

**Genehmigungsverfahren 1. Stilllegungs- und
Abbaugenehmigung,
Unterlage U_5
Ereignisanalyse für den Restbetrieb der Anlage**

Anzahl der Anlagen

1

Schlagwörter: Restbetrieb; Ereignisanalyse

Betroffene Anlagenkennzeichen

Verteiler: GD-NB, GD-NBE, GD-NBM, GD-NBP, GD-NBQ, GD-NBU, GD-NEE

erweiterter Verteiler
MELUR; TÜV NORD,

erstellt von **extern** geprüft von **GD-NBP** **GD-NBM** **GD-NBE**

Name:

Datum:

Unterschrift:

geprüft von **GD-NBU** **GD-NBQ**

Name:

Prüfdatum:

Unterschrift:

freigegeben von **KKB**
Betriebsleitung

Datum:

Unterschrift:

Unterlagen Ident-Nr.

01160029450 /0055



Der Empfänger dieser Unterlage ist verpflichtet, die darin enthaltenen Informationen als Betriebs- und Geschäftsgeheimnis i.S. der geltenden Gesetze zu behandeln

Änderungsverzeichnis

Revision	Datum	Änderungsgrund
0	04.01.2016	Ersterstellung
1	20.04.2016	Redaktionelle Änderung
2	12.09.2016	Inhaltliche und redaktionelle Aktualisierung
3	08.09.2017	Redaktionelle Änderung, Entfall der Doppeldarstellung auf S. 9 letzter Absatz, Ergänzung eines Hinweises auf aktuelle meteorologische Daten im Text auf S. 6, Ergänzung Literaturverzeichnis auf S. 29-30, Korrektur des Literaturverweises /33/ auf den Seiten 23 und 29
4	07.11.2017	Herstellung Konsistenz mit /15/, Bereinigung von redaktionellen Inkonsistenzen aus Rev3, Ergänzung Hinweis zu Auswirkungen einer Überflutung des Maschinenhauses auf die Abgabe für radioaktive Abwässer mit dem TR-System (S. 18).

1	Einleitung	6
2	Radiologischer Ausgangszustand im Restbetrieb	7
3	Schutzzielorientierte Anforderungen hinsichtlich der Ereignisanalyse	8
4	Regelwerksanforderungen hinsichtlich Ereignisanalyse	9
5	Ereignisanalyse für Stilllegung und Abbau des KKB	12
5.1	Einwirkungen von innen	12
5.1.1	Absturz eines beladenen Abfallgebindes	12
5.1.2	Absturz eines Lagerfasses mit Ionenaustauscherharzen beim Handhaben oder Verpacken und Ereignisse beim Abfüllen	12
5.1.3	Herabstürzen von Lasten auf Abfallgebände mit freisetzbarem radioaktivem Inventar	12
5.1.4	Lastabsturz bei der Demontage, Zerlegung und Verpackung der Reaktordruckbehältereinbauten und des Reaktordruckbehälters	13
5.1.5	Lastabsturz beim Transport von großen Einzelkomponenten im Kontrollbereich	13
5.1.6	Ereignisse bei Transportvorgängen einschließlich Verkehrsunfall eines Transportfahrzeuges beim Transport von Abfallgebänden auf dem Anlagengelände KKB	13
5.1.7	Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt	14
5.1.8	Leckage des Abwasserverdampfers	14
5.1.9	Auslaufen des Konzentratbehälters	14
5.1.10	Leckage an der Kondensationskammer beim Abbau des Reaktors	14
5.1.11	Brand im Bereich der Reststoffbehandlung/Abfallkonditionierung	15
5.1.12	Brand eines Aktivkohlefilters	15
5.1.13	Weitere anlageninterne Brände	15
5.1.14	Fassbrand, Behälterbrand, Filterbrand	15
5.1.15	Brandbedingter Ausfall der Infrastruktur im Abbau	16
5.1.16	Chemische Einwirkungen	16
5.1.17	Aktivitätsfreisetzung aus defekten Brennstäben	16
5.1.18	Anlageninterne Explosion	17
5.1.19	Anlageninterne Überflutung	17
5.2	Ausfälle und Störungen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen	20
5.2.1	Ausfall der externen netzseitigen Drehstromversorgung oder sicherheitstechnisch bedeutsamer Lüftungsanlagen	20
5.2.2	Beschädigung oder Ausfall zusätzlicher mobiler Lüftungstechnischer Einrichtungen bei der Demontage und Zerlegung kontaminierter und aktivierter Anlagenteile im Kontrollbereich	20
5.2.3	Beschädigung oder Ausfall der Infrastruktureinrichtungen im Abbau	20
5.2.4	Ausfälle und Störungen von Brandschutzeinrichtungen	21
5.3	Einwirkungen von außen	21
5.3.1	Erdbeben, Erdrutsch	21
5.3.2	Wind- und Schneelasten, Schneefall, Starkregen	21

5.3.3 Blitzschlag	22
5.3.4 Hochwasser, Überflutung	22
5.3.5 Waldbrände	22
5.3.6 Flugzeugabsturz	22
5.3.7 Druckwellen auf Grund chemischer Reaktionen	23
5.3.8 Externe Brände	23
5.3.9 Eindringen von Gasen	23
5.3.10 Außergewöhnliche Hitzebedingungen	23
5.3.11 Biologische Einwirkungen	23
5.4 Wechselwirkungen mit anderen Anlagen am Standort.....	24
5.4.1 Gasturbinenkraftwerk	24
5.4.2 Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle	24
5.4.3 Standortzwischenlager	24
5.4.4 Windkraftanlagen	24
5.4.5 Versagen von Behältern mit hohem Energiepotential	25
5.4.6 Umsturz von baulichen Einrichtungen	25
5.4.7 Versagen von gemeinsam genutzten Einrichtungen	25
5.4.8 Rückwirkungen aus temporär vorhandenen Einrichtungen.....	25
5.5 Pufferlagerung.....	25
5.5.1 Ereignisspektrum.....	25
5.5.2 Brand in einem Container.....	25
5.5.3 Absturz eines mit radioaktiven Reststoffen beladenen Containers.....	26
5.5.4 Restrisikoereignis Hochwasser.....	26
5.5.5 Restrisikoereignis Flugzeugabsturz.....	26
6 Zusammenfassung der Ergebnisse	27
7 Literatur.....	28
8 Anlage	30

Abkürzungsverzeichnis

1. SAG	Erste Stilllegungs-und Abbaugenehmigung für das KKB
ADR	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
AtG	Atomgesetz
BAnz	Bundesanzeiger
BMI	Bundesinnenministerium
ESK	Entsorgungskommission
EVA	Einwirkungen von außen
GGVSEB	Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt
GNS	Gesellschaft für Nuklearservice
GTW	Gasturbinenwerk
IP2	Industrieverpackung Typ 2 (Container)
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
Lasma	Geplantes Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle
LBO	Landesbauordnung
RDB	Reaktordruckbehälter
RSK	Reaktorsicherheitskommission
SZB	Standortzwischenlager Brunsbüttel
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
UNS	Unabhängiges Notstandssystem
WBS	Warten-, Betriebs- und Schaltanlagengebäude

1 Einleitung

Anforderungen an die Sicherheitsvorsorge bei der Stilllegung von Kernkraftwerken sind in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /1/, im Stilllegungsleitfaden des BMU /2/ und in den Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen der ESK /3/ enthalten. Das Spektrum der im Rahmen der Ereignisanalyse für die Stilllegung und den Abbau des KKB zu betrachtenden Ereignisse wurde auf Basis der im Stilllegungsleitfaden /3/ aufgeführten Anforderungen an das Spektrum der zu betrachtenden Ereignisse ausgewählt. Gemäß /3/ sind damit die aus den Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke resultierenden Anforderungen abgedeckt. Zur Gewährleistung der Vollständigkeit des Ereignisspektrums sowie zur Berücksichtigung standort- und anlagenspezifischer Besonderheiten wurde ebenfalls der Anhang 2 der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke /4/ berücksichtigt.

Die nachfolgende Ereignisanalyse soll zeigen, dass die in den genannten Unterlagen diesbezüglich aufgeführten Anforderungen für die Stilllegung und den Abbau des Kernkraftwerkes Brunsbüttel erfüllt werden.

Dazu werden die zu betrachtenden Ereignisse systematisch bezüglich ihres Ablaufes und ihrer Auswirkungen untersucht. In diesem Bericht werden im Wesentlichen Aspekte des Schutzes der Bevölkerung vor radiologisch bedeutsamen Ereignissen bewertet. Aspekte des innerbetrieblichen Strahlenschutzes sind im Rahmen der Ereignisanalyse nicht zu behandeln.

Bei den radiologischen Berechnungen werden die konservativen Vorgaben aus der Berechnungsvorschrift zu § 49 der StrlSchV /5/ sowie die dort aufgeführten radiologischen Grenzwerte berücksichtigt, die sich aus § 117 (16) in Verbindung mit § 50 der StrlSchV /34/ ergeben. Die in den Berechnungen verwendeten Nuklidvektoren wurden aus den radiologischen Bewertungen für die Nachbetriebsphase hergeleitet /6, 7/ oder auf Basis des 2. Teils des ESK-Stresstests abgeleitet. Für die geplanten Zeiträume des Gesamtvorhabens ist die Verschiebung der radiologisch relevanten Nuklidanteile während des Abbaus aufgrund des radioaktiven Zerfalls durch die ausreichenden Abstände zu den Störfallplanungswerten abgedeckt.

Für den Standort wurden bei den Dosisberechnungen /14, 35/ konservativ keine charakteristischen meteorologischen Daten verwendet. Diese Vorgehensweise ist konservativ, da ungünstige Randbedingungen überlagert werden, die bei Berücksichtigung realer Wetterverhältnisse am Standort nicht relevant wären. Die in /36/ enthaltenen aktuellen Wetterdaten sind somit von den Ergebnissen der radiologischen Analysen abgedeckt.

Durch den Wegfall nahezu aller im Leistungsbetrieb noch zu unterstellenden Störfälle nimmt das Risiko einer möglichen radiologischen Gefährdung der Umgebung durch störfallbedingte Freisetzungen radioaktiver Stoffe in der stillgelegten Anlage erheblich ab. Es verbleiben nur noch die bei stilllegungs- und abbauspezifischen Tätigkeiten sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisabläufe.

2 Radiologischer Ausgangszustand im Restbetrieb

Der radiologische Zustand der Anlage KKB zum Zeitpunkt des Beginns des Restbetriebs ist durch folgende wesentliche Merkmale gekennzeichnet:

- Es erfolgt seit Juli 2007 keine Neubildung radioaktiver Stoffe mehr.
- Die kurzlebigen radioaktiven Stoffe sind zwischenzeitlich abgeklungen, dies sind insbesondere die radiologisch relevanten Iod-Nuklide und die Edelgase.
- Es sind keine Brennelemente mehr in der Anlage vorhanden.
- Im BE-Lagerbecken befinden sich noch 13 Defektstäbe, die eine äußerst geringe Wärmeentwicklung von ca. 5 Watt je Stab aufweisen und keiner aktiven Kühlung mehr bedürfen. Die Menge spaltbaren Materials in den Defektstäben ist gering, sodass eine kritische Anordnung nicht mehr zu betrachten ist /29/.
- Die Anlage ist kalt und drucklos, sodass das notwendige Energiepotential für eine Freisetzung nicht mehr vorhanden ist. Der Abwasserverdampfer ist diesbezüglich nicht relevant, da dieser drucklos ist.

Das zum geplanten Abbaubeginn vorhandene Gesamtaktivitätsinventar wird vorläufig konservativ auf ca. $1 \text{ E}+17 \text{ Bq}$ abgeschätzt. Die Schätzung basiert auf den Erfahrungen aus anderen, zurückgebauten Kernkraftwerken. Die Aktivität ist hauptsächlich im Kristallgitter der Kern- und RDB-Einbauten und Teilen des RDB selbst gebunden. Nur ein kleiner Teil des Aktivitätsinventars liegt als Kontamination vor und befindet sich überwiegend auf den inneren Oberflächen der Anlagenteile. Für die Ereignisanalyse bedeutet dies, dass der dominante Anteil des radioaktiven Inventares im Metall gebunden ist und somit durch ein im Restbetrieb noch zu unterstellendes Ereignis nicht freigesetzt werden kann. Geringere Freisetzungen können durch Zerlegearbeiten verursacht werden. Hierfür sind - falls erforderlich - lokale Filteranlagen vorgesehen.

Während des Nachbetriebs wird die Verteilung der Aktivitäten in der Anlage ermittelt. In Abhängigkeit von der ermittelten Aktivitätsverteilung und der Wirksamkeit der bewährten Dekontaminationsverfahren werden ggf. Systemdekontaminationen vorgenommen, wodurch der Anteil der Kontamination und somit der freisetzbare Anteil des Aktivitätsinventares bereits im Nachbetrieb, ggf. zu Beginn des Restbetriebs nochmals reduziert wird.

Aus dem verfahrenstechnischen Anlagenzustand und dem radiologischen Ausgangszustand in der Anlage ist somit ersichtlich, dass hinsichtlich einer schutzzielorientierten Bewertung nur noch das Schutzziel „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ zu bewerten ist. Das Schutzziel "Kontrolle der Kritikalität" ist für den Restbetrieb aufgrund der geringen Mengen spaltbaren Materials in den Defektstäben nicht mehr relevant /29/.

3 Schutzzielorientierte Anforderungen hinsichtlich der Ereignisanalyse

Die für den Restbetrieb im Rahmen der Sicherheitsbewertungen durchzuführende schutzzielorientierte Bewertung ist in /15/ enthalten. Die Herleitung der schutzzielorientierten Anforderungen erfolgte auf der Basis der sicherheitstechnischen Bewertung für den Nachbetrieb /6/ sowie auf der Basis der schutzzielorientierten Anforderungen aus dem aktuellen kern-technischen Regelwerk /30/. Relevant ist im Restbetrieb nur noch das Schutzziel „Einschluss radioaktiver Stoffe“. Bezüglich der Ereignisanalyse für den Restbetrieb sind aus der schutzzielorientierten Bewertung nur Anforderungen hinsichtlich Berücksichtigung eines Lastabsturzes im Ereignisspektrum abzuleiten. Da die in den Stilllegungsleitfäden /2, 3/ enthaltenen Ereignislisten ebenfalls einen Lastabsturz beinhalten, sind aus der schutzzielorientierten Bewertung hinsichtlich der Ereignisanalyse keine zusätzlichen Anforderungen ableitbar.

4 Regelwerksanforderungen hinsichtlich Ereignisanalyse

Bezüglich der Ereignisanalyse lassen sich für den Restbetrieb Anforderungen aus der ESK-Empfehlung /3/ herleiten.

Den Sicherheitsanalysen ist ein Spektrum von Ereignissen für die Vorgänge während der Stilllegung zugrunde zu legen, das alle potentiell vorkommenden Ereignisse abdeckt.

Die gemäß /3/, Kap. 8.3 im Restbetrieb zu betrachtenden Ereignisse sind in nachfolgender Tabelle 1 enthalten.

Die in der Tabelle 1 aufgeführten Ereignisse werden in der nachfolgenden Ereignisanalyse entsprechend den anlagenspezifischen Gegebenheiten und dem für beide Phasen geplanten Abbauumfang berücksichtigt.

Gemäß Kap. 8.2 aus /3/ wurde außerdem überprüft, ob gemäß /4/ sowie standort- und anlagenspezifischer Besonderheiten weitere Ereignisse zu betrachten sind, die in Kap. 8.3 aus /3/ nicht enthalten sind. Zu bewerten waren Wechselwirkungen mit anderen Anlagen am Standort wie Gasturbinenwerk, Standortzwischenlager, LasmA sowie die vorgesehene Pufferlagerung (siehe Kap. 5.4 und 5.5.).

Die in diesem Bericht dargestellte Ereignisanalyse geht aus diesem Grunde über den in der Ereignisliste gemäß Tabelle 1 beschriebenen Umfang hinaus. Die Anforderungen aus den Leitfäden werden mit diesem erweiterten Umfang abgedeckt.

Aus /4/ lassen sich keine weitergehenden Anforderungen an die Ereignisanalyse herleiten.

Tabelle 1: Gemäß /3/, Kap. 8.3 im Restbetrieb zu betrachtende Ereignisse

Ereignis	Bemerkung
Einwirkungen von innen	
Anlageninterne Brände	Es sind mögliche Brände in der Anlage (einschließlich Filterbrände) mit potenziellen Aktivitätsfreisetzungen zu analysieren. Zu berücksichtigen sind die stationär und temporär in der Anlage befindlichen maximalen Brandlasten und Zündquellen. Gesonderte Analysen sind spätestens im Rahmen des Arbeitserlaubnisverfahrens für alle Arbeiten erforderlich, bei denen zusätzliche Zündquellen eingebracht werden (z.B. Heißarbeiten).
Leckagen von Behältern mit aktivitätsführenden Medien	Dabei ist der Behälter mit dem größten Gefährdungspotential zu identifizieren.
Fälle von Leckagen und Brüche von mediumführenden Systemen, welche zu anlageninternen Überflutungen führen.	
Komponentenversagen (z.B. Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt).	
Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktivem Inventar.	In der Beanspruchungssituation, die aus der ungünstigsten Kombination von Fallhöhe, Aufprallposition und Untergrundbeschaffenheit resultiert.
Herabstürzen von Lasten auf Behälter oder Systeme mit freisetzbarem radioaktivem Inventar.	Unter Berücksichtigung der ungünstigsten Kombination von Masse und Einwirkungscharakteristik der Lasten.
Ereignisse bei Transportvorgängen (z.B. Kollision).	
Umstürzen baulicher Einrichtungen.	
Versagen von Behältern und Anlagenteilen mit hohem Energieinhalt.	
Störungen und Ausfall gemeinsam genutzter Einrichtungen.	
Rückwirkungen aus temporär vorhandenen Einrichtungen.	z.B. Umstürzen von Schwenk- und Baukranen.
Anlageninterne Explosion	Es ist die mögliche Bildung einer explosiblen Atmosphäre in der Anlage zu analysieren. Im Hinblick auf die Untersuchung der Auswirkungen einer unterstellten anlageninternen Explosion sind vorhandene Vor-

Der Empfänger dieser Unterlage ist verpflichtet, die darin enthaltenen Informationen als Betriebs- und Geschäftsgeheimnis i.S. der geltenden Gesetze zu behandeln.

Ereignis	Bemerkung
	sorgemaßnahmen zu berücksichtigen.
Chemische Einwirkungen	Sofern solche Einwirkungen aufgrund der eingesetzten Dekontaminationstechniken möglich sind, sind die Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen zu prüfen.
Ausfälle und Störungen von Versorgungseinrichtungen.	z.B. der elektrischen Energieversorgung
Ausfälle und Störungen von leittechnischen und Überwachungseinrichtungen.	z.B. Strahlungsüberwachung
Ausfälle und Störungen von Brandschutzeinrichtungen.	
Ausfälle und Störungen von Lüftungsanlagen und Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe.	
Einwirkungen von außen	
Naturbedingte Einwirkungen von außen durch Sturm, Regen, Starkregenereignisse, Schneefall, Schneelasten, Frost, Blitzschlag, Hochwasser, außergewöhnliche Hitzeperioden, biologische Einwirkungen, Waldbrände, Erdbeben.	Die Lastannahmen für diese naturbedingten Ereignisse sind den Standortgegebenheiten anzupassen.
Zivilisatorisch bedingte Einwirkungen von außen, wie Flugzeugabsturz, anlagenexterne Explosion, Eindringen gefährlicher Stoffe, anlagenexterner Brand.	Lastannahmen richten sich ebenfalls nach den Gegebenheiten des Standorts. Soweit die Ereignisse den auslegungsüberschreitenden Ereignissen zuzuordnen sind, ist der Reduzierung der Schadensauswirkung genügt, wenn die unter realistischen Randbedingungen sowie unter Berücksichtigung der Reststofflogistik ermittelten radiologischen Auswirkungen einschneidende Maßnahmen des Katastrophenschutzes nicht erforderlich machen.

5 Ereignisanalyse für Stilllegung und Abbau des KKB

5.1 Einwirkungen von innen

5.1.1 Absturz eines beladenen Abfallgebundes

Beladene Abfallgebände mit freisetzbarem radioaktivem Material werden grundsätzlich mit dafür qualifizierten Hebezeugen und Anschlagmitteln transportiert. Für Transportvorgänge mit Hebezeugen oder Lastanschlagpunkten ohne Nachweis der Einhaltung der erhöhten Anforderungen der KTA Regeln 3902 /8/ und 3905 /9/ wird ein Lastabsturz unterstellt und durch zusätzliche Strahlenschutzmaßnahmen die Strahlenbelastung des Anlagenpersonal soweit reduziert, dass die Grenzwerte aus Kap. 4.2 der KTA Regeln 3902 und 3905 eingehalten werden. Die administrativen Regelungen hierzu sind in der Strahlenschutzordnung und der Instandhaltungs- und Abbauordnung des RBHB enthalten. Mit den durchgeführten radiologischen Analysen /14/ wurde gezeigt, dass auch bei einem unterstellten Lastabsturz die Grenzwerte des § 49 der StrlSchV eingehalten werden.

Als abdeckender Fall wurde der Absturz eines mit Ionenaustauscherharzen gefüllten Fasses im Fasslager betrachtet. Aufgrund des hohen Aktivitätsinhaltes eines Fasses und der durch den Absturz verursachten Aktivitätsfreisetzung ins Reaktorgebäude mit anschließender ungefilterter Freisetzung in die Anlagenumgebung deckt dieser Fall andere zu betrachtende Lastabstürze ab (siehe Kap.5.1.2).

5.1.2 Absturz eines Lagerfasses mit Ionenaustauscherharzen beim Handhaben oder Verpacken und Ereignisse beim Abfüllen

Ein derartiges Ereignis wurde bereits für die Nachbetriebsphase /6, 7/ betrachtet. Unterstellt wurde der Absturz eines mit Ionenaustauscherharzen befüllten 200-Liter-Fasses bei der Handhabung im Fasslager im Reaktorgebäude. Für die Dosisberechnung wurde konservativ die Aktivitätskonzentration eines während des Leistungsbetriebes befüllten Fasses und die ungefilterte Freisetzung über den Abluftkamin innerhalb von einer Stunde angenommen. Für die Abbauphase der Anlage werden derart hohe Aktivitätskonzentrationen nicht mehr erwartet, da keine zusätzlichen radioaktiven Nuklide mehr erzeugt werden. Die für dieses Ereignis errechnete Effektivdosis für die am höchsten belastete Altersgruppe beträgt 1,3 mSv, was einer Ausschöpfung des Planungswertes nach § 49 StrlSchV von 2,6 % entspricht. Dieser Wert ist noch als konservativ anzusehen, da eine mögliche Filterung sowie administrative Maßnahmen wie z.B. Abschaltung der Lüftung nicht berücksichtigt wurden.

Für die während des Restbetriebes zu befüllenden Abfallgebände wird erwartet, dass sich die Aktivitätskonzentrationen gegenüber dem Leistungs- und Nachbetrieb verringern, da keine neuen radioaktiven Nuklide mehr produziert werden und die Nuklide mit kurzen und mittleren Halbwertszeiten bereits zerfallen sind. Die Konditionierung hat darauf keinen Einfluss. Durch Beprobung oder Dosisleistungsmessungen wird der Aktivitätsinhalt der Fässer auf die zulässigen Maximalwerte begrenzt. Nach Konditionierung des Inhaltes der aus dem Leistungs- und Nachbetrieb stammenden Fässer sowie der in der ersten Abbauphase anfallenden Fässer wird, falls erforderlich, im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die 2. Abbaugenehmigung das führende Handhabungsereignis mit den dann vorliegenden Daten (z.B. über zu unterstellendes Aktivitätsinventar, Nuklidverteilung) erneut bewertet.

5.1.3 Herabstürzen von Lasten auf Abfallgebände mit freisetzbarem radioaktivem Inventar

Ein Absturz von Lasten auf Abfallgebände mit freisetzbarem radioaktivem Material kann nicht generell ausgeschlossen werden, da nicht alle eingesetzten Hebezeuge, Lastaufnahmeeinrichtungen und Lastanschlagpunkte entsprechend den erhöhten Anforderungen der KTA-Regeln 3902 /8/ und 3905 /9/ ausgelegt sind.

Die Transportwege von schweren Lasten innerhalb der Gebäude werden beschränkt, um ein Überfahren von Abfallgebänden mit freisetzbarem radioaktivem Inventar weitestgehend zu vermeiden.

Hierfür notwendige technische und administrative Maßnahmen für den Fall des Überfahrens werden in der Strahlenschutz- bzw. Instandhaltungs- und Abbauordnung geregelt, so dass Vorsorge gegen einen Absturz getroffen ist und bei einem Lastabsturz unzulässige Aktivitätsfreisetzungen verhindert werden.

5.1.4 Lastabsturz bei der Demontage, Zerlegung und Verpackung der Reaktordruckbehältereinbauten und des Reaktordruckbehälters

In der Phase 1 des Abbaus werden die Einbauten des Reaktordruckbehälters demontiert, zerlegt und verpackt. Für den Transport derjenigen RDB-Einbauten, deren Lastaufnahmeeinrichtungen und Lastanschlagpunkte den erhöhten Anforderungen der KTA 3902 /8/ bzw. KTA 3905 /9/ genügen, kann der Lastabsturz ausgeschlossen werden, der ggf. zu einer Beschädigung der Auskleidung der Nasszerlegebereiche oder des Flutkompensators führt. Für diejenigen Komponenten, für die keine nach den erhöhten Anforderungen der KTA-Regeln verfügbaren Anschlagmittel verfügbar sind, sowie bei der kraftschlüssigen Handhabung von Zerleteilen ist ein Lastabsturz zu unterstellen. Als Ereignis mit der größten Folgewirkung ist ein Lastabsturz auf den Flutkompensator zu betrachten. Der Flutraum und das Absetzbecken entleeren sich dann vollständig. Das austretende Leckwasser sammelt sich teilweise im Sicherheitsbehälter und auf der untersten Ebene im Reaktorgebäude und fließt nach dessen Auffüllung bis zur Höhe der Überströmklappe anschließend in den Keller des Maschinenhauses ab. Ein derartiges Ereignis wurde bereits für die Nachbetriebsphase der Anlage radiologisch bewertet /7/. Für die am stärksten belastete Altersgruppe ergibt sich rechnerisch auf der Basis der Berechnungsvorschrift des § 49 der StrlSchV eine Effektivdosis von ca. 0,8 μSv . Das Ereignis ist radiologisch nicht relevant, da die berechnete Dosis mehrere Größenordnungen unterhalb des Grenzwertes der StrlSchV von 50 mSv liegt.

Die Zerlegung des RDB erfolgt in Phase 2. In dieser Phase ist der Flutkompensator nicht mehr gesetzt, der Flutraum mit Absetzbecken somit trocken. Im RDB wird der Wasserspiegel ggf. schrittweise mit dem Abbaufortschritt abgesenkt. Bei Unterstellung eines Lastabsturzes könnte es zu einer Leckage aus dem RDB kommen. Das Ereignis ist jedoch, wie vorstehend begründet, radiologisch nicht relevant.

5.1.5 Lastabsturz beim Transport von großen Einzelkomponenten im Kontrollbereich

Beim Transport von sonstigen großen Einzelkomponenten im Kontrollbereich wird ein Lastabsturz unterstellt, wenn nicht die gesamte Lastkette die Anforderungen der KTA-Regeln 3902 /8/ und 3905 /9/ erfüllt. Radiologische Auswirkungen bei einem Absturz von kontaminierten Einzelkomponenten, wie beispielsweise dem Abwasserverdampfer, werden durch Maßnahmen vor dem Transport (Spülen, Verschließen aller Öffnungen usw.) auf das zulässige Maß begrenzt. Eine separate radiologische Bewertung dieses Ereignisses kann damit entfallen.

5.1.6 Ereignisse bei Transportvorgängen einschließlich Verkehrsunfall eines Transportfahrzeuges beim Transport von Abfallgebinden auf dem Anlagengelände KKB

Radioaktive Stoffe werden in spezifischen Verpackungen transportiert, die entsprechend der Gefahrstoffverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) /11/ bzw. ADR (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße) /12/ zugelassen sind. Zu unterstellende mechanische Einwirkungen auf die beladenen Abfallgebinde infolge eines Verkehrsunfalls während des Transports werden von diesen ohne einen Verlust der Integrität aufgenommen. Die getroffenen Vorsorgemaßnahmen sind hinreichend wirksam, da bei gewährleisteter Integrität keine Aktivitätsfreisetzung erfolgt. Damit kann auf eine nähere Analyse radiologischer Folgen verzichtet werden.

5.1.7 Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt

Ein Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt ist als Gefahrenquelle auszuschließen, da sich derartige Behälter im KKB in der Abbauphase innerhalb der Gebäude mit sicherheitstechnischer Bedeutung im kalten und drucklosen Zustand befinden.

5.1.8 Leckage des Abwasserverdampfers

Eine „Leckage des Abwasserverdampfers“ wurde bereits als radiologisch relevantes Ereignis im Rahmen des Leistungsbetriebes und der Nachbetriebsphase analysiert /6, 7, 10/. Für den Ereignisablauf wird unterstellt, dass der gesamte Konzentratinhalt des Verdampfers und des Brüdengefäßes in das Reaktorgebäude ausläuft, teilweise verdampft und ungefiltert über den Abluftkamin abgegeben wird. Die auf Basis der Berechnungsvorschrift der StrlSchV errechnete maximale effektive Dosis für die am höchsten belastete Altersgruppe beträgt 0,019 mSv und liegt damit deutlich unter dem Grenzwert von 50 mSv gemäß § 49 StrlSchV. Für den Restbetrieb der Anlage ist das in /6, 7/ analysierte Ereignis äußerst konservativ, da die während des Leistungsbetriebes generierten Iodnuklide bereits zerfallen sind und auch das übrige Nuklidspektrum zu Beginn des Restbetriebes bereits ca. 10 Jahre abgeklungen ist.

5.1.9 Auslaufen des Konzentratbehälters

Vor der Abschlammung des Abwasserverdampfers wird der Konzentratbehälter soweit entleert, dass für die Abschlammung und den anschließenden Spülvorgang genügend freies Volumen im Konzentratbehälter zur Aufnahme zur Verfügung steht. Nach der Abschlammung wird kaltes Spülwasser zugespeist. Damit sind die Aktivitätskonzentration sowie die Mediumstemperatur in diesem Behälter geringer als im Abwasserverdampfer. Die radiologischen Auswirkungen des Auslaufens eines solchen Behälters sind somit von einem Leck im Abwasserverdampfer abgedeckt /14/. Eine separate radiologische Analyse ist nicht notwendig.

5.1.10 Leckage an der Kondensationskammer beim Abbau des Reaktors

Das Wasser in der Kondensationskammer kann ggf. während des Abbaus für einen bestimmten Zeitraum aus betrieblichen Gründen als Puffervolumen dienen. Die mechanischen Belastungen durch den Wasserinhalt sind äußerst gering, sodass ein Versagen der Stahlstruktur auszuschließen ist. Eine Leckage ist somit nur durch eine fehlerhafte Öffnung einer Armatur im Wasserbereich der Kondensationskammer vorstellbar. Lässt man die möglichen Absperrmaßnahmen außer Betracht, entleert sich die Kondensationskammer bis zur Unterkante des leckbehafteten Ansaugstutzens. Das austretende Leckwasser sammelt sich auf der untersten Ebene im Reaktorgebäude und fließt nach dessen Auffüllung bis zur Höhe der Überströmklappe anschließend in den Keller des Maschinenhauses ab.

Die radiologischen Auswirkungen eines derartigen Ereignisses sind durch die obigen Betrachtungen zum Lastabsturz mit der Folge eines Flutkompensatorlecks (siehe Kap. 5.1.4) abgedeckt, da die aus der Kondensationskammer freisetzbaren Wassermengen bei vergleichbaren Aktivitätskonzentrationen in Flutraum und Kondensationskammer geringer sind /7, 14/.

5.1.11 Brand im Bereich der Reststoffbehandlung/Abfallkonditionierung

Es wurde ein Brand im Bereich der Reststoffbehandlung/Abfallkonditionierung in der heißen Werkstatt untersucht. Für die Analyse wurde unterstellt, dass brennbare radioaktive Abfälle in Plastiksäcken in einem Container bis zum Abtransport zur Konditionierung gesammelt werden und dass alle dort lagernden Abfälle verbrennen. Die Gesamtaktivität in einem Container wurde aufgrund der bisherigen Betriebserfahrung mit $5 \text{ E}+9 \text{ Bq}$ angenommen. Die radioaktiven Stoffe im brennbaren Abfall liegen hauptsächlich als Kontamination vor, von denen bei einem Brand ein Teil aerosolförmig freigesetzt werden kann. Für das der Berechnung zugrunde gelegte Aktivitätsinventar wurde folgende Zusammensetzung angenommen:

Co-60:	3,47 E+9 Bq
Cs-137:	1,49 E+9 Bq
Sr-90	3,7 E+7 Bq
Am-241	4,9 E+6 Bq.

Zur Bestimmung des Quellterms für die Berechnung der resultierenden maximalen Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage im Falle eines Brandes werden konservative Annahmen gemäß der Berechnungsvorschrift der StrlSchV getroffen.

Die effektive Dosis für die am stärksten beaufschlagte Altersgruppe wurde für dieses Ereignis zu ca. $0,31 \text{ mSv} / 14/$ berechnet. Sie liegt somit weit unterhalb des Grenzwertes aus § 49 StrlSchV.

5.1.12 Brand eines Aktivkohlefilters

Aktivkohlefilter werden bereits im Nachbetrieb aus der Anlage entfernt, sodass ein derartiger Brand im Restbetrieb nicht mehr zu betrachten ist.

5.1.13 Weitere anlageninterne Brände

Die Brandgefährdung wird durch die stetige Verringerung der Brandlasten und Zündquellen während des Abbaus fortlaufend reduziert. Zu Beginn des Restbetriebes sind alle Schmier- und Kraftstoffe weitestgehend aus einzelnen Gebäuden der Kraftwerksanlage entfernt. Anlageninterne Brände sind jedoch nicht auszuschließen. Signifikante Brandlasten während des Abbaus stellen nur noch die Kabel dar. Ein Kabelbrand im WBS-Gebäude kann im ungünstigsten Fall zum Versagen der gesamten Stromversorgung führen. Selbst der Ausfall der gesamten Netzeinspeisung und der Ersatzstromversorgung für die im Abbau genutzte Infrastruktur bleibt ohne Konsequenzen für die Gewährleistung der Schutzziele. Da in einem solchen Fall alle Stilllegungs- und Abbautätigkeiten eingestellt werden, hat ein Kabelbrand keine signifikanten Auswirkungen auf die Einhaltung der Schutzziele, da ein zusätzliches Ereignis mit Aktivitätsfreisetzung im Restbetrieb nicht zu unterstellen ist. Durch die batteriegestützte Versorgung der Brandmeldeanlagen und die zweite, vom WBS unabhängige elektrische Einspeisung für die Pumpen des Sprühflut-Feuerlöschsystems bleibt auch bei einem Kabelbrand die Brandmeldung und Brandbekämpfung gewährleistet. Details hierzu sind in /15, 16/ enthalten. Ein Brand im Gebäude der Netzersatzanlage für die Objektsicherung führt zu keiner Aktivitätsfreisetzung, da dort entsprechende Stoffe nicht vorhanden sind.

5.1.14 Fassbrand, Behälterbrand, Filterbrand

Ionenaustauscherharze – Kugelharze oder Pulverharze – aus den Wasseraufbereitungsanlagen des Kontrollbereiches werden in für diese Verwendung zugelassene Abfallbehälter gefüllt und darin getrocknet. Eine Freisetzung radioaktiver Stoffe nach einer thermischen Zersetzung der Harze ist nur bei einem massiven äußeren Brand im Raumbereich der Konzentratabfüllstation möglich. Es sind Temperaturen oberhalb von 500 °C erforderlich, damit das leicht flüchtige Cäsium in die Gasphase

übergeht, während das schwerflüchtige Kobalt auch dann noch nahezu vollständig in den Zersetzungsprodukten der Harze gebunden bleibt. Brände mit einer Wärmeentwicklung, die zu derartigen Temperaturen im Abfüll- oder Mosaikbehälter führen würden, können auf Grund der im Raumbereich begrenzten Brandlasten und der vorhandenen Brandschutzmaßnahmen ausgeschlossen werden.

Die endzündbaren Aktivkohlefilter wurden bereits während des Nachbetriebes entfernt, sodass im Restbetrieb derartige Filterbrände nicht mehr zu unterstellen sind. Die noch vorhandenen Aerosolfilter weisen eine geringe Aktivitätsbeladung auf. Die KKB-Betriebserfahrungen haben gezeigt, dass ein Wechseln dieser Filter ohne besondere Strahlenschutzmaßnahmen möglich ist. Die möglichen radiologischen Auswirkungen eines Brandes eines derartigen Filters sind somit durch den Brand eines Containers abgedeckt, da die Masse gegenüber dem Inhalt eines Containers vernachlässigbar ist.

5.1.15 Brandbedingter Ausfall der Infrastruktur im Abbau

Unter "Infrastruktur im Abbau" werden Hilfseinrichtungen für den Abbau angesehen. Diese können innerhalb und außerhalb des Kontrollbereiches eingesetzt werden. Bei einem brandbedingten Ausfall innerhalb des Kontrollbereiches werden die Arbeiten eingestellt. Die Folgen eines brandbedingten Ausfalls von Komponenten der Infrastruktur im Abbau außerhalb des Kontrollbereiches unterscheiden sich nicht von den Folgen von Ausfällen und Störungen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen (siehe auch Kap. 5.2) und haben damit keine radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung. Die radiologische Auswirkung eines Brandes kontaminierter Einrichtungen der Infrastruktur innerhalb des Kontrollbereiches ist durch die vorgenommenen radiologischen Bewertungen abgedeckt, da die Aktivitätsinhalte geringer sind als bei einem Brand eines Containers mit Mischabfall.

5.1.16 Chemische Einwirkungen

Eine umfassende chemische Dekontamination des RDB, der RDB-Einbauten und einzelner Teile der anschließenden Systeme ist nicht vorgesehen. Vorgesehen sind Dekontaminationsmaßnahmen an einzelnen Komponenten, wenn der Grad der Kontamination dies erfordern sollte. Für Stilllegung und Abbau ist in diesem Zusammenhang die ggf. notwendige Dekontamination einzelner Komponenten der Abwasseraufbereitungssysteme zu betrachten.

Größere radiologische Folgen durch ein Leck bei einer ggf. notwendigen chemischen Dekontamination dieser Komponenten können weitgehend ausgeschlossen werden, auch weil es sich hierbei um kurzzeitige Einwirkungen chemischer Substanzen unter ständiger Kontrolle des ausführenden Personals handelt, auftretende Leckagen rechtzeitig abgesperrt werden können und die Überdrücke gering sind. Beim Rückbau der Abwasseraufbereitungssysteme sind keine radioaktiven Wässer im System mehr vorhanden. Aus den Komponenten ins Reaktorgebäude freisetzbar ist somit nur ein geringer Teil der im Inneren vorhandenen Kontamination. Da für das Ereignis „Leckage des Abwasserverdampfers“ während des Systembetriebes gezeigt wurde, dass die Grenzwerte des § 49 der StrlSchV eingehalten werden (siehe Kapitel 5.1.8), ist eine Leckage während einer ggf. notwendigen Dekontamination vor dem Abbau hierdurch abgedeckt.

5.1.17 Aktivitätsfreisetzung aus defekten Brennstäben

Ggf. werden zu Beginn des Rückbaus im Brennelementlagerbecken noch max. 13 defekte Brennstäbe in einem speziellen Köcher gelagert. Hierbei handelt es sich um einzelne, weit abgeklungene Brennstäbe, die keiner aktiven Kühlung und keiner Kritikalitätssicherung /29/ mehr bedürfen. Die maximale Dosisbelastung in der Anlagenumgebung bei einem solchen postulierten Störfall liegt, bei Annahme einer ungefilterten Freisetzung, mit einem Wert kleiner als 0,06 mSv für die Schilddrüsendosis weit unterhalb des Grenzwertes des § 49 der StrlSchV /14/. Für die Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Anlagenumgebung sind somit keine Einrichtungen zur Filterung der Abluft von der 42 m-Bühne mehr notwendig.

5.1.18 Anlageninterne Explosion

Eine anlageninterne Explosion bedingt das Vorhandensein eines explosionsfähigen Gasgemisches und einer Zündquelle. Im Restbetrieb ist durch die anlagentechnischen Voraussetzungen sowie durch Vorsorgemaßnahmen eine ausreichende Vorsorge getroffen. Im Einzelnen:

- Der zur Kühlung des Generators notwendige Wasserstoff ist aus der Anlage entfernt; eine Wasserstoffbevorratung auf dem Betriebsgelände des KKB erfolgt nicht mehr.
- Radiolysegase können im Restbetrieb nicht mehr entstehen.
- Die Entstehung eines zündfähigen Wasserstoff/Sauerstoff-Gemisches in den Batterieanlagen wird vermieden, indem der bei den Ladevorgängen frei werdende Wasserstoff über Abluftanlagen abgeführt wird.
- Vorhandenes Methan/Argon-Gemisch wird auf dem Außengelände sowie im Betriebsgebäude auch im Restbetrieb als Reserve in Gasflaschen gelagert. Durch die freistehende Lage bzw. die Lüftungsbedingungen werden bei Undichtigkeiten austretende Gase schnell ausreichend verdünnt, sodass keine Explosionsgefahr besteht. Die Funktionsfähigkeit der Einrichtungen, und die Dichtheit der Systeme werden durch wiederkehrende Prüfungen überwacht.
- Die im Restbetrieb verbleibenden Öle, Dieseltreibstoffe und Schmierstoffe besitzen so hohe Flammpunkttemperaturen ($>55^{\circ}\text{C}$ und Zündtemperaturen (255°C bis 450°C), dass eine Bildung von explosiblen Gas/Luft-Gemischen nicht auftritt. Nach Stilllegung der Notstromdiesel im Dieselgebäude und im UNS befinden sich größere Mengen an Dieseltreibstoff und Schmierstoffen nur noch außerhalb des Kontrollbereiches im Gebäude der Netzanlage für die Anlagensicherung. Explosionsschutzmaßnahmen sind für diese Stoffe gemäß Betriebssicherheitsverordnung /25/ und KTA-Regel 2103 /31/ nicht notwendig. Ansonsten werden keine brennbaren Flüssigkeiten mit niedrigen Flammpunkten im Anlagenbereich in nennenswerten Mengen gelagert, sodass hieraus keine Explosionsgefahr abzuleiten ist.
- Die Lagerung von Schneidgasen für den Abbau erfolgt auf dem Außengelände. Zur Verwendung in der Anlage in einzelnen Raumbereichen werden Druckgasflaschen in die jeweiligen Arbeitsbereiche eingebracht. Für den Abbau des RDB wird eine neue Rohrleitung vom Lagertank auf dem Außengelände ins Reaktorgebäude geführt. Die Rohrleitung wird gemäß dem einschlägigen Regelwerk mit einer Absperrarmatur außerhalb der Anlagengebäude ausgeführt. Für die benötigten Einrichtungen zur Lagerung und Handhabung explosionsgefährlicher Stoffe werden zur Gewährleistung einer ausreichenden Vorsorge die Anforderungen aus der Betriebssicherheitsverordnung /25/, der Gefahrstoffverordnung /26/ sowie den Explosionsrichtlinien /27/ berücksichtigt.

5.1.19 Anlageninterne Überflutung

Unterstellte Lecks oder Brüche in mediumführenden Systemen, die während des Restbetriebes noch betrieben werden, können zu anlageninternen Überflutungen führen. Zu betrachten sind im Restbetrieb noch folgende Ereignisse:

- Leck oder Bruch einer Feuerlöschleitung im Reaktorgebäude,
- Leck oder Bruch einer Rohrleitung im Maschinenhaus,
- Leck oder Bruch einer Rohrleitung im Rohrkeller,
- Leck oder Bruch einer Rohrleitung im Kühlwasserpumpenhaus,
- Leck oder Bruch einer Feuerlöschleitung im Schaltanlagengebäude,
- Leck oder Bruch einer Kühlwasserleitung des Gasturbinenwerkes im Rohrkanal unter dem Schaltanlagengebäude.

Der Ablauf dieser Ereignisse und die daraus resultierenden Belastungen auf die jeweils betroffenen Gebäudeteile und systemtechnischen Einrichtungen wurden im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung unter den konservativen Randbedingungen des Leistungsbetriebes der Anlage analysiert /18/. Im Restbetrieb ergeben sich aufgrund der größtenteils stillgelegten Systeme wesentlich günstigere Randbedingungen, sodass zusätzliche Nachweise für diese Ereignisse nicht mehr zu erstellen sind.

Die zur Erkennung einer Überflutung erforderlichen Einrichtungen bleiben auch während des Restbetriebes im erforderlichen Umfang verfügbar. Durchzuführende Abschalt- oder Absperrmaßnahmen werden im RBHB geregelt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei den im Restbetrieb noch zu betrachtenden Überflutungsereignissen keine sicherheitstechnischen Einrichtungen beeinträchtigt werden. Bei Leckagen innerhalb des Kontrollbereiches ist die Rückhaltung des Leckwassers innerhalb der Gebäude gewährleistet, sodass keine Aktivitätsfreisetzung in die Anlagenumgebung erfolgt.

Leck oder Bruch einer Feuerlöschleitung im Reaktorgebäude

Der Bruch einer Feuerlöschleitung im Reaktorgebäude führt auf Grund der begrenzten Leckmenge nicht zu einer Gefährdung von sicherheitstechnisch relevanten Komponenten. Unter der Annahme, dass bei einem Bruch auf Grund des damit verbundenen Druckabfalls alle 4 Feuerlöschpumpen starten und die maximale Fördermenge von 756 m³/h erreicht wird, können bei einem 10 minütigen Betrieb der Pumpen nur max. ca. 130 m³ ins Reaktorgebäude strömen. Sicherheitstechnisch erforderliche Komponenten sind im unteren Bereich des Reaktorgebäudes nicht vorhanden. Das einströmende Wasser wird innerhalb des Gebäudes zurückgehalten, sodass keine Aktivitätsfreisetzung in die Anlagenumgebung erfolgt.

Leck oder Bruch einer Rohrleitung im Maschinenhaus

Brüche oder Lecks im elbwasserführenden Nebenkühlwassersystem können zu anlageninternen Überflutungen im Maschinenhaus führen. Bemerkenswert ist die Überflutung durch den Start der Sumpfpumpen. Das System verfügt außerhalb des Maschinenhauses über Absperrarmaturen, durch deren Schließen druckseitig eine Ausströmung von Elbwasser unterbunden werden kann. Zulaufseitig kann die Leckage durch Abschalten der Pumpen reduziert sowie durch Schließen der Saugarmaturen beendet werden. Aufgrund des hohen Speichervolumens besteht ein ausreichender Zeitraum für die Durchführung der Absperrmaßnahmen. Auswirkungen auf sicherheitstechnisch erforderliche Komponenten sind im Falle einer Überflutung nicht anzunehmen, da derartige Komponenten im Maschinenhaus nicht vorhanden sind. Das ins Gebäude einströmende Wasser wird durch die Gebäudeaußenwände zurückgehalten. Eine Aktivitätsfreisetzung ist mit diesem Ereignis nicht verbunden.

Die druckseitige Einbindung der Abgabelitung des TR-Systems für radioaktive Abwässer in den Rücklaufsammler des VF-Systems erfolgt im Maschinenhaus. Die zur Abgabe notwendigen aktiven elektrischen Komponenten der Abgabestation (Pumpen, Armaturen) befinden sich im Reaktorgebäude. Im Maschinenhaus ist im Bereich der Einbindung nur eine Rückschlagklappe (TR23S113) angeordnet. Im Falle eines "Lecks oder Bruchs einer Rohrleitung im Maschinenhaus" erfolgt somit keine Beeinträchtigung der Abgabe. Die Unterbrechung der Abgabe ist jedoch durch Abschaltung der Pumpen und Schließen der Absperrarmaturen im Reaktorgebäude gewährleistet. Aus diesem Ereignis ergeben sich somit keine sicherheitstechnischen Anforderungen an die Abgabestation.

Leck oder Bruch im Rohrkeller

Ein Bruch oder ein Leck in einer Nebenkühlwasser- oder Feuerlöschleitung innerhalb des Rohrkellers wird über den Start der Sumpfpumpen erkannt.

Im Rohrkeller steht ein flutbares Luftvolumen von ca. 2800 m³ (bis zur Unterkante der Deckenunterzüge des Rohrkellers) zur Verfügung. Es steht somit ein ausreichender Zeitraum für Absperrmaß-

nahmen zur Verfügung. Alle Absperrarmaturen sind außerhalb des Rohrkellers/Rohrkanals angeordnet. Beim Auftreten einer Kühlwasserleckage im Rohrkeller, bei der eine eindeutige Ortung der Leckstelle nicht möglich ist, werden alle noch in Betrieb befindlichen elbwasserführenden Systeme, die diesen Anlagenbereich beaufschlagen können, gestaffelt abgeschaltet.

Bei Unterstellung einer vollständigen Überflutung des Rohrkellers und des mit diesem verbundenen Rohrkanals entweicht die komprimierte Luft über die vier Entlüftungsrohre ins Freie. Durch Abschottungen zu den angrenzenden Gebäuden

(Kühlwasserpumpenhaus 1 und 2, Maschinenhaus und Reaktorgebäude

- Siemens AG, Absicherung des Reaktorgebäudes bei Kühlwasserleckage im Rohrkeller, Arbeitsbericht R323/91/209 vom 04.12.1991
- Siemens AG, Absicherung des Pumpenbauwerks bei Kühlwasserleckage im Rohrkeller, Arbeitsbericht R323/91/211a vom 10.12.1991
- Siemens AG, Absicherung des Maschinenhauses bei Kühlwasserleckage im Rohrkeller Arbeitsbericht R323/91/210 vom 06.12.1991)

ist sichergestellt, dass auch beim gefluteten Rohrkeller/Rohrkanal diese Gebäude nicht betroffen sind. Im Rohrkanal befinden sich im Restbetrieb keine sicherheitstechnisch erforderlichen Komponenten mehr.

Leck oder Bruch einer Rohrleitung im Kühlwasserpumpenhaus

Eine Leckage in einer elbwasserführenden Rohrleitung wird auf Grund des ansteigenden Füllstandes im Gebäudesumpf durch den Start der beiden vorhandenen Sumpfpumpen erkannt. Die in der betroffenen Gebäudehälfte installierten Nebenkühlwasser- und Feuerlöschpumpen sind in Folge der Überflutung unverfügbar. Das Gebäude wird bis zum Elbniveau aufgefüllt. Die auftretenden Lasten werden durch die Gebäudetrennwand abgetragen, sodass die Leckage auf eine Gebäudehälfte beschränkt bleibt. Die Verfügbarkeit der in der benachbarten Gebäudehälfte installierten Feuerlöschpumpen ist somit gewährleistet.

Leck oder Bruch einer Feuerlöschleitung im Schaltanlagegebäude

Die Sprühflutanlage im Schaltanlagegebäude wird mit Elbwasser gespeist. Die Verteiler befinden sich in den beiden Treppenhäusern des Schaltanlagegebäudes. Die einzelnen Löschbereiche sind mit Elektro-Fernschaltventilen ausgerüstet. Die Löschwassereinspeisung ist auf 10 Minuten begrenzt. Es kann lediglich im Treppenhaus ein Bruch der Leitung unterstellt werden. In diesem Fall strömt 10 min lang Löschwasser ins Treppenhaus. Aufgrund der begrenzten Ausflussmenge kann es nicht zur Überflutung von Kabeltrassen kommen. Auswirkungen auf sicherheitstechnisch erforderliche Komponenten sind nicht zu unterstellen, da im unteren Bereich des Schaltanlagegebäudes solche nicht vorhanden sind.

Leck oder Bruch einer Kühlwasserleitung des Gasturbinenwerkes im Rohrkanal unter dem Schaltanlagegebäude

Im Schaltanlagegebäude befindet sich unterhalb der Ebene -1,0 m ein Rohrkanal, der bereits im Maschinenhaus beginnt und die Kühlwasserleitungen der Gasturbinen (5 VF) enthält. Die Kühlwasserversorgung 5 VF ist nur im Anforderungsfall des Gasturbinenwerkes in Betrieb. Bei einer Leckage in der Vorlauf- oder Rücklaufleitung kann es zur Flutung des Rohrkanals unter dem Schaltanlagegebäude kommen. Der Rohrkanal ist zum Schaltanlagegebäude mit einer entsprechenden Abschottung versehen. In der Schottwand zum Maschinenhaus ist eine Überströmöffnung mit einer Rückschlagklappe installiert, die bei einer Leckage innerhalb des Rohrkanals auf der Schaltanlage-seite öffnet und das Leckagewasser in Richtung Maschinenhaus abführt.

Eine Leckage im Rohrkanal unter dem Schaltanlagegebäude wird frühzeitig über die entsprechenden Füllstandsmeldungen und über die Störungsmeldungen des Gasturbinenwerkes erkannt. In diesem Fall werden die Kühlwasserpumpen des GTW ausgeschaltet und die Vorlauf- und Rücklaufleitungen abgesperrt.

5.2 Ausfälle und Störungen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen

5.2.1 Ausfall der externen netzseitigen Drehstromversorgung oder sicherheitstechnisch bedeutsamer Lüftungsanlagen

Bei einem Ausfall der gesamten Drehstromversorgung der Anlage aus dem Verbundnetz werden die laufenden Arbeiten unverzüglich eingestellt und Räumungsalarm ausgelöst, sodass die Anlage spätestens in ca. 30 min nach Störungseintritt geräumt ist. Die vorhandenen Batterien übernehmen in diesem Falle bis zur Zuschaltung der Netzersatzanlage die elektrische Versorgung der noch notwendigen Komponenten und Systeme. Details hierzu sind in /15/ dargestellt. Die Verfügbarkeit der Kamininstrumentierung ist auch bei Ausfall aller Netzversorgungen über die Batterien sichergestellt. Bei un verfügbarer Lüftung kann gemäß /15/, auf der Basis der bis zum Ereigniseintritt korrekten Messwerte der Kamininstrumentierung, eine konservative Ersatzbilanzierung für die abgegebenen radioaktiven Stoffe vorgenommen werden. Abbautätigkeiten werden erst nach Wiederherstellung der Netzversorgung wieder aufgenommen. Eine Verletzung der Schutzziele ist damit ausgeschlossen.

Ein Ausfall oder eine Beschädigung der stationären Lüftungstechnischen Einrichtungen zur Unterdruckhaltung in Reaktorgebäude und Maschinenhaus zieht eine sofortige Beendigung der Demontage- und Zerlegungsarbeiten und der Reststoffbearbeitung nach sich, die erst nach Wiederherstellung eines ausreichenden Unterdruckes wieder aufgenommen werden. Diese Regelung gilt auch für Störungen von örtlich eingesetzten Lüftungsanlagen mit Filtern, die zur Vermeidung einer Aktivitätsverschleppung sowie zur Reduzierung der Strahlenbelastung für das Anlagenpersonal eingesetzt werden. Hierdurch wird eine ggf. auftretende Freisetzung radioaktiver Stoffe mit der Luft in den umgebenden Kontrollbereich unterbunden. Die Vorsorge zur Vermeidung radiologischer Auswirkungen in der Anlagenumgebung ist damit hinreichend.

5.2.2 Beschädigung oder Ausfall zusätzlicher mobiler Lüftungstechnischer Einrichtungen bei der Demontage und Zerlegung kontaminierter und aktivierter Anlagenteile im Kontrollbereich

Bei der Demontage und Zerlegung kontaminierter und aktivierter Anlagenteile im Kontrollbereich, in deren Folge mit einer verstärkten Mobilisierung von radioaktiven Stoffen in Form von Aerosolen gerechnet werden muss, werden zusätzliche mobile Einrichtungen zur Luftabsaugung, Luftfilterung und Lüftungstechnische Trennungen eingesetzt. Ein Ausfall oder eine Beschädigung der zusätzlich eingesetzten mobilen Lüftungstechnischen Einrichtungen zieht eine sofortige Beendigung der Demontage- und Zerlegungsarbeiten im betroffenen Bereich nach sich. Durch diese organisatorische Maßnahme wird eine weitere evtl. Freisetzung innerhalb der Anlage und eine zusätzliche vermeidbare Kontamination bzw. Strahlenbelastung des arbeitenden Personals vermieden. Die Vorsorge zur Vermeidung radiologischer Auswirkungen auf die Umgebung ist damit hinreichend.

5.2.3 Beschädigung oder Ausfall der Infrastruktureinrichtungen im Abbau

Bei den ggf. notwendigen Einrichtungen der externen Infrastruktur im Abbau handelt es sich vorwiegend um außerhalb der bestehenden Anlagegebäude des KKB zu errichtende Versorgungs- und Überwachungssysteme in der Qualität von Baustelleneinrichtungen, deren Verbindungen teilweise von außen in die Anlagenräume verlaufen. Einzelheiten hierzu sind in Kapitel 5.1 aus /13/ beschrieben. Die zu erwartenden Folgen eines Ausfalls dieser Infrastruktureinrichtungen sind für die Sicher-

heit der Anlage im Restbetrieb nicht relevant und führen lediglich dazu, dass Abbauarbeiten in der zeitlichen Abwicklung beeinträchtigt oder verhindert werden. Die Auswirkungen durch Ausfälle einzelner Komponenten der Lüftungsanlagen oder der elektrischen Energieversorgung sind radiologisch in jedem Fall durch die betrachteten radiologisch relevanten Ereignisse abgedeckt, da mit diesen Ereignissen keine unzulässige Aktivitätsfreisetzung verbunden ist. Die Einhaltung der Schutzziele im Abbau ist somit durch eine Beschädigung oder den Ausfall einzelner Bestandteile der temporären Infrastruktur nicht gefährdet.

5.2.4 Ausfälle und Störungen von Brandschutzeinrichtungen

Brandschutzeinrichtungen haben im Restbetrieb ihre relevanten Aufgaben im Bereich des Personenschutzes. Ausfälle und Störungen von Brandmeldeeinrichtungen sind größtenteils selbstmeldend, sodass eine umgehende Reparatur erfolgen kann. Brandschutzeinrichtungen werden regelmäßig im Rahmen wiederkehrender Prüfungen auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft. In den radiologischen Analysen wurden für abdeckende Brandszenarien die Einhaltung der Grenzwerte der StrlSchV nachgewiesen /14/. Brandbekämpfungsmaßnahmen wurden in den Analysen nicht berücksichtigt.

5.3 Einwirkungen von außen

5.3.1 Erdbeben, Erdrutsch

Das nach KTA 2201.1 /28/ festzulegende Bemessungserdbeben wurde mit einer Intensität I=VI gemäß der europäischen makroseismischen Skala bestimmt und der Auslegung der sicherheitstechnisch relevanten Gebäude und Systeme zu Grunde gelegt. Die in 2010 durchgeführte Neubewertung der KKB-Erdbebenspektren /32/ bestätigt diese als konservativ.

Das unabhängige Notstandssystem (UNS) sowie die im Maschinenhaus, Notstromdieselgebäude, Kühlwasserpumpenhaus und Schaltanlagegebäude vorhandenen Systeme haben bei einem Erdbeben keine sicherheitstechnischen Aufgaben mehr.

Die Aktivitätsinhalte der im Restbetrieb neu zu installierenden Systeme für den Abbau werden durch Beprobung oder Dosisleistungsmessungen auf zulässige Maximalwerte begrenzt. Auslegungsanforderungen aus Erdbeben sind nicht zu berücksichtigen. Bei Ersatzsystemen werden die im Restbetrieb an die zu ersetzenden Systeme noch zu stellenden Auslegungsanforderungen berücksichtigt.

In Übereinstimmung mit den Anforderungen aus dem Anhang 2 des gültigen kerntechnischen Regelwerkes /4/ wird unterstellt, dass ein radiologisch repräsentativer Behälter im Reaktorgebäude versagt und dessen Inhalt ins Reaktorgebäude freigesetzt wird. Die entsprechende Analyse ist in Kap. 5.1.8 (Leckage des Abwasserverdampfers) dargestellt.

Ein Erdbeben kann auf Grund der geografischen Lage und des vorhandenen Höhenprofils des Anlagengeländes KKB und der angrenzenden Gebiete ausgeschlossen werden.

5.3.2 Wind- und Schneelasten, Schneefall, Starkregen

Die Auslegung der Anlage erfolgte bei der Errichtung gegen Wind- und Schneelasten sowie Schneefall gemäß den DIN-Normen, die die entsprechenden Lastannahmen und Bemessungsvorschriften für Bauten enthalten. Der langjährige Leistungsbetrieb der Anlage hat gezeigt, dass die Anlage wirksam gegen diese Lasten geschützt ist. Dieser Sachverhalt gilt auch für Stilllegung und Abbau.

Auch für Starkregenfälle wurden in den bestehenden Gebäuden Vorsorgemaßnahmen getroffen. Aktivitätsfreisetzungen sind bei derartigen Ereignissen nicht zu unterstellen /20/.

5.3.3 Blitzschlag

Die im KKB bereits seit der Errichtung der Anlage vorhandenen Blitzschutz- und Erdungsanlagen wurden laufend entsprechend den Anforderungen der KTA 2206 /17/ angepasst. Der bisherige Betrieb des KKB hat gezeigt, dass die Anlage wirksam gegen Blitzeinwirkungen ausgelegt ist. Während des Abbaus ist dieser Schutz weiterhin voll funktionstüchtig. Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge eines Blitzeinschlages nicht zu unterstellen.

5.3.4 Hochwasser, Überflutung

Das KKB liegt in einem Gebiet, indem ein Hochwasser nach dem Bruch eines Teiles des Elbdeiches nicht auszuschließen ist. Umfangreiche Hochwasserschutzmaßnahmen wurden im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zur Anlagenerrichtung bereits realisiert /18/. Der Elbdeich wurde nach einer erneuten Überprüfung des Hochwasserschutzes im Rahmen der PSÜ 2001 erhöht und neu befestigt. Der aktuelle Status ist in /18/ beschrieben. Die Deichhöhe beträgt nunmehr ca. 8,45 m ü. NN. Damit bietet der Deich einen ausreichenden Hochwasserschutz für das KKB. Die anlagentechnischen Hochwasserschutzmaßnahmen werden auch während des Restbetriebes zwecks Vermeidung einer Aktivitätsverschleppung sowie zum Schutz der für den Abbau notwendigen Einrichtungen aufrecht erhalten /15/.

Aufgrund der realisierten Ertüchtigungsmaßnahmen am Elbdeich (Erhöhung der Deichkrone, Erneuerung der Befestigung) ist ein Deichbruch nur noch als Restrisikoereignis zu betrachten. Für diesen Fall liegen die maximalen Flutwasserstände weit unterhalb der Auslegungsgrenze für die Gebäude. Gegen das Ereignis Hochwasser ist somit ausreichende Vorsorge auch für diesen hypothetischen Fall getroffen worden. Eine radiologische Bewertung dieses Ereignisses für die Kraftwerksanlage ist nicht notwendig, da keine Aktivitätsfreisetzung aus den Anlagengebäuden stattfindet. Ein anhaltender Starkregen ist hiervon abgedeckt. Eine mögliche Freisetzung aus den zur Pufferlagerung verwendeten Containern wird in Kap. 5.4.4 behandelt.

5.3.5 Waldbrände

Auf Grund des im Umkreis von ca. 10 km vom KKB fehlenden größeren, zusammenhängenden Baumbestandes ist das Übergreifen eines Waldbrandes auf das Anlagengelände des KKB nicht zu unterstellen.

5.3.6 Flugzeugabsturz

Das KKB liegt nicht im Nahverkehrsbereich eines größeren Flughafens. Für das KKB wurde das Risiko von Flugzeugabstürzen standortspezifisch ermittelt und gutachtlich bewertet. Die Untersuchung wurde auf der Basis von Daten über zerstörte zivile und militärische Luftfahrzeuge im Umkreis von 100 km geführt /19/.

Danach ist für das KKB gemäß /18, 19/ kein höherer Wert als der allgemein für Norddeutschland geltende Wert zu Grunde zu legen. Dieser Wert liegt um mehrere Größenordnungen unter der Jahreshäufigkeit sehr seltener Ereignisse, die allgemein dem Restrisiko zugeordnet werden – zumal sich bei Stilllegung und Abbau keine Brennelemente mehr in der Anlage befinden. Folglich gilt auch für Stilllegung und Abbau des KKB, dass ein Flugzeugabsturz dem Restrisiko zuzuordnen ist und daher in den Sicherheitsbetrachtungen nicht weiter analysiert werden muss.

Hinsichtlich Beurteilung der Notwendigkeit von Notfallschutzvorkehrungen wurden die radiologischen Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes auf das Reaktorgebäude untersucht, bei dem die vollständige Freisetzung des freisetzbaren Aktivitätsinventares aus den 13 defekten Brennstäben unterstellt wurde /14/. Für das Szenario übersteigt für keine der Altersgruppen die 7-Tage-Folgedosis sowie die

1-Jahres-Folgedosis den Wert von 0,4 mSv. Somit ist ein hoher Abstand zum Eingreifrichtwert für den Katastrophenschutz /22/ von 100 mSv gegeben.

5.3.7 Druckwellen auf Grund chemischer Reaktionen

Bereits bei der ursprünglichen Auslegung des KKB wurde die Explosion einer Gaswolke berücksichtigt. Die tragenden Teile der sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude wurden für die Belastungen aus einer Explosionsdruckwelle gemäß BMI-Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen /18/ ausgelegt. Da im Rahmen der 1. SAG keine Abbaumaßnahmen an den Gebäuden vorgesehen sind, bleibt der diesbezügliche Schutzzustand erhalten. Das UNS hat in diesem Falle jedoch keine Aufgabe mehr.

Die im 10-km-Umkreis um den Standort vorhandenen chemischen Betriebe, in denen mit explosionsgefährlichen Stoffen umgegangen wird, sowie die Gas- und Ölleitungen befinden sich in einem Abstand, der über dem nach o. a. BMI-Richtlinie erforderlichen Sicherheitsabstand liegt. Auch vom Transport gefährlicher Güter auf der Straße oder auf den Schienen geht keine Gefährdung für den Abbau des KKB aus. Auf der Elbe werden mit Schiffen große Mengen explosionsfähiger Stoffe transportiert. Der Abstand vom KKB-Standort zur Fahrwassermitte beträgt etwa 1.200 m und ist somit größer als der erforderliche Sicherheitsabstand gemäß BMI-Richtlinie.

Radiologische Auswirkungen auf die Umgebung sind für die Explosionsdruckwelle durch die Betrachtungen zum Erdbeben abgedeckt. Diese Sachverhalte wurden bereits für den Nachbetrieb der Anlage aufgezeigt /6/, sodass für den Restbetrieb keine weiteren Bewertungen erforderlich sind.

5.3.8 Externe Brände

Brände außerhalb des Anlagengeländes KKB beeinflussen die radiologische Sicherheit des KKB nicht. Das Übergreifen von derartigen Bränden wird durch einen ausreichenden Abstand und den realisierten Schutz der Gebäude sowie durch vorhandene Brandschutzeinrichtungen verhindert.

5.3.9 Eindringen von Gasen

Der Frühwarnring des KKB zur Detektion explosibler Gase wird während des Abbaus der Anlage weiter betrieben. Bei Ansprechen des Frühwarnrings erfolgen die Abschaltung der Lüftungsanlage und das Schließen der luftdichten Klappen auf der Zu- und Abluftseite. Die Arbeiten in den Gebäuden werden eingestellt. Diesbezüglich notwendige administrative Anforderungen werden im RBHB geregelt. Damit sind keine sicherheitstechnischen Auswirkungen für den Abbau zu erwarten.

5.3.10 Außergewöhnliche Hitzebedingungen

Außergewöhnliche Hitzebedingungen am Standort KKB wurden bereits im Nachbetrieb der Anlage im Detail behandelt /20/. Die Übertragung dieser Bewertungen auf den Restbetrieb der Anlage ist konservativ, da nur noch das Schutzziel „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ von Bedeutung ist und bei extremen Witterungsbedingungen keine Aktivitätsfreisetzungen zu unterstellen sind.

5.3.11 Biologische Einwirkungen

Gemäß Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke Kap. 4.2.1.4 /33/ sind für den Leistungsbetrieb von Kernkraftwerken biologische Einwirkungen auf Nachwärmeabfuhrsysteme (z.B. Muschelbewuchs, Algen) zu betrachten, die eine verringerte Nachwärmeabfuhr bewirken könnten. Da es sich um langsame Vorgänge handelt, würden Beeinträchtigungen durch Abfall der Kühlleistung bzw. der Kühlwassermengen bemerkt, sodass ausreichend Zeit für Gegenmaßnahmen vorhanden wären. Im

Restbetrieb der Anlage ist kein Kühlsystem mit sicherheitstechnischen Aufgaben mehr im Betrieb, sodass biologische Einwirkungen nicht mehr relevant sind.

5.4 Wechselwirkungen mit anderen Anlagen am Standort

5.4.1 Gasturbinenkraftwerk

Das Gasturbinenkraftwerk (GTW) befindet sich auf dem Anlagengelände des KKB innerhalb des Massivzaunes, wird jedoch autark betrieben und ist brandschutztechnisch von der Anlage KKB getrennt. Ein Brand im GTW ist nicht auszuschließen. Die vorhandenen Brandschutzeinrichtungen des GTW und des KKB sowie der Abstand des GTW vom KKB sind ausreichend, um ein Übergreifen eines Brandes auf die Anlage KKB auszuschließen.

Die beiden zum GTW gehörenden Öltanks (Flachbodentankbauwerke) sind weit genug von der Anlage des KKB entfernt angeordnet, sodass eine Beeinflussung im Hinblick auf eine daraus resultierende Brandauswirkung ausgeschlossen werden kann.

5.4.2 Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Die Abbauplanungen sehen die Errichtung eines Lagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (Lasma) als separates Gebäude auf dem Betriebsgelände des KKB vor.

Im geplanten Lasma werden konditionierte Abfälle bis zu ihrem Abruf durch ein Endlager bereitgestellt. Für das Gebäude erfolgt eine separate Antragstellung gemäß LBO und StrlSchV mit gesonderten Sicherheitsbetrachtungen.

Eine Wechselwirkung mit dem geplanten Lasma während der Stilllegung und des Abbaus des KKB kann aufgrund der Gebäudeausführung und des vorgesehenen Abstandes ausgeschlossen werden. Ein Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt ist als Gefahrenquelle auszuschließen, da derartige Behälter im geplanten Lasma nicht vorhanden sind.

5.4.3 Standortzwischenlager

Das Standortzwischenlager (SZB) befindet sich am Standort KKB. Es handelt sich um ein freistehendes Gebäude zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in Transport- und Lagerbehältern, das nach der Entkopplung autark betrieben wird. Im SZB sind keine Ereignisse mit Energiefreisetzung zu unterstellen /21/. Es bestehen somit aufgrund der räumlichen und funktionellen Trennung keine Wechselwirkungen zwischen SZB und der Anlage KKB.

5.4.4 Windkraftanlagen

Ein Umstürzen der Windkraftanlagen beziehungsweise das Versagen eines Rotorblattes führt aufgrund des vorhandenen Abstandes nicht zu sicherheitstechnisch relevanten Auswirkungen für den Abbau bzw. zu radiologisch relevanten Freisetzungen im Bereich der Pufferlagerung und der Kraftwerksanlage.

Aus diesen o. g. Fällen ist keine Beeinträchtigung oder Wechselwirkung auf den Abbau abzuleiten.

5.4.5 Versagen von Behältern mit hohem Energiepotential

Behälter mit hohem Energiepotential sind im Außengelände der Anlage sowie in der weiteren Umgebung nicht vorhanden. Die Kraftstoffbehälter des GTW sind drucklos und kalt. Ein Brand ist dort nicht auszuschließen. Es besteht jedoch eine ausreichende räumliche Trennung zur Kraftwerksanlage.

5.4.6 Umsturz von baulichen Einrichtungen

Der Umsturz von baulichen Einrichtungen hat auf die Kraftwerksgebäude aufgrund der Gebäudeauslegung gegen EVA keine Auswirkungen, die zu einer Aktivitätsfreisetzung führen könnten. Im Bereich der Pufferlagerung werden keine baulichen Einrichtungen aufgestellt, bei deren Umsturz Auswirkungen auf die Container zu erwarten wären.

5.4.7 Versagen von gemeinsam genutzten Einrichtungen

Das KKB ist eine Einzelblockanlage, sodass derartige Ereignisse nicht relevant sind. Verbindungen zum GTW bestehen nur über den Transformator 5AT01 und die elektrische Versorgung der UX-Feuerlöschpumpen. Die zugehörigen Einrichtungen werden auch vom GTW genutzt. Ein Ausfall hat jedoch keinen Einfluss auf das KKB, da neben dem Transformator 5AT01 die elektrische Versorgung des KKB über den Transformator BT21 und für die UX-Pumpen die Versorgung über die Schienen BU und BV besteht. Die im Restbetrieb vorgesehene Änderung der Netzanschlüsse, der Entfall des GTW und der Ersatz des Transformators 5AT01 haben auf die Versorgung der UX-Pumpen keinen Einfluss.

5.4.8 Rückwirkungen aus temporär vorhandenen Einrichtungen

Temporär vorhandene Einrichtungen sind der Infrastruktur zuzurechnen. Rückwirkungen sind durch die Betrachtungen in den Kap. 5.4 und 5.5 abgedeckt.

5.5 Pufferlagerung

5.5.1 Ereignisspektrum

Die standortspezifische Pufferlagerung ist gemäß Anforderungen aus den Stilllegungsleitfäden zur Gewährleistung der Vollständigkeit des Ereignisspektrums sicherheitstechnisch zu bewerten (siehe Kap. 3). Als Störfälle im Sinne der §§ 49 und 50 der StrlSchV sind für die Pufferlagerung folgende Ereignisse zu betrachten /23/:

- Brand in einem Container,
- Absturz eines mit radioaktiven Reststoffen beladenen Containers,
- Umsturz eines Baukranes.

Als Restrisikoereignisse wurden folgende Ereignisse bewertet:

- Hochwasser,
- Flugzeugabsturz.

Für diese Ereignisse existieren im kerntechnischen Regelwerk keine Vorgaben für einzuhaltenen Dosisgrenzwerte. Als Orientierungswert wurde gemäß /22/ der Eingreifrichtwert von 100 mSv für Maßnahmen des Katastrophenschutzes am Ort der nächstgelegenen Wohnbebauung herangezogen.

5.5.2 Brand in einem Container

Auf den Pufferlagerflächen werden nur verschlossene Container gelagert, da radioaktives Material generell vor dem Zugriff Dritter geschützt werden muss. Ein Brand ist als seltenes Ereignis anzusehen, da fast ausschließlich Metallschrott gelagert wird und innerhalb der Container keine Zündquellen vorhanden sind.

Der Brand in einem unverschlossenen GNS-Spezialcontainer mit brennbaren Mischabfällen in der Anlage /14/ deckt einen Brand außerhalb der Gebäude (kurzzeitige Auslagerung) ab, da der Container für diesen Fall verschlossen wird, sodass im Falle eines postulierten Brandes aufgrund der geringen Sauerstoffmenge im befüllten Container sowie von Brandbekämpfungsmaßnahmen eine radiologisch relevante Freisetzung nicht zu betrachten ist.

Das durch einen Brand freisetzbare Aktivitätsinventar in den Containern mit brennbaren Materialien wird so begrenzt (siehe /23/), dass die Störfallplanungswerte des § 49 der StrISchV sicher eingehalten werden.

Für den Brand in einem verschlossenen, mit brennbaren Mischabfällen beladenen IP2-Container wurde eine radiologische Bewertung durchgeführt. Es wurde ein vollständiges Ausbrennen unterstellt und die Rückhaltungswirkung des Containers für schwer mobilisierbare Stoffe berücksichtigt. Es ergibt sich eine Dosis von 0,9 mSv /23/. Dieser Fall ist somit durch einen Fassabsturz im Fasslager des Reaktorgebäudes abgedeckt.

5.5.3 Absturz eines mit radioaktiven Reststoffen beladenen Containers

Aufgrund der notwendigen Handhabungen von Containern im Bereich der Pufferlagerung ist ein hierbei auftretender Absturz eines Containers nicht auszuschließen. Da die Container verschlossen sind, wird die hieraus resultierende Aktivitätsfreisetzung begrenzt. Der Brand deckt die radiologischen Auswirkungen eines derartigen Ereignisses mit Integritätsverlust eines Containers ab /23/, da bei einem Lastabsturz die für die Aktivitätsfreisetzung dominante thermische Brandauswirkung nicht auftritt.

5.5.4 Restrisikoereignis Hochwasser

Wie in Kap. 5.3.4 dargestellt, wurden am Elbdeich umfangreiche Ertüchtigungsmaßnahmen durchgeführt (Erhöhung, Befestigung), sodass ein Deichbruch im Bereich des Kraftwerkes als seltenes Ereignis anzusehen ist. Wird ein derartiges Ereignis dennoch postuliert, kann das Anlagengelände für einen durch die Elbtide bedingten Zeitraum überflutet werden. In einem solchen Falle ist das Eindringen von Wasser in die in der unteren Aufstellungsreihe angeordneten Container und eine Aktivitätsfreisetzung bei ablaufendem Wasser nicht auszuschließen. Der Wasserstand im Bereich der Pufferlagerung bei einem Hochwasser (Gelände liegt im Mittel bei + 2,5 m) beträgt jedoch nur max. 1,0 m /18/, sodass hierdurch sowie über die an den Containern vorhandenen Dichtungen die Aktivitätsfreisetzung begrenzt wird. Gemäß der in /23/ dargestellten radiologischen Berechnungen beträgt die maximal zu erwartende 1-Jahres-Folgedosis für dieses Restrisikoereignis 0,032 mSv, sodass ein hoher Abstand zum Eingreifrichtwert für den Katastrophenschutz /22/ von 100 mSv gegeben ist.

5.5.5 Restrisikoereignis Flugzeugabsturz

Unterstellt und radiologisch bewertet wurde der Absturz eines Flugzeugs auf einzelne Bereiche der Pufferlagerung, wobei jeweils der freisetzbare Anteil des Aktivitätsinventares des jeweils betroffenen Bereiches angenommen wurde. Die Aktivitätsfreisetzung wird hauptsächlich durch den nach dem Absturz postulierten Ausbrand des Treibstoffes verursacht. Details zu der Dosisberechnung sind in /23/ enthalten. Es ergibt sich ein Maximalwert für die 1-Jahres-Folgedosis von 0,24 mSv für einen Flugzeugabsturz mit angenommenem Folgebrand. Somit ist ein hoher Abstand zum Eingreifrichtwert für den Katastrophenschutz /22/ von 100 mSv gegeben.

6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen der vorliegenden Ereignisanalyse wurden die bei Stilllegung und Abbau der Anlage KKB entsprechend Stilllegungsleitfaden, Stilllegungsleitlinien und Anhang 2 des gültigen kerntechnischen Regelwerkes zu unterstellenden Ereignisabläufe untersucht. Für Ereignisse, deren Eintritt nicht sicher durch Vorsorgemaßnahmen ausgeschlossen oder für die nicht nachgewiesen werden konnte, dass sie durch die Betrachtung anderer Ereignisse in ihren radiologischen Folgen mit abgedeckt werden, wurde die Strahlenexpositionen an der ungünstigsten Einwirkungsstelle (maximale effektive Dosis) in der Umgebung des KKB für alle Störfälle gemäß der §§ 49 und 50 StrlSchV definierten Altersgruppen berechnet.

Diese Berechnungen erfolgten mit den Modellen und Parametern des Kapitels 4 aus den Störfallberechnungsgrundlagen in der Neufassung gemäß Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK). Als abdeckend hinsichtlich möglicher radiologischer Folgen für die Umgebung wurde das Ereignis „Lastabsturz im Fasslager“ ermittelt. Hierfür ergibt sich eine rechnerische Dosis von 1,3 mSv für ein Kleinkind im Alter von bis zu einem Jahr (höchstbelastete Altersgruppe). Der errechnete Dosiswert für dieses Ereignis liegt weit unterhalb des Grenzwertes gemäß § 49 der Strahlenschutzverordnung von 50 mSv. Die Strahlenexpositionen aller weiteren betrachteten Ereignisabläufe unterschreiten noch deutlicher diesen Grenzwert. Damit ist der Nachweis erbracht, dass die gemäß Atomgesetz erforderliche Vorsorge gegen Auswirkungen bei Störfällen im Rahmen der Stilllegung und des Abbaus des KKB getroffen ist.

Die für die Restrisikoereignisse ermittelten Dosen liegen weit unterhalb der Eingreifrichtwerte für den Katastrophenschutz von 100 mSv, sodass auch für diese Ereignisse keine Notwendigkeit von Katastrophenschutzmaßnahmen gesehen wird.

7 Literatur

- /1/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV), Fassung vom 24. Februar 2012
- /2/ Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes, BMU, Fassung vom Juli 2015
- /3/ Bekanntmachung einer Empfehlung der Entsorgungskommission (Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen), 16.03.2015
- /4/ Anhang 2 zu den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“: Zu berücksichtigende Ereignisse vom 3. März 2015
- /5/ Neufassung des Kapitels 4 der Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Fassung vom 11. September 2003
- /6/ Sicherheitstechnische Bewertung für den Nachbetrieb, KKB-Bericht 2012-0059, Rev. 3 vom 05.09.2013
- /7/ Radiologisches Störfallspektrum in der Nachbetriebsphase des Kernkraftwerkes Brunsbüttel, Brenk-Bericht BS-Projekt-Nr. 1211-05, Rev. 1 vom 14.06.2013
- /8/ KTA 3902 „Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken“, Fassung 2012-11; Berichtigung vom 10. April 2013
- /9/ KTA 3905 „Lastanschlagpunkte an Lasten in Kernkraftwerken“, Fassung 2012-11
- /10/ TÜV Nord-Systemec-Stellungnahme vom 30.11.2012, KKB 2012/0946, Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG – Auflagenerfüllung, Hier: Auflage drei aus dem ersten Nachtrag zur ersten Betriebsgenehmigung für das Kernkraftwerk Brunsbüttel vom 17. Nov. 1977
- /11/ Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB), in der Fassung vom 22. Januar 2013
- /12/ Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, aktualisierte Fassung vom 22. Januar 2013; Anlagen A und B zuletzt geändert am 03. Juni 2013
- /13/ Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG: Sicherheitsbericht – Stilllegung und Abbau Kernkraftwerk Brunsbüttel, Rev. 2 vom 12. Februar 2015
- /14/ Ermittlung der radiologischen Auswirkungen der im Restbetrieb des Kernkraftwerkes Brunsbüttel zu bewertenden Ereignisse, Brenk-Bericht BS-Projekt-Nr. 1401-01
- /15/ Genehmigungsverfahren 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung, Fachbericht U_16, Betriebskonzept der Gesamtanlage für den Restbetrieb, KKB Technischer Bericht 2014-0068
- /16/ Genehmigungsverfahren 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung, Fachbericht U_6, Brandschutzkonzept für den Restbetrieb der Anlage KKB, KKB-Technischer Bericht 2015-0018
- /17/ KTA 2206 „Auslegung von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen“, Fassung 2009-11
- /18/ KKB – Periodische Sicherheitsüberprüfung, Analyse des Störfallspektrums im Hinblick auf neue – sicherheitstechnisch relevante – Erkenntnisse, Rev. 5 vom 29.04.2011
- /19/ Probabilistische Sicherheitsanalyse KKB Technischer Bericht 2001-0030, Rev. 4 vom 31.05.2011

- /20/ Einschätzung der Abdeckung extremer Wetterbedingungen durch die bestehende Auslegung, KKB-Schreiben CN-E-snn-hee, Doku-Nr.: 14011401hee, Herr Schümann vom 27.01.2014
- /21/ Sicherheitsbericht für das Standort-Zwischenlager Brunsbüttel (SZB) am Kernkraftwerk Brunsbüttel, Stand 09/2000
- /22/ Leitfaden für den Fachberater Katastrophenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kern-technischen Notfällen, Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 37 (Vorabdruck) 2003
- /23/ Kernkraftwerk Brunsbüttel, Berechnung der ereignisbedingten Strahlenexposition sowie der Direktstrahlung infolge der auf dem Gelände des KKB vorgesehenen Pufferlagerung während des Abbaus der Anlage, Brenk-Bericht BS-Projekt-Nr. 1401-01, (Anlage 2 zum Fachbericht U_4)
- /24/ ESK-Stresstest für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland; Teil 2: Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, stationäre Einrichtungen zur Konditionierung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, Endlager für radioaktive Abfälle, Stellungnahme der Entsorgungskommission vom 11.07.2013
- /25/ Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV), Stand Februar 2015
- /26/ Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV), Stand Februar 2015
- /27/ Explosionsschutz-Regeln (EX-RL): BGR 104 Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung, (Beispiel-Sammlung August 2006 bzw. Gesamtregel Januar 2007)
- /28/ KTA 2201.1 „Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 1: Grundsätze“, Fassung 2011-11
- /29/ Genehmigungsverfahren 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung, Fachbericht U_11, Konzept der Anlagensicherung für den Restbetrieb, KKB Technischer Bericht 2015-0027
- /30/ Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 03.03.2015, BANz AT 30.03.2015 B2 und die Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen vom 29. November 2013 (BANz AT 10.12.2013 B4), zuletzt geändert durch Bekanntmachung vom 3. März 2015 (BANz AT 30.03.2015 B3)
- /31/ KTA 2103, Explosionsschutz in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren (allgemeine und-fallbezogene Anforderungen), Fassung 6/0
- /32/ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover, Ingenieurseismologische Gefährdungsanalysen, Aktualisierung der seismologischen Begutachtung des Kernkraftwerks-Brunsbüttel in Schleswig-Holstein, Abschlußbericht, Dezember 2010
- /33/ Kap. 4.2.1.4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ vom 3. März 2015
- /34/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV), 27.04.2016
- /35/ Berechnung der ereignisbedingten Strahlenexposition sowie der Direktstrahlung infolge der auf dem Gelände des KKB vorgesehenen Pufferlagerung während des Abbaus der Anlage, Brenk-Bericht BS-Projekt-Nr. 1401-01
- /36/ LasmA - Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle am Standort des Kernkraftwerkes Brunsbüttel, Ereignisbetrachtung, Nukem-Bericht LAB/010/041

8 Anlage

Anlage 1: (identisch mit Literaturstelle /14/)

Ermittlung der radiologischen Auswirkungen der im Restbetrieb des Kernkraftwerkes Brunsbüttel zu bewertenden Ereignisse, Brenk-Bericht BS-Projekt-Nr. 1401-01