

**Forderung 4.4.20-1**

Zur Korrektur der Komponentenlisten bei den Komponenten JCS MOV 8100/8101, JCS FE 8019, JCS XP 0020/0101, JCS 8051/8052 und JCS XP 0060 hinsichtlich einer Auslegungstemperatur von 130 °C sind dem ENSI die Akzeptanzschreiben des Sachverständigen bis zum 31. März 2023 einzureichen.

**Forderung 4.4.20-2**

Die vom Sachverständigen bestätigte Auslegung der Rohrleitungsabschnitte JCS XP 0001 bis 0007, JCS XP 0014/0018 und 0033 sowie der Armaturen JCS MOV 8056/8100/8101/8103/8110/8111 ist dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen, wobei die Anforderungen aus Tabelle 2-1 in der technischen Mitteilung «Containmentsprühsystem (JCS)»<sup>TM-16305</sup> abdeckt sein müssen.

**Forderung 4.4.21-1**

Das KKB hat die Luftkanäle auf der Austrittsseite der Containment-Umluftventilatoren, mit denen auch bei einem Störfall die gekühlte Luft ins Containment abgegeben wird, in den Umfang der zu prüfenden Komponenten für die Störfallbeherrschung aufzunehmen. Die Ergebnisse der Prüfung der fehlenden Komponenten sind in die technische Mitteilung «Containmentkühl- und -Umluftsystem (KHV)»<sup>TM-16314</sup> einzuarbeiten und dem ENSI bis zum 31. März 2023 einzureichen.

**Forderung 4.4.23-1**

Das KKB hat bis zum 31. März 2022 die Anforderungen an die mechanisch aktiven Komponenten der Lüftung des Notstandgebäudes und des Brennstofflagers mit aktiver Funktion zur Störfallbeherrschung zu prüfen und anzupassen, indem deren Funktion ggf. auch während SSE gefordert wird. Diese Anforderungen sind in die Komponentenliste gemäss Forderung 4.4.2-1 aufzunehmen.

**Forderung 4.4.24-1**

Das KKB hat die getroffenen Massnahmen bezüglich der eingesetzten Werkstoffe im QIA-System und den aktuellen Stand des Werkstoffwechsels von Kupferlegierungen zu austenitischem Stahl dem ENSI bis zum 31. März 2023 darzulegen.

**Forderung 4.5.3-1**

Das KKB hat bis zum 30. September 2022 eine Verbindungsmöglichkeit mit einem externen Netz vorzubereiten und mittels eines Tests deren Funktionsfähigkeit aufzuzeigen.

**Forderung 5.2.2-1**

Entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03 ist für alle Komponenten, welche das Selektionskriterium gemäss Richtlinie ENSI-A06 Kap. 6.5 erfüllen, eine systematische Alterungsüberwachung gemäss Richtlinie ENSI-B01 durchzuführen und in Steckbriefen zu dokumentieren. Für die noch nicht gemäss Richtlinie ENSI-B01 dokumentierten PSA-relevanten Komponenten sind die dementsprechenden Steckbriefe bis zum 30. Juni 2023 zu erstellen bzw. zu revidieren und dem ENSI einzureichen.

**Forderung 5.2.2-2**

Entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03 ist seitens des KKB aufzuzeigen, wie die relevanten Alterungsmechanismen von maschinentechnischen Ausrüstungen, die nach Richtlinie ENSI-G01 klassiert sind, jedoch nicht der systematischen Alterungsüberwachung in Form von Steckbriefen gemäss Kapitel 7 der Richtlinie ENSI-B01 unterliegen, identifiziert worden sind und durch welche Massnahmen der Instandhaltung sowie präventiven Programmen die Alterungsüberwachung sichergestellt bzw. dem unerwarteten alterungsbedingten Ausfall der SSK entgegengewirkt wird (Termin: 30. Juni 2022).

**Forderung 5.2.2-3**

Die im KKB angewendete Ersatz- oder Nachbesserungsstrategie ist entsprechend den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03, Kap. 5.4.1 d. ausführlich darzulegen. Insbesondere ist aufzuzeigen, wie die im Rahmen der Auswertung der jeweiligen «wiederkehrenden Steckbriefüberprüfung» gewonnenen Ergebnisse und die Erkenntnisse aus der Instandhaltung in die Strategie einfließen. Es ist darzulegen, wie die maximale Einsatzdauer für eine Komponente bestimmt wird, und die Vorgehensweise aufzuzeigen, mit der festgelegt wird, wann eine Komponente ertüchtigt oder ersetzt wird (Termin: 31. März 2023).

**Forderung 6.1.4-1**

Das KKB hat

- a) bis zum 15. Dezember 2022 das Ereignisspektrum auf Vollständigkeit und Konformität mit den Anforderungen der aktuellen Richtlinie ENSI-A01 zu überprüfen. Insbesondere ist die Vollständigkeit des Ereignisspektrums hinsichtlich des Nulllastbetriebes, des An- und Abfahrens und Stillstandes sowie der Erweiterungen der zu beherrschenden SE4a-Ereignisse zu prüfen;
- b) bis zum 15. Dezember 2024 die fehlenden Sicherheitsanalysen (gemäss Teilforderung 6.1.4-1 a), welche nicht durch die Auswirkungen anderer technischer Sicherheitsanalysen abgedeckt sind, zu ergänzen. Für die Erfüllung der Teilforderung sind zusätzlich die Ausführungen im Kap. 6.2 zu berücksichtigen.

**Forderung 6.1.4-2**

Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2023 den Störfall «Absturz schwerer Lasten» um weitere Szenarien, welche das Versagen verschiedener Hebezeuge in den sicherheitsrelevanten Gebäuden berücksichtigen, zu ergänzen, entsprechend der zu erwartenden Absturzhäufigkeit zu kategorisieren und die Auswirkungen zu analysieren.

**Forderung 6.1.5-1**

Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 die Eintrittshäufigkeit

- a) des Störfalls «Frischdampfleitungsbruch bei Vollast» ohne und mit Einzelfehler neu zu bestimmen, darauf basierend die Störfallkategorie festzulegen und ggf. die Einhaltung der technischen Nachweiskriterien zu zeigen;

- b) für die Störfälle «Ausfall des Restwärmesystems» und «Kühlmittelverlust» im Mitte-Loop-Betrieb unter Berücksichtigung aller Zeitanteile ohne und mit Einzelfehler neu zu bestimmen.

#### **Forderung 6.2.8-1**

- a) Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2022 interne Überflutungen im Ringraum und im BOTA-Gebäude inkl. dazugehörigem Versorgungskanal zu untersuchen. Für die Erfüllung ist ebenfalls Teilforderung b) zu berücksichtigen.

#### **Forderung 6.2.8-1**

- b) Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2023 die Eintrittshäufigkeiten für interne Überflutungen anhand der Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 für jedes (auch zeitweise) wasserführende System (inkl. Behälter) zu bestimmen, die Auswirkungen zu bewerten und zu dokumentieren sowie die Einhaltung der entsprechenden Nachweiskriterien gemäss Art. 9-11 der Gefährdungsannahmen-Verordnung zu zeigen. Für die Bestimmung der Eintrittshäufigkeiten sind ebenfalls Fehlauflösungen oder das Fehlfahren von Ventilen/Armaturen zu berücksichtigen, welche zu einer internen Überflutung führen können.

#### **Forderung 6.2.8-1**

- c) Das KKB hat bis zum 15. Dezember 2022 für alle Durchdringungen zwischen den Gebäuden aufzuzeigen, dass diese nicht von einer internen Überflutung betroffen sind oder eine ausreichende Dichtheit besitzen. Falls der Nachweis der Dichtheit nicht erbracht werden kann, sind die Folgen eines möglichen Wasserübertritts in andere Gebäude zu bewerten.

#### **Forderung 6.2.8-2**

- a) Das KKB hat die Eintrittshäufigkeiten interner Brände unter Berücksichtigung der aktuellen Brand-PSA gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 sowie ihre Auswirkungen unter Einbezug der radiologisch relevanten Komponenten auf Basis der im Brandschutzkonzept definierten Brandabschnitte bis zum 30. Juni 2023 zu bestimmen. Ferner ist zu zeigen, dass für die gemäss Richtlinie ENSI-A01 zu untersuchenden MSO-induzierten Störfallszenarien die Akzeptanzkriterien eingehalten werden.

#### **Forderung 6.2.8-2**

- b) Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 die Auswirkungen von Bränden im BOTA-Gebäude hinsichtlich der Verfügbarkeit der für die einzelnen Abfahrpfade benötigten Komponenten zu untersuchen.

#### **Forderung 6.2.8-2**

- c) Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 die in der Analyse «Deterministic Safety Assessment of Internal Fire in the Atmospheric Steam Dump Station of KKB Units 1 and 2»<sup>TM-511-RA19019</sup> identifizierten Verbesserungsmaßnahmen für die Frischdampf-Abblasestation zum Schutz gegen interne Brände umzusetzen.

#### **Forderung 6.2.8-2**

- d) Das KKB hat bis zum 31. Dezember 2021 die aus den Analysen abgeleiteten organisatorischen Massnahmen bezüglich mobiler Brandlasten im Notstandgebäude im Brandschutzkonzept bzw. in den administrativen Weisungen des KKB umzusetzen.

#### **Forderung 6.2.8-2**

- e) Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 die Auswirkungen interner Brände im Notstandleitstand unter Berücksichtigung der Anforderungen der Richtlinie ENSI-A01 Kap. 4.7.1 neu zu analysieren.

**Forderung 6.2.11-1**

Das KKB hat für den mehrfachen Dampferzeugerheizrohrbruch bis zum 30. Juni 2023 ein Beherrschungskonzept unter Berücksichtigung der internationalen Erkenntnisse aufzuzeigen, welches eine langfristige Nachwärmabfuhr gewährleistet. Bei der Bewertung sind mögliche Folgeschäden, wie bspw. Wasser- und Druckschläge auf die Dampferzeugersicherheits- und Abblaseventile aus der Überfüllung des defekten Dampferzeugers, zu berücksichtigen.

**Forderung 6.3.6-1**

Das KKB hat im Rahmen der Notfallvorsorge für eine Beurteilung von Interventionsmöglichkeiten bei schweren Unfällen die zu erwartenden radiologischen Bedingungen für das Personal bei der Durchführung von Notfallmassnahmen abzuschätzen und in einem Bericht darzulegen, wie die Anforderungen aus Kapitel 9 der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt werden. Termin 30. Juni 2023

**Forderung 6.4.3-1**

Die deterministische Sicherheitsanalyse zum internen Brand im Rückstandslager ist bis zum 30. Juni 2024 zu überarbeiten. Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:

a) Die Brandeintrittshäufigkeiten sind gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 brandabschnittsweise mit und ohne wirksamsten Einzelfehler zu bestimmen. Basierend darauf ist die Einhaltung der Nachweiskriterien zu zeigen. Die benötigten Zeiten zur Durchführung der Brandbekämpfung sind zu belegen.

**Forderung 6.4.3-1**

b) Es sind die abdeckenden Auswirkungen eines Brandes mit Ursprung im jeweiligen Brandabschnitt des Rückstandslagers unter Berücksichtigung der Branddauer und allfälligen damit verbundenen Freisetzung aus Abfallgebinden zu ermitteln.

**Forderung 6.4.3-1**

c) Das KKB hat die Tabelle Beilage 1 Teil C (Zusammenstellung potentiell brennbarer aktiver Stoffe) des Brandschutzkonzeptes auf Aktualität zu überprüfen und entsprechend anzupassen. Es sind in der deterministischen Analyse des internen Brandes abdeckende Randbedingungen (Brandlasten) anzusetzen.

**Forderung 6.4.3-1**

d) Das KKB hat das Anlageverhalten (wie Schliessen von Brandschutzklappen und Aktionen der Brandfallsteuerung) sowohl bei der Ermittlung des Schadensbildes als auch bei der Festlegung des Freisetzungspfad es zu berücksichtigen. Es ist ein Notstromfall anzunehmen, sofern dieser den Störfallablauf negativ beeinflusst.

**Forderung 6.4.3-2**

Das KKB hat bis zum 30. Juni 2023 für die Analyse zum Flugzeugabsturz auf das Rückstandslager<sup>steag-5</sup> die Ausbreitungs- und Dosisberechnung insbesondere für den Gebindetyp H(100in200I) zu überprüfen, ggf. zu korrigieren und dem ENSI darüber zu berichten.

**Forderung 7.2-1**

Bis Ende 2024 sind sämtliche in der Aktionsliste zur BERA2020 aufgeführten Verbesserungspunkte umzusetzen und das PSA-Modell inklusive zugehöriger Dokumentation dem ENSI einzureichen. Ferner ist zu jedem in der Aktionsliste festgehaltenen Verbesserungspunkt darzulegen, wie dieser im neuen Modell beziehungsweise in der neuen Dokumentation umgesetzt wurde.

**Forderung 8.1.3-1**

*Das KKB hat dem ENSI bis zum 20. Juni 2022 in einem Bericht die Vorgehensweise bei sicherheitsrelevanten Entscheidungen im Falle abweichender Meinungen bzw. bei Konflikten zwischen Unternehmens- und Kraftwerksleitung darzulegen. Dabei ist insbesondere darzulegen, wie sichergestellt wird, dass das Abhängigkeitsverhältnis von Unternehmens- und Kraftwerksleitung keinen ungünstigen Einfluss auf die Sicherheit hat (vgl. Richtlinie ENSI-G07). Aus dem Bericht muss weiter ersichtlich sein, wie bei der Entscheidungsfindung gewährleistet wird, dass die Selbstverpflichtung der Axpo (vgl. Nukleare Sicherheits-Charta) umgesetzt wird. Die Darlegungen im Bericht sind, wenn immer möglich, mit Beispielen zu illustrieren.*

**Forderung 10.1.4-1**

*Das KKB wird aufgefordert, den Betrachtungsumfang des AÜP zum Alterungsmechanismus thermische Alterung von austenitischen Gusskomponenten des Primärkreislaufs und der einbindenden Systeme mit einer Betriebstemperatur von grösser als 250 °C unter Berücksichtigung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik zu überprüfen. Die Betrachtung muss dabei auch die Auswirkungen auf den Langzeitbetrieb umfassen.*

*Im Hinblick auf eine Betriebszeit von 60 Jahren ist die Weiterentwicklung des Standes von W/T auf den Fachgebieten Leck-vor-Bruch-Nachweise und thermische Alterung detailliert zu analysieren und die Auswirkung von neuen Trends und Entwicklungen auf den Langzeitbetrieb zu bewerten. Die Ergebnisse der Abklärungen sind dem ENSI im Rahmen der Aktualisierung der LBB-Analysen unter Berücksichtigung der neuen seismischen Gefährdungsannahmen ENSI-2015 einzureichen (Termin: 30. Juni 2023).*

**Forderung 10.1.5-1**

*Das KKB wird aufgefordert, die gewonnenen Daten des On-Line-Monitoringsystems zur Beurteilung der Korrosionsraten der Stahldruckschale zusammenfassend für Block 1 und Block 2 in einem Bericht darzustellen. Der Betrachtungszeitraum für den Erstbericht soll dabei die Zeiträume der Erstinbetriebnahme bis Ende 2021 umfassen. Der Bericht ist alle 4 Jahre zu aktualisieren und dem ENSI einzureichen (Termin 30. Juni 2022).*

**Forderung 10.1.5-2**

*Weiterhin wird das KKB dazu aufgefordert, die Leckstellensuche im Bereich der Reaktorgrube und des Transferkanals mit geeigneten technischen Verfahren fortzusetzen, da durch fortschreitende Korrosionsprozesse die Integrität sowohl des Cavity-Liners als auch der Stahldruckschale gefährdet ist. Dazu ist eine Konzeptstudie zur Leckstellensuche zu erstellen und dem ENSI einzureichen (Termin: 30. Juni 2022).*

**Forderung 10.2.4-1**

*Das KKB hat bis zum 30. September 2022 ein Nachrüstungskonzept zur Verbesserung der seismischen Robustheit der Nachwärmeabfuhr (Kalt-Abfahren ohne Öffnen des Primärkreises) einzureichen.*

## Anhang 1: Abkürzungen

ABC	Airways, Breathing, Circulation
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AGT	Abfallgebindetyp
AM	Accident Management
ANIS	Anlageinformationssystem
ANPA	Anlageparameter-System
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ATWS	Anticipated Transient Without Scram
AÜP	Alterungsüberwachungsprogramm
AURA	Aufbereitung der radioaktiven Abwässer
AV	Arbeitsvorschrift
AVT	All Volatile Treatment
Axpo	Axpo Power AG (vormals NOK)
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BE	Brennelement
BOTA	Borwassertank
BW	Brennelementwechsel
CCF	Common Cause Failure
CDF	Core Damage Frequency
CHF	Critical Heat Flux
CIS	Chemie-Informationssystem
CRUD	Ablagerungen auf Brennstaboberflächen
DMS	Dokumentenmanagementsystem
DNBR	Departure from Nucleate Boiling Ratio
DRMS	Digital Radiation Monitoring System
DZO	Depleted zinc oxide
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EELB	Endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs
EKKB	Ersatzkernkraftwerk Beznau
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EPD	Elektronisches Personen-Dosimeter
EPRI	Electric Power Research Institut
ERSIM	Projekt Erhöhung der Sicherheitsmargen
ERU	Enriched Reprocessed Uranium
EXAR	Projekt Gefahregrundlagen für Extremhochwasser an Aare und Rhein

FDf	Fuel Damage Frequency
FDSR	Fuel Rod Storage Rack
FO <sup>2</sup> RDEC	Facts, Objectives, Options, Risks, Decision, Execution, Check
FTE	Full Time Equivalent
FV	Fussel-Vesely (-Importanz)
GNU	Gesamtnotfallübung
GSKL	Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter
HAA-Lager	Hochaktivlager
HCLPF	High Confidence of Low Probability of Failure
HEP	Human Error Probability
HKR	Hauptkommandoraum
HRA	Human Reliability Analysis
IAEA	International Atomic Energy Agency
iMS	Integriertes Managementsystem
INES	International Nuclear and Radiological Event Scale
IRA	Institut Universitaire de Radiophysique
ISK	Interne Sicherheitskommission
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
LERF	Large Early Release Frequency
LOCA	Loss of Coolant Accident
LUK	Lernen unter Kollegen
MADUK	Messnetz zur automatischen Erfassung der Dosisleistung in der Umgebung der Kernkraftwerke
MiF	Manager in the Field
MOX	Mischoxid
NAZ	Nationale Alarmzentrale
NLS	Notstand-Leitstand
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NOVO	Notfallvorsorge
NRC	Nuclear Regulatory Commission
ODL	Ortsdosisleistung
PAR	Passive Autokatalytische Rekombinatoren
PASS	Post Accident Sampling System
PCMI	Pellet Cladding Mechanical Interaction
PGA	Peak Ground Acceleration
PRP	PEGASOS Refinement Project
PRP-IH	PEGASOS Refinement Project Intermediate Hazard
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSI	Paul Scherrer Institut



PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
QS	Qualitätssicherung
RA	Revisionsabstellung
RABE	Rasche Alarmierung der Bevölkerung
RAW	Risk Achievement Worth
RCCA	Rod Control Cluster Assemblies
RDB	Reaktordruckbehälter
REF-SA	Referenz-Sicherheitsanalyse
ROPE	Rod OverPressure Experiments
RS-Lager	Rückstandslager
RSE	Reactor Safety Evaluation
RSAC	Reload Safety Analysis Checklist
SAA-Lager	Lager für schwachaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidance
SLERF	Stillstands-LERF
SOL	Sicherheit durch Organisationales Lernen
SRP	Sicherheitsrelevante Parameter
SSE	Safe Shutdown Earthquake
SSK	Strukturen, Systeme und Komponenten
STAR	Stop, Think, Act, Review
SVTI	Schweizerischer Verein für technische Inspektionen
TLB	Transport- und Lagerbehälter
TLD	Thermolumineszenz-Detektoren
TRAR	Total Risk of Activity Release
TS	Technische Spezifikationen
TSBO	Total Station Blackout
TSC	Technical Support Center
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VAT	Volumen-Ausgleichstank
VKF	Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen
WANO	World Association of Nuclear Operators
WQ	Wirkungsquerschnitte
ZfP	Zerstörungsfreie Prüfungen
ZWIBEZ	Zwischenlager Beznau
Zwilag	Zwischenlager Würenlingen AG
ZZL	Zentralen Zwischenlager Würenlingen



## Anhang 2: Referenzen

TM-16000	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16000, «Mehrblockanlagen» vom 15. Juni 2018
TM-16101	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16101, «Standort» vom 15. Juni 2018
TM-16102	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16102, «Stand der Forderungen» vom 15. Juni 2018
TM-16103	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16103, «Übergeordnetes Auslegungskonzept» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 29. März 2019
TM-16201	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16201, «Betriebserfahrung» vom 15. April 2018
TM-16202	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16202, «Vorkommnisse», Rev. 1 vom 15. Juni 2018
TM-16203	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16203, «Reaktorkern, Brenn- und Steuerelemente» vom 20. März 2018
TM-16204	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16204, «Strahlenschutz» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev.1 vom 23. Juli 2018
TM-16205	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16205, «Wasserchemie», Rev. 1 vom 15. Juni 2018
TM-16206	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16206, «Umgebungsüberwachung» vom 15. Juni 2018
TM-16207	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16207, «Radioaktive Abfälle, abgebrannte Brennelemente und Transporte» vom 15. Juni 2018
TM-16208	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16208, «Betriebserfahrung in vergleichbaren Anlagen, Verfolgen des Standes von Wissenschaft und Technik», Rev. 1 vom 26. Juni 2018
TM-16301	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16301, «Reaktorkühlsystem (JRC)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 27. September 2019
TM-16302	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16302, «Druckhaltesystem (JRC)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 27. September 2019
TM-16303	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16303, «Reaktorabschaltsystem (JRA/JRP)» vom 15. Juni 2018
TM-16304	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16304, «Sicherheitseinspeisesystem (JSI)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 2 vom 30. September 2020
TM-16305	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16305, «Containmentsprühsystem (JCS)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 17. August 2020
TM-16306	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16306, «Restwärmesystem (JAC)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 29. November 2019
TM-16307	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16307, «Notstand-Sperrwassersystem (JNA)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 4. Oktober 2019
TM-16308	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16308, «Hilfsspeisewassersystem (LSN)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 21. April 2020
TM-16309	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16309, «Notspeisewassersystem (LSE)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 2 vom 30. September 2019
TM-16310	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16310, «Notstand-Speisewassersystem (LNA)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 4. Oktober 2019
TM-16311	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16311, «Frischdampfsystem (LDA, LDF, MTB)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 27. November 2019

TM-16312	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16312, «Hauptspeisewassersystem LSH» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 16. April 2020
TM-16313	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16313, «Sicherheitsgebäudeisolation (inkl. KIV)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 20. Dezember 2019
TM-16314	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16314, «Containmentkühl- und Umluftsystem (KHV)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 1. Mai 2020
TM-16315	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16315, «Ringraum-Unterdruckhaltung (KHV)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 23. Juni 2020
TM-16316	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16316, «Gefilterte Druckentlastung SIDRENT» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 27. Juni 2020
TM-16317	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16317, «Wasserstoffabbausystem KHV» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 29. Juni 2020
TM-16318	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16318, «Reaktorschutz- und Regelsystem (CL)» vom 15. Juni 2018
TM-16319	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16319, «Notstand-Schutzsystem (CN)» vom 15. Juni 2018
TM-16320	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16320, «Nuklearinstrumentierung (JNI)» vom 15. Juni 2018
TM-16321	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16321, «Kernüberwachung (JFT)» vom 15. Juni 2018
TM-16322	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16322, «Aktivitätsüberwachung (KRM)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 12. Dezember 2019
TM-16323	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16323, «Wechselstromversorgung» vom 15. Juni 2018
TM-16324	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16324, «Gleichstromversorgung» vom 15. Juni 2018
TM-16325	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16325, «Gesicherte Wechselstromversorgung» vom 15. Juni 2018
TM-16326	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16326, «BE-Lagersysteme (FAC, FEC)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 17. August 2020
TM-16327	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16327, «Hauptkühlwasser (PRH)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 1. Mai 2020
TM-16328	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16328, «Primäres Nebenkühlwasser (PRW)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 16. Dezember 2019
TM-16329	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16329, «Sekundäres Nebenkühlwasser (PRN)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 17. August 2020
TM-16330	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16330, «Primäres Zwischenkühlsystem (KAC)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 20. Dezember 2019
TM-16331	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16331, «Sekundäres Zwischenkühlsystem (PKZ)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 31. August 2020
TM-16332	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16332, «Brunnenwassersystem (LBW)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 31. August 2020
TM-16333	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16333, «NS-Brunnenwassersystem (LNB)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 4. Oktober 2019
TM-16334	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16334, «Chemie- und Volumenregelsystem (KCH)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 29. November 2019

TM-16335	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16335, «Steuerluftsysteme QIA, QNA» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 29. November 2019
TM-16336	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16336, «Lüftungssysteme (KHV, SHV)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 29. Juni 2020
TM-16337	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16337, «Reinigungskreisläufe für HKM und BOTA» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 30. September 2020
TM-16338	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16338, «Hebezeuge (SME)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 18. Dezember 2019
TM-16339	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16339, «Rückstandsaufbereitung (KWD)» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 30. September 2020
TM-16340	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16340, «Stahldruckschale Sicherheitsgebäude» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 17. August 2020
TM-16341	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16341, «Notstandgebäude 1/2UP; Filtergebäude 1/2 UY; Notstandbrunnen 0UX; BOTA-Gebäude 1/2UU» vom 15. Juni 2018
TM-16342	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16342, «Notspeisewassergebäude 1/2 UU» vom 15. Juni 2018
TM-16343	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16343, «Nebengebäude 1/2UN, Werkhalle 0UC» vom 15. Juni 2018
TM-16344	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16355, «Maschinenhaus 1/2 UM; Laborgebäude L; Primärgarderobe 0UJ» vom 15. Juni 2018
TM-16345	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16345, «Unterirdische Bauwerke; Kühlwassergebäude 1/2UK» vom 15. Juni 2018
TM-16346	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16346, «Rückstandslager 0UN(R); Zwischenlager 0UL» vom 15. Juni 2018
TM-16347	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16347, «Stauwehr ohne Wehrbrücke; Oberwasserkanal» vom 15. Juni 2018
TM-16348	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16348, Rev. 0 «Probenahmesystem (KSL)» vom 15. Juni 2018
TM-16349	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16349, «Brandschutzsystem» vom 15. Juni 2018
TM-16350	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16350, «Notsperrwassersystem JES» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 4. Oktober 2019
TM-16351	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16351, «Sicherheitsgebäude 1/2US und 1/2UR» vom 15. Juni 2018
TM-16352	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16352, «Dieselgebäude Nord und Süd 1/2 UT» vom 15. Juni 2018
TM-16353	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16353, «Leittechnik LSE und JES» vom 15. Juni 2018
TM-16354	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16354, «Leittechnik Notstromversorgung» vom 15. Juni 2018
TM-16400	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16400, «Alterungsüberwachung» vom 15. Juni 2018, später revidierte Fassung: Rev. 1 vom 30. Oktober 2019
TM-16501	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16501, «Deterministische Sicherheitsanalyse» vom 15. Juni 2018

TM-16502	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16502, «Probabilistische Sicherheitsanalyse», Rev. 1 vom 25. Juni 2018
TM-16600	KKB Technische Mitteilung TM-513-R 16600, «Organisation und Personal» vom 15. Juni 2018
TM-16700	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16700, «Notfallvorsorge und Notfallmanagement» vom 15. Juni 2018
TM-16800	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16800, «Sicherheitstechnischer Nachweis für den Langzeitbetrieb» vom 15. Juni 2018
TM-16900	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 16900, «PSÜ2017 Gesamtbewertung» vom 15. Juni 2018
TM-18014	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 18014, «Bewertung der Baustrukturen; Aktualität der zur Qualifikation verwendeten Normen» vom 15. Juni 2018
TM-18030	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 18030, «Glossarliste für PSÜ-Dokumente» vom 15. Juni 2018
TM-18031	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 18031, «PSÜ Referenzenliste» vom 15. Juni 2018
TM-19025	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 19025, «SÜSILA, Grobprüfung Bauwerke, Nachforderung 4.1-1 (Mauerwerkswände), Nachforderung 4.1-2 (Befestigungen)» vom 26. Juni 2019
TM-20024	KKB, Technische Mitteilung TM-513-R 20024, «Seismische Anforderungen an aktive EK I* klassierte Komponenten» vom 10. August 2020
TM-M-16091	KKB, Technische Mitteilung TM-233-M 16091, «KKB 1; Korrosion Stahldruckschale Block 1; Stand und weiteres Vorgehen nach Auswertung Inspektionsbohrungen 2016 (ENSI Geschäft Nr. 14/11/005)» vom 19. April 2017
TM-MP-11055	KKB, Technische Mitteilung TM-233-MP 11055, «Korrosion Stahldruckschale Block 1», Rev. 1 vom 28. Februar 2014
TM-MQ-18029	KKB, Technische Mitteilung TM-513-MQ18029, «Zusammenfassende Darstellung von eingeleiteten Massnahmen auf Grund der Auswertung von internen und externen Erfahrungen im Bereich Maschinentechnik», Rev. 1 vom 30. Juni 2019
TM-US-12006	KKB, Technische Mitteilung TM-684-US12006, „Konzept Einhalten Zwei-Barrieren-Kriterium“, Rev. 0 vom 15. Juni 2012
TM-511-R18046	KKB, Technische Mitteilung TM-511-R 18046, «Aktualisierung der Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) für KKB gemäss ENSI-Verfügung vom 26.05.2016», Dezember 2018
TM-511-RA10031	KKB Technische Mitteilung TM-511-RA10031, «Neueinteilung der Auslegungsstörfälle in Störfallkategorien gemäss ENSI-A01 und BERA2009», Rev. 2 vom 1. Juli 2015
TM-511-RA11014	KKB Technische Mitteilung TM-511-RA11014, «Überprüfung der Störfallgruppe 9 «Einwirkungen von Aussen»», Rev. 0 vom 1. Dezember 2012
TM-511-RA12010	KKB Technische Mitteilung TM-511-RA12010; «Analyse der Dichtheit der Containment-Abspernung nach einem Erdbeben mit nachfolgendem Hochwasser»; Revision 1, 30. September 2012
TM-511-RA12014	KKB Technische Mitteilung TM-511-RA12014, «Deterministischer Sicherheitsnachweis für das 10'000-jährliche Erdbeben», Rev. 1 vom 15. Dezember 2018
TM-511-RA13100	KKB Technische Mitteilung TM-511-RA13100, «Zusammenfassung der Ergebnisse der radiologischen Analysen der Auslegungsstörfälle» vom 18. Dezember 2013
TM-511-RA13101	KKB Technische Mitteilung TM-511-RA13101, «Basisbericht zu den Transport- und Dosismodellen für die radiologische Störfallanalyse», Dezember 2013
TM-511-RA13102	KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA13102, «Radiologische Analyse Dampferzeugerheizrohrbruch», Dezember 2013

- TM-511-RA13103 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA13103, «Radiologische Analyse Brennelement-Handhabungsunfall», Dezember 2013
- TM-511-RA13104 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA13104, «Radiologische Analyse Auslegungs-Kühlmittelverluststörfall», Dezember 2013
- TM-511-RA13105 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA13105, «Radiologische Analyse Stabauswurf», Dezember 2013
- TM-511-RA13106 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA13106, «Frischdampfleitungsbruch ausserhalb Containment», Dezember 2013
- TM-511-RA13107 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA13107, «Radiologische Analyse Fehlöffnen von Frischdampf-Abblaseventilen», Dezember 2013
- TM-511-RA13108 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA13108, «Radiologische Analyse Ausfall Netzeinspeisung», Dezember 2013
- TM-511-RA13112 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA13112, «Bewertung der neuen technischen Störfallanalysen» vom 15. Dezember 2013
- TM-511-RA18016 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA18016, «Einfacher Heizrohrbruch -Abschätzungen zum Wärmeeintrag», 15. Juni 2018
- TM-511-RA19019 KKB, Technische Mitteilung TM-513-RA19019, «Deterministic Safety Assessment of Internal Fire in the Atmospheric Steam Dump Station of KKB Units 1 and 2», 2. Dezember 2019
- TM-211-RN14016 KKB, Technische Mitteilung TM-211-RN14016, «Beznau-spezifische Gefährdung durch qualitative klimatologische Parameter», Rev. 0 vom 25. Februar 2014
- TM-511-RN15059 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RN15059, «Antwort zu ERSIM-Forderung 1», Rev. 1 vom 11. Januar 2016
- TM-511-RN16020 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RN16020, «Aktualisierung der Beznau-Volllast PSA zur BERA2016» vom 23. Juni 2016
- TM-511-RN16044 KKB, Technische Mitteilung TM-511-RN16044, «Anpassungen an der Beznau-Stillstand PSA zur BESRA16», Rev. 1 vom 31. Januar 2017
- AN-513-R20021 KKB, Aktennotiz AN-513-R 20021, «Terminplanung für die in den Systempaketen 1 bis 4 identifizierten kurzfristigen Massnahmen» vom 30. Juni 2020
- TM-513-RA20022 KKB, Technische Mitteilung TM-513-RA20022, Rev. 0 «Abarbeitung der Massnahmen aus der Konformitätsprüfung (SÜSILA) mit kurzfristiger Priorisierung» vom 2. November 2020
- TM-513-RN18007 KKB, Technische Mitteilung TM-513-RN18007, «Zusammenfassende probabilistische Ereignisanalyse für die Jahre 2012-2016» vom 17. Mai 2018
- TM-513-RN18012 KKB, Technische Mitteilung TM-513-RN18012, «Probabilistische Bewertung der Anlagenänderungen 2012-2016» vom 24. Mai 2018
- TM-513-RN18013 KKB, Technische Mitteilung TM-513-RN18013, «Bewertung des Schutzes gegen auslegungsüberschreitende Störfälle gemäss UVEK Verordnung» vom 24. Mai 2018
- TM-513-RN18015 KKB, Technische Mitteilung TM-513-RN18015, «Sicherheitstechnisch relevante Komponenten gemäss PSA», Rev. 1 vom 26. Mai 2018
- TM-513-RN18025 KKB, Technische Mitteilung TM-513-RN18025, «Aktualisierung der PSA-Daten 2012-2016» vom 15. Juni 2018
- TM-513-V11007 KKB, Technische Mitteilung TM-513-V 11007, «Organisation und Personal» vom 27. September 2012

---

TM-513-V11060	KKB, Technische Mitteilung TM-513-V 11060, «PSÜ2012, Technische Gesamtbewertung», Rev. 2 vom 24. März 2014
TM-636-RA11015	KKB, Technische Mitteilung TM-636-RA11015, «Konzept zum Umfang der Dichtheitsnachweise von Rohrleitungsdurchdringungen am Containment», Rev. 4 vom 20. August 2019
TM-680-EI05001	KKB, Technische Mitteilung TM-680-EI05001, Rev. 3 «Übersicht über fest installierte Aktivitätsmessausrüstungen (ohne Personenmonitore)» vom 22. November 2019
TM-680-EI05002	KKB, Technische Mitteilung TM-680-EI05002, Rev. 4 «Merkmale von Ortsdosisleistungs-Monitoren» vom 16. Dezember 2008
TM-680-EI05003	KKB, Technische Mitteilung TM-680-EI05003, Rev. 7 «Merkmale von Luftaktivitäts-Monitoren» vom 7. November 2019
TM-680-EI05004	KKB, Technische Mitteilung TM-680-EI05004, Rev. 2 «Merkmale von Prozessaktivitäts-Monitoren» vom 16. Dezember 2008
TM-680-US15006	KKB, Technische Mitteilung TM-680-US15006, «Festlegung der Alarmwerte der Personenmonitore», Rev. 0 vom 25. Juni 2015
AN-513-RA20027	KKB, Aktennotiz AN-513-RA20027, Rev. 0 «Terminplanung für die in den Systempaketen 5 bis 8 identifizierten kurzfristigen Massnahmen» vom 29. Oktober 2020
KKB-SB-1	Kernkraftwerk Beznau, Block 1, Sicherheitsbericht, Rev. 6 vom 31. Dezember 2017
KKB-SB-2	Kernkraftwerk Beznau, Block 2, Sicherheitsbericht, Rev. 8 vom 31. Dezember 2017
ZWIBEZ-SB	AXPO, Sicherheitsbericht ZWIBEZ, Rev. 3 vom 31. Dezember 2011
KKB-TS	KKB 077D0025/KKB 077D0026: Technische Spezifikationen für den Reaktorbetrieb Kernkraftwerk Beznau Block 1 und Block 2
Brand-K	KKB Brandschutzkonzept KKB696D0018, «Brandschutzkonzept der Kernkraftwerksanlagen», Rev. 08
Inter-K	KKB Interventionskonzept KKB078D0009, «Interventionskonzept Kernkraftwerk Beznau», Rev. 04
SS-Handb	KKB, KKB076D001, «Strahlenschutz-Handbuch Block 1 und 2», Rev. 18
AN-14-G-5004	KKB, AN-014-G 05004, "Steckbrief Reaktorabschirmgebäude 1, Äusseres Betoncontainment", Rev. 2 vom 28. Februar 2017
AN-14-G-5034	KKB, AN-014-G 05034, "Steckbrief Reaktorabschirmgebäude 2, Äusseres Betoncontainment", Rev. 0 vom 28. Februar 2017
AV-U-UC053	AV-U-UC053, «Probeentnahme von Wasser und Dampf», Rev. 01, 01.04.2006/
AV-U-UC070	AV-U-UC070, «Probeentnahme und Bestimmung der Borkonzentration in den Borsäuretanks», Rev. 07, 15.02.2014
AV-E-P8002	KKB, Arbeitsvorschrift AV-E-P08002 «Anforderungen für Erdung, Blitzschutz und EMV sowie Zuständigkeiten», Rev.0 vom 01. Oktober 2008
AW-K-052	KKB, Administrative Weisung AW-K-052, «Übergeordnetes Flucht- und Interventionsweg Konzept», Rev. 02
AW-K-061	KKB, Administrative Weisung AW-K-061, «Grundlegendes Konzept der Kraftwerksausbildung», Rev. 02
AW-U-00001	KKB, Administrativen Weisung AW-U-00001, «Lagerung und Handhabung von radioaktiven Strahlen- und Prüfquellen», Rev. 7



---

AW-U-06001	KKB, Administrativen Weisung AW-U-06001, «Ein- und Ausschleusen von Gegenständen über die Grenzen der kontrollierten Zone» vom 28. Mai 2019
AW-U-08001	KKB, Administrativen Weisung AW-U-08001, «Strahlenschutz bei Gepäckdurchleuchtungsanlagen» vom 1. Dezember 2008
AW-U-92001	KKB, Administrative Weisung AW-U-92001, «Merkblatt über die Verwendung von Maschinen, Werkzeugen und Hilfsmitteln in der Kontrollierten Zone und das Sammeln der anfallenden Abfälle», Rev. 5 vom 15. August 2015)
AW-U-93002	KKB, Administrative Weisung AW-U-93002, «Strahlenschutz im ZWIBEZ», Rev. 6 vom 1. September 2017
AW-U-95001	KKB, Administrative Weisung AW-U-95001, «Sanitätszug der Betriebsfeuerwehr», Rev. 22
IV-E-197001	Instandhaltungsvorschrift IV-E-197001, Kontrolle und Abgleich der Inkorporationsmonitore, Rev. 5 vom 15.04.2011
NA-K-01	KKB, Notfallanweisung NA-K-01, «Übergeordnete Aufgaben und Pflichten der Notfallorgane», Rev. 07
NA-K-90	KKB, Notfallanweisung NA-K-90, «Notfall-Alarmierung (Alarm-Ordner)», Rev. 18
PV-U-S1	KKB, Prüfvorschrift PV-U-S001, «Prüfplan Strahlenschutzmessgeräte», Rev. 12 vom 1. April 2010
PV-U-S12	KKB, Prüfvorschrift PV-U-S012, «Personenmonitore TwoStepTM-Exit I und TwoStepTM-Exit II», Rev. 07 vom 01. November 2015
RG-K-1	KKB, Reglement RG-K-01, «Kraftwerksreglement für das Kernkraftwerk Beznau» vom 1. April 2018
RG-K-3	KKB, Reglement RG-K-03, «Strahlenschutzreglement für das Kernkraftwerk Beznau» vom 8. Mai 2018
SU-U-1	KKB, Strahlenschutzvorschrift SU-U-001, «Dosimetrie», Rev. 10 vom 25. Mai 2017
SU-U-2	KKB, Strahlenschutzvorschrift SU-U-002, «Zonenkonzept und Anwendung von Personenschutzmitteln», Rev. 12 vom 15. August 2016
SU-U-9	KKB, Strahlenschutzvorschrift SU-U-009, «Grundsätze für die Personendekontamination», Rev. 02 vom 1. März 2016
SU-U-35	KKB, Strahlenschutzvorschrift SU-U-035, «Betriebsinterne Transporte von radioaktiven Stoffen» vom 26. Februar 2019
QV-U-UC001	QV-U-UC001, «Qualitätssichernde Massnahmen für die chemische Analytik im Ressort KBU», Rev. 12, vom 1. Februar 2018
UR19001	KKB, Technische Mitteilung TM-650-UR19001, «Spezifikationskonformität der Erhöhung der Aura-Schlamm Menge bei der Konditionierung nach AGT J-B-000115» vom 04.04.2019
KKB-2012-09-28	KKB-Brief KBR-021 foj/smk, «ENSI-Verfügung vom 10. Januar 2012, Kernkraftwerk Beznau, Nachweis der seismischen Robustheit der Isolation des Containments und des Primärkreislaufes» vom 28. September 2012
KKB-2013-11-28	KKB-Brief KBR-B 021/511 ri/smk, «Kernkraftwerk Beznau Block 1 und Block 2; Geschäft 14/13/003: Schutz gegen Wasserstoffverbrennungen, Zwischenbericht» vom 28. November 2013
KKB-2014-06-30	KKB-Brief KBR-B 021/511 ri/smk, «Kernkraftwerk Beznau, Geschäft 14/13/003: Schutz gegen Wasserstoffverbrennungen, Schlussbericht» vom 30. Juni 2014

- KKB-2016-10-31 KKB-Brief KBP 021 ribe, «Einreichung eines Konzeptes zur Erfüllung Punkt (A) aus der Verfügung Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke» vom 31. Oktober 2016
- KKB-2018-12-21 KKB-Brief KBP 021 ribe, «Aktualisierung der Fukushima-Nachweise auf Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015» vom 21. Dezember 2018
- KKB-2019-06-28 KKB-Brief KBP-P 021 ribe, «Aktualisierung der probabilistischen Sicherheitsanalyse aufgrund der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015» vom 28. Juni 2019
- KKB-2020-05-13 KKB-Brief KBP-P 021 ribe/, «ENSI Verfügung vom 26.05.2016, Antrag auf Fristerstreckung» vom 13. Mai 2020
- KKB-2020-06-30 KKB-Brief KBR 021 nadi/smk | SÜSILA, «Terminplanung für die in den Systempaketen 1 bis 4 identifizierten kurzfristigen Massnahmen» vom 30. Juni 2020
- KKB-2020-10-30 KKB-Brief KBR 021 nadi/smk | SÜSILA KKB20.009, «Terminplanung für die in den Systempaketen 5 bis 8 identifizierten kurzfristigen Massnahmen» vom 30. Oktober 2020
- KKB-2020-12-15 KKB-Brief KBR-R 021 lana/smk | SÜSILA M Massnahmen Terminplan, «Terminplanung für die mittelfristigen Massnahmen aus der Konformitätsprüfung der SÜSILA Systembewertung» vom 15. Dezember 2020
- KKB-2021-06-25 KKB-Brief KBR-R 021 lana/smk | SÜSILA Geschäft 14/21/017, «Präzisierte Terminplanung für die mittelfristig-priorisierten Massnahmen aus der Konformitätsprüfung der SÜSILA Systembewertung» vom 25. Juni 2021
- Axpo-2016-06-29 Axpo, Technischer Bericht BT-KN-E 0062, «Analyse der ZWIBEZ Stellplatzkapazitäten unter der Berücksichtigung von 20 T/L-Behältern der Bauart CASTOR V/19 zur Sicherstellung der Beckenbewirtschaftung für die nächsten 10 Jahre», Rev. 0 vom 29. Juni 2016
- Axpo-2018-03-19 Axpo Technische Mitteilung TM-513-R 16203, «Reaktorkern, Brenn- und Steuerelemente», Rev. 0 vom 19.03.2018
- Axpo-2018-06-25 Axpo, Technischer Bericht BT-KN-E 0026, «Aktueller Stand der Langzeitplanung für Transport- und Lagerbehälter KKB – Status 07.06.2018», Rev. 10 vom 25. Juni 2018
- Axpo-2020-03-31 Axpo-Brief KBR-R 021 koi/smk, «Überarbeitetes Konzept für den Umfang der Erneuerung der Kritikalitätssicherheits-Nachweise für KKB-Lagerbecken» vom 31. März 2020
- Areva-DeHeiRo AREVA, Bericht D02- ARV-01-024-324 (KKB511 D0316), «Heizrohrbruch im Dampferzeuger», 17. September 2013
- holtec-2015-07-02 Holtec international, Bericht HI-2073682, «Safety Analysis Report for the Storage of Spent Nuclear Fuel in ZWIBEZ», Rev. 6 vom 2. Juli 2015
- steag-2005-10-12 steag encotec, Technischer Bericht KKB 239 D0083, «Nachweis der Abfuhr der Nachzerfallswärme aus dem Lagerbereich I und II im HAA-Gebäude des Zwischenlagers Beznau», Rev. 1 vom 12. Oktober 2005
- steag-1 STEAG, Bericht ES-501048-01 (KKB511D0373), «Ergänzende Analyse zu den radiologischen Auswirkungen des Auslegungs-Kühlmittelverluststörfalls im Kernkraftwerk Beznau», 12. September 2017
- steag-2 STEAG, Bericht ES-501048-02 (KKB511D0371), «Folgen eines Flugzeugabsturzes auf das HAA-Lager des Zwischenlagers Beznau», 12. September 2017
- steag-3 STEAG, Bericht ES-501048-03 (KKB511D0372), «Gebindeabsturz im Rückstandslager des Kernkraftwerks Beznau», 08. Dezember 2017
- steag-4 STEAG, Bericht ES-501048-04 (KKB511D0374), «Brand im Rückstandslager des Kernkraftwerks Beznau», 13. Dezember 2017

- steag-5 STEAG, Bericht ES-501048-05 (KKB511D0370), «FLAB auf das Rückstandslager des Kernkraftwerks Beznau», 08. Dezember 2017
- HSK-1999-06-28 HSK-Brief FA/JW/SA/14990628, «Pikett-Ingenieur. Eintreffen im Kommandoraum im Störfall» vom 28. Juni 1999
- ENSI-2011-03-18 ENSI-Brief FLP/SAN - 14/11/015, «Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima» vom 18. März 2011
- ENSI-2011-04-01 ENSI-Verfügung SGE/FLP – 14/11/015, «Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung» vom 1. April 2011
- ENSI-2011-05-05 ENSI-Verfügung FLP – 14/11/015, «Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht vom 31. März 2011» vom 5. Mai 2011
- ENSI-2012-01-10 ENSI-Verfügung SGE-10KEX.STRESSTEST, «Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht zum EU-Stresstest» vom 10. Januar 2012
- ENSI-2013-04-22 ENSI-Brief HAR/VOB – 10KEX.AP13FUKU5; 14/13/003, «Verfügung: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen» vom 22. April 2013
- ENSI-2013-04-23 ENSI-Brief BLE/VOB – 14KNX, «Verfügung: Nutzung POLYCOM» vom 23. April 2013
- ENSI-2013-05-17 ENSI-Brief HED/VOB – 14/13/015, «Verfügung: Analyse zum gezielten Anflug von Flugzeugen auf Kernkraftwerke» vom 17. Mai 2013
- ENSI-2013-07-01 ENSI-Brief ARL/VOB – 14/12/058, «Kernkraftwerk Beznau; Stellungnahme des ENSI zum Nachweis der seismischen Robustheit der Isolation des Containments und des Primärkreislaufes» vom 1. Juli 2013
- ENSI-2013-11-25 ENSI-Brief BLE/GUJ – 14KNX, «Verfügung POLYCOM» vom 25. November 2013
- ENSI-2015-01-09 ENSI-Brief HAR/GUJ – 10KEX.AP13FUKU5; 14/13/003, «Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen» vom 9. Januar 2015
- ENSI-2016-01-21 ENSI-Brief WAM/VOB - 12KKS, «Alterungsüberwachungsprogramm Bautechnik AÜP, Leitfaden für Bautechnik-Steckbriefe, GSKL.BAU-001, Rev.6, Freigabe» vom 21. Januar 2016
- ENSI-2016-03-10 ENSI-Brief BLE/GUJ – 10KNX.EAL, «Verfügung: Einführung neue IAEA-kompatible Notfallklassierung» vom 10. März 2016
- ENSI-2016-05-03 ENSI-Brief BLE/VOB – 10KNX.EAL, «Neue Notfallklassierung» vom 3. Mai 2016
- ENSI-2016-05-12 ENSI-Brief RAA/VOB – 14KGX, «Konzept SÜSILA (PSÜ mit Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb)» vom 12. Mai 2016
- ENSI-2016-05-26 ENSI-Brief ENSI - 10KGX.PEG, «Verfügung: Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke» vom 26. Mai 2016
- ENSI-2016-10-24 ENSI-Brief ARL/CNI/GUJ – 10KEX.AP13FUKU4, «Kernkraftwerk Beznau; Stellungnahme, Antwort des KKB zu Forderung 1 (Projekt ERSIM, ENSI-AN-9152 /2/), Überführung der Anlage in den Zustand «kalt-abgestellt»» vom 24. Oktober 2016
- ENSI-2016-12-15 ENSI-Brief KOF/GUJ-14KEX.AÜ11, «KKB: Brennelementlagerbecken und Trockenlagerung von abgebrannten Brennelementen» vom 15. Dezember 2016
- ENSI-2017-02-23 ENSI-Brief BEO/NEP – 14/16/058, 14/16/059, «Forderungen 4.7-1 und 4.7-2 aus der PSÜ KKB 2012» vom 23. Februar 2017
- ENSI-2017-07-10 ENSI-Brief BRS/GUJ – 14KEX.SEG15, 14/16/035, «Stellungnahme zum Konzept des KKB für die Sicherheitsnachweise zu den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015» vom 10. Juli 2017

- ENSI-2017-08-28 ENSI-Brief GEK/SAS - 14/11/005, «Kernkraftwerk Beznau, Block 1 und 2, Korrosionsuntersuchungen am Primärcontainment, Schliessen des Geschäftes 14/11/005» vom 28. August 2017
- ENSI-2018-05-25 ENSI-Brief WAM/GUJ- 14KKS, «Kernkraftwerk Beznau, Alterungsüberwachung Bautechnik, Stellungnahme zu Steckbriefen Bauwerksklassen BK1 und BK2» vom 25. Mai 2018
- ENSI-2018-10-18 ENSI-Brief BEO/NEP – 14/16/059, «Forderung 4.7-2 aus der PSÜ KKB 2012» vom 18.10.2018
- ENSI-2018-12-12 ENSI-Brief RAA/GUJ – 14KGX.SÜSILA, «Ergebnisse der Grobprüfung Ihrer PSÜ 2017» vom 12. Dezember 2018
- ENSI-2019-02-08 ENSI-Brief RAA/SAS – 14KGX.SÜSILA, 14/18/031, 14/18/032, 14/18/033, 14/18/035, 14/18/037, 14/18/038, 14/18/039, 14/18/040, 14/18/041, 14/18/045, 14/18/049, 14/18/050, 14/18/051, «Ihr Fristerstreckungsantrag zu Nachforderungen aus der Grobprüfung SÜSILA» vom 8. Februar 2019
- ENSI-2019-03-26 ENSI-Brief KOF/SAS-14KEX.AÜ11, «KKB: Brennelementlagerbecken und Trockenlagerung von abgebrannten Brennelementen» vom 26. März 2019
- ENSI-2020-07-21 ENSI-Brief VST/SAS – 14KEX.SEG15, 14/20/016, «Wiedererwägung der Verfügung vom 26. Mai 2016 zu den deterministischen Erdbebensicherheitsnachweisen im Rahmen der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke: Fristerstreckung» vom 21. Juli 2020
- ENSI-2020-09-22 ENSI-Brief HED/REB/SCG/GUJ – 14/17/057, 14/17/058, 14/20/028, «PSÜ2012 Forderungen 7.9-1 und 7.9-2» vom 22. September 2020
- ENSI-2020-09-30 ENSI-Brief VST/VOB – 14KEX.SEG15, 14/20/016, «Wiedererwägung der Verfügung vom 21. Juli 2020 hinsichtlich der gestaffelten Einreichung von Unterlagen im Rahmen der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015» vom 30. September 2020
- ENSI-2020-12-19 ENSI-Brief FOJ/SGE/SZT/DOR/PHK/VOB – 14/20/064, «Stellungnahme des ENSI zum Wiederanfahren des KKB nach Behebung einer Montageabweichung an Schockabsorbern der beiden Notstanddiesel 19/29XMA 3000» vom 19. Dezember 2020
- ENSI-2021-02-22 ENSI-Brief SCG/VOB – 14KEX.HW, 14/21/007, «Gewährung des rechtlichen Gehörs zur Verfügung betreffend Gefährdungsannahmen EXAR-2021 für die Standorte der Schweizer Kernanlagen an der Aare» vom 22. Februar 2021
- ENSI-2021-04-1 ENSI-Brief THK/GUJ – 14KGX.SÜSILA, 14/20/010, 14/21/016, 14/21/017, «SÜSILA-Grobprüfung, Nachforderung 4.3-2; Terminplan zur Bearbeitung der im Rahmen der systembewertungen identifizierten Abweichungen» vom 1. April 2021
- ENSI-2021-08-5 ENSI-Brief LOD/GUJ – 14KGX.SÜSILA, 14/21/017, «Stellungnahme des ENSI zur Terminplanung für die mittelfristig-priorisierten, technischen Massnahmen aus der Konformitätsprüfung der SÜSILA-Systembewertung» vom 5. August 2021
- ENSI-AN-8149 Aktennotiz ENSI-AN-8149, «Beurteilung des swissnuclear-Konzepts zum externen lager Reitnau» vom 25. Januar 2013
- ENSI-AN-9152 Aktennotiz ENSI-AN-9152, «Stellungnahme des ENSI zur Erhöhung der Sicherheitsmargen (ERSIM) des KKB bzgl. Erdbeben und externer Überflutung» vom 19. März 2015
- ENSI-AN-9298 Aktennotiz ENSI-AN-9298, «Zusammenfassung des ENSI zur Erhöhung der Sicherheitsmargen» vom 24. Juni 2015
- ENSI-AN-9657 Aktennotiz ENSI-AN-9657, «Neubestimmung der Erdbebengefährdung an den Kernkraftwerkstandorten in der Schweiz» vom Mai 2016
- ENSI-AN-9769 Aktennotiz ENSI-AN-9769, «ESB - Protokoll der 30. Sitzung am 28. April 2016» vom 20.09.2016
- ENSI-AN-10412 Aktennotiz ENSI-AN-10412, «Alterungsleitfaden trockene Zwischenlagerung» vom 12. September 2018

- ENSI-AN-10433 Verfügung ENSI-AN-10433, "ANPA-REGLEMENT für die permanente Übertragung der ANPA-Daten (Anlageparameter) und der EMI-Daten (Emissionsdaten aus dem Kamin) an sden schweizerischen Kernkraftwerken" vom Dezember 2018
- HSK10/260 Aktennotiz HSK 10/260 «Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des KKB», Rev. 1 vom Dezember 2007
- HSK14/730 Aktennotiz HSK 14/730 «KKW Beznau II: Gutachten zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung» vom März 2004
- HSK14/816 Aktennotiz HSK 14/816 «KKW Beznau I: Sicherheitstechnische Stellungnahme der HSK zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung» vom November 2004
- HSK15/88 Gutachten HSK 15/88 «Gutachten zu Bau und Betrieb des Nachrüstprojekts NANO der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG für die Blöcke I und II des Kernkraftwerks Beznau» vom August 1987
- ENSI/14/1400 ENSI-Stellungnahme ENSI 14/1400, «Sicherheitstechnische Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Beznau Block 1 und Block 2» vom November 2010
- ENSI/14/1658 Aktennotiz ENSI 14/1658, «Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKB zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens» vom 9. Juli 2012
- ENSI/14/1808 Protokoll ENSI 14/1808, «Fachgespräch zur KKB-PSÜ2012 bezüglich Strahlenschutzaspekten» vom 28. Juni 2013
- ENSI/14/1935 Aktennotiz ENSI 14/1935, «PSA-Aktionsliste» vom 20. November 2020
- ENSI/14/2139 ENSI-Inspektionsbericht ENSI 14/2139, «Vorsorge gegen auslegungsüberschreitende Störfälle» vom 9. April 2015
- ENSI/14/2244 ENSI-Aktennotiz ENSI 14/2244, «Sicherheitstechnischen Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2012 des KKB», Dezember 2016
- ENSI/14/2377 ENSI-Stellungnahme ENSI 14/2377, «Stellungnahme des ENSI zu den Nachweisen des ausreichenden Schutzes des KKB gegen extreme Wetterbedingungen» vom 19. August 2016
- ENSI/14/2492 Aktennotiz ENSI 14/2492 «Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des KKB», Rev. 1 vom April 2019
- ENSI/14/2559 ENSI-Inspektionsbericht ENSI 14/2559, «Zustand der Brennelemente in den Lagerbecken und Beckenbelegung – KKB, 18.01.2018» vom 7. Februar 2018
- ENSI/14/2674 Aktennotiz ENSI 14/2674, «Ergebnisse der Grobprüfung der zur KKB PSÜ 2017 (Projekt SÜSILA) eingereichten Unterlagen» vom 12. Dezember 2018
- ENSI/14/2700 Protokoll ENSI 14/2700, «Brennstoff-Jahresgespräch KKB 2019» vom 11. März 2019
- ENSI/14/2731 Protokoll ENSI 14/2731, «Fachsitzung bzgl. Hangstabilität KKB» vom 21. Mai 2019
- ENSI/14/2924 Protokoll ENSI 14/2924, «JRC: Identifizierte Massnahmen bei den Reaktorhauptpumpen» vom 3. November 2020
- ENSI/14/2951 Aktennotiz ENSI 14/2951, «Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebenachweisen des KKB» vom 29. Januar 2021
- BH-2018-4-10 Basler & Hofmann, Fachgesprächsprotokoll «Kernkraftwerk Beznau Block 1 und 2, Alterungsüberwachung Bau, AÜP Steckbriefe Bautechnik BK 1 und 2, Inspektion 2018» vom 10. April 2018
- BH-2020-12-10 Basler & Hofmann, Bericht KKB 213 D0039, Rev. 1 zur Hangstabilität KKB – Beurteilung durch Prüfteam, Brief von Basler & Hofmann an das ENSI vom 10. Dezember 2020

NAB12-22	Bericht NAB 12-22, «2D-Seismik Nordschweiz 2011/12: Geologische Aufnahme der Aufzeitbohrungen (Teil 1). Aufzeitmessungen (Teil 2)», Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, 2012
NAB13-9	Bericht NAB 13-09, «Seismische Datenverarbeitung der Nagra 2D-Seismik 2011/12 in Zeit», Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, 2013
NAB13-10	Bericht NAB 13-10, «Regionale strukturgeologische Zeitinterpretation der Nagra 2D-Seismik 2011/12», Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, 2013
NAB14-34	Bericht NAB 14-34, «Tiefenkonvertierung der regionalen Strukturinterpretation der Nagra 2D-Seismik 2011/12», Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, 2014
Lau-1984	Laubscher, H. P. (1984): «The eastern Jura; relations between thin-skinned and basement tectonics, local and regional». Geologische Rundschau 75, 535-553
EXAR-2021	Pfäffli, M., Irniger, A., Steeb, N. 2021: «Extremhochwasser an der Aare. Szenariendokument Projekt EXAR. Beschreibung des 1'000- und des 10'000-jährlichen Hochwassers am Beurteilungssperimeter Beznau»
KEG	Kernenergiegesetz (KEG, SR 732.1)
StSG	Strahlenschutzgesetz (StSG, SR 814.50)
StSV	Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501)
KEV	Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11)
ARGV3	Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz ARGV 3, SR 822.113
DosV	Verordnung des EDI über die Personen- und Umgebungsdosimetrie (SR 814.501.42)
StMmV	Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung (SR 941.210)
StSA	Verordnung des EDI über die Aus- und Fortbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz (SR 814.501.261)
UraM	Verordnung des EDI über den Umgang mit radioaktivem Material (SR 814.554)
UVEK-A	Verordnung des UVEK über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken (SR 732.114.5)
UVEK-G	Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2)
VAPK	Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK, SR 732.143.1)
NFK	Notfallschutzkonzept bei einem KKW-Unfall in der Schweiz, <a href="https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/40198.pdf">https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/40198.pdf</a>
A01	Richtlinie ENSI-A01, «Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen»
A03	Richtlinie ENSI-A03, «Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken»
A04	Richtlinie ENSI-A04, «Gesuchunterlagen für freigabepflichtige Änderungen»
A05	Richtlinie ENSI-A05, «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang»
A06	Richtlinie ENSI-A06, «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Anwendungen»
A08	Richtlinie ENSI-A08, «Qelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen»
B01	Richtlinie ENSI-B01, «Alterungsüberwachung»
B02	Richtlinie ENSI-B02, «Periodische Berichterstattung der Kernanlagen»
B03	Richtlinie ENSI-B03, «Meldungen der Kernanlagen»

---

B05	Richtlinie HSK-B05, «Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle»
B10	Richtlinie ENSI-B10, «Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal»
B11	Richtlinie ENSI-B11, «Notfallübungen»
B12	Richtlinie ENSI-B12, «Notfallschutz in Kernanlagen»
B13	Richtlinie ENSI-B13, «Ausbildung und Fortbildung des Strahlenschutzpersonals»
B14	Richtlinie ENSI-B14, «Instandhaltung sicherheitstechnisch klassierter elektrischer und leittechnischer Ausrüstungen»
G01	Richtlinie ENSI-G01, «Sicherheitstechnische Klassierung für bestehende Kernkraftwerke»
G02	Richtlinie ENSI-G02, «Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke «
G04	Richtlinie ENSI-G04, «Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente»
G07	Richtlinie ENSI-G07, «Organisation von Kernanlagen»
G08	Richtlinie ENSI-G08, «Systematische Sicherheitsbewertungen des Betriebs von Kernanlagen»
G09	Richtlinie ENSI-G09, «Betriebsdokumentation»
G13	Richtlinie ENSI-G13, «Messmittel für ionisierende Strahlung»
G14	Richtlinie ENSI-G14, «Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen»
G15	Richtlinie ENSI-G15, «Strahlenschutzziele für Kernanlagen»
G20	Richtlinie ENSI-G20, «Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente: Auslegung und Betrieb»
R-7	Richtlinie HSK-R-07, «Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts»
R-46	Richtlinie HSK-R-46, «Anforderungen für die Anwendung von sicherheitsrelevanter rechnerbasierter Leittechnik in Kernkraftwerken»
R-48	Richtlinie HSK-R-48, «Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken»
R-50	Richtlinie HSK-R-50, «Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen»
R-51	Richtlinie HSK-R-51, «Alterungsüberwachung für mechanische und elektrische Ausrüstungen sowie Bauwerke in Kernanlagen», ersetzt durch Richtlinie ENSI-B01
R-102	Richtlinie HSK-R-102, «Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz»
VKF-B	VKF Brandschutzvorschriften: <a href="https://www.bsvonline.ch/de/vorschriften/">https://www.bsvonline.ch/de/vorschriften/</a>
VKF-F	Brandschutzrichtlinie «Flucht- und Rettungswege» der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
VKF-K	Brandschutzrichtlinie «Kennzeichnung von Fluchtwegen Sicherheitsbeleuchtung Sicherheitsstromversorgung» der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
GSKL-B-1	GSKL-Arbeitsgruppe Bautechnik, «Alterungsüberwachungsprogramm Bautechnik AÜP, Leitfaden für Bautechnik-Steckbriefe», GSKL-Bau-001
GSKL-B-2	GSKL-Arbeitsgruppe Bautechnik, «Konzept für Befestigungen in Betonstrukturen», GSKL-Bau-002

GSKL-M	GSKL-Arbeitsgruppe Maschinentechnik, «Leitfaden zur Erstellung von Steckbriefen für die Alterungsüberwachung von maschinentechnischen Komponenten», Rev. 5
GSKL-KATAM	GSKL-Arbeitsgruppe Maschinentechnik, «GSKL-Katalog von Alterungsmechanismen von mechanischen Ausrüstungen», Rev. 4
SIA 260	Norm SIA 260, «Grundlagen der Projektierung von Tragwerken»
SIA 261	Norm SIA 261, «Einwirkungen auf Tragwerke»
SIA 262	Norm SIA 262, «Betonbau – Ergänzende Festlegungen»
SIA 263	Norm SIA 263, «Stahlbau»
SIA 264	Norm SIA 264, «Stahl-Beton-Verbundbau»
SIA 265	Norm SIA 265, «Holzbau»
SIA 266	Norm SIA 266, «Mauerwerk»
SIA 267	Norm SIA 267, «Geotechnik»
SIA 269	Norm SIA 269, «Erhaltung von Tragwerken - Erdbeben»
SIA 469	Norm SIA 469, «Erhaltung von Bauwerken»
GSR-3	IAEA Safety requirement No. GSR Part 3, «Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards»
GSG-2	IAEA Safety standard No. GSG-2, «Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency»
NSG-1.7	IAEA recommendations NS-G-1.7 “Protection against Internal Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants”
NSG-2.12	IAEA Safety Guide No. NS-G-2.12, «Ageing Management for Nuclear Power Plants»
SSG-13	IAEA Specific Safety Guide No. SGG-13, «Chemistry Programme for Water Cooled Nuclear Power Plants»
SSR-2/1	IAEA Specific Safety Requirements No. SSR-2/1 «Safety of Nuclear Power Plants: Design»
SSR-2/2	IAEA Specific Safety Requirements No. SSR-2/2 « Safety of Nuclear Power Plants »
IAEA-2014-03	IAEA, Technischer Bericht, «Preparation of a Safety Case for a Dual Purpose Cask for Storage and Transport of Spent Fuel», Entwurf vom März 2014
NEA-6399	NEA-Report 6399, «Work Management to Optimise Occupational Radiological Protection at Nuclear Power Plants»
EN/IEC-62305	IEC/EN -62305, «Blitzschutz»
ISO2889	DIN ISO 2889, «Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen»
KTA1501	KTA-Regel 1501, «Ortsfestes System zur Überwachung der Ortsdosisleistungen innerhalb von Kernkraftwerken»
KTA1502	KTA-Regel 1502, «Überwachung der Radioaktivität in der Raumluft von Kernkraftwerken»
KTA1503.1	KTA-Regel 1503.1, «Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener Stoffe, Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe bei bestimmungsgemäsem Betrieb»
KTA1503.2	KTA-Regel 1503.2, «Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener Stoffe, Teil 2: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe bei Störfällen»



KTA1503.3	KTA-Regel 1503.3, «Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe; Teil 3: Überwachung der nicht mit der Kaminfortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe»
KTA1504	KTA-Regel 1504, «Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser»
KTA2101.1	KTA-Regel 2101.1, «Brandschutz in Kernkraftwerken Teil 1: Grundsätze des Brandschutzes»
KTA2101.2	KTA-Regel 2101.2, «Brandschutz in Kernkraftwerken Teil 2: Brandschutz an baulichen Anlagen»
KTA2101.3	KTA-Regel 2101.3, «Brandschutz in Kernkraftwerken Teil 3: Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen»
KTA3103	KTA-Regel 3103, «Abschaltsysteme von Leichtwasserreaktoren»
KTA3203	KTA 3203, «Überwachung des Bestrahlungsverhaltens von Werkstoffen der Reaktordruckbehälter von Leichtwasserreaktoren»
KTA3206	KTA 3206, «Nachweise zum Bruchausschluss für druckführende Komponenten in Kernkraftwerken»
KTA3405	KTA 3405, «Dichtheitsprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters»
KTA3602	KTA 3602, «Lagerung und Handhabung von Brennelementen und zugehörigen Einrichtungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren»
KTA3701	KTA 3701, «Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken»
KTA3902	KTA 3902, «Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken»
KTA3903	KTA 3903, «Prüfung und Betrieb von Hebezeugen in Kernkraftwerken»
VGB401J	VGB-Richtlinie R 401 J, «Richtlinie für das Wasser in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren, Teil 1: DRW-Anlagen»
VGB-FeedW	VGB-Standard, Feed Water, Boiler Water and Steam Quality for Power Plants / Industrial Plants, VGB-S-010-T-00, 2011-12.EN
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Transportstudie Konrad 2009, Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad, Dezember 2009
ASTM185	ASTM E185, «Standard Practice for Design of Surveillance Programs for Light-Water Moderated Nuclear Power Reactor Vessels»
ASTM1921	ASTM E1921, «Standard Test Method for Determination of Reference Temperature, To, for Ferritic Steels in the Transition Range»
NUREG-0800	NUREG-0800, «Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants»
NUREG-1806	NUREG-1806, «Technical Basis for Revision of the Pressurized Thermal Shock (PTS) Screening Limit in the PTS Rule (10 CFR 50.61)»
NUREG/CR-4513	NUREG/CR-4513, «Estimation of Fracture Toughness of Cast Stainless Steels during Thermal Aging in LWR Systems»
NUREG/CR-6365	NUREG/CR-6365, «Steam Generator Tube Failures»
NUREG/CR-6850	NUREG/CR-6850, «Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities»
10CFR50.46	10CFR50.46, Appendix K, «Appendix K to Part 50 – ECCS Evaluation Models»
10CFR50.61	10CFR50.61, «Fracture toughness requirements for protection against pressurized thermal shock events»

RG1.70	U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.70, «Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, LWR Edition»
RG1.98	U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.99, «Radiation Embrittlement of Reactor Vessel Materials»
RG1.183	U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.183, «Alternative Radiological Source Terms for Evaluating Design Basis Accidents at Nuclear Power Reactors»
NRC-IN2009-26	NRC Information Notice 2009-26, «Degradation of Neutron-Absorbing Materials in the Spent Fuel Pool», October 28, 2009
ISG-2010-01	DSS-ISG-2010-01, «Final division of safety systems interim staff guidance; Staff guidance regarding the nuclear criticality safety analysis for spent fuel pools»
ANS-51.1	American Nuclear Society, ANSI/ANS-51.1-1983, «Nuclear Safety Criteria for the Design of Stationary Pressurized Water Reactor Plants»
BPVC-III	ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section III, «Rules for Construction of Nuclear Facility Components»
BPVC-XI	ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section XI, «Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components»
EPRI-A	EPRI Alpha Monitoring Guidelines for Operating Nuclear Power Stations, Final Report, November 2006
EPRI-SW-Chem	EPRI PWR Primary Water Chemistry Guidelines Vol. 1, Rev. 4 and Vol. 2, Rev. 4, 1999
EPRI-SW-Zinc	EPRI Pressurized Water Reactor Primary Water Zinc Application Guidelines, Final Report, 2006
EPRI-SW-SDChem	EPRI Benchmarking Shutdown Chemistry Control Recommendations in the Pressurized Water Reactor Primary Water Chemistry Guidelines, Final Report, 2006
EPRI-SW-SecW	EPRI PWR Secondary Water Chemistry Guidelines, Rev. 6, 2004
EPRI-1019110	EPRI Technical Report 1019110, «Handbook of Neutron Absorber Materials for Spent Nuclear Fuel Transportation and Storage Applications», Nov. 25, 2009
EPRI-3002000079	EPRI Technical Report 3002000079K. «Pipe Rupture Frequencies for Internal Flooding PRAs», Rev. 3, 2013
EPRI-3002008195	EPRI Technical Report 3002008195, «Evaluation of BORAL® Coupons from Zion Spent Fuel Pool», Oct. 31, 2016
EPRI-3002008196	EPRI Technical Report 3002008196, «Evaluation of BORAL® Panels from Zion Spent Fuel Pool and Comparison to Zion Coupons», Nov. 30, 2016
OSP	Publikationen der OSPAR Kommission ( <a href="https://www.ospar.org/work-areas/rsc">https://www.ospar.org/work-areas/rsc</a> )
EKKB	Resun AG, «Sicherheitsbericht Ersatzkraftwerk Beznau», TB-042-RS080021, v 2.0, Dezember 2008
Temp	<a href="https://www.ensi.ch/de/2015/08/19/kernkraftwerke-muessen-analysen-fuer-extremwetter-gefaehrung-nachbessern/">https://www.ensi.ch/de/2015/08/19/kernkraftwerke-muessen-analysen-fuer-extremwetter-gefaehrung-nachbessern/</a> (besucht am 29.05.2020)
Hagel	<a href="https://www.ensi.ch/de/2015/08/19/kernkraftwerke-muessen-analysen-fuer-extremwetter-gefaehrung-nachbessern/">https://www.ensi.ch/de/2015/08/19/kernkraftwerke-muessen-analysen-fuer-extremwetter-gefaehrung-nachbessern/</a> (besucht am 29.05.2020)
AareT	«Zwischenverfügung im Verfahren bezüglich allfällige Anpassung bzw. Neuerteilung der Bewilligung des Bundesrates vom 15. Dezember 1997 betreffend Einleitung von Kühlwasser für die Kernkraftwerke Beznau I und II», <a href="https://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2019/4718.pdf">https://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2019/4718.pdf</a> (besucht am 29.05.2020)



ENSI 14/3025

ENSI, Industriestrasse 19, 5201 Brugg, Schweiz, Telefon +41 56 460 84 00, [info@ensi.ch](mailto:info@ensi.ch), [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)