



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische  
Überprüfung von Anla-  
gen zu ausgewählten  
Anforderungen und  
Ereignissen im Rahmen  
von Anträgen zur Rest-  
strommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 13:

„Großes Leck innerhalb des  
Sicherheitsbehälters (Leck-  
querschnitt = 0,1 F bzw. Flä-  
che der Volumenausgleichs-  
leitung)“

SR 2569



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 13:  
„Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters (Leckquerschnitt = 0,1 F bzw. Fläche der Volumenausgleichsleitung)“

Mai 2007

Auftrags-Nr.: 820410

**Anmerkung:**

Dieser Bericht ist im Auftrag des BMU im Rahmen des Vorhabens SR 2569 erstellt worden. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers und der Unterauftragnehmer wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

## Vorwort

Im Atomgesetz wurden mit der Änderung vom 26.04.2002 die Reststrommengen für die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksblöcke in Deutschland festgelegt. Über die Zustimmung zur Übertragung von Elektrizitätsmengen entscheidet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Im Rahmen der Entscheidungsfindung des BMU über die Anträge auf Übertragung von Elektrizitätsmengen hat das BMU auch eine vergleichende Sicherheitsüberprüfung zwischen einer Anlage, die Strommengen abgibt und derjenigen, welche die Strommengen bekommen soll, vorgesehen. Da in der zur Verfügung stehenden Zeit keine in Prüfungsumfang und -tiefe mit der Durchführung und der sachverständigen Prüfung von Sicherheitsüberprüfungen nach § 19a AtG vergleichbare, umfassende Ermittlung und sicherheitstechnische Bewertung beider Anlagen möglich ist, beauftragte das BMU die GRS, zusammen mit benannten Unterauftragnehmern mit der „Sicherheitstechnischen Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“ /BMU 06/. Auftragsgegenstand sind punktuelle Untersuchungen einzelner Bewertungsgegenstände, die gemeinsam von BMU, GRS und den Unterauftragnehmern festgelegt wurden. Um dem BMU eine vergleichende Bewertung zu ermöglichen, ob sichergestellt ist, dass die beantragte Übertragung von einer älteren auf eine neuere Anlage nicht zu Lasten der Sicherheit geht, wurden sicherheitstechnisch relevante Bewertungsgegenstände für jede beantragte Übertragung insbesondere unter Beachtung folgender Kriterien ausgewählt:

- die anlagentechnischen Gegebenheiten der antragsgemäß betroffenen abgebenden und empfangenden Anlage beinhalten wesentliche Unterschiede und / oder
- die Bewertungsgegenstände berühren Entwicklungen seit Genehmigungserteilung bezüglich des Standes von Wissenschaft und Technik und
- die Untersuchungen sind in der zur Verfügung stehenden Zeit voraussichtlich durchführbar.

Dabei wird die sicherheitstechnische Fragestellung weitgehend auf die Beherrschbarkeit von zu erwartenden oder im Rahmen der Nachweisführung postulierten Ereignismöglichkeiten bezogen.

Die Durchführung eines nur punktuellen, aber die genannten Auswahlkriterien beachtenden Prüfprogramms ist aus Sicht des Auftraggebers gerechtfertigt, da der Gesetzgeber die Festlegung der konkreten Maßstäbe für die Prüfung, ob die beabsichtigte Übertragung zu Lasten der Sicherheit ginge und deren willkürfreie Anwendung in § 7 Abs. 1b Satz 2 AtG der Exekutive überlassen hat; Art und Umfang der Ermittlung der für seine Sicherheitsbewertung entscheidungserheblichen Tatsachen sind vom BMU im Rahmen seines Verfahrensermessens zu bestimmen.

Das Überprüfungskonzept basiert auf einer Auswertung und Bewertung von Unterlagen, die der Betreiber für die einzelnen Bewertungsgegenstände dem BMU vorlegen soll. Für den Fall, dass keine spezifischen Unterlagen vorgelegt werden, ist auftragsgemäß vorgesehen, alle Dokumente und Informationen, die in den beteiligten Sachverständigenorganisationen für die hier anstehenden Aufgaben zur Verfügung stehen, für diese Überprüfung zu nutzen. Da diese Dokumente und Informationen hinsichtlich ihrer Aktualität und Belastbarkeit sehr unterschiedlich sein können, wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein einheitlich klassifizierter Unterlagen- und Quellennachweis vorgelegt. Dabei wird zwischen den folgenden Kategorien unterschieden:

- Kategorie 1: im atomrechtlichen Verfahren geprüfte / begutachtete bzw. vom BMU freigegebene Unterlagen,
- Kategorie 2: Stellungnahmen der RSK bzw. der SSK und
- Kategorie 3: nicht im Sinne von Kategorie 1 geprüfte Unterlagen, die jedoch nach Auffassung der Auftragnehmer Informationen zum Sachverhalt enthalten.

Die vergleichenden Darstellungen zu den einzelnen Bewertungsgegenständen basieren jeweils auf diesen Unterlagen und spiegeln den darin wiedergegebenen Anlagenzustand wieder. Abweichungen zum derzeitigen Anlagenzustand aufgrund zwischenzeitlich durchgeführter Änderungen sind nicht auszuschließen.

Bewertungsmaßstab ist der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik. Dabei sind neben dem Erfüllungsgrad von regulatorischen Sicherheitsanforderungen bezüglich der Beherrschbarkeit von Ereignissen insbesondere auch die anlagenspezifischen Reserven in die Bewertung einzubeziehen. Aufgrund der Begrenzungen in der Bearbei-

tungszeit und im Umfang und Detaillierungsgrad der Unterlagen erfolgt aber keine vollständige Überprüfung sondern eine Fokussierung auf wesentliche grundlegende Sicherheitsanforderungen. Die für die jeweiligen Bewertungsgegenstände spezifischen Bewertungsmerkmale werden in den einzelnen Berichten ausgewiesen. Die Bewertungsmerkmale beziehen sich grundsätzlich entweder unmittelbar auf grundlegende Sicherheitsanforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik oder mittelbar auf anlagentechnisch vergleichbare Sicherheitsfunktionen mit Anforderungen entsprechend des gestaffelten Sicherheitskonzepts. Die Bewertung der Sicherheitsfunktionen erfolgt im Wesentlichen im Hinblick auf deren Wirksamkeit und Qualität.

Auftragsgemäß sollen die Überprüfungen anhand deterministischer Bewertungsweisen erfolgen. Dieser methodische Ansatz kann in einigen Fällen dazu führen, dass bei der vergleichenden Bewertung von komplexen Systemkonstellationen bezüglich der Beherrschbarkeit eines Ereignisses keine eindeutige, abschließende Bewertung möglich ist. Im Rahmen der hier vorgesehenen Bewertungen wären weiterführende probabilistische Bewertungen auch aufgrund fehlender spezifischer Unterlagen in der vorgesehenen Bearbeitungszeit nicht durchführbar und sind daher auftragsgemäß nicht vorgesehen.

Es besteht daher Einvernehmen mit dem BMU darin, dass aufgrund der Begrenzung der Überprüfungsdauer und der Unterlagensituation wesentliche Anforderungen der "Sachverständigengrundsätze für die Bundesaufsicht" /BMU 01/ nicht eingehalten werden können. Die Abweichungen beziehen sich insbesondere auf die Vollständigkeit, Aktualität und Belastbarkeit von Unterlagen bei der Sachverhaltsermittlung sowie die Bewertungsmethoden, die im vorliegenden Fall weitgehend auf ingenieurmäßige Betrachtungsweisen eingeschränkt sind.

Die durchgeführten Sicherheitsvergleiche beinhalten keine aufsichtliche Überprüfung der betroffenen Anlagen. Auftragsgemäß wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein separater Ergebnisbericht erstellt. Eine Gesamtbewertung ist nicht beauftragt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale.....</b>	<b>2</b>
2.1	Randbedingungen und sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisablaufs.....	2
2.2	Beschreibung des Ereignisablaufs.....	3
2.2.1	Ereignisablauf „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters“ für KWB-A nach /1/ und /3/	3
2.2.2	Ereignisablauf „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters“ für KKE nach /5/	4
2.3	Bewertungsmerkmale .....	6
<b>3</b>	<b>Verwendete Unterlagen .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Anlagenvergleich .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Darstellung und Bewertung der relevanten Unterschiede.....</b>	<b>30</b>
5.1	Darstellung relevanter Unterschiede.....	30
5.2	Bewertung relevanter Unterschiede.....	32
5.3	Fazit .....	34
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>35</b>

## **1 Einleitung**

Im vorliegenden Bericht geht es um sicherheitstechnische Vergleiche im Zusammenhang mit dem Antrag (Hilfsantrag) der RWE Power AG vom 26.09.2006 an das BMU auf Übertragung von Reststrommengen vom Kernkraftwerk Emsland (KKE) auf das Kernkraftwerk Biblis Block A (KWB-A). Dazu wurden von der GRS in Abstimmung mit dem BMU 20 Bewertungsgegenstände definiert. Auftragsgemäß erfolgt für jeden Bewertungsgegenstand (BG) eine separate Auswertung.

Nachfolgend wird der Bewertungsgegenstand 13 „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters (Leckquerschnitt = 0,1 F bzw. Fläche der Volumenausgleichsleitung)“ behandelt. Dies wird als Ereignis der Sicherheitsebene 3 eingestuft.

## **2      Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale**

### **2.1      Randbedingungen und sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisablaufs**

#### **Randbedingungen**

Bei diesem Ereignis wird ein plötzlich auftretendes Leck der Größe 0,1 F entsprechend ca. 500 cm<sup>2</sup> beim Kernkraftwerk Biblis A (KWB-A) /3/ und ca. 440 cm<sup>2</sup> beim Kernkraftwerk Emsland (KKE) /5/ im Bereich einer Hauptkühlmitteleitung postuliert.

Das „große Leck“ wird charakterisiert durch die Tatsache, dass der Kühlmitteldruck sehr schnell unter den Einspeisedruck der Niederdruck-Einspeisepumpen (ND-Pumpen) abfällt und dass die Sekundärseite zur Nachwärmeabfuhr nicht benötigt wird /5/.

Sowohl bei KWB-A wie bei KKE wird beim Nachweis der Beherrschung des großen Lecks ein überlagerter Notstromfall angenommen.

#### **Sicherheitstechnische Bedeutung**

Vorrangig für die Beherrschung eines großen Lecks in der Hauptkühlmitteleitung (HKL) ist die Sicherstellung der Kernflutung durch die Druckspeicher und der Kühlmittelergänzung durch die Niederdruck-Einspeisung (ND-Einspeisung), die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktor über das Not- und Nachkühlsystem, das nukleare Zwischen- und Nebenkühlwassersystem sowie der Gebäudeabschluss (GBA). Bei Versagen oder Unwirksamkeit dieser Systeme kann die entstehende Nachwärme nicht abgeführt werden. Es kann dann zu einem Überhitzen des Reaktorkerns mit unzulässiger Freisetzung von Aktivität in die Umgebung kommen.

Die Schilderung des Ereignisablaufs wird nachfolgend für KWB-A und KKE jeweils einzeln ausgeführt, wobei jedoch nur geringe Unterschiede im grundsätzlichen Störfallablauf bestehen.



## 2.2 Beschreibung des Ereignisablaufs

### 2.2.1 Ereignisablauf „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters“ für KWB-A nach /1/ und /3/

Nach Auftreten des 0,1 F-Lecks (ca. 500 cm<sup>2</sup>) folgt ein schnelles Absinken des Druckhalter-Niveaus (DH-Niveau) und des Primärdrucks. In der Folge steigt der Druck im Reaktorsicherheitsbehälter (RSB) schnell an. Beim Erreichen „Differenzdruck Anlagen- oder Betriebsräume gegen Atmosphäre > 30 mbar“ oder „Primärdruck < 135 bar“ kommt es unmittelbar zur Reaktorschnellabschaltung/Turbinenschnellabschaltung (RESA/TUSA) und zum RSB-Lüftungsabschluss.

Nach dem Anstehen von 2 v 3 der Notkühlkriterien „Primärdruck < 100 bar“, "DH-Niveau < 3,0 m" oder "Differenzdruck Anlagen- oder Betriebsräume gegen Atmosphäre > 30 mbar" erfolgt das Starten der Hochdruck-Sicherheitseinspeisepumpen (HD-Pumpen), der Gebäudeabschluss und der Primärkreisabschluss.

Weiterhin erfolgt die Zuschaltung der gefilterten Unterdruckhaltung im Ringraum zur kontrollierten RSB-Leckageabführung.

Nach Anstehen der Notkühlkriterien erfolgt die HD-Einspeisung aus den Flutbehältern.

Unterschreitet der Kühlmitteldruck (KMD) den Druck der Druckspeicher von 28 bar, speisen diese selbsttätig und vollständig in den Reaktorkühlkreislauf (RKL) ein.

Ein automatischer Start der ND-Nachkühlpumpen und ein Absteuern der HD-Sicherheitseinspeisepumpen werden bei einem niedrigen Primärdruck < 9 bar ange-regt. Gleichzeitig mit der ND-Einspeisung wird der Sekundärkreisabschluss ausgelöst.

Bei Erreichen eines niedrigen Flutbehälterniveaus < 1,4 m wird das Umschalten der ND-Einspeisung aus den Flutbehältern auf ND-Einspeisung aus dem RSB-Sumpf (Sumpfsignal) ausgelöst.

Das Sumpfwasser wird in den Nachkühlern des Not- und Nachkühlsystems heruntergekühlt, zur langfristigen Nachwärmeabfuhr wird ein Teil der Stränge des Not- und Nachkühlsystems auf normales betriebliches Nachkühlen umgeschaltet („Kreislaufbetrieb“).

Bei Kühlmittelverlust-Störfällen (KMV-Störfällen) kann eine Langzeitnotnachkühlung für mehrere Monate erforderlich sein. Zur langfristigen Störfallbeherrschung sind im Wesentlichen der Einsatz des Niederdruck-Nachkühlsystems sowie die Sicherstellung des Gebäudeabschlusses erforderlich. Daneben werden benötigt:

- das nukleare Zwischen- und das nukleare Nebenkühlwassersystem zur langfristigen Wärmeabfuhr (TF, VE)
- die Lüftungsanlage im Kontrollbereich (TL) und das Leckabsaugesystem (TX) sowie
- die Stromversorgung der Systeme.

### **2.2.2 Ereignisablauf „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters“ für KKE nach /5/**

Nach Auftreten des Lecks folgt ein schnelles Absinken des DH-Niveaus und des Primärdrucks. In der Folge steigt der RSB-Druck schnell an. Beim Erreichen „Druckdifferenz Anlagen- oder Betriebsräume gegen Atmosphäre > 30 mbar“, „Primärdruck < 131 bar“ und thermische Reaktorleistung > 12 %“, „DNB<sup>1</sup> < 1,18“ oder „DH-Füllstand < 2,28 m“ kommt es zu RESA/TUSA und zum Lüftungsabschluss der RSB.

Bei einem Kühlmitteldruck < 131 bar und „Druckdifferenz Anlagen- oder Betriebsräume gegen Atmosphäre > 30 mbar“ wird vom Reaktorschutz sekundärseitiges Abfahren der Anlage mit 100 K/h eingeleitet. Das sekundärseitige Abfahren führt im Wesentlichen zur Entspeicherung der Dampferzeuger und ist zur Störfallbeherrschung aufgrund des schnellen Druckabfalls nicht notwendig.

Nach dem Anstehen von 2 v 3 der Notkühlkriterien („Primärdruck < 110 bar“, „Druckdifferenz Anlagen- oder Betriebsräume gegen Atmosphäre > 30 mbar“, „Druckhalter Füllstand < 2,8 m“) erfolgt das Durchschalten des Einspeisewegs von den Flutbehältern und Druckspeichern zum RKL, der Gebäudeabschluss der verschiedenen Systeme, das Zuschalten der Sicherheitseinspeisepumpen, die Aktivierung der Nachkühlketten

---

<sup>1</sup> „departure from nucleate boiling“, Filmsiedeabstand

zur Kühlung der sicherheitstechnisch wichtigen Pumpen sowie das Absperrren der Hauptspeiseköpfe und die Aktivierung des Zusatzboriersystems.

Unterschreitet der KMD den Druck der Druckspeicher von 25 bar, speisen diese selbsttätig und vollständig in den RKL ein.

Bei Leckquerschnitten größer ca. 200 cm<sup>2</sup> fällt nach /6/, Kap. 2.3.2.1, unabhängig vom Leckort, der Primärkreisdruck so schnell unter die Nullförderhöhe der ND-Pumpen, dass selbst ohne Einspeisung des HD-Systems und der Druckspeicher nur durch die ND-Einspeisung der Anstieg der Kerntemperaturen begrenzt und eine ausreichende Kernbedeckung gewährleistet werden kann. Nach /5/ sind bei Primärlecks mit Leckgrößen > 400 cm<sup>2</sup> 5 von 8 Druckspeicher sowie 2 von 4 Nachkühlpumpen (= Niederdruck-Sicherheitseinspeisepumpen) zur Kühlmittelergänzung ausreichend, wobei auch bei Wirksamkeit von nur 1 Nachkühlpumpe (sofern diese nicht ins Leck einspeist) Kernschmelzen vermieden wird.

Ein automatischer Start der ND-Nachkühlpumpen wird bei einem niedrigen Primärdruck < 9 bar angeregt, die ND-Nachkühlpumpen laufen im Parallelbetrieb mit den HD-Sicherheitseinspeisepumpen. Sofern dieses Signal innerhalb von 200 s nach Anstehen der Notkühlkriterien erfolgt (großes Leck), kommt es zum Sekundärkreisabschluss.

Bei Erreichen eines niedrigen Flutbehälterniveaus < 0,6 m wird das Umschalten der ND-Einspeisung aus den Flutbehältern auf ND-Einspeisung aus dem RSB-Sumpf (Sumpfsignal) ausgelöst. Die HD-Sicherheitseinspeisepumpen und das Zusatzboriersystem werden abgesteuert.

Das Sumpfwasser wird in den Nachkühlern des Not- und Nachkühlsystems heruntergekühlt. Bei langzeitigem Sumpfbetrieb ist sicherzustellen, dass eine Sumpfwassertemperatur von 50°C nicht unterschritten wird.

Bei KMV-Störfällen kann eine Langzeitnotnachkühlung für mehrere Monate erforderlich sein. Zur langfristigen Störfallbeherrschung sind im Wesentlichen der Einsatz des Niederdruck-Nachkühlsystems sowie die Sicherstellung des Gebäudeabschlusses erforderlich. Daneben werden benötigt:

- das nukleare Zwischen- (KA) und das Nebenkühlwassersystem für gesicherte Anlagen (PE) zur langfristigen Wärmeabfuhr,

- das Leckabsaugesystem sowie die Ringraumabsaugung und
- die Stromversorgung der Systeme.

Darüber hinaus muss langfristig die Wasserstoff-Konzentration im RSB überwacht und ggf. durch Zuschalten des Wasserstoff-Durchmischungs- und Abbausystems reduziert werden.

### 2.3 Bewertungsmerkmale

Als Bewertungsmerkmale für den Anlagenvergleich wurden herangezogen:

- Merkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen oder Einrichtungen.
- Merkmal 2: Abstand zu geforderten Nachweiskriterien.
- Merkmal 3: Vorhandensein weiterer zur Störfallbeherrschung nicht benötigter aber geeigneter Maßnahmen oder Einrichtungen.

Zudem wird beim Bewertungsgegenstand „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters (Leckquerschnitt = 0,1 F bzw. Fläche der Volumenausgleichsleitung)“ folgender für die Ereignisbeherrschung relevanter Störfallaspekt als gesondertes Bewertungsmerkmal in Anhang 1 diskutiert:

- Merkmal 4: Sicherstellung der Kernkühlung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial (siehe Anhang 1)

In Bezug zu Merkmal 1 wird diskutiert, wie die Störfallbeherrschung durch die dafür vorgesehenen Einrichtungen erfolgt und welche Unterschiede in der Auslegung dieser Einrichtungen vorhanden sind. Wesentlich zur Störfallbeherrschung sind dabei

- die Druckspeicher,
- die ND-Einspeisung aus den Flutbecken bzw. Flutbehältern,
- die ND-Einspeisung aus dem Sumpf,
- die Nachkühlung (Zwischen- und Nebenkühlwassersysteme) und

- der Gebäudeabschluss.

Zur Bewertung von Merkmal 2 werden vorliegende Analyseergebnisse in Hinblick auf die Einhaltung der gemäß Regelwerk geltenden Nachweiskriterien verglichen.

Für Merkmal 3 wird verglichen, welche weiteren, bei Merkmal 1 nicht betrachteten Maßnahmen oder Einrichtungen zur Störfallbeherrschung zur Verfügung stehen.

Bei dem Vergleich der Maßnahmen und Einrichtungen (Merkmal 1 und 3) werden insbesondere folgende Aspekte betrachtet:

- Auslegung und Dimensionierung der zur Störfallbeherrschung benötigten Systeme,
- Anzahl erforderlicher sowie Anzahl verfügbarer Redundanzen,
- räumliche Trennung und Schottung der Redundanzen,
- Maßnahmen zur Vermeidung redundanzübergreifender Ausfälle (Diversität etc.),
- Automatisierungsgrad der Abläufe.

### 3      **Verwendete Unterlagen**

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

- /1/            KWB-A  
                  Betriebshandbuch, Stand 30.06.2006
  
- /2/            RWE Power AG  
                  Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) , Stand April 2003, Anlagenbe-  
                  schreibung, Bd. 1 bis 3
  
- /3/            RWE Power AG  
                  PSÜ, Stand April 2003, Störfallablaufbewertung, Systembewertungen
  
- /4/            TÜV Gutachtergemeinschaft PSÜ KWB-A  
                  Gutachten zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung Kernkraftwerk Biblis  
                  Block A Teil 1; Juni 2005, Teil 2; April 2005 Teil 3; August 2005
  
- /5/            KKE  
                  Betriebshandbuch, Stand 31.10.2006
  
- /6/            Siemens AG  
                  PSÜ-Sicherheitsstatusanalyse für die Konvoi Kernkraftwerke Isar 2 (KKI 2),  
                  Emsland (KKE) und Neckar Block 2 (GKN II), Band 1 bis 3, Dez. 1998/Juli  
                  2001
  
- /7/            TÜV-Arbeitsgemeinschaft Konvoi: Konvoi-Anlagen – Gutachten zur Sicher-  
                  heitsstatusanalyse. September 2001
  
- /8/            Kraftwerk Union Aktiengesellschaft  
                  Sicherheitsbericht Kernkraftwerk Emsland mit Druckwasserreaktor, elektri-  
                  sche Leistung 1300 MW, Stand 1978
  
- /9/            KKE  
                  Systembeschreibung JN, Stand 16.06.2004

- /10/ KKE  
Systembeschreibung KAA, Stand 28.04.1992
- /11/ KKE  
Systembeschreibung PE, Stand 28.04.1998
- /12/ Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz  
KWB-A, 2. Teilgenehmigung zur Errichtung und zum Betrieb der Ergänzungen der Notstandseinrichtungen (Notstandsnachkühlketten) für Block A, Änderungsantrag A 23/99, 06.03.2002
- /13/ Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz  
KWB-A, Genehmigung zur Vergrößerung der Siebflächen im Reaktorgebäudesumpf Raum 1224 und zu deren Betrieb, Änderungsantrag A 20/03, 21.11.2003
- /14/ Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz  
KWB-A, Genehmigung nach §7 Abs. 1 AtG zur Verlegung der Sicherheitsventile in den Nachkühlsaugleitungen und der Rückschlagklappen in den Flutbehältersaugleitungen, zum Einbau von Mindestmengenleitungen für die Nachkühlpumpen, zum lokalen Austausch von Rohrleitungsteilen und zur Ertüchtigung des Halterungskonzeptes im Not- und Nachkühlsystem TH sowie zum Betrieb des geänderten Systems, Änderungsantrag A 05/01, 11.05.2002
- Kategorie 3
- /15/ RWE Power AG  
Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007

## 4 Anlagenvergleich

Die Gliederung der Tabelle erfolgt anhand der in Kapitel 2 abgeleiteten Bewertungsmerkmale. Angaben für KWB-A nach /2/, /3/, /4/ und für KKE nach /6/ und /7/, soweit nicht explizit anders angegeben

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
<b>Merkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen oder Einrichtungen.</b>			
Not- und Nachkühlsystem  Anzahl erforderlicher und vorhandener Redundanzen	<p>Das Not- und Nachkühlsystem besteht aus vier unabhängigen Strängen, die den vier Reaktorkühlkreisläufen zugeordnet sind.</p> <p>Für die sichere Beherrschung des Auslegungsstörfalles sind 2 von 4 HD- und ND-Einspeisestränge ausreichend. Dabei ist die Funktion auch dann noch gewährleistet, wenn jeweils einer der HD- oder ND-Stränge ins Leck einspeist.</p> <p>Die verschiedenen Verbraucher des TH-Systems sind, je nach Leistungsbedarf und getrennt nach Redundanzen, an die Notstromversorgung angeschlossen. Antriebe, für die keine Notstromversorgung erforderlich ist, sind an das Normalnetz ange-</p>	<p>Das Not- und Nachkühlsystem besteht aus vier unabhängigen Strängen, die den vier Reaktorkühlkreisläufen zugeordnet sind.</p> <p>Für die sichere Beherrschung des Auslegungsstörfalles sind 2 von 4 HD- und ND-Einspeisestränge ausreichend. Dabei ist die Funktion auch dann noch gewährleistet, wenn jeweils einer der HD- oder ND-Stränge ins Leck einspeist /9/.</p> <p>Ein mit Beginn des Störfalles unterstellter Notstromfall hat für den Ablauf keine wesentliche Bedeutung, da alle benötigten elektro- und leittechnischen Einrichtungen an die Notstromversorgung angeschlossen sind. Die Zeiten, bis die nicht unterbrechungslos</p>	Kein relevanter Unterschied erkennbar.



Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	schlossen.	versorgten Antriebe nach Hochlaufen der Notstromdiesel wieder zugeschaltet werden, beeinflussen den Ablauf nicht nennenswert.	
Ergebnisse PSÜ zum Leckvor-Bruch-Verhalten und Berstausschluss Behälter Not- und Nachkühlsystem	In der PSÜ werden abschließende Nachweise für das Leckvor-Bruch-Verhalten des TH-Systems sowie hinsichtlich des Berstausschlusses (im TH-System: Druckspeicher, Nachwärmekühler) gefordert.	In der PSÜ werden die von KKE vorgelegten Nachweise durch die Gutachter bestätigt.	Ein formaler Nachweis des Leckvor-Bruch-Verhaltens für das Not- und Nachkühlsystem sowie des Berstausschlusses der Behälter (Druckspeicher, Nachwärmekühler) ist für KWB-A noch offen.  In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.  Eine Kombination von großen Leck und Bruch einer Not- und Nachkühlleitung bzw. Bersten eines Behälters wird nicht unterstellt. Daher sind diese Defizite nicht für BG13 relevant.
Kapazität Druckspeicher (DS)	Auslegung: 4 x 44,5 m <sup>3</sup> (1,5 DS werden im Störfall als nicht verfügbar angenommen)  Erforderliche Kapazität: zum Auffüllen des Reaktordruckbehälters (RDB) werden 85 m <sup>3</sup> be-	Auslegung: 8x34 m <sup>3</sup> (3 DS werden im Störfall als nicht verfügbar angenommen)  Erforderliche Kapazität: zum Auffüllen des RDB werden 110 m <sup>3</sup> benötigt.	Das als verfügbar unterstellte Druckspeichervolumen ist bei KKE um 53 % größer als bei KWB-A, die Reserve bzgl. des benötigten Volumens beträgt bei KKE ca. 55 %, bei KWB-A ca. 30 %.

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	nötigt.  Einspeisedruck: 28 bar.	Einspeisedruck: 25 bar /9/	
Ausfallannahmen der Druckspeicher (DS) zum Nachweis der Störfallbeherrschung	Einer der Druckspeicher steht reparaturbedingt nicht zur Verfügung, ein Druckspeicher speist zur Hälfte ins Leck  Damit sind 2,5 von 4 DS verfügbar entsprechend 130 % der erforderlichen Kapazität  Nach /15/ sind 2 Druckspeicher zur Störfallbeherrschung erforderlich.	Eine heißseitige Notkühlleitung ist abgesperrt (Einzelfehler).  Ein heißseitiger DS ist in Reparatur.  Ein kaltseitiger DS speist direkt ins Leck.  D. h., 3 DS sind effektiv zum Auffüllen des RDB nicht verfügbar /9/  Damit sind verfügbar 5 von 8 DS entsprechend 155 % der erforderlichen Kapazität.  Bei Primärlecks mit Leckgrößen > 400 cm <sup>2</sup> sind 5v8 wirksame Druckspeicher sowie 2 verfügbare Nachkühlpumpen zur Kühlmittelverlustergänzung ausreichend, wobei auch bei Wirksamkeit von nur 1 Nachkühlpumpe Kernschmelzen vermieden wird /5/.	KKE: Es sind getrennte Druckspeicher für heiße und kalte Einspeisung verfügbar. Es werden als Ausfallannahmen sowohl der Reparaturfall wie der Einzelfehler angenommen, wodurch zwei Druckspeicher nicht verfügbar sind. Bei einem weiteren wird die Einspeisung ins Leck angenommen. Es verbleiben 5 von 8 Druckspeichern.  KWB-A: Es wird nur ein Druckspeicher als nicht verfügbar angenommen. Weiterhin wird angenommen, dass ein weiterer Speicher zur Hälfte ins Leck einspeist.
Flutbehälter	Auslegung: 4 x 315 m <sup>3</sup> verfügbares Kühlmittelvolumen - davon	Auslegung: 4 x 450 m <sup>3</sup> verfügbares Kühlmittelvolumen - davon	Das verfügbare Kühlmittelvolumen ist bei KKE um ca. 43 %

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>nach Ausfallannahmen min. 2 x 315 m<sup>3</sup> verfügbar.</p> <p>2550 ppm Bor.</p> <p>Aufstellung als Behälterpaar.</p> <p>Die Auslegung der Flutbehälter ergibt sich aus der Hochdruck-Einspeisung beim mittleren Leck und gewährleistet ein sekundärseitiges Abfahren der Anlage mit einem Temperaturgradienten von 100 K/h bis zum Einsetzen des Nachkühlbetriebs bei unter 160°C Kühlmitteltemperatur.</p>	<p>nach Ausfallannahmen min. 2x450 m<sup>3</sup> verfügbar.</p> <p>2200 ppm Bor (&gt; 27,5 % B-10).</p> <p>Die Flutbecken befinden sich paarweise nebeneinander, die anderen Komponenten jeweils in separaten Kammern /5/ und /9/.</p>	<p>größer als bei KWB-A. Der benötigte Kerndurchsatz (siehe ND-Einspeisepumpen) ist bei KKE demgegenüber um ca. 20 % größer als bei KWB-A.</p>
ND-Einspeisepumpen Sumpfbetrieb	<p>Fördermenge 4 ND-Pumpen jeweils 1000 t/h (278 l/s); Auslegungsdruck: 51 bar<sub>abs</sub>; Auslegungstemperatur: 200°C.</p> <p>Erforderlicher Kerndurchsatz (2 F-Bruch): ca. 911 t/h zur Kernkühlung, d.h. eine ND-Pumpe muss in den Kern einspeisen</p>	<p>Fördermenge 4 ND-Pumpe bei 1,8 bar Gegendruck: jeweils ca. 340 l/s (ca. 1200 t/h), im Sumpfbetrieb ca. 390 l/s (ca. 1400 t/h); Auslegungsdruck: 55 bar; Auslegungstemperatur: 200°C.</p> <p>Erforderlicher Kerndurchsatz: ca. 1100 t/h, d.h. eine ND-Pumpe muss in den Kern einspeisen /9/</p>	<p>Kein relevanter Unterschied erkennbar.</p>
Zwischenkühlwassersystem	<p>Kapazität 4 x 50 % in zwei Teilsystemen, erdbebensicher aus-</p>	<p>Viersträngige Auslegung, Auslegungsdruck 14 bar, Auslegungs-</p>	<p>In KWB-A und KKE sind die zur Störfallbeherrschung erfor-</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>gelegt</p> <p>4 Zwischenkühlumpen: Förderrate 1800 t/h pro Pumpe; Förderhöhe (Auslegungspunkt) 3,43 bar; Auslegungstemperatur 30°C.</p> <p>4 Zwischenkühler: zul. Betriebs- druck 11 bar; zul. Betriebstem- peratur 100°C</p> <p>Erforderlicher Förderstrom 2 x 1800 t/h</p> <p>Die Zwischenkühlumpen und die sicherheitstechnisch wichti- gen Stellantriebe sind an das Notstromnetz angeschlossen.</p>	<p>temperatur 80°C. Erdbebensi- cher ausgelegt, in 2 von 4 Strän- gen auch gegen Einwirkungen von außen (Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle) ausgelegt.</p> <p>4 Zwischenkühlumpen: Massenstrom 1800 t/h pro Pum- pe, Förderhöhe ca. 3,5 bar</p> <p>4 Zwischenkühler: Durchsatz bei Beginn Sumpfbetrieb bei KMV (1200 s nach RESA) 1746 t/h /10/</p> <p>Von jedem Zwischenkühlkreis sind eine Zwischenkühlpumpe und die sicherheitstechnisch wichtigen Stellantriebe an das Notstromnetz angeschlossen.</p>	<p>derlichen Komponenten (4 un- abhängige, notstromgesicherte Pumpen) vorhanden. Damit ist bzgl. der zur Störfallbeherr- schung erforderlichen System- funktionen kein relevanter Un- terschied erkennbar.</p>
<p>Ergebnisse der PSÜ hinsicht- lich der Störfallfestigkeit des Zwischenkühlwassersystems</p>	<p>In der PSÜ werden Nachweise hinsichtlich der Störfallfestigkeit des TF-Systems beim KMV ge- fordert.</p>	<p>In der PSÜ werden die von KKE vorgelegten Nachweise durch die Gutachter bestätigt.</p>	<p>In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.</p> <p>In der PSÜ werden für KWB-A Nachweise zur Integrität des</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
			TF-Systems bei KMV gefordert.
Nebenkühlwassersystem	<p>4 x 50 % der aktiven Komponenten für Not- und Nachkühlung in zwei Strängen angeordnet und erdbebensicher ausgelegt.</p> <p>4 Nebenkühlwasserpumpen jeweils paarweise aufgestellt:</p> <p>Erforderliche Förderleistung wird von 2 Pumpen gewährleistet.</p> <p>Die Nebenkühlwasserpumpen und die sicherheitstechnisch wichtigen Stellantriebe sind an das Notstromnetz angeschlossen.</p>	<p>Vier Stränge, davon zwei räumlich getrennte, erdbebensicher ausgelegte Gruppen.</p> <p>4 x 50 % gesicherte Nebenkühlwasserpumpen in den zwei Nebenkühlwasser-Pumpenbauwerken in je zwei separaten Pumpenkammern:</p> <p>Erforderliche Förderleistung wird von 2 Pumpen gewährleistet.</p> <p>Die Nebenkühlwasserpumpen und andere systemeigene Verbraucher werden vom Notstromnetz 1 (Notstromdieselaggregate) elektrisch versorgt.</p>	<p>In KWB-A und KKE sind die zur Störfallbeherrschung erforderlichen Komponenten notstromgesichert vorhanden. Damit ist bzgl. der zur Störfallbeherrschung erforderlichen Systemfunktionen kein relevanter Unterschied erkennbar.</p>
Ergebnisse der PSÜ hinsichtlich des nuklearen Nebenkühlwassersystems	<p>Die PSÜ sieht Mängel hinsichtlich des Nachweises der langfristigen Verfügbarkeit des VE-Systems.</p> <p>Weiterhin ist nach PSÜ ein Nachweis über die Abfuhr der Verlustwärme aus den Dielekühlern (KMV und Notstromfall) bei maximal möglichen Fluss-</p>	<p>In der PSÜ werden die von KKE vorgelegten Nachweise durch die Gutachter bestätigt.</p>	<p>In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.</p> <p>Bei KWB-A bestehen offene Punkte bzgl. der erforderlichen Nachweise des VE-Systems.</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	wassertemperaturen offen.		
Gebäudeabschlussarmaturen	Der Gebäudeabschluss wird durch Schließen der jeweils zwei in Reihe angeordneten GBA-Armaturen ausgeführt.	Der Gebäudeabschluss wird durch Schließen der jeweils zwei in Reihe angeordneten GBA-Armaturen ausgeführt.  Von den Antrieben der Abschlussarmaturen wird jeweils eine von der unterbrechungslosen Stromversorgung, die andere vom Diesel-Notstromnetz versorgt.	Anhand der vorliegenden Unterlagen ist kein relevanter Unterschied erkennbar.
Ergebnisse der PSÜ hinsichtlich Gebäudeabschlussarmaturen	In der Begutachtung der PSÜ wird eine Ertüchtigung von Rohrleitungsbereichen zwischen GBA-Armaturen gefordert.	In der PSÜ werden die von KKE vorgelegten Nachweise durch die Gutachter bestätigt.	In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.  Für KWB-A wurde von den Gutachtern eine Ertüchtigung von Rohrleitungsbereichen zwischen GBA-Armaturen gefordert. Zur Umsetzung dieser Forderung liegen uns keine Informationen vor.
Ringraumabsaugung und Leckageabsaugsystem	In der Begutachtung zur PSÜ wird bestätigt, dass die Ringraumabsaugung TL40 und das Leckageabsaugsystem TX in der Lage sind, alle Anforderungen zur Gewährleistung von Si-	Der Ringraum-Lüftungsabschluss und das Zuschalten der Ringraumabsaugung sind günstig, jedoch zur Einhaltung der Strahlenschutzgrenzwerte nicht erforderlich. Grundsätzlich dienen diese	In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.  Für KWB-A wird von den Gutachtern in der PSÜ der Austausch von GBA-Klappen gefordert. Dieser Austausch ist

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>cherheitsfunktionen zu erfüllen.</p> <p>Hinsichtlich der Lüftungsanlagen des Kontrollbereichs wird jedoch ein Austausch von GBA-Klappen gefordert.</p>	<p>Maßnahmen zur Erhaltung eines Unterdrucks im Ringraum und damit zur Verhinderung der ungefilterten Aktivitätsabgabe aus dem Ringraum, da wegen nicht ganz vermeidbarer RSB-Undichtigkeiten ein gewisser Aktivitätsaustrag aus dem RSB erfolgen kann /6/ 2.3.2.1.</p>	<p>nach /3/ vorgesehen, über die Umsetzung liegen uns keine Informationen vor.</p>
<p>Ergebnisse der PSÜ hinsichtlich Störfallfolgewirkungen auf Reaktorschutzsystem</p>	<p>Bei KWB-A sind Ereignisbedingte Auswirkungen auf das Reaktorschutzsystem durch Strahl- und Reaktionskräfte nicht ausgeschlossen.</p>	<p>In der PSÜ werden die von KKE vorgelegten Nachweise durch die Gutachter bestätigt.</p>	<p>In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.</p> <p>In KWB-A halten die Gutachter in der PSÜ aus schutzzielorientierter Sicht eine Verlegung oder einen Schutz von Wirkdruckleitungen des Reaktorschutzsystem aufgrund der auftretenden Strahl- und Reaktionskräften bei primärseitigen Kühlmittelverluststörfällen für notwendig. Gemäß /15/ wurde diese Empfehlung in der Revision 2006 umgesetzt.</p>
<p><b>Merkmal 2: Abstand zu geforderten Nachweiskriterien</b></p>			
<p>Beherrschung von Störfallfolgen</p>	<p>In KWB-A werden bei der Nachweisführung der Beherrschung von Störfallfolgen unter-</p>	<p>Soweit für hochenergetische Systeme Bruchausschluss nachgewiesen ist, sind folgende der</p>	<p>Bei KKE erfolgt ein Nachweis der Beherrschung von Störfallfolgen auf Basis der RSK-</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>schiedliche Leckannahmen getroffen. Diese werden fallspezifisch festgelegt.</p> <p>Für die Anstrahlbelastungen auf das TH-System werden nach /3/ bei der analytischen Bewertung unterkritische HKL-Lecks (0,048 F) zugrunde gelegt.</p> <p>Im Verfahren zur Genehmigung von Änderungen an den Sumpfsieben wurden folgende Leckpostulate zu Grunde gelegt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0,1 F-Leck an den Schweißnähten der Hauptkühlmittelleitung und der Volumenausgleichsleitung zur Ermittlung der maximal freisetzbaren Isoliermaterialmenge,</li> <li>- 2 F-Bruch an der Hauptkühlmittelleitung zur Ermittlung der während der Blow-Down-Phase auftretenden Belastungen auf die Sumpfdecke und auf die Sumpfsiebe infolge Differenzdruck,</li> <li>- 2 F-Bruch der Hauptkühlmittelleitung für die Notkühlwirksam-</li> </ul>	<p>genannten Folgewirkungen nicht oder nur begrenzt zu betrachten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktionskräfte - begrenzt entsprechend einem 0,1 F-Leck der betrachteten Rohrleitung,</li> <li>- schlagende Rohrleitungen - begrenzt auf Abriss von Anschlussleitungen,</li> <li>- Strahlkräfte - begrenzt entsprechend einem 0,1 F-Leck der betrachteten Rohrleitung</li> <li>- Sumpfverstopfung, Differenzdruckbelastungen und alle weiteren o.g. Umgebungsbedingungen der Leckstelle (Druck, Temperatur, Feuchte, Aktivität) begrenzt entsprechend einem 0,1 F-Leck der betrachteten Rohrleitung.</li> </ul> <p>...</p> <p>Bei dem Versagen einer hochenergetischen Rohrleitung sind neben der Überflutung zusätzlich weitere, potentiell system- oder redundanzübergreifende Auswirkungen zu betrachten (/6/</p>	<p>Leitlinien (0,1 F-Leck bzw. 2 F-Leck)</p> <p>Bei KWB-A wird als maximal anzunehmendes stabiles Leck ein Wert von 0,048 F der HKL zugrunde gelegt und beim Nachweis einiger Störfallfolgen (Strahl- und Reaktionskräfte) verwendet. Für die Sumpfproblematik wird hinsichtlich der Freisetzung von Isoliermaterial ein 0,1 F Leck unterstellt, für die Notkühlwirksamkeit ein 2 F Leck ebenso wie für KKE.</p>



Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>keit und die Strömungsgeschwindigkeit an den Sumpfsieben,</p> <p>- zur Ermittlung der Strahlkräfte auf die Sumpfdecke während der Blow-Down-Phase 0,048 F-Lecks in der Hauptkühlmittelleitung, 0,1 F-Lecks in der Volumenausgleichsleitung, 0,1 F-Lecks im Bereich der druckführenden Umschließung (DFÜ) des TH-Systems und Rundabrisse in den TA-Entnahme- und TA-Einspeiseleitungen /13/.</p> <p>Nach /14/ wurde für das neue Halterungskonzept des TH-Systems für Reaktionskräfte infolge 0,1 F-Lecks im TH-System sowie für Anstrahlbelastungen aus 0,003 F-Lecks in der Hauptkühlmittelleitung und aus 0,1 F-Lecks in der Volumenausgleichsleitung ausgelegt und nachgewiesen. Für die Integrität und Funktion des Not- und Nachkühlsystems wurden alle relevanten betrieblichen Belastungen und Störfallbelastungen - mit Ausnahme der Strahlkraftbe-</p>	<p>2.3.4.4):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktionskräfte,</li> <li>- schlagende Rohrleitungen,</li> <li>- Strahlkräfte,</li> <li>- Differenzdruckbelastungen</li> <li>- Druckaufbau,</li> <li>- Temperatureaufbau,</li> <li>- Feuchte und beim Kühlmittelverluststörfall zusätzlich Strahlungsbelastung auf Anlagenteile durch austretendes Kühlmittel,</li> <li>- Hauptkühlmittelpumpen-Schwungradversagen</li> <li>- Sumpferstopfung oder Sumpferstörung</li> <li>- Wasserstofffreisetzung in den RSB.</li> </ul> <p>Durch die Vermeidung und Eingrenzung von Auswirkungen aus unterkritischen Lecks der Hauptkühlmittelleitung wird sicherge-</p>	

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	lastungen aus einem 0,048 F-Leck in der Hauptkühlmittelleitung, für die eine schutzzielorientierte Betrachtung durchgeführt wurde - in den Festigkeitsnachweisen zugrunde gelegt.	stellt, dass die zur Beherrschung des Leckstörfalls erforderlichen Sicherheitsfunktionen gewährleistet bleiben /6/ 2.3.4.4.	
Ergebnisse PSÜ zur Druckführenden Umschließung (DFU)	In der PSÜ werden ergänzende Nachweise für den Lastfallkatalog der DFU hinsichtlich Strahl- und Reaktionskräften gefordert.	In der PSÜ werden die von KKE vorgelegten Nachweise durch die Gutachter bestätigt.	Für KWB-A werden ergänzende Nachweise für den Lastfallkatalog der DFU gefordert.  In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.
Randbedingungen für die Bestimmung des Brennstab-Schadensausmaßes (2 F-Leck)	Zur Bestimmung der Nachwärmeleistung wurde DIN 25463 plus 2 sigma verwendet  Bei der Bestimmung des Brennstab-Schadensumfangs (abdeckend für einen 2F-Bruch berechnet) wird der Notstromfall überlagert.	Nachzerfallsleistung nach DIN 25463 + 2 sigma  RESA/TUSA mit Notstromfall (Steuerstabeinfall misslingt, Abschaltung nur über Reaktivitätsrückkopplung)	Kein relevanter Unterschied erkennbar.  (Laut PSÜ ist das 2 F-Leck abdeckend für das 0,1 F-Leck.)
Maximale Brennstabhüllrohrtemperaturen (2 F-Leck)	Die Ergebnisse zeigen, dass das kaltseitige Leck (2F-Bruch zwischen Hauptkühlmittelpumpe und RDB) mit 948°C an der Heißstelle mit 545 W/cm zu den höchsten Hüllrohrtemperaturen in der Flutphase führt und mit 103 s die längste Standzeit bei	Die Fa. Siemens berechnete für die Hüllrohrtemperaturen (2F-Leck) ohne Berücksichtigung von Dehnen und Bersten einen maximalen Wert von 1024°C und mit Berücksichtigung von Dehnen und Bersten 937°C /7/.	Kein relevanter Unterschied erkennbar.  (Laut PSÜ ist das 2 F-Leck abdeckend für das 0,1 F-Leck.)

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>Temperaturen oberhalb von 700°C aufweist</p> <p>Die ungünstigste kaltseitige 2F-Lecklage ist damit für das 0,1F-Leck abdeckend /3/.</p>	<p>Berechnungen für einen 1 F-Bruch und einen 0,25 F-Bruch zeigen mit dem 2 F-Bruch vergleichbare maximale Hüllrohr-Temperaturen /8/.</p> <p>Nach /7/ werden die Anforderungen der RSK-Leitlinien hinsichtlich kühlfähiger Kerngeometrie, maximaler Oxidationstiefe und zulässigen Oxidationsumfangs werden eingehalten. Die Einhaltung des maximalen Schadensumfangs von 10 % wird für jede Kernbeladung neu überprüft. Es wird festgestellt, dass die bei einem großen Leck an der HKL relevanten schutzzielorientierten Anforderungen sowie die präzisierenden Anforderungen der RSK-Leitlinien eingehalten werden.</p>	
Maximale Hüllrohroxidation	Keine Angaben	<p>Die maximale lokale Schwächung des Hüllrohres durch Zirkonium-Oxidation beträgt 2,64 %. (2F-Leck)</p> <p>Nach /7/ werden die Anforderungen der RSK-Leitlinien hinsichtlich kühlfähiger Kerngeometrie,</p>	<p>In KKE wird bestätigt, dass alle Anforderungen der RSK-Leitlinien eingehalten werden.</p> <p>Für KWB-A liegen in den uns zur Verfügung stehenden Unterlagen keine Aussagen zum Umfang der Hüllrohroxidation</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
		<p>maximaler Oxidationstiefe und zulässigen Oxidationsumfangs werden eingehalten. Die Einhaltung des maximalen Schadensumfangs von 10 % wird für jede Kernbeladung neu überprüft. Es wird festgestellt, dass die bei einem großen Leck an der HKL relevanten schutzzielorientierten Anforderungen sowie die präzisierenden Anforderungen der RSK-Leitlinien eingehalten werden.</p>	<p>vor.</p> <p>Damit ist eine vergleichende Bewertung nicht möglich.</p> <p>(Laut PSÜ ist das 2 F-Leck abdeckend für das 0,1 F-Leck.)</p>
<p>Maximale Brennstabschäden bzw. Abstand zu Nachweiskriterium Brennelement-Schäden (BE-Schäden) &lt; 10 % (2 F-Leck)</p>	<p>Für den Einsatz von Uran-Brennstäben mit Duplex-Hüllrohren ergeben sich</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- für den Zyklusbeginn im Gleichgewichtszyklus 315 geborstene Brennstäbe (entsprechend ca. 0,7 % aller Stäbe im Kern), im längeren Zyklus 214 geborstene Brennstäbe (entsprechend ca. 0,5 % aller Stäbe im Kern),</li> <li>- am natürlichen Zyklusende im Gleichgewichtszyklus 204 geborstene Brennstäbe (entsprechend ca. 0,45 % aller Stäbe im Kern),</li> </ul>	<p>Auf der Basis eines konservativen Modells ergibt sich für den Störfallablauf (Reaktorleistung 106 %, Gesamtheißstellenfaktor <math>FQ = 2,2</math>, Axialer Formfaktor <math>F_{ax} = 1,35</math>), dass weniger als 0,014 % aller Brennstäbe Schäden bis zur Perforation erleiden können. Die Notkühlung wird dadurch nicht beeinträchtigt /8/.</p> <p>Nach /7/ werden die Anforderungen der RSK-Leitlinien hinsichtlich kühlfähiger Kerngeometrie, maximaler Oxidationstiefe und zulässigen Oxidationsumfangs eingehalten. Die Einhal-</p>	<p>Für beide Anlagen liegt der Umfang der Brennstabschäden deutlich unterhalb des gemäß RSK-Leitlinien nachzuweisenden Wertes.</p> <p>Die Angaben zu KWB-A entstammen der aktuellen PSÜ, während die Angaben zu KKE dem Sicherheitsbericht der Anlage entnommen sind.</p> <p>Auf dieser Basis sind die sich ergebenden Unterschiede im zu erwartenden Schadensumfang bei den beiden Anlagen nicht bewertbar.</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	Kern), im längeren Zyklus 21 geborstene Brennstäbe (entsprechend ca. 0,45 % aller Stäbe im Kern), im längeren Zyklus 21 geborstene Brennstäbe (entsprechend ca. 0,05 % aller Stäbe im Kern)	tung des maximalen Schadensumfanges von 10 % wird für jede Kernbeladung neu überprüft. Es wird festgestellt, dass die bei einem großen Leck an der HKL relevanten schutzzielorientierten Anforderungen sowie die präzisierenden Anforderungen der RSK- Leitlinien eingehalten werden.	(Laut PSÜ ist das 2 F-Leck abdeckend für das 0,1 F-Leck.)
Wasserstoffbeherrschung	<p>Die Überwachung der Wasserstoffkonzentration im Sicherheitsbehälter erfolgt mit dem System XP10, die Begrenzung und der Abbau der Wasserstoffkonzentration im Falle eines Kühlmittelverluststörfalles zum Integritätsschutz des RSB mit den Systemen XA30 und TL30, sowie durch das System XP50 durch katalytische Rekombinatoren.</p> <p>Die insgesamt fünf REKOs werden im RSB an den Stellen angeordnet, an denen der möglicherweise entstehende und sich ansammelnde Wasserstoff möglichst effektiv abgebaut wird, wobei berücksichtigt wurde,</p>	Bei primärseitigen Leckstörfällen kann es weiterhin infolge Radiolyse und eventueller Zirkon-Wasser-Reaktionen zur Bildung von Wasserstoffgas und - bei dessen exothermer Reaktion mit Luftsauerstoff im RSB - zu einem Druckanstieg im RSB kommen. Mit dem bei den Konvoi-Anlagen realisierten Konzept zur Beherrschung von KMV-Störfällen wird jedoch sichergestellt, dass die in den RSB freigesetzte Wasserstoffmenge so begrenzt ist, dass zusätzlich zu den Maßnahmen für die BE-Kühlung in der Sicherheitsebene 3 keine aktiven Maßnahmen erforderlich sind, um den RSB vor unzulässigen Drücken zu schützen.	Kein relevanter Unterschied erkennbar.  (Laut PSÜ ist das 2 F-Leck abdeckend für das 0,1 F-Leck.)

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>dass durch die Wärmeentwicklung durch den Rekombinationsprozess sicherheitstechnisch wichtige Komponenten nicht unzulässig betroffen sind.</p> <p>Die Rekombinatoren sind hinsichtlich ihrer Wasserstoffabbaukapazität so bemessen, dass ein einzelnen Rekombinator allein in der Lage ist, den gesamten bei einem Auslegungs-Kühlmittelverluststörfall entstehenden Wasserstoff unter konservativen Randbedingungen so weit abzubauen, dass die zulässige Wasserstoffkonzentration für den relevanten Zeitraum von 100 Stunden sicher unter der Zündgrenze von 4 Vol.-% bleibt.</p>	<p>Die bei einem 2F-Bruch infolge der Zirkonium-Wasser-Reaktion des Brennelementhüllrohrmaterials entstehende Menge an Wasserstoff kann durch das Wasserstoffdurchmischungs- und -abbau-system unterhalb der Zündgrenze von 4-Vol% gehalten werden.</p> <p>Nach /7/ ist der Abbau des sich bildenden Wasserstoffs sichergestellt. Es wird festgestellt, dass die bei einem großen Leck an der HKL relevanten schutzzielorientierten Anforderungen sowie die präzisierenden Anforderungen der RSK-Leitlinien eingehalten werden.</p>	
<b>Merkmal 3: Vorhandensein weiterer zur Störfallbeherrschung nicht benötigter aber geeigneter Maßnahmen oder Einrichtungen</b>			
Verfügbarkeit Flutbehälterinventar	<p>Die Flutbehälter aller vier TH-Stränge sind im oberen und unteren Bereich durch Leitungen miteinander verbunden.</p> <p>Sofern das Notkühlvorbereitungssignal YZ31 nicht ansteht</p>	<p>Die vier Flutbecken aller Stränge sind über Anschlussleitungen mit der oberen und der unteren Ringleitung verbunden.</p> <p>Dabei können Lecks in den die Flutbecken verbindenden Ring-</p>	<p>Bei beiden Anlagen sind die Flutbehälter über absperrbare Leitungen miteinander verbunden, um das Flutbehälterinventar eines ausgefallenen Strangs einem verfügbaren Strang zur Verfügung zu stel-</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>und der Ringraum begehbar ist, kann durch Handmaßnahmen ein Ausgleichen der Flutbehälter-niveaus über die Ringleitung erreicht werden. Hierfür besteht ein Zeitbedarf von ca. 20 min /1/.</p> <p>Der Reinigungsbetrieb bzw. das Umpumpen eines Flutbehälters von 350 m<sup>3</sup> dauert mittels der Gebäudesprüh-pumpen ca. 9 h.</p>	<p>leitungen durch störfallfeste Ar-maturen abgesperrt werden.</p> <p>Bleiben die Inhalte einzelner Flutbecken nicht genutzt, so kann durch Öffnen der gemein-samen Ringleitung der Inhalt dieser Becken zumindest teilwei-se genutzt werden (Zulaufver-hältnisse). Es ist jedoch zuvor die Integrität der gemeinsamen Fülleitung zu prüfen.</p> <p>Nach Erreichen des Sumpfsig-nals in den Flutbecken mit lau-fenden ND-Pumpen werden bei nicht unterbrochenem Wasser-austausch deren Flutbeckenfüll-stände wieder angehoben, so dass das zugeordnete Flutsignal 1 wieder ausgelöst und die Flut-armatur geöffnet wird /5/.</p> <p>Neben den Einspeisemöglichkei-ten über die HD- und ND-Pumpen besteht bei KKE die Möglichkeit, den Flutbeckeninhalt mittels BE-Beckenüberlauf über die HD-, ND- und die Becken-kühl-pumpen in 2 v 4 Strängen in den Sumpf zu fördern /5/.</p>	<p>len.</p> <p>Bei KWB-A kann außerdem das Inventar eines Flutbehäl-ters über Gebäudesprüh-pumpen in einen anderen Flutbe-hälter umgepumpt werden. Hierfür werden ca. 9 h benö-tigt.</p> <p>In KKE kann das Flutbehälter-inventar auch mittels BE-Beckenüberlauf anderen Ein-speisepumpen zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Insgesamt ist damit auf der Basis der vorliegenden Unter-lagen kein relevanter Unter-schied erkennbar.</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
Zusätzliche Pumpen des Zwischenkühlsystems	Keine	<p>2 zusätzliche Zwischenkühlpumpen (nicht notstromversorgt), Massenstrom: 1800 t/h, Förderhöhe: ca. 3,5 bar</p> <p>Wenn eine der notstromgesicherten Zwischenkühlpumpen in den Betriebskreisen nicht funktionsfähig ist, wird automatisch auf die nicht notstromgesicherte Zwischenkühlpumpe umgeschaltet.</p>	<p>In KKE sind zusätzlich zwei Zwischenkühlpumpen mit gleicher Fördermenge vorhanden, die jedoch nicht notstromversorgt sind.</p> <p>In KWB-A sind keine weiteren Pumpen vorhanden.</p>
Notstandsnachkühlpumpen	<p>Als diversitäre Möglichkeit zur primärseitigen Nachwärmeabfuhr ist die Nachrüstung einer Notstandsnachkühlkette durchgeführt worden (Änderungsantrag A 023/99), über die bei Nichtverfügbarkeit der vorhandenen Kühlkette TH/TF/VE die Anlage in den Zustand kalt unterkritisch abgefahren werden kann. Bestandteil der Notstandsnachkühlkette ist die Notstandsnachkühlpumpe. Die Pumpe wird schaltungstechnisch im Strang TH10 parallel zur vorhandenen Nachkühlpumpe angeordnet. Die Aufstellung erfolgt räumlich getrennt im inneren Ringraum (Raum 1118).</p>	<p>Fällt die normale Nachkühlkette nach einem Flugzeugabsturz oder durch eine Explosionsdruckwelle aus, so führt die gegen diese Einwirkungen von außen (EVA) gesicherte, zweisträngig aufgebaute Notnachkühlkette, von denen eine für die Wärmeabfuhr ausreicht, die anfallende Nachwärme ab. Dabei werden die gegen diese EVA-Lastfälle gesicherten Nachkühlstränge JN1/4 mit den leistungsschwächeren Beckenkühlpumpen betrieben.</p> <p>Bei Ausfall der Nachkühlpumpen in den Strängen JN1 oder JN4 können die parallel geschalteten,</p>	<p>In KKE sind die Beckenkühlpumpen mit dem Not- und Nachkühlsystem verbunden und für die Notstandsnachkühlung vorgesehen. Der Förderstrom der Beckenkühlpumpen ist größer als der im Ereignisfall „großes Leck“ zur Notkühlung erforderliche Förderstrom von ca. 1100 t/h (siehe Auslegung ND-Pumpen).</p> <p>In KWB-A ist primärseitig eine Notstandsnachkühlpumpe nachgerüstet worden. Die Fördermenge dieser Pumpe ist ausreichend, um die Nachzerfallswärme im Notstandfall nach sekundärseitigem Abfah-</p>



Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>Die Energieversorgung erfolgt vom Block B.</p> <p>Anzahl: 1</p> <p>Fördermenge: 620 m<sup>3</sup>/h</p> <p>Energieversorgung durch Block B</p>	<p>vom Notstromnetz D2 versorgten Beckenkülpumpen deren Aufgabe übernehmen.</p> <p>Innerhalb der Sicherheitsebene 3 ist diese Maßnahme nicht erforderlich.</p> <p>Nach schutzzielorientiertem Betriebshandbuch können die Beckenkülpumpen zur Sicherstellung des primärseitigen Kühlmittelinventars herangezogen werden.</p> <p>Anzahl: 2 Beckenkülpumpen</p> <p>Förderstrom (Auslegung): je 612 t/h</p> <p>Auslegungsdruck: 55 bar<sub>abs</sub></p> <p>Auslegungstemperatur: 200°C</p> <p>Eine dritte Beckenkülpumpe ist getrennt für die Kühlung des BE-Beckens verfügbar /9/.</p>	<p>ren abzuführen, jedoch geringer als die im Ereignisfall „großes Leck“ erforderliche Fördermenge von 911 t/h (siehe Auslegung ND-Pumpen).</p>
Notstandsnachkühlung (Zwischen- und Nebenkühlwassersystem)	Die Kühlwasserversorgung des Nachkühlers im Strang TH10 erfolgt mit dem Feuerlöschsystem UJ. Der Anteil der sich in Block	Die Pumpen der normalen Nachkühlketten sind in ihrer Leistung für die Notspeisediesel (EVA gesichert) zu groß, deshalb sind	In KKE sind zwei der vier Nachkühlketten als Notstandsnachkühlketten vorgesehen.

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>A befindenden Notstandnachkühlkette sowie Vorbereitungen der Maßnahmen in Block A für Block B wurde in der Revision 2002 realisiert /3/.</p> <p>Die Kühlwasserversorgung erfolgt durch die Feuerlöschpumpen. Die Verbindungen zum vorhandenen Kühlwasserleitungssystem sind bei Normalbetrieb der Anlage nicht durchgeschaltet. Im Notstandsfall werden Rohrleitungspassstücke eingesetzt, um die Verbindung herzustellen /12/.</p>	<p>den Pumpen zweier Nachkühlketten leistungskleinere Pumpen parallel geschaltet, die auf die Betriebsweise nach EVA abgestimmt sind (Notnachkühlketten).</p> <p>Die Zuordnung der Pumpen zu den Systemen der normalen Nachkühlketten sind</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- im Not- und Nachkühlsystem parallel zur Nachkühlpumpe die Beckenkühlpumpe,</li> <li>- im Nuklearen Zwischenkühlsystem parallel zur nuklearen Zwischenkühlpumpe die Notzwischenkühlpumpe</li> <li>- im Nebenkühlwassersystem für Gesicherte Anlage parallel zur gesicherten Nebenkühlwasserpumpe die Notnebenkühlwasserpumpe.</li> </ul>	<p>In KWB-A erfolgt die Notstandsnachkühlung durch Verwendung des Feuerlöschsystems UJ zur Zwischen- und Nebenkühlung. Im Normalbetrieb besteht keine Verbindung zwischen dem Feuerlöschsystem und den Zwischen- und Nachkühlstellen, diese muss durch Handmaßnahmen (Einbringung von Rohrleitungspassstücken) hergestellt werden.</p>
<p>Notstandsnachkühlung</p> <p>Pumpen Zwischenkühlwassersystem und Nebenkühlwassersystem</p>	<p>Feuerlöschpumpen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anzahl 4 (zwei für Notstandsnachkühlung vorgesehen)</li> <li>- Auslegungsdruck 17 bar</li> </ul>	<p>Zwischenkühlwassersystem</p> <p>2 Notzwischenkühlpumpen (Notstromnetz 2), Massenstrom: 1440 t/h, Förderhöhe: ca. 3,5 bar /10/</p>	<p>In KKE sind im Zwischenkühlwassersystem zwei leistungsschwächere, über die Notspeisediesel notstromversorgte Notzwischenkühlpumpen vorhanden (ca. 2 x 40 % der beim großen Leck erforderlichen</p>

Bewertungsmerkmal	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	<p>- Auslegungstemperatur 40°C</p> <p>- Massenstrom ca. 47 kg/s</p>	<p>Nebenkühlwassersystem:</p> <p>2 x 2 Notnebenkühlwasserpumpen (Notstromnetz 2): Massenstrom je 280 kg/s, Förderhöhe 2,7 bar</p> <p>Auslegungsanforderungen Notnebenkühlwasserpumpen:</p> <p>Notstandsfall: 2 x 560 kg/s (vgl. KMV-Anforderung: 2 x 1.000 kg/s) /11/</p>	<p>Fördermenge), im Nebenkühlwassersystem sind zweimal zwei Notnebenkühlwasserpumpen vorhanden (ca. 4 x 14 % der beim großen Leck erforderlichen Fördermenge), die zur Notstandsnachkühlung vorgesehen sind und von Hand zugeschaltet werden können.</p> <p>In KWB-A sind für die Notstandsnachkühlung die Pumpen des Feuerlöschsystems vorgesehen, die im Normalbetrieb nicht mit dem Zwischenkühlsystem verbunden sind (siehe Notstandsnachkühlung). Ihr Einsatz erfordert manuelle Aktionen.</p>

## **5 Darstellung und Bewertung der relevanten Unterschiede**

### **5.1 Darstellung relevanter Unterschiede**

#### **Zu Merkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen oder Einrichtungen.**

Das verfügbare Druckspeichervolumen ist beim Kernkraftwerk Emsland (KKE) um 53 % größer als beim Kernkraftwerk Biblis Block A (KWB-A), die Reserve bezüglich des benötigten Volumens beträgt bei KKE ca. 55 %, bei KWB-A ca. 30 %. Bei KKE sind 8 getrennte Druckspeicher für die heiße und kalte Einspeisung vorhanden. Bei KWB-A sind 4 Druckspeicher vorhanden.

Das verfügbare Einspeisevolumen der Flutbehälter ist bei KKE größer als bei KWB-A.

In der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) werden für KWB-A Nachweise zur Integrität des Zwischenkühlsystems bei Kühlmittelverlust-Störfall und zur langfristigen Verfügbarkeit des Nebenkühlwassersystems, der Austausch von Gebäudeabschluss-Klappen (GBA-Klappen) sowie Maßnahmen zur Ertüchtigung von Rohrleitungsbereichen zwischen GBA-Armaturen gefordert. In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.

#### **Zu Merkmal 2: Abstand zu geforderten Nachweiskriterien.**

Bei KKE erfolgt ein Nachweis der Beherrschung von Störfallfolgen auf Basis der RSK-Leitlinien (0,1 F-Leck bzw. 2 F-Leck). Bei KWB-A wird als maximal anzunehmendes stabiles Leck ein Wert von 0,048 F der Hauptkühlmittelleitung zugrunde gelegt und beim Nachweis der Beherrschung der Störfallfolgen von Strahl- und Reaktionskräften verwendet.

Für KWB-A werden in der PSÜ ergänzende Nachweise für den Lastfallkatalog der Druckführenden Umschließung bezüglich Strahl- und Reaktionskräften gefordert. In KKE liegen keine Hinweise auf offene Nachweise vor.

**Zu Merkmal 3: Vorhandensein weiterer, zur Störfallbeherrschung nicht benötigter aber geeigneter Maßnahmen oder Einrichtungen**

Bei KKE sind die Beckenkühlpumpen mit dem Not- und Nachkühlssystem verbunden und zudem für die Notstandsnachkühlung (bei Ereignissen der Sicherheitsebene 4) vorgesehen. Der Förderstrom der Beckenkühlpumpen ist größer als der im Ereignisfall „großes Leck“ zur Notkühlung erforderliche Förderstrom. In KWB-A ist eine Notstandsnachkühlpumpe nachgerüstet worden. Die Fördermenge dieser Pumpe ist ausreichend, um die Nachzerfallswärme im Notstandsfall nach sekundärseitigem Abfahren abzuführen, jedoch geringer als die im Ereignisfall „großes Leck“ erforderliche Fördermenge.

In KKE sind im Zwischenkühlwassersystem zwei nicht notstromgesicherte Zwischenkühlpumpen mit gleicher Fördermenge wie die notstromgesicherten Pumpen (2 x 50 %) vorhanden. In KWB-A sind keine vergleichbaren zusätzlichen Pumpen vorhanden.

In KKE sind zwei der vier Nachkühlketten als Notstandsnachkühlketten (Sicherheitsebene 4) vorgesehen. In KWB-A erfolgt die Notstandsnachkühlung durch Verwendung einer Notstandsnachkühlpumpe und des Feuerlöschsystems UJ zur Zwischen- und Nebenkühlung. Im Normalbetrieb besteht keine Verbindung zwischen dem Feuerlöschsystem und den Zwischen- und Nachkühlstellen, diese muss durch Handmaßnahmen (Einbringung von Rohrleitungspassstücken) hergestellt werden.

In KKE sind zwei notstromversorgte Notzwischenkühlpumpen vorhanden (ca. 2 x 40 % der beim großen Leck erforderlichen Fördermenge), die zur Notstandsnachkühlung (Sicherheitsebene 4) vorgesehen sind und von Hand zugeschaltet werden können. Im Nebenkühlwassersystem sind bei KKE zusätzlich zweimal zwei Notnebenkühlwasserpumpen vorhanden (ca. 4 x 14 % der beim großen Leck erforderlichen Fördermenge), die zur Notstandsnachkühlung vorgesehen sind und von

Hand zugeschaltet werden können. In KWB-A sind für die Notstandsnachkühlung die Pumpen des Feuerlöschsystems vorgesehen, die im Normalbetrieb nicht mit dem Zwischen- und Nebenkühlwassersystem verbunden sind und erst nach Handmaßnahmen einsetzbar sind.

#### **Zu Merkmal 4: Sicherstellung der Kernkühlung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial (Detailvergleich siehe Anhang 1)**

Im KKE sind je zwei Notkühlsysteme an eine Sumpfansaugkammer angeschlossen. KWB-A besitzt für alle vier Notkühlsysteme eine gemeinsame Sumpfansaugkammer.

Die Sumpfsiebe weisen in beiden Anlagen zwei Faltungen auf. Im KKE weisen die Faltungen sehr große Winkel auf, in KWB-A einen Winkel kleiner 90°.

Die gesamte Sumpfsiebfläche ist im KKE etwa doppelt so groß wie in KWB-A.

Im KKE wird ausschließlich das Isoliermaterial MD2 eingesetzt. Im KWB-A wird das Isoliermaterial MD2 und RDT2 eingesetzt. Mikroporöse Materialien sind allerdings im Isoliermaterial in KWB-A an den relevanten Stellen nicht vorhanden.

## **5.2 Bewertung relevanter Unterschiede**

### **Zu Merkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen oder Einrichtungen.**

Sowohl die Druckspeicher als auch die Flutbehälter weisen bei KKE relativ größere Volumina auf als im Fall von KWB-A. Insgesamt kann damit bezogen auf die Genehmigungsanforderungen bei KKE bezüglich der aus den Druckspeichern verfügbaren Kühlmittelmengen von günstigeren Verhältnissen bei der Kernkühlung ausgegangen werden als bei KWB-A. Dies gilt auch für die Kühlmittelvorräte der Flutbehälter.

Aufgrund der bei KWB-A gemäß den uns vorliegenden Unterlagen nicht gesicherten Nachweislage bzgl. der Integrität des Zwischenkühlsystems bei Kühlmittelverlust-Störfall und der langfristigen Verfügbarkeit des Nebenkühlwassersystems, sowie

den nach PSÜ erforderlichen Maßnahmen zum Austausch von GBA-Klappen und zur Ertüchtigung von Rohrleitungsbereichen zwischen GBA-Armaturen ist die Situation in KKE als günstiger im Vergleich zu KWB-A einzustufen.

**Zu Merkmal 2: Abstand zu geforderten Nachweiskriterien.**

Bei Annahme gleicher Leckgrößen ist für KKE wegen der Auslegung für das postulierte 0,1 F-Leck von einer größeren Sicherheitsmarge zur Störfallbeherrschung auszugehen. Weiterhin ist auch aufgrund der bei KWB-A gemäß den uns vorliegenden Unterlagen nicht gesicherten Nachweislage bzgl. des Lastfallkatalogs der Druckführenden Umschließung die Situation in KKE als günstiger im Vergleich zu KWB-A einzustufen.

**Zu Merkmal 3: Vorhandensein weiterer, zur Störfallbeherrschung nicht benötigter aber geeigneter Maßnahmen oder Einrichtungen.**

Insgesamt sind im Not- und Nachkühlsystem bei KKE aufgrund der größeren Anzahl und Kapazität zusätzlich verfügbarer Pumpen größere Sicherheitsreserven für die Kernkühlung bei niedrigem Druck vorhanden als bei KWB-A. Im Zwischen- und Nebenkühlwassersystem sind bei KKE aufgrund der schnelleren Verfügbarkeit und aufgrund der Verfügbarkeit zusätzlicher Pumpen größere Sicherheitsreserven zur Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr vorhanden als bei KWB-A. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Nutzung dieser Reserven bei KKE zur Einschränkung bei der Beckenkühlung führen kann.

**Zu Merkmal 4: Sicherstellung der Kernkühlung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial (siehe Anhang 1)**

Die Sumpfansaugkammern und Sumpfsiebe sind in beiden Anlagen mehreren Teilsystemen des Not- und Nachkühlsystems zugeordnet und somit nicht gänzlich entmascht. Daher muss für Maßnahmen zur Verringerung der Druckverluste über die Sumpfsiebe die Kühlmittelergänzung über die an eine Sumpfansaugkammer angeschlossenen Not- und Nachkühlsysteme unterbrochen werden. Dies ist beim KWB-A immer notwendig. Beim KKE ist dies nur erforderlich, wenn nur 2 Not-

Kühlsysteme verfügbar sind und diese an eine Sumpfansaugkammer angeschlossen sind.

Die größeren Sumpfsiebflächen im KKE führen zu einer geringeren Belegungsdichte der Sumpfsiebe als in KWB-A, außer beim Betrieb von zwei Not- und Nachkühlsystemen aus einer Sumpfansaugkammer. Dies führt zu geringeren Druckverlusten. Das in KWB-A teilweise eingesetzte Isoliermaterial RTD2 zeigt ungünstigere Eigenschaften beim Transport im Sumpf und bei den Druckverlusten über das abgelagerte Isoliermaterial. Auslegungsüberschreitende Druckverluste, die Maßnahmen zur Ablösung der Siebeläge erforderlich machen, sind nach derzeitigem Kenntnisstand in beiden Anlagen nicht auszuschließen.

Die Faltung der Sumpfsiebe mit kleinen Winkeln wie in KWB-A führt zu einer größeren Penetration durch die Sumpfsiebe. Zusätzlich penetriert das in KWB-A eingesetzte Isoliermaterial RTD2 stärker durch die Sumpfsiebe mit gleicher Maschenweite. Penetration durch die Sumpfsiebe erhöht das Potenzial für größere Ablagerungen von Isoliermaterial im Kern und damit für eine Verschlechterung der Kernkühlung. Dies führt in KWB-A zu ungünstigeren Kühlungsbedingungen im Kern.

Die Anordnung (Faltung) der Sumpfsiebe, der Einsatz des Isoliermaterials RTD2 und die gemeinsame Sumpfansaugkammer in KWB-A sind im Vergleich zum KKE ungünstiger für die Sicherstellung der Kernkühlung bei einem Leckstörfall.

### **5.3 Fazit**

Insgesamt weist die Anlage KKE größere Sicherheitsmargen zur Beherrschung des Ereignisses „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters“ auf als die Anlage KWB-A.



## **6      Literatur**

- /BMU 01/ Grundsätze der Tätigkeit von Sachverständigen im Auftrag der Bundesaufsicht über die Ausführung des Atomgesetzes im Hinblick auf Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren und sonstige Reaktoren (Sachverständigen-Grundsätze der Bundesaufsicht über Atomkraftwerke), Stand: Juli 2001
- /BMU 06/ SR 2569 „Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“, 05.12.2006

## **Anhang 1 zu BG 13**

Bewertungsgegenstand: „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters (Leckquerschnitt = 0,1 F bzw. Fläche der Volumenausgleichsleitung)“

Bewertungsmerkmal 4: Sicherstellung der Kernkühlung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale.....</b>	<b>2</b>
2.1	Beschreibung des Ereignisablaufs.....	2
2.2	Bewertungsmerkmale .....	3
<b>3</b>	<b>Verwendete Unterlagen .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Anlagenvergleich .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Bewertung.....</b>	<b>10</b>
5.1	Relevante Unterschiede.....	10
5.2	Bewertung der relevanten Unterschiede.....	10
5.3	Fazit .....	11

## **1 Einleitung**

In der vorliegenden Anlage geht es um sicherheitstechnische Vergleiche im Zusammenhang mit dem Antrag (Hilfsantrag) der RWE Power AG vom 26.09.2006 an das BMU auf Übertragung von Reststrommengen vom Kernkraftwerk Emsland (KKE) auf das Kernkraftwerk Biblis Block A (KWB-A). Dazu wurden von der GRS in Abstimmung mit dem BMU 20 Bewertungsgegenstände definiert. Auftragsgemäß erfolgt für jeden Bewertungsgegenstand (BG) eine separate Auswertung.

Nachfolgend wird im Rahmen des Bewertungsgegenstands „Großes Leck innerhalb des Sicherheitsbehälters (Leckquerschnitt = 0,1 F bzw. Fläche der Volumenausgleichsleitung)“ das Bewertungsmerkmal 4 „Sicherstellung der Kernkühlung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial“ separat behandelt.

## **2           Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale**

### **2.1           Beschreibung des Ereignisablaufs**

Während eines Kühlmittelverluststörfalls innerhalb des Sicherheitsbehälters treffen Druckwellen und der Bruchstrahl auf Materialien in der Umgebung des Leckortes, wie die thermische Isolierung, Anstriche, Beton, Korrosionsprodukte und Staub. Zusätzlich können Stoffe durch chemische Reaktionen zwischen dem chemisch aktiven Kühlmittel und den Materialien im Sicherheitsbehälter erzeugt werden.

Durch Transportvorgänge, wie den Mitriss von Isoliermaterial am Dampf-/Wasserstrahl des Bruches und dem Abwaschen von im Sicherheitsbehälter abgelagerten Stoffen wird ein Teil der freigesetzten Stoffe in den Sumpf eingetragen. Anschließend wird beim Betrieb der Notkühlpumpen im Sumpfumwälzbetrieb die im Sumpfwasser schwelenden Stoffe teilweise an den Sumpfsieben abgelagert und teilweise durch das Notkühlsystem in das Primärsystem und den Reaktorkern eingetragen.

Die Ablagerung von Isoliermaterial und anderer freigesetzter bzw. über chemische Reaktion erzeugter Stoffe auf den Sumpfsieben verursacht eine Belegung der Siebe, was zu einer Erhöhung der Druckverluste über die Sumpfsiebe führt. Der Druckverlust über die belegten Sumpfsiebe kann den für den wirksamen Betrieb der Notkühlpumpen erforderlichen Pumpenvordruck (net positive suction head, NPSH) übersteigen, wenn sich entsprechend viel Isoliermaterial abgelagert hat. Der Verlust des Pumpenvordrucks kann zur Folge haben, dass sich die Pumpenleistung verringert und möglicherweise die Pumpe ausfällt. Der Druckverlust über die Sumpfsiebe kann zudem die mechanischen Auslegungsgrenzen der Sumpfsiebe überschreiten und deren Integrität gefährden.

Das Isoliermaterial und andere Stoffe können auch zum Verschleiß und zum Verstopfen von Komponenten im Notkühlsystem führen. Dabei kann die Funktionsfähigkeit der Komponenten so stark eingeschränkt werden, dass sie ihre Funktion nicht mehr auslegungsgemäß erfüllen können.

Isoliermaterial und andere Stoffe können sich auch an den Abstandshaltern im Reaktorkern oder, in Abhängigkeit von der Maschenweite der Sumpfsiebe, auch am IDF-Fuß (Integrated Debris Filter) eines Brennelements ablagern. Dies führt in beiden Fällen zu einer Verringerung des Kühlmittelflusses durch den Kern und damit zu einer

Verschlechterung der Kernkühlung. Im ungünstigsten Fall können durch unzureichende Kernkühlung Kernschäden auftreten.

## 2.2 Bewertungsmerkmale

Auf Basis der Stellungnahme der RSK vom 22.07.2004 /RSK 04/ wurden für die vergleichende Bewertung dieses Bewertungsmerkmals folgende Detailmerkmale herangezogen:

- Merkmal 1: Konfiguration der Sumpfansaugkammern
- Merkmal 2: Siebform
- Merkmal 3: Siebgröße
- Merkmal 4: Maschenweite der Siebe
- Merkmal 5: Eingesetztes Isoliermaterial
- Merkmal 6: Maßnahmen zur Begrenzung der Druckverluste über die Sumpfsiebe

Auf die Freisetzungsraten von Isoliermaterial wird nicht eingegangen, da die Primärkreise von KKE und KWB-A geometrisch ähnlich sind und in beiden Anlagen Bruchausschluss nachgewiesen ist. Daher sind Freisetzungsraten in einer ähnlichen Größenordnung zu erwarten.

Bei der Bewertung zu beachten sind auch folgende Erkenntnisse, die sich aus den neueren Versuchen der Erlanger-Wanne ableiten lassen /ARE 05.1, ARE 05.2/:

- Eine vollständige Belegung der Sumpfsiebe trat in der Erlanger-Wanne bei einer Belegung von  $0.1 \text{ kg/m}^2$  (Sumpfsieb mit Gaze belegt) bzw. bei  $0.18 \text{ kg/m}^2$  (Sumpfsiebe mit einer Maschenweite von  $3 \times 3 \text{ mm}$ ) auf. Bei gemessenen Transportraten von etwa 25 % im Sumpf /ARE 05.1/ und der postulierten Transportrate im Sicherheitsbehälter von 50 % /RSK 04/ entspricht dies Freisetzungsraten von 16 kg (Gaze) und 29 kg (Sumpfsiebe mit  $3 \times 3 \text{ mm}$  Maschenweite) bei einer Sumpfsiebgröße von  $20 \text{ m}^2$ . Diese Freisetzungsraten können auch bei kleinen Lecks auftreten.
- Relevante Ablagerungen wurden in den Brennelement-Dummies bei flachen Sieben mit einer Maschenweite von  $3 \times 3 \text{ mm}$  und den Isoliermaterialien MD2 und MDK nicht gemessen. Bei Sumpfsieben mit  $9 \times 9 \text{ mm}$  Maschenweite wurden ausgeprägte Isoliermaterialablagerungen in den Brennelement-Dummies gemessen.

Bei gefalteten Sumpfsieben (Maschenweite 3 x 3 mm) und bei dem Isoliermaterial RTD2 bzw. bei Isoliermaterialmischungen mit RTD2 traten Ablagerungen von Isoliermaterial /ARE 05.1/ auf.

- Die gemessenen Transportraten im Sumpf und spezifischen Druckverluste über die Isoliermaterialablagerungen sind für das Isoliermaterial RTD2 größer als für MD2 und MDK /ARE 05.1/.
- Die Einlagerung von Korrosionsmaterial (aus verzinkten ferritischen Strukturen) führt zu einer starken Erhöhung der Druckverluste über abgelagerte Isoliermaterialschichten. Die Druckverluste über die Sumpfsiebe können demnach bereits einen Tag nach Störfallbeginn die Auslegungsgrenzen überschreiten.
- Durch Rückspülung der Sumpfsiebe kann die Druckdifferenz über die Sumpfsiebe signifikant verringert werden.

### 3            **Verwendete Unterlagen**

Es wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- Kategorie 1

/BHB-B/    BHB-Biblis, Stand 30.06.2006

/BHB-E/    BHB-Emsland, Stand 31.10.2006

/GUT 03/   Gutachtergemeinschaft Biblis, Kernkraftwerk Biblis A, Gutachten zur Vergrößerung der Siebflächen im Reaktorgebäudesumpf, Änderungsantrag A20/03, Oktober 2003

/NHB-B/    NHB-Biblis, Stand 18.01.2002

/NHB-E/    NHB-Emsland, Stand 27.01.2004

/HES 03/   Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Kernkraftwerk Biblis A, Block A, Genehmigung nach § 7 des Atomgesetzes zur Vergrößerung der Siebflächen im Reaktorgebäudesumpf Raum 1224 und zu deren Betrieb, Änderungsantrag A20/03 vom 30. April 2003, November 2003

/SMI 04/    Smit, KKE-Aufsichtsverfahren, Stellungnahme zur Fragenliste des BMU vom 9.1.04, Sicherheitstechnische Nachweisführung zur Beherrschung des KMV-Störfalls unter Berücksichtigung der Freisetzung von Isoliermaterial, KKE 13.2.2004

/SYD 05/    Dr. J. Sydow, Kernkraftwerk Biblis, Block A, Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG, BMU Schreiben RS I3-14200/20.13 vom 02.03.2005, Sicherheitstechnische Nachweisführung zur Beherrschung des KMV-Störfalls unter Berücksichtigung der Freisetzung von Isoliermaterial, TÜV Nord, KWB 2005/0687, 20. Mai 2005

/HAG 05/    Haag, Kraftwerk Biblis, Blöcke A und B, Sicherheitstechnische Nachweisführung zur Beherrschung des KMV-Störfalls unter Berücksichtigung der Freisetzung von Isoliermaterial, RWE, Dr Haag-me, 20. Mai 2005



/RUB 05.1/ Rubbel, Sicherheitstechnische Nachweisführung zur Beherrschung des KMV-Störfalls unter Berücksichtigung der Freisetzung von Isoliermaterial, Niedersächsisches Umweltministerium, Umbaumaßnahmen, 44-40311/2/11.18, 19.4.2005

/RUB 05.2/ Rubbel, Sicherheitstechnische Nachweisführung zur Beherrschung des KMV-Störfalls unter Berücksichtigung der Freisetzung von Isoliermaterial, Beantwortung der Fragen des BMU, Niedersächsisches Umweltministerium 44-040311/2/11.18, 15.6.2005

- Kategorie 2

/RSK 04/ RSK, Anlage 2 zum Ergebnisprotokoll der 374. Sitzung der Reaktorsicherheitskommission vom 22.07.2004, „Anforderungen an den Nachweis der Notkühlwirksamkeit bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial und anderen Stoffen“, Juli 2004

- Kategorie 3

/ARE 05.1/ U. Waas, Auswertung skaliertes Integralversuche zum Transport- und Druckverlustverhalten von fragmentierten Isoliermaterial im DWR-Sumpf, AREVA, NGPS4/2005/de/0113, Mai 2006

/ARE 05.2/ H. Ludwig, Auswertung experimenteller Untersuchungen zur Entwicklung des Differenzdruckes über die Sumpfsiebe im Nachstörfallbetrieb unter Berücksichtigung von Korrosionseffekten, AREVA, NGPS4/2005/de/0113, Mai 2006

/FANP 03.1/K. Götz, U. Waas, Erläuterung und Bewertung der Änderungsmaßnahmen des Antrages A020/03, „Vergrößerung der Siebflächen im Reaktorgebäude Sumpf“, FANP, NGPS/2003/de/0053, Rev. F. Juni 2003

## 4 Anlagenvergleich

Notkühlwirksamkeit bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial

Auslegung	KKW Emsland	KKW Biblis A	Anmerkung
Merkmal 1: Konfiguration der Sumpfansaugkammern	2 getrennte Sumpfansaugkammern	eine gemeinsame Sumpfansaugkammer /FANP 03.1/	1.
Merkmal 2: Siebform	weitgehend flach (2 Faltungen mit sehr großem Winkel)	Z-förmig (Winkel kleiner 90°) /FANP 03.1/, /GUT 03/	2.
Merkmal 3: Siebgröße	2 x 22 m <sup>2</sup> /SMI 04/	Insgesamt 20 m <sup>2</sup> /HES 03/ /GUT 03/	3.
Merkmal 4: Maschenweite der Siebe	3 x 3mm /RUB 05.1/	3 x 3 mm /HES 03/, /GUT 03/	—
Merkmal 5: Isoliermaterial	Einsatz von Mineralwolle MD2. Kein Einsatz von mikroporösen Dämmstoff /RUB 05.2/	Einsatz von Mineralwolle MD2 und RTD2. In den für die Freisetzung von Isoliermaterial relevanten Bereichen wird kein mikroporöses Material eingesetzt. /SYD 05/, /HAG 05/	4.
Merkmal 6: Maßnahmen zur Begrenzung der Druckverluste über die Sumpfsiebe	BHB, T3, Kap 2.4, Abschnitt 2.2, Begrenzung der Sumpftemperatur beim großen Leck /BHB-E/	BHB 13.21.11, Begrenzung Reaktorgebäudesumpftemperatur nach einem Kühlmittelverluststörfall /BHB-B/, /NHB-B/	5.

- Die Maßnahme zur Reduzierung der Druckdifferenzen über die Sumpfsiebe erfordert nach derzeitigem Kenntnisstand die Unterbrechung der Kühlmittelergänzung aus der betroffenen Sumpfansaugkammer. Für Biblis A bedeutet dies, dass unabhängig von den verfügbaren Not- und Nachkühlsystemen die gesamte Kühlmittelergänzung für diese Maßnahme unterbrochen werden müsste. Für Emsland bedeutet dies, dass die Kühlmittelergänzung nur dann vollständig unterbrochen werden müsste, falls nur zwei Not- und Nachkühlsysteme verfügbar sind und diese an die gleiche Sumpfansaugkammer angeschlossen sind. Bei Biblis A werden alle Sumpfsiebe mit Isoliermaterial belegt. In Emsland werden die Sumpfsiebe in den

Sumpfansaugkammern nur belegt, wenn dort aktiver Sumpfumwälzbetrieb herrscht. Dies hat den Vorteil, dass nach der Wiederinbetriebnahme von zunächst nicht aktiven Notkühlsystemen das dazugehörige Sumpfsieb noch nicht mit Isoliermaterial belegt ist, wenn in dieser Sumpfansaugkammer vorher noch kein Notkühlsystem in Betrieb war.

2. Die Versuche der Erlanger-Wanne /ARE 05.1/ mit gefalteten Sieben haben gezeigt, dass sich die Siebe nicht gleichmäßig belegen, sondern bevorzugt an den in Strömungsrichtung hinteren Spitzen. Daher kann durch die Siebfläche an den vorderen Spitzen länger fragmentiertes Isoliermaterial penetrieren und sich verstärkt an den Abstandshaltern im Kern /ARE 05.1/ ablagern. Am IDF-Fuß (integrated debris filter) und an den Komponenten im Notkühlkreislauf wird keine relevante Ablagerung von Isoliermaterial erwartet, da deren Querschnitte wesentlich größer sind, als die Maschenweite der Sumpfsiebe. Da in Biblis die Sumpfsiebe Z-förmig gestaltet sind und der Winkel an einer Spitze kleiner  $90^\circ$  ist, kann dort der oben beschriebene Effekt auftreten und es zu einer verstärkten Isoliermaterialbelegung im Kern kommen.
3. Die gesamte Fläche der Sumpfsiebe in Biblis ist nur etwa halb so groß wie beim KKW Emsland. In Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der Not- und Nachkühlsysteme herrscht an den Sumpfsieben die gleiche Strömungsgeschwindigkeit (2 Notkühlsysteme verfügbar, beide Notkühlsysteme von KKE saugen von einer Sumpfansaugkammer an) bzw. eine doppelte Strömungsgeschwindigkeit in KWB-A (z. B. 4 Notkühlsysteme verfügbar bzw. zwei Notkühlsysteme in Emsland an zwei Sumpfansaugkammern). Bei drei verfügbaren Notkühlsystemen herrscht in Emsland an einem Sumpfsieb die gleiche Strömungsgeschwindigkeit wie in Biblis am anderen nur die halbe Geschwindigkeit). In diesen Fällen treten bei sonst gleichen Randbedingungen in Biblis doppelt so hohe Druckverluste über die Sumpfsiebe auf. Inwieweit eine größere Siebfläche ein Potenzial für einen unzulässigen Materialeintrag in den Kern hat, ist zur Zeit nicht zu beantworten.
4. Das Isoliermaterial RTD2 besitzt gegenüber MD2 in Bezug auf die Druckverluste über Isoliermaterialablagerungen und die Penetration durch die Sumpfsiebe ungünstigere Eigenschaften. Die Druckverluste sind bei der gleichen Anlagerungsmenge ungefähr den Faktor 2 größer und die Penetration bzw. die Ablagerung im Kern ist deutlich höher /ARE 05.1/.
5. Die Zielvorgabe einer Sumpftemperatur von  $60^\circ\text{C}$  in KWB-A und die Vorgabe eine Sumpftemperatur von weniger als  $50^\circ\text{C}$  zu vermeiden (KWB-A und KKE), verhin-

dert eine zusätzliche Erhöhung der Druckdifferenz über die Sumpfsiebe durch kaltes Wasser. Die Möglichkeit dadurch auslegungsüberschreitende Druckdifferenzen zu begrenzen sind jedoch gering.

## **5 Bewertung**

### **5.1 Relevante Unterschiede**

Merkmal 1: Konfiguration der Sumpfansaugkammern

Im KKW Emsland sind je zwei Notkühlsysteme an eine Sumpfansaugkammer angeschlossen. Das KKW Biblis-A besitzt für alle vier Notkühlsysteme eine gemeinsame Sumpfansaugkammer.

Merkmal 2: Siebform

Die Sumpfsiebe weisen in beiden Anlagen zwei Faltungen auf. Im KKW Emsland weisen die Faltungen sehr große Winkel auf. Im KKW Biblis-A einen Winkel kleiner  $90^\circ$ .

Merkmal 3: Siebgröße

Die gesamte Sumpfsiebfläche ist im KKW Emsland etwa doppelt so groß wie in Biblis.

Merkmal 5: Isoliermaterial

Im KKW Emsland wird ausschließlich das Isoliermaterial MD2 eingesetzt. Im KKW Biblis-A wird das Isoliermaterial MD2 und RDT2 eingesetzt. Mikroporöse Materialien sind im Isoliermaterial in KWB-A an den relevanten Stellen nicht vorhanden.

### **5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede**

Merkmal 1: Konfiguration der Sumpfansaugkammern

Die Sumpfansaugkammern und Sumpfsiebe sind in beiden Anlagen mehreren Teilsystemen des Not- und Nachkühlsystems zugeordnet und somit nicht gänzlich entmascht. Daher müsste für eventuelle Maßnahmen zur Verringerung der Druckverluste über die Sumpfsiebe die Kühlmittelergänzung über die an eine Sumpfansaugkammer angeschlossenen Not- und Nachkühlsysteme unterbrochen werden. Dies wäre beim KKW

Biblis A immer notwendig. Beim KKW Emsland wäre dies nur erforderlich, wenn nur 2 Not-Kühlsysteme verfügbar sind und diese an eine Sumpfansaugkammer angeschlossen sind. In Emsland werden die Sumpfsiebe in den Sumpfansaugkammern nur belegt, wenn dort aktiver Sumpfumwälzbetrieb herrscht. Dies hat den Vorteil, dass nach der Wiederinbetriebnahme von zunächst nicht aktiven Notkühlsystemen das dazugehörige Sumpfsieb noch nicht mit Isoliermaterial belegt ist, wenn in dieser Sumpfansaugkammer vorher noch kein Notkühlsystem in Betrieb war.

#### Merkmal 2: Siebform

Die Faltung der Sumpfsiebe mit kleinen Winkeln wie in Biblis-A führt zu einer größeren Penetration durch die Sumpfsiebe. Zusätzlich penetriert das in Biblis-A eingesetzte Isoliermaterial RTD2 stärker durch die Sumpfsiebe mit gleicher Maschenweite. Eine größere Penetration durch die Sumpfsiebe erhöht das Potenzial für größere Ablagerungen von Isoliermaterial im Kern und damit für eine Verschlechterung der Kernkühlung.

#### Merkmal 3: Siebgröße

Die größeren Sumpfsiebflächen im KKW Emsland führen zu einer geringeren Belegungsdichte der Sumpfsiebe als in Biblis-A, was geringere Druckverluste am Sumpfsieb zur Folge hat (außer beim Betrieb von zwei Not- und Nachkühlsystemen aus einer Sumpfansaugkammer in KKE; in diesem Fall liegen keine relevanten Unterschiede zwischen den beiden Anlagen vor).

#### Merkmal 5: Isoliermaterial

Das in Biblis-A teilweise eingesetzte Isoliermaterial RTD2 zeigt ungünstigere Eigenschaften beim Transport im Sumpf und bei den Druckverlusten über das abgelagerte Isoliermaterial.

### **5.3 Fazit**

Die Anordnung (Faltung) und Größe der Sumpfsiebe, der Einsatz des Isoliermaterials RTD2 und die gemeinsame Sumpfansaugkammer für alle Not- und Nachkühlsysteme in Biblis A ist im Vergleich zum KKW Emsland ungünstiger für die Sicherstellung der Kernkühlung bei einem Kühlmittelverluststörfall im Hinblick auf den Aspekt „Freisetzung von Isoliermaterial“.



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische  
Überprüfung von Anla-  
gen zu ausgewählten  
Anforderungen und  
Ereignissen im Rahmen  
von Anträgen zur Rest-  
strommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 14:

„Versagen eines Dampferzeu-  
ger-Heizrohres größer als  
betrieblich zulässige Lecka-  
gen bis maximal 2F“

SR 2569



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 14:  
„Versagen eines Dampferzeuger-Heizrohres größer als betrieblich zulässige Leckagen bis maximal 2F“

Mai 2007

Auftrags-Nr.: 820410

**Anmerkung:**

Dieser Bericht ist im Auftrag des BMU im Rahmen des Vorhabens SR 2569 erstellt worden. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers und der Unterauftragnehmer wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.



## Vorwort

Im Atomgesetz wurden mit der Änderung vom 26.04.2002 die Reststrommengen für die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksblöcke in Deutschland festgelegt. Über die Zustimmung zur Übertragung von Elektrizitätsmengen entscheidet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Im Rahmen der Entscheidungsfindung des BMU über die Anträge auf Übertragung von Elektrizitätsmengen hat das BMU auch eine vergleichende Sicherheitsüberprüfung zwischen einer Anlage, die Strommengen abgibt und derjenigen, welche die Strommengen bekommen soll, vorgesehen. Da in der zur Verfügung stehenden Zeit keine in Prüfungsumfang und -tiefe mit der Durchführung und der sachverständigen Prüfung von Sicherheitsüberprüfungen nach § 19a AtG vergleichbare, umfassende Ermittlung und sicherheitstechnische Bewertung beider Anlagen möglich ist, beauftragte das BMU die GRS, zusammen mit benannten Unterauftragnehmern mit der „Sicherheitstechnischen Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“ /BMU 06/. Auftragsgegenstand sind punktuelle Untersuchungen einzelner Bewertungsgegenstände, die gemeinsam von BMU, GRS und den Unterauftragnehmern festgelegt wurden. Um dem BMU eine vergleichende Bewertung zu ermöglichen, ob sichergestellt ist, dass die beantragte Übertragung von einer älteren auf eine neuere Anlage nicht zu Lasten der Sicherheit geht, wurden sicherheitstechnisch relevante Bewertungsgegenstände für jede beantragte Übertragung insbesondere unter Beachtung folgender Kriterien ausgewählt:

- die anlagentechnischen Gegebenheiten der antragsgemäß betroffenen abgebenden und empfangenden Anlage beinhalten wesentliche Unterschiede und / oder
- die Bewertungsgegenstände berühren Entwicklungen seit Genehmigungserteilung bezüglich des Standes von Wissenschaft und Technik und
- die Untersuchungen sind in der zur Verfügung stehenden Zeit voraussichtlich durchführbar.

Dabei wird die sicherheitstechnische Fragestellung weitgehend auf die Beherrschbarkeit von zu erwartenden oder im Rahmen der Nachweisführung postulierten Ereignismöglichkeiten bezogen.

Die Durchführung eines nur punktuellen, aber die genannten Auswahlkriterien beachtenden Prüfprogramms ist aus Sicht des Auftraggebers gerechtfertigt, da der Gesetzgeber die Festlegung der konkreten Maßstäbe für die Prüfung, ob die beabsichtigte Übertragung zu Lasten der Sicherheit ginge und deren willkürfreie Anwendung in § 7 Abs. 1b Satz 2 AtG der Exekutive überlassen hat; Art und Umfang der Ermittlung der für seine Sicherheitsbewertung entscheidungserheblichen Tatsachen sind vom BMU im Rahmen seines Verfahrensermessens zu bestimmen.

Das Überprüfungskonzept basiert auf einer Auswertung und Bewertung von Unterlagen, die der Betreiber für die einzelnen Bewertungsgegenstände dem BMU vorlegen soll. Für den Fall, dass keine spezifischen Unterlagen vorgelegt werden, ist auftragsgemäß vorgesehen, alle Dokumente und Informationen, die in den beteiligten Sachverständigenorganisationen für die hier anstehenden Aufgaben zur Verfügung stehen, für diese Überprüfung zu nutzen. Da diese Dokumente und Informationen hinsichtlich ihrer Aktualität und Belastbarkeit sehr unterschiedlich sein können, wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein einheitlich klassifizierter Unterlagen- und Quellennachweis vorgelegt. Dabei wird zwischen den folgenden Kategorien unterschieden:

- Kategorie 1: im atomrechtlichen Verfahren geprüfte / begutachtete bzw. vom BMU freigegebene Unterlagen,
- Kategorie 2: Stellungnahmen der RSK bzw. der SSK und
- Kategorie 3: nicht im Sinne von Kategorie 1 geprüfte Unterlagen, die jedoch nach Auffassung der Auftragnehmer Informationen zum Sachverhalt enthalten.

Die vergleichenden Darstellungen zu den einzelnen Bewertungsgegenständen basieren jeweils auf diesen Unterlagen und spiegeln den darin wiedergegebenen Anlagenzustand wieder. Abweichungen zum derzeitigen Anlagenzustand aufgrund zwischenzeitlich durchgeführter Änderungen sind nicht auszuschließen.

Bewertungsmaßstab ist der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik. Dabei sind neben dem Erfüllungsgrad von regulatorischen Sicherheitsanforderungen bezüglich der Beherrschbarkeit von Ereignissen insbesondere auch die anlagenspezifischen Reserven in die Bewertung einzubeziehen. Aufgrund der Begrenzungen in der Bearbei-

tungszeit und im Umfang und Detaillierungsgrad der Unterlagen erfolgt aber keine vollständige Überprüfung sondern eine Fokussierung auf wesentliche grundlegende Sicherheitsanforderungen. Die für die jeweiligen Bewertungsgegenstände spezifischen Bewertungsmerkmale werden in den einzelnen Berichten ausgewiesen. Die Bewertungsmerkmale beziehen sich grundsätzlich entweder unmittelbar auf grundlegende Sicherheitsanforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik oder mittelbar auf anlagentechnisch vergleichbare Sicherheitsfunktionen mit Anforderungen entsprechend des gestaffelten Sicherheitskonzepts. Die Bewertung der Sicherheitsfunktionen erfolgt im Wesentlichen im Hinblick auf deren Wirksamkeit und Qualität.

Auftragsgemäß sollen die Überprüfungen anhand deterministischer Bewertungsweisen erfolgen. Dieser methodische Ansatz kann in einigen Fällen dazu führen, dass bei der vergleichenden Bewertung von komplexen Systemkonstellationen bezüglich der Beherrschbarkeit eines Ereignisses keine eindeutige, abschließende Bewertung möglich ist. Im Rahmen der hier vorgesehenen Bewertungen wären weiterführende probabilistische Bewertungen auch aufgrund fehlender spezifischer Unterlagen in der vorgesehenen Bearbeitungszeit nicht durchführbar und sind daher auftragsgemäß nicht vorgesehen.

Es besteht daher Einvernehmen mit dem BMU darin, dass aufgrund der Begrenzung der Überprüfungsdauer und der Unterlagensituation wesentliche Anforderungen der "Sachverständigengrundsätze für die Bundesaufsicht" /BMU 01/ nicht eingehalten werden können. Die Abweichungen beziehen sich insbesondere auf die Vollständigkeit, Aktualität und Belastbarkeit von Unterlagen bei der Sachverhaltsermittlung sowie die Bewertungsmethoden, die im vorliegenden Fall weitgehend auf ingenieurmäßige Betrachtungsweisen eingeschränkt sind.

Die durchgeführten Sicherheitsvergleiche beinhalten keine aufsichtliche Überprüfung der betroffenen Anlagen. Auftragsgemäß wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein separater Ergebnisbericht erstellt. Eine Gesamtbewertung ist nicht beauftragt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale.....</b>	<b>2</b>
2.1	Bewertungsgegenstand .....	2
2.2	Bewertungsmerkmale .....	4
<b>3</b>	<b>Verwendete Unterlagen .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Anlagenvergleich .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Bewertung.....</b>	<b>30</b>
5.1	Relevante Anlagenunterschiede .....	30
5.2	Bewertung der relevanten Anlagenunterschiede .....	34
5.3	Fazit .....	35
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>36</b>

## **1 Einleitung**

Im vorliegenden Bericht geht es um sicherheitstechnische Vergleiche im Zusammenhang mit dem Antrag (Hilfsantrag) der RWE Power AG vom 26.09.2006 an das BMU auf Übertragung von Reststrommengen vom Kernkraftwerk Emsland (KKE) auf das Kernkraftwerk Biblis Block A (KWB-A). Dazu wurden von der GRS in Abstimmung mit dem BMU 20 Bewertungsgegenstände definiert. Auftragsgemäß erfolgt für jeden Bewertungsgegenstand (BG) eine separate Auswertung.

Nachfolgend wird der Bewertungsgegenstand 14 „Versagen eines Dampferzeuger-Heizrohres größer als betrieblich zulässige Leckagen bis maximal 2F“ behandelt. Dies ist ein Ereignis der Sicherheitsebene 3.

## **2           Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale**

### **2.1           Bewertungsgegenstand**

Bei Dampferzeuger-Heizrohrbrüchen kommt es zu einem Übergang von Primärkühlmittel aus dem Primär- in den Sekundärkreislauf. Das ausströmende Kühlmittel steht für die Kernkühlung nicht mehr zur Verfügung. Zudem wird durch den Übergang von Primärkühlmittel Aktivität auf die Sekundärseite transportiert, sodass die Barriere „Druckführende Umschließung“ nicht mehr wirksam ist. Damit sind für diesen Fall im Wesentlichen die Sicherstellung der Wärmeabfuhr aus dem Kern und die Minimierung des Aktivitätsaustrages von Bedeutung.

Die Strategie zur Beherrschung dieses Störfalles liegt in einer schnellen primärseitigen Druckentlastung zur Minimierung des Übergangs von Primärkühlmittel, der Vermeidung der Anregung der Notkühlkriterien durch Sicherstellung der Überspeisung des Leckmassenstromes (Leckergänzung) sowie der Isolation des betroffenen Dampferzeugers, wodurch dieser von der Sekundärseite getrennt und dadurch die Barrierenfunktion der Druck führenden Umschließung (DfU) wieder hergestellt wird.

Der Störfall umfasst Leckgrößen, die größer als betriebliche Leckagen sind, bis hin zum vollständigen Abriss eines Heizrohres (2F-Bruch). Der 2F-Bruch deckt kleinere Lecks an den Heizrohren hinsichtlich der Auswirkungen und einzuleitenden Maßnahmen zur Störfallbeherrschung ab und wird aus diesem Grunde im weiteren Verlauf dieses Vergleichs behandelt.

Beim dem hier als Referenzfall des Dampferzeuger(DE)-Heizrohrlecks definierten Störfall kommt es zu einem vollständigen Abriss eines Dampferzeuger-Heizrohres (2F-Bruch). Die Erkennung des Störfalles erfolgt in der Regel über das Ansprechen der Aktivitätsmessungen in den Frischdampf(FD)-Leitungen, die im Wesentlichen das radioaktive Isotop N16 detektieren. Der Referenzfall läuft ohne Notstromfall sowie ohne Anregung der Notkühlkriterien ab. Die sekundärseitige Wärmeabfuhr wird über die Frischdampf-Umleitstation (FDU) sichergestellt.

Im Rahmen der fortschreitenden Untersuchungen zum Dampferzeuger-Heizrohrleck hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass zusätzliche System- bzw. Komponentenausfälle bzw. -störungen aber auch Fehlbedienungen denkbar sind, die die Maßnahmen zur Ereignisbeherrschung bestimmen. Ferner sind spezielle Randbedingungen,

wie z.B. die Überlagerung des Notstromfalles, zu berücksichtigen. Durch derartige Störungen bzw. zusätzliche Randbedingungen beim Ablauf des Referenzfalls kommt es zu Erschwernissen im jeweiligen Ereignisablauf, die Änderungen in den Prozeduren für die Betriebsmannschaft erforderlich machen, die im Betriebshandbuch festgelegt sind. Folgende Varianten des Dampferzeuger-Heizrohrlecks sind von Bedeutung und werden in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt:

- DE-Heizrohrleck (Referenzfall mit verfügbarer Frischdampf-Umleitstation (FDU)),
- DE-Heizrohrleck mit Notstromfall,
- DE-Heizrohrleck mit Erreichen der Notkühlkriterien sowie
- DE-Heizrohrleck ohne Anregung des N16-Signals.

Nachfolgend werden für diese Störfallvarianten die Störfallmerkmale sowie die grundsätzlichen Vorgehensweisen beschrieben, soweit sie für die beiden Anlagen in den dazugehörigen Betriebshandbüchern berücksichtigt sind.

Das Dampferzeuger-Heizrohrleck in Kombination mit dem Notstromfall bedeutet den zusätzlichen Ausfall der Hauptkühlmittelpumpen und Hauptwärmesenke. Primärseitig erfolgt in diesem Fall die Wärmeabfuhr aus dem Kern über Naturumlauf. Charakteristisch für das Dampferzeugerheizrohrleck unter Notstrombedingungen ist, dass aufgrund des Ausfalls der Hauptkühlmittelpumpen das betriebliche Kreislaufsprühen des Druckhalters nicht zur Verfügung steht. Ferner kann es wegen der fehlenden Bypassströmung am Eintritt in den Reaktordruckbehälter (RDB) in Richtung oberes Plenum zur Ausbildung einer RDB-Deckelblase kommen, die insbesondere zu einer Beeinflussung des Druckhalter(DH)-Füllstandes führt. Auf der Sekundärseite wird der Dampferzeuger über die An- und Abfahrpumpen (nur KKE) bzw. die betrieblich angesteuerten, elektrisch angetriebenen Notspeisepumpen des Notspeisesystems (KWB-A) gespeist. Der entstehende Frischdampf wird über die FD-Druckregelung mittels der Abblaseregelventile der intakten Dampferzeuger an die Umgebung abgegeben. Damit kommt es beim Dampferzeuger-Heizrohrleck unter Notstrombedingungen zu einer Aktivitätsabgabe an die Umgebung solange der defekte Dampferzeuger nicht isoliert ist. Grundsätzlich wird während des Störfallablaufes - sobald es möglich ist - immer versucht, von der Notstrom- auf die Eigenbedarfsversorgung (Versorgung aus dem Fremd- bzw. Reservenetz) der Anlage zurückzuschalten.

Die Notkühlkriterien werden beim Dampferzeuger-Heizrohrleck erreicht, wenn der Druckhalter(DH)-Füllstand unter einen anlagenspezifischen Wert, der im Reaktorschutzsystem überprüft wird, fällt. Dieser Reaktorschutz-Grenzwert wird erreicht, wenn zusätzliche Störungen im Ereignisablauf auftreten, die z. B. eine zu geringe Lecker-gängung oder eine sekundärseitig bedingte Unterkühlung des Primärkreises auslösen. Die Folgen des Ansprechens der Notkühlkriterien sind insbesondere das Starten der Sicherheitseinspeisepumpen und der Primärkreisabschluss. Durch die laufenden Si-cherheitseinspeisepumpen wird dem Primärkreis deren hoher Druck aufgeprägt, so- dass dadurch der Leckmassenstrom zur Sekundärseite hochgehalten wird. Durch den Primärkreisabschluss werden nukleartechnische Hilfssysteme - wie z.B. das Volumen- regelsystem - vom Primärkreis getrennt. Für den weiteren Störfallablauf wird es durch die vorab dargestellten Folgen notwendig die Notkühlkriterien zurückzusetzen und im Anschluss die Sicherheitseinspeisepumpen abzuschalten, um eine Druckabsenkung im Primärkreis zu ermöglichen.

Bei kleinen Reaktorleistungen (ab ca. < 30% der Nennleistung), beim 3-Loop-Betrieb oder beim längeren Verweilen im Zustand Nulllast-heiß kann im Falle eines Dampfer- zeuger-Heizrohrbruches das Ansprechen der Aktivitätsmessstellen der FD-Leitungen (aufgrund geringerer Aktivierung von Sauerstoff und der kurzen Halbwertszeit von N16) ausbleiben. In diesem Fall werden die Maßnahmen zur Störfallbeherrschung erst ver- zögert durch eine RESA aufgrund der Unterschreitung des minimalen Druckhalterfüll- standes eingeleitet. Aufgrund der ausbleibenden automatischen Maßnahmen zur Druckabsenkung im Primärkreis und des damit verbundenen hohen Leckmassenstro- mes kommt es im weiteren Ereignisablauf immer zum Ansprechen der Notkühlkriterien.

## 2.2 Bewertungsmerkmale

Aus den vorab dargestellten Varianten des Dampferzeugerheizrohrlecks und der Er- eignisabläufe wurden für den Vergleich der Anlagen KWB-A und KKE folgende Bewer- tungsmerkmale abgeleitet:

- **Merkmal 1:** Erkennung Dampferzeuger-Heizrohrleck,
- **Merkmal 2:** Abschaltung des Reaktors,
- **Merkmal 3:** Absenkung des Primärkreisdruckes zur Minimierung des Leck- massenstromes sowie Vermeidung der Anregung der Notkühlkriterien,



- **Merkmal 4:** Detektion und Isolation des defekten Dampferzeugers,
- **Merkmal 5:** Minimierung des Deionateintrages von der Sekundär- auf die Primärseite des defekten Dampferzeugers,
- **Merkmal 6:** kumulierte Aktivitätsfreisetzung bei den Störfallvarianten mit FD-Abblasen über Dach sowie
- **Merkmal 7:** thermische und strukturmechanische Belastung des Kerns und Druckhalters.

### 3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1
  - Sicherheitsstatusanalyse Konvoi, Dezember 1998/Juli 2001,
  - TÜV-Arbeitsgemeinschaft Konvoi: Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, September 2001,
  - Betriebshandbuch Kernkraftwerk Emsland (KKE), Stand 31.10.2006
  - Periodische Sicherheitsüberprüfung Biblis-A , April 2003,
  - Gutachten der TÜV-Arbeitsgemeinschaft zur PSÜ Biblis-A, Juni 2005,
  - Betriebshandbuch Kernkraftwerk Biblis, Block A (KWB-A) einschließlich Systemschaltpläne, Stand 30.06.2006.
  
- Kategorie 2
  - RSK-Protokoll zur 191. Sitzung vom 21.12.1983, die Dampferzeuger-Heizrohrleckagen in KWB-A betreffend.
  
- Kategorie 3
  - Sicherheitsbericht für das Kernkraftwerk Emsland (KKE), 1978,
  - Anlagenbeschreibung für das Kernkraftwerk Biblis-A (KWB-A), Dezember 1990,
  - Kraftwerk Union AG: Schulungsunterlagen DWR-Anlagenkurs, 1986,
  - Siemens: Schulungsunterlagen Reaktorschutzkurs (basiert auf KKE), Mai 1998,
  - RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007.

## 4 Anlagenvergleich

In der nachfolgenden Tabelle sind diejenigen Teilschritte, wie sie sich aus den jeweiligen Betriebshandbüchern ergeben, für die vier Störfallvarianten dargestellt, aus denen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Anlagen abgeleitet werden können. Diese Teilschritte sind in der Tabelle den o. g. Bewertungsmerkmalen zugeordnet, sodass ihre hier dargestellte Reihenfolge nicht mit der Reihenfolge in der Störfallbeherrschung, wie sie im jeweiligen Betriebshandbuch dokumentiert ist, übereinstimmen muss.

Diejenigen anlagenspezifischen Besonderheiten, die wesentliche Unterschiede in der Beherrschung der Störfallvarianten darstellen und in der vergleichenden Bewertung der beiden Anlagen (siehe Kapitel 5) Berücksichtigung finden, sind in der nachfolgenden Tabelle in „**fetter**“ Schrift hervorgehoben. Zusätzlich sind die sich ergebenden Unterschiede in der rechten Spalte der Tabelle unter der Überschrift „Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal ...“ zusammengefasst. Anlagenunterschiede, die in der nachfolgenden Tabelle nicht in „**fetter**“ Schrift gekennzeichnet sind, sind häufig auf eine unterschiedliche Anlagenkonfiguration zurückzuführen, aber für den hier durchzuführenden Anlagenvergleich nicht relevant.

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<b>Dampferzeuger-Heizrohrbruch mit 2F (Referenzfall mit sekundärseitiger Wärmeabgabe über FDU und Bespeisung DE über Schwachlastregelventile der Hauptspeisewasserversorgung)</b>		
<b>Bewertungsmerkmal 1: „Erkennung Dampferzeuger-Heizrohrleck“</b>		
<p><b>Aktivitätsmessstellen (Geiger-Müller-Zählrohre) in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 40 Impulse/s und 2v3)</b>  <b>oder</b>  <b>Szintillationszähler in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 800 Impulse/s und 2v3)</b></p> <p>Alternative Erkennungsmöglichkeiten:  Aktivitätsmessungen DE-Abschlammung und Kondensatorabsaugung (Edelgasaktivität)</p>	<p><b>Aktivitätsmessstellen in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 17 Impulse/s und 2v3)</b></p> <p>Alternative Erkennungsmöglichkeiten:  Aktivitätsmessungen DE-Abschlammung und Kondensatorabsaugung (Edelgasaktivität)</p>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 1:</b></p> <p><b>KKE:</b> Eine zusätzliche diversitäre Messeinrichtung vorhanden.</p> <p><b>KWB-A:</b> Die FD-Aktivitätsmessstelle spricht bei geringeren Impulsraten an.</p>
<b>Bewertungsmerkmal 2: „Abschaltung des Reaktors“</b>		
<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf ≤ 89 bar):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Durch Reaktorschutz Abfahren über Begrenzung (JR 12) auslösen</b></li> <li>– Störungsmeldung Klasse S: „Dampferzeuger Heizrohrleck I“ (JR 88) steht an</li> <li>– Fahrdiagramm „DEL-Abfahren“ der Kühlmitteldruck(KMD)-Begrenzung ist wirksam</li> <li>– <b>Absenken der Reaktor-</b></li> </ul>	<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf ≤ 80 bar):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>RESA und mit einer Verzögerung von 5 s TUSA</b></li> <li>– Herabsetzen der Sollwerte der DE- Füllstandsregelungen von 10,5 m auf 9,5 m</li> <li>– Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>– HD-Reduzier-Station auf Mindestmenge einstellen</li> <li>– Ausschalten DH-Heizung (nach Um-</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 2:</b></p> <p><b>KKE:</b> Zunächst Abfahren über Begrenzung (Leistungsabsenkung, um die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Notstromfalls zu verringern) und spätere Reaktorschnellabschaltung (RESA) (spätestens nach 300 s)</p> <p><b>KWB-A:</b> Sofortige RESA nach Störfallerkennung und Turbinenschnellabschaltung (TUSA) mit 5 s Verzögerung</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<p><b>/Generatorleistung mit 20%/Minute</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausschalten DH-Heizung</li> <li>– Einschalten Borsäurepumpe</li> <li>– Zuschalten Zusatzboriersystem in der Betriebsart Loop-Einspeisung</li> <li>– Zuschalten der 2. Hochdruck(HD)-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>– Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 12,6 m auf 11,2 m</li> <li>– In Abhängigkeit des DH- Füllstands- abfalls teilweises Zufahren bzw. Schließen der HD-Reduzierstation</li> <li>– Öffnen der FDU ⇒ Wärmeabfuhr über Turbosatz und FDU. Halten des FD-Drucks auf ca. 79 bar.</li> <li>– Fahrtdiagramm „DEL“ der KMD-Begrenzung wirksam</li> <li>– Ausschalten KMD-Regelung</li> <li>– Einschalten Kreislaufsprühen</li> <li>– Einschalten Hilfssprühen Volumenregelsystem</li> <li>– Einschalten Hilfssprühen Zusatzboriersystem</li> <li>– <b>RESA und TUSA (wenn Reaktorleistung noch &gt; 12% und KMD &lt; 131 bar oder 300 s nach Auslösen FD-Aktivität &gt; max)</b></li> </ul>	<p>schaltung auf Handbetrieb)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 3 v 4 Kreislaufsprühventile öffnen (YP S034 bleibt geschlossen)</li> <li>– Umschalten des VRS auf Hilfssprühen</li> <li>– Befehlsdiagramm „DE-Heizrohrleck/Druckabsenken“ der KMD-Begrenzung ist wirksam (Grenze der KMD-Anfahrkennlinie auf 84 bar abgesenkt)</li> <li>– Begrenzung des FD-Druckes durch FDU auf 69 bar bzw. 73 bar (bei vorheriger Auslösung „TEILABFAHREN“, wird bei FD-Druck &gt; 78 bar ausgelöst)</li> </ul>	

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<p>Aufborieren des Primärkühlkreislauf (PKL): 1v2 Borsäuredosierstrang der Borsäure- und Deionateinspeisung speist mit vollem Durchsatz ein (Sollwert Borkonzentration auf <math>&gt; C_{BW}</math> eingestellt).</p> <p>Bei <math>KMT_{EIN} &lt; 260^{\circ}C</math> muss die Borkonzentration <math>&gt; C_H</math> sein. Bei <math>KMT_{EIN} &lt; 200^{\circ}C</math> muss die Borkonzentration <math>&gt; C_{H-K}</math> sein.</p> <p>Kontrolle Aufborierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>KMT_{EIN} &lt; 200^{\circ}C</math> und Borkonzentration <math>\geq C_{H-K} \Rightarrow</math> Abfahren fortsetzen bis <math>KMT_{AUS} &lt; 120^{\circ}C</math>.</li> <li>- <math>KMT_{EIN} &lt; 200^{\circ}C</math> und Borkonzentration <math>&lt; C_{H-K} \Rightarrow</math> Abfahren stoppen bis Borkonzentration <math>&gt; C_{H-K}</math>, dann Abkühlen der Anlage fortsetzen bis <math>KMT_{AUS} &lt; 120^{\circ}C</math>.</li> </ul>	<p>Aufborieren des PKL:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leckageergänzung mit max. Borkonzentration (beide Borsäure-Dosierpumpen fahren Maximalmenge) fahren</li> </ul> <p>Bei Kühlmitteltemperatur (KMT) = <math>200^{\circ}C</math> muss die Mindestborkonzentration <math>c_{H-K}</math> erreicht sein.</p> <p>Kontrolle Leckageergänzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leckageergänzung erfolgt vorzugsweise aus Kühlmittelaufbereitung und -lagerung (TD)/Chemikalieneinspeisung (TB). Falls dort keine ausreichenden Mengen Borsäure und Deionat vorhanden sind, wird die Ergänzung aus den Flutbehältern über die VRS-Pumpen durchgeführt.</li> </ul>	<p>Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht erkennbar.</p>
<p><b>Bewertungsmerkmal 3: „Absenkung des Primärdruckes zur Minimierung des Leckmassenstromes sowie Vermeidung der Anregung der Notkühlkriterien“</b></p>		
<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf <math>\leq 89</math> bar):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Durch Reaktorschutz Abfahren über Begrenzung (JR 12) auslösen</li> <li>- Störungsmeldung Klasse S: „Dampferzeuger Heizrohrleck I“ (JR 88) steht an</li> <li>- Fahrdiagramm „DEL-Abfahren“ der</li> </ul>	<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf <math>\leq 80</math> bar):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RESA und mit einer Verzögerung von 5 s TUSA</li> <li>- Herabsetzen der Sollwerte der DE- Füllstandsregelungen von 10,5 m auf 9,5 m</li> <li>- Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 3:</b></p> <p><b>KKE:</b> 4-strängiges Zusatzboriersystem vorhanden <math>\Rightarrow</math> Sprühen mit Kreislaufsprühen und Hilfssprühen mit Zusatzboriersystem u. Volumenregelsystem.</p> <p><b>KWB-A:</b> Kein Zusatzboriersystem vorhanden <math>\Rightarrow</math> Sprühen mit Kreislaufsprühen u. Hilfssprühleitung des Volumenregelsystem.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> <li>– KMD-Begrenzung ist wirksam</li> <li>– Absenken der Reaktor-/Generatorleistung mit 20%/Minute</li> <li>– Ausschalten DH-Heizung</li> <li>– Einschalten Borsäurepumpe</li> <li>– <b>Zuschalten Zusatzboriersystem in der Betriebsart Loop-Einspeisung</b></li> <li>– Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>– Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 12,6 m auf 11,2 m</li> <li>– In Abhängigkeit des DH- Füllstands- abfalls teilweises Zufahren bzw. Schließen der HD-Reduzierstation</li> <li>– Öffnen der FDU ⇒ Wärmeabfuhr über Turbosatz und FDU. Halten des FD-Drucks auf ca. 79 bar.</li> <li>– Fahrdiagramm „DEL“ der KMD-Begrenzung wirksam</li> <li>– Ausschalten KMD-Regelung</li> <li>– Einschalten Kreislaufsprühen</li> <li>– <b>Einschalten Hilfssprühen Volumenregelsystem</b></li> <li>– <b>Einschalten Hilfssprühen Zusatzboriersystem</b></li> <li>~ RESA und TUSA (wenn Reaktorleistung noch &gt; 12% und KMD &lt; 131 bar oder 300 s nach Auslösen FD-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– HD-Reduzier-Station auf Mindestmenge einstellen</li> <li>– Ausschalten DH-Heizung (nach Umschaltung auf Handbetrieb)</li> <li>– <b>3 v 4 Kreislaufsprühventile öffnen (YP S034 bleibt geschlossen)</b></li> <li>– <b>Umschalten des VRS auf Hilfssprühen</b></li> <li>– Befehlsdiagramm „DE-Heizrohrleck/Druckabsenken“ der KMD-Begrenzung ist wirksam (Grenze der KMD-Anfahrkennlinie auf 84 bar abgesenkt)</li> <li>~ Begrenzung des FD-Druckes durch FDU auf 69 bar bzw. 73 bar (bei vorheriger Auslösung „TEILABFAHREN“, wird bei FD-Druck &gt; 78 bar ausgelöst)</li> </ul>	

KKE	KWB-A	Ergebnisse
Aktivität > max)		
<b>Bewertungsmerkmal 4: „Detektion und Isolation des defekten Dampferzeugers“</b>		
Orten des defekten DE mittels: <ul style="list-style-type: none"> <li>– FD-Leitung Aktivität TypA + Typ B</li> <li>– Vergleich DE-Niveau</li> <li>– Stellung Schwachlastregelventile</li> <li>– Vergleich Hauptspeisewasserdurchsatz</li> <li>– Aktivität DE-Abschlammung</li> </ul>	Orten des defekten DE mittels: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Schreiber N16-Aktivität</li> <li>– Vergleich DE-Niveaus</li> <li>– Stellung Schwachlastregelventile</li> <li>– Vergleich Hauptspeisewasserdurchsatz</li> <li>– Aktivität DE-Abschlammung</li> </ul>	<b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 4:</b> Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht erkennbar.
Isolieren des defekten DE durch Schließen von: <ul style="list-style-type: none"> <li>– FD-Absperrarmatur</li> <li>– FD-Anwärmventile</li> <li>– Absperrschieber Abfahrleitung</li> <li>– Hauptspeisewasserschieber</li> <li>– Hauptlastregelventil</li> <li>– Absperrschieber vor Speisewasserregelventil</li> <li>– Schwachlastregelventil</li> <li>– Armaturen DE-Abschlammung</li> <li>– Gebäudeabschluss (GBA)-Armatur</li> </ul> Hochsetzen der Füllstandssollwerte der intakten DE von 11,2 m auf 12,2 m	Isolieren des defekten DE durch Schließen von: <ul style="list-style-type: none"> <li>– FD-Absperrarmatur</li> <li>– FD-Anwärmventil</li> <li>– Absperrschieber Abfahrleitung</li> <li>– Notspeisewasserregelventil</li> <li>– Hauptspeisewasserschieber</li> <li>– Hauptlastregelventil</li> <li>– Absperrschieber vor Speisewasserregelventil</li> <li>– Schwachlastregelventil</li> <li>– Armaturen DE-Abschlammung</li> <li>– Dampfleitung Turbo-Notspeisepumpen (nur bei DE3 bzw. DE4 notwendig)</li> </ul>	
<b>Bewertungsmerkmal 5: „Minimierung des Deionateintrages von der Sekundär- auf die Primärseite des defekten Dampferzeugers“</b>		
Der Kühlmitteldruck ist durch Heizen und eventuell Sprühen so einzustellen, dass sich ei-	Druckabsenkung im PKL	<b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 5:</b>



KKE	KWB-A	Ergebnisse
ne Unterkühlung von 5 bar zum defekten DE einstellt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Druck im defekten, isolierten DE feststellen</li> <li>- KMD mit Sprühventil langsam an FD-Druck im defekten DE angleichen</li> <li>- Siedeabstand von mindestens &gt; 15 K halten</li> <li>- KMD stets auf dem gleichen Wert halten wie FD-Druck im defekten DE</li> </ul>	Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht erkennbar.
<b>Bewertungsmerkmal 6: „Kumulierte Aktivitätsfreisetzung bei den Störfallvarianten mit FD-Abblasen über Dach“</b>		
-	-	Bewertungsmerkmal 6 beim Referenzfall nicht relevant, da hier kein Abblasen über Dach auftritt.
<b>Bewertungsmerkmal 7: „Thermische und strukturmechanische Belastung des Kerns und Druckhalters“</b>		
-	-	Aufgrund fehlender Störfallanalyseergebnisse sind für dieses Merkmal keine Aussagen zu relevanten sicherheitstechnischen Anlagenunterschieden möglich.
<b>Dampferzeuger-Heizrohrbruch mit 2F und Notstromfall (Annahme: Eintritt Notstromfall mit RESA)</b>		
<b>Bewertungsmerkmal 1: „Erkennung Dampferzeuger-Heizrohrleck“</b>		
<b>Aktivitätsmessstellen (Geiger-Müller-Zählrohre) in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 40 Impulse/s und 2v3)</b> <b>oder</b> <b>Szintillationszähler in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 800 Impulse/s und 2v3)</b>	<b>Aktivitätsmessstellen in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 17 Impulse/s und 2v3)</b>	<b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 1:</b>  <b>KKE:</b> Eine zusätzliche diversitäre Messeinrichtung vorhanden.  <b>KWB-A:</b> Die FD-Aktivitätsmessstelle spricht bei geringeren Impulsraten an.

KKE	KWB-A	Ergebnisse
Alternative Erkennungsmöglichkeiten: Aktivitätsmessungen DE-Abschlammung und Kondensatorabsaugung (Edelgasaktivität)	Alternative Erkennungsmöglichkeiten: Aktivitätsmessungen DE-Abschlammung und Kondensatorabsaugung (Edelgasaktivität)	
<b>Bewertungsmerkmal 2: „Abschaltung des Reaktors“</b>		
Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf < 89 bar): <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Durch Reaktorschutz Abfahren über Begrenzung (JR 12) auslösen</b></li> <li>- Störungsmeldung Klasse S: „Dampferzeuger Heizrohrleck I“ (JR 88) steht an</li> <li>- Fahrdiagramm „DEL-Abfahren“ der KMD-Begrenzung ist wirksam</li> <li>- <b>Absenken der Reaktor-/Generatorleistung mit 20%/Minute</b></li> <li>- Ausschalten DH-Heizung</li> <li>- Einschalten Borsäurepumpe</li> <li>- Zuschalten Zusatzboriersystem in der Betriebsart Loop-Einspeisung</li> <li>- Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>- Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 12,6 m auf 11,2 m</li> <li>- In Abhängigkeit des DH-Füllstandsabfalls teilweises Zufahren bzw. Schließen der HD-</li> </ul>	Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf ≤ 80 bar): <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>RESA und mit einer Verzögerung von 5 s TUSA</b></li> <li>- Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 10,5 m auf 9,5 m</li> <li>- Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>- HD-Reduzier-Station auf Mindestmenge einstellen</li> <li>- Kreislaufsprühventile geschlossen wegen Ausfall Hauptkühlmittelpumpen (HKMP)</li> <li>- Umschalten des VRS auf Hilfssprühen</li> <li>- Befehlsdiagramm „DE-Heizrohrleck/Druckabsenken“ der KMD-Begrenzung ist wirksam (Grenze der KMD-Anfahrkennlinie auf 84 bar abgesenkt)</li> <li>- Begrenzung des FD-Druckes auf 73 bar (bei vorheriger Auslösung „TEILABFAHREN“, wird bei FD-Druck &gt; 78 bar ausgelöst)</li> </ul>	<b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 2:</b>  <b>KKE:</b> Zunächst Abfahren über Begrenzung (Leistungsabsenkung, um die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Notstromfalls zu verringern) und spätere RESA (spätestens nach 300 s).  <b>KWB-A:</b> Sofortige RESA nach Störfallerkennung und TUSA mit 5 s Verzögerung.

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<p>Reduzierstation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Öffnen der FDU ⇒ Wärmeabfuhr über Turbosatz und FDU. Halten des FD-Drucks auf ca. 79 bar.</li> <li>- Fahrtdiagramm „DEL“ der KMD-Begrenzung wirksam</li> <li>- Ausschalten KMD-Regelung</li> <li>- Einschalten Kreislaufsprühen</li> <li>- Einschalten Hilfssprühen Volumenregelsystem</li> <li>- Einschalten Hilfssprühen Zusatzboilersystem</li> <li>- <b>RESA und TUSA (wenn Reaktorleistung noch &gt; 12% und KMD &lt; 131 bar oder 300 s nach Auslösen FD-Aktivität &gt; MAX)</b></li> </ul>		
<p><b>Stufenweises Abkühlen über intakte DE (erst 2 Stunden nach Störfalleintritt) nach dem Isolieren des defekten Dampferzeugers:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Eine Möglichkeit zur Eigenbedarfs-rückschaltung ist normalerweise innerhalb von zwei Stunden nach Störfalleintritt zu erwarten. Daher wird erst nach Ablauf dieses Zeitraumes mit dem Abfahren in 5K-Stufen begonnen, da dass Abkühlen mittels Abblasen über FD-Abblaseregelventile den Naturumlauf gefährdet.</b></li> </ul>	<p>Weiteres stufenweises Abkühlen nach dem Isolieren des defekten Dampferzeugers:</p> <p>FD-Druck mit der Abblaseregelung um 5 bar absenken, dann FD-Druck konstant halten bis der Siedeabstand wieder ≤ 10 bar erreicht hat.</p> <p>Die beiden Schritte sofort wiederholen, bis die Looptemperaturen &lt; 180°C und KMD &lt; 32 bar erreicht sind.</p>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 2:</b></p> <p><b>KKE:</b> Weiteres sekundärseitiges Abfahren über die intakten Dampferzeuger erst 120 Minuten nach Störfalleintritt zwecks Warten auf eventuell mögliche Rückschaltung der Eigenbedarfsversorgung aus Fremd- oder Reservenetz ⇒ Halten der Anlage in einem Betriebspunkt nach Stabilisierung unter Notstrombedingungen</p> <p><b>KWB-A:</b> Kontinuierliches Abfahren der Anlage</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Druckabsenkung mit 3v4 FD-Abblaseregelventile mit einer betrieblichen Sollwertabsenkung der intakten DE mit 50K/h</li> <li>- Ca. 5 Minuten warten bis sich eine Absenkung der Reaktoreintrittstemperatur von ca. 5 K eingestellt hat</li> <li>- Dann Sollwertabsenkung mit 50 K/h unterbrechen</li> </ul> <p>Abkühlstufen werden ca. jede Stunde durchgeführt. Vor dem Abkühlen werden gemäß vorherigem Schritt erneut die Deionatvorräte überprüft.</p> <p>Die Abkühlstufen werden solange wiederholt bis <math>KMT_{AUS} &lt; 160 \text{ °C}</math> erreicht ist. Parallel wird ständig die im nächsten Schritt beschriebene Anpassung des KMD an den FD-Druck des isolierten DE durchgeführt.</p>		
<p>Aufborieren des PKL:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1v2 Borsäuredosierstrang der Borsäure- und Deionateinspeisung speist mit vollem Durchsatz ein (Sollwert Borkonzentration auf <math>&gt; C_{BW}</math> eingestellt).</li> <li>- Bei <math>KMT_{EIN} &lt; 260 \text{ °C}</math> muss die Borkonzentration <math>&gt; C_H</math> sein. Bei <math>KMT_{EIN} &lt; 200 \text{ °C}</math> muss die Borkonzentration <math>&gt; C_{H-K}</math> sein.</li> </ul> <p>Kontrolle Aufborierung:</p>	<p>Aufborieren des PKL:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leckageergänzung mit max. Borkonzentration fahren</li> <li>- Bei <math>KMT = 200 \text{ °C}</math> muss die Mindestborkonzentration <math>c_{H-K}</math> erreicht sein.</li> </ul> <p>Kontrolle Leckageergänzung</p>	<p>Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht erkennbar.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>KMT_{EIN} &lt; 200 \text{ °C}</math> und Borkonzentration <math>\geq c_{H-K} \Rightarrow</math> Abfahren fortsetzen bis <math>KMT_{AUS} &lt; 120 \text{ °C}</math>.</li> <li>- <math>KMT_{EIN} &lt; 200 \text{ °C}</math> und Borkonzentration <math>&lt; c_{H-K} \Rightarrow</math> Abfahren stoppen bis Borkonzentration <math>&gt; c_{H-K}</math>, dann Abkühlen der Anlage fortsetzen bis <math>KMT_{AUS} &lt; 120 \text{ °C}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leckageergänzung erfolgt vorzugsweise aus TD/TB-System. Falls dort keine ausreichenden Mengen Borsäure und Deionat vorhanden sind wird die Ergänzung aus den Flutbehältern über die TA-Pumpen durchgeführt.</li> </ul>	
<p><b>Bewertungsmerkmal 3: „Absenkung des Primärdruckes zur Minimierung des Leckmassenstromes sowie Vermeidung der Anregung der Notkühlkriterien“</b></p>		
<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf <math>&lt; 89 \text{ bar}</math>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Durch Reaktorschutz Abfahren über Begrenzung (JR 12) auslösen</li> <li>- Störungsmeldung Klasse S: „Dampferzeuger Heizrohrleck I“ (JR 88) steht an</li> <li>- Fahrdiagramm „DEL-Abfahren“ der KMD-Begrenzung ist wirksam</li> <li>- Absenken der Reaktor-/Generatorleistung mit 20%/Minute</li> <li>- Ausschalten DH-Heizung</li> <li>- Einschalten Borsäurepumpe</li> <li>- <b>Zuschalten Zusatzboriersystem in der Betriebsart Loop-Einspeisung</b></li> <li>- Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>- Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 12,6 m auf</li> </ul>	<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf <math>\leq 80 \text{ bar}</math>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RESA und mit einer Verzögerung von 5 s TUSA</li> <li>- Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 10,5 m auf 9,5 m</li> <li>- Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>- HD-Reduzier-Station auf Mindestmenge einstellen</li> <li>- Kreislaufsprühventile geschlossen wegen Ausfall HKMP</li> <li>- <b>Umschalten des VRS auf Hilfssprühen</b></li> <li>- Befehlsdiagramm „DE-Heizrohrleck/Druckabsenken“ der KMD-Begrenzung ist wirksam (Grenze der KMD-Anfahrkennlinie auf 84 bar abgesenkt)</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 3:</b></p> <p><b>KKE:</b> 4-strängiges Zusatzboriersystem vorhanden <math>\Rightarrow</math> Sprühen mit Kreislaufsprühen und Hilfssprühen mit Zusatzboriersystem u. Volumenregelsystem.</p> <p><b>KWB-A:</b> Kein Zusatzboriersystem vorhanden <math>\Rightarrow</math> Sprühen mit Kreislaufsprühen u. Hilfssprühleitung des Volumenregelsystem</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<p>11,2 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- In Abhängigkeit des DH-Füllstandsabfalls teilweises Zufahren bzw. Schließen der HD-Reduzierstation</li> <li>- Öffnen der FDU ⇒ Wärmeabfuhr über Turbosatz und FDU. Halten des FD-Drucks auf ca. 79 bar.</li> <li>- Fahrdiagramm „DEL“ der KMD-Begrenzung wirksam</li> <li>- Ausschalten KMD-Regelung</li> <li>- Einschalten Kreislaufsprühen</li> <li>- <b>Einschalten Hilfssprühen Volumensystem</b></li> <li>- <b>Einschalten Hilfssprühen Zusatzboriersystem</b></li> <li>- RESA und TUSA (wenn Reaktorleistung noch &gt; 12% und KMD &lt; 131 bar oder 300 s nach Auslösen FD-Aktivität &gt; MAX)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrenzung des FD-Druckes auf 73 bar (bei vorheriger Auslösung „TEILABFAHREN“, wird bei FD-Druck &gt; 78 bar ausgelöst)</li> </ul>	
<b>Bewertungsmerkmal 4: „Detektion und Isolation des defekten Dampferzeugers“</b>		
<p>Orten des defekten DE mittels:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Leitung Aktivität TypA + Typ B</li> <li>- Vergleich DE-Niveaus</li> <li>- Stellung Schwachlastregelventile</li> </ul>	<p>Orten des defekten DE mittels:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schreiber N16-Aktivität</li> <li>- Vergleich DE-Niveaus</li> <li>- Stellung Notspeiseregelventil</li> <li>- Vergleich Notspeisewasserdurchsatz</li> <li>- Aktivität DE-Abschlammung</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 4:</b></p> <p>Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht erkennbar.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<p>Isolieren des defekten DE durch Schließen von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Absperrarmatur</li> <li>- FD-Abblaseabschlussarmatur</li> <li>- FD-Abblaseregelventil</li> <li>- FD-Anwärmventile</li> <li>- Hauptspeisewasserschieber</li> <li>- Absperrschieber Schwachlastregelventil</li> <li>- Schwachlastregelventil</li> <li>- Absperrschieber Vollastregelventil</li> <li>- Vollastregelventil</li> <li>- Regelventil DE-Füllstand Notspeisesystem (falls Notspeisung in Betrieb)</li> <li>- Notspeiseschieber (falls Notspeisung in Betrieb)</li> <li>- Notspeisediesel (falls Notspeisung in Betrieb)</li> <li>- Armaturen DE-Abschlämmung</li> <li>- GBA-Armaturen</li> <li>- Hochsetzen der Füllstandssollwerte der intakten DE von 11,2 m auf 12,2 m</li> </ul>	<p>Isolieren des defekten DE durch Schließen von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Absperrarmatur</li> <li>- FD-Anwärmventil</li> <li>- Absperrschieber Abfahrleitung</li> <li>- Notspeisewasserregelventil</li> <li>- Hauptspeisewasserschieber</li> <li>- Hauptlastregelventil</li> <li>- Absperrschieber vor Speisewasserregelventil</li> <li>- Schwachlastregelventil</li> <li>- Armaturen DE-Abschlämmung</li> <li>- Dampfleitung Turbo-Notspeisepumpen (nur bei DE3 bzw. DE4 notwendig)</li> </ul>	
<p><b>Bewertungsmerkmal 5: „Minimierung des Deionateintrages von der Sekundär- auf die Primärseite des defekten Dampferzeugers“</b></p>		
<p>KMD an FD-Druck des isolierten DE anpassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falls DE-Füllstand steigt und FD-</li> </ul>	<p>Druckabsenkung im PKL und Druckangleich mit FD-Druck im defekten DE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Druck im defekten, isolierten DE fest-</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 5:</b> Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht er-</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<p>Druck &lt; KMD, dann Hilfssprühen mit VRS unter Beobachtung des KMD. Warten bis Druckausgleich isolierter DE - KMD hergestellt ist und Sprühen beenden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falls DE-Füllstand fällt und FD-Druck &gt; KMD, dann DH-Heizgruppen einschalten und Beobachtung des KMD. Warten bis Druckausgleich isolierter DE - KMD hergestellt ist und dann DH-Heizung ausschalten.</li> <li>- Dieser Schritt ist ständig während des Abkühlens der Anlage durchzuführen.</li> </ul>	<p>stellen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KMD mit Sprühventil langsam an FD-Druck im defekten DE angleichen</li> <li>- Siedeabstand &gt; 10K und &lt; 15 K halten</li> <li>- KMD etwa 1 bar über FD-Druck im defekten DE einstellen, dann Hilfssprühen beenden.</li> </ul>	<p>kennbar.</p>
<p><b>Bewertungsmerkmal 6: „Kumulierte Aktivitätsfreisetzung bei den Störfallvarianten mit FD-Abblasen über Dach“</b></p>		
<p><b>DE-Druckabsicherung des defekten DE hochsetzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ansprechdrücke FD-Abblase-Regelventil auf 105 bar.</b></li> <li>- <b>Ansprechdruck des FD-Sicherheitsventils auf 116 bar.</b></li> </ul> <p>Rücksetzen Reaktorschutzsignale „Auf-Signal FD-Abblaseabsperrentil (JR 81)“ und „Teilabfahren (JR 86)“.</p>	<p>-</p>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 6:</b></p> <p><b>KKE:</b> Hochsetzen der Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers über Handmaßnahme</p> <p><b>KWB-A:</b> Kein Hochsetzen der Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers</p>
<p><b>Bewertungsmerkmal 7: „Thermische und strukturmechanische Belastung des Kerns und Druckhalters“</b></p>		
<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Aufgrund fehlender Störfallanalyseergebnisse sind für dieses Merkmal keine Aussagen zu relevanten sicherheitstechnischen Anlagenunterschieden möglich.</p>



KKE	KWB-A	Ergebnisse
<b>Dampferzeuger-Heizrohrbruch mit 2F mit Ansprechen der Notkühlkriterien (NKK)</b>		
<b>Bewertungsmerkmal 1: „Erkennung Dampferzeuger-Heizrohrleck“</b>		
<p><b>Aktivitätsmessstellen (Geiger-Müller-Zählrohre) in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 40 Impulse/s und 2v3)</b>  <b>oder</b>  <b>Szintillationszähler in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 800 Impulse/s und 2v3)</b></p> <p>Alternative Erkennungsmöglichkeiten:  Aktivitätsmessungen DE-Abschlammung und Kondensatorabsaugung (Edelgasaktivität)</p>	<p><b>Aktivitätsmessstellen in den 4 FD-Leitungen (je Leitung 3 Messstellen, Ansprechen bei &gt; 17 Impulse/s und 2v3)</b></p> <p>Alternative Erkennungsmöglichkeiten:  Aktivitätsmessungen DE-Abschlammung und Kondensatorabsaugung (Edelgasaktivität)</p>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 1:</b></p> <p><b>KKE:</b> Eine zusätzliche diversitäre Messeinrichtung vorhanden.</p> <p><b>KWB-A:</b> Die FD-Aktivitätsmessstelle spricht bei geringeren Impulsraten an.</p>
<b>Bewertungsmerkmal 2: „Abschaltung des Reaktors“</b>		
<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf &lt; 89 bar):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Durch Reaktorschutz Abfahren über Begrenzung (JR 12) auslösen</b></li> <li>– Störungsmeldung Klasse S: „Dampferzeuger Heizrohrleck I“ (JR 88) steht an</li> <li>– Fahrdiagramm „DEL-Abfahren“ der KMD-Begrenzung ist wirksam</li> <li>– <b>Absenken der Reaktor-/Generatorleistung mit 20%/Minute</b></li> </ul>	<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf &lt; 80 bar):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>RESA und mit einer Verzögerung von 5 s TUSA</b></li> <li>– Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 10,5 m auf 9,5 m</li> <li>– Ausschalten DH-Heizung (nach Umschaltung auf Handbetrieb)</li> <li>– HD-Einspeisesignal (YZ36) steht bzw. stand wegen DH-Füllstand &lt; 3,0 m an</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 2:</b></p> <p><b>KKE:</b> Zunächst Abfahren über Begrenzung (Leistungsabsenkung, um die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Notstromfalls zu verringern) und spätere RESA (spätestens nach 300 s).</p> <p><b>KWB-A:</b> Sofortige RESA nach Störfallerkennung und TUSA mit 5 s Verzögerung.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausschalten DH-Heizung</li> <li>- Einschalten Borsäurepumpe</li> <li>- Zuschalten Zusatzboriersystem in der Betriebsart Loop-Einspeisung</li> <li>- Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>- Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 12,6 m auf 11,2 m</li> <li>- In Abhängigkeit des DH-Füllstandsabfalls teilweises Zufahren bzw. Schließen der HD-Reduzierstation</li> <li>- Öffnen der FDU ⇒ Wärmeabfuhr über Turbosatz und FDU. Halten des FD-Drucks auf ca. 79 bar.</li> <li>- Fahrdiagramm „DEL“ der KMD-Begrenzung wirksam</li> <li>- Ausschalten KMD-Regelung</li> <li>- Einschalten Kreislaufsprühen</li> <li>- Einschalten Hilfssprühen Volumenregelsystem</li> <li>- Einschalten Hilfssprühen Zusatzboriersystem</li> <li>- <b>RESA und TUSA (wenn Reaktorleistung noch &gt; 12% und KMD &lt; 131 bar oder 300 s nach Auslösen FD-Aktivität &gt; MAX)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- „Gebäudeabschluss Allgemein“-Signal (YZ33) steht bzw. stand wegen DH-Füllstand &lt; 3,0 m an</li> <li>- Befehlsdiagramm „Erweiterter Fahrbereich“ der KMD-Begrenzung ist wirksam</li> <li>- „Gebäudeabschluss Volumenregelsystem“ (YZ35) steht bzw. stand wegen DH-Füllstand &lt; 3,0 m an</li> <li>- HD-Förderpumpen des VRS sind aus</li> <li>- Kreislaufsprühventile sind geschlossen (YP S031, S033, S034 und S035)</li> <li>- Hilfssprühen des VRS hat in Richtung PKL umgeschaltet</li> <li>- Schließen der zu den HD-Reduzierstationen gehörenden Absperrschieber zur Druckhalter-Füllstand-Begrenzung (DHF-Begrenzung) (TA21 S005 und TA22 S005)</li> <li>- Armatur TA00 S003 in Stellung zur Umführung des Rekuperativ-Wärmetauschers</li> <li>- Begrenzung des FD-Druckes durch FDU auf 69 bar bzw. 73 bar (bei vorheriger Auslösung „TEILABFAHREN“, wird bei FD-Druck &gt; 78 bar ausgelöst)</li> </ul>	
Aufborieren des PKL:	Aufborieren des PKL:	Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht er-

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1v2 Borsäuredosierstrang der Borsäure- und Deionateinspeisung speist mit vollem Durchsatz ein (Sollwert Borkonzentration auf <math>&gt; C_{BW}</math> eingestellt).</li> <li>- Bei <math>KMT_{EIN} &lt; 260^{\circ}C</math> muss die Borkonzentration <math>&gt; C_H</math> sein. Bei <math>KMT_{EIN} &lt; 200^{\circ}C</math> muss die Borkonzentration <math>&gt; C_{H-K}</math> sein.</li> </ul> <p>Kontrolle Aufborierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>KMT_{EIN} &lt; 200^{\circ}C</math> und Borkonzentration <math>\geq C_{H-K} \Rightarrow</math> Abfahren fortsetzen bis <math>KMT_{AUS} &lt; 120^{\circ}C</math>.</li> <li>- <math>KMT_{EIN} &lt; 200^{\circ}C</math> und Borkonzentration <math>&lt; C_{H-K} \Rightarrow</math> Abfahren stoppen bis Borkonzentration <math>&gt; C_{H-K}</math>, dann Abkühlen der Anlage fortsetzen bis <math>KMT_{AUS} &lt; 120^{\circ}C</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leckageergänzung mit max. Borkonzentration fahren</li> <li>- Bei <math>KMT = 200^{\circ}C</math> muss die Mindestborkonzentration <math>c_{H-K}</math> erreicht sein.</li> </ul> <p>Kontrolle Leckageergänzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leckageergänzung erfolgt vorzugsweise aus TD/TB-System. Falls dort keine ausreichenden Mengen Borsäure und Deionat vorhanden sind wird die Ergänzung aus den Flutbehältern über die VRS-Pumpen durchgeführt.</li> </ul>	<p>kennbar.</p>
<p><b>Bewertungsmerkmale 3: „Absenkung des Primärdruckes zur Minimierung des Leckmassenstromes sowie Vermeidung der Anre-gung der Notkühlkriterien“</b></p>		
<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf <math>&lt; 89</math> bar):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Durch Reaktorschutz Abfahren über Begrenzung (JR 12) auslösen</li> <li>- Störungsmeldung Klasse S: „Dampf-erzeuger Heizrohrleck I“ (JR 88) steht an</li> <li>- Fahrtdiagramm „DEL-Abfahren“ der KMD-Begrenzung ist wirksam</li> </ul>	<p>Automatische Maßnahmen (Ziel ist das Absprühen des Primärkreisdruckes auf <math>&lt; 80</math> bar):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RESA und mit einer Verzögerung von 5 s TUSA</li> <li>- Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 10,5 m auf 9,5 m</li> <li>- Ausschalten DH-Heizung (nach Um-schaltung auf Handbetrieb)</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 3:</b></p> <p><b>KKE:</b> 4-strängiges Zusatzboriersystem vorhanden <math>\Rightarrow</math> Sprühen mit Kreislaufsprühen und Hilfssprühen mit Zusatzboriersystem u. Volumenregelsystem.</p> <p><b>KWB-A:</b> Kein Zusatzboriersystem vorhanden <math>\Rightarrow</math> Sprühen mit Kreislaufsprühen u. Hilfssprühleitung des Volumenregelsystem.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absenken der Reaktor-/Generatorleistung mit 20%/Minute</li> <li>- Ausschalten DH-Heizung</li> <li>- Einschalten Borsäurepumpe</li> <li>- <b>Zuschalten Zusatzboriersystem in der Betriebsart Loop-Einspeisung</b></li> <li>- Zuschalten der 2. HD-Förderpumpe des Volumenregelsystems (VRS)</li> <li>- Herabsetzen der Sollwerte der DE-Füllstandsregelungen von 12,6 m auf 11,2 m</li> <li>- In Abhängigkeit des DH-Füllstandsabfalls teilweises Zufahren bzw. Schließen der HD-Reduzierstation</li> <li>- Öffnen der FDU ⇒ Wärmeabfuhr über Turbosatz und FDU. Halten des FD-Drucks auf ca. 79 bar.</li> <li>- Fahrdiagramm „DEL“ der KMD-Begrenzung wirksam</li> <li>- Ausschalten KMD-Regelung</li> <li>- Einschalten Kreislaufsprühen</li> <li>- <b>Einschalten Hilfssprühen Volumenregelsystem</b></li> <li>- Einschalten Hilfssprühen Zusatzboriersystem</li> <li>- RESA und TUSA (wenn Reaktorleistung noch &gt; 12% und KMD &lt; 131 bar oder 300 s nach Auslösen FD-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HD-Einspeisesignal (YZ36) steht bzw. stand wegen DH-Füllstand &lt; 3,0 m an</li> <li>- „Gebäudeabschluss Allgemein“-Signal (YZ33) steht bzw. stand wegen DH-Füllstand &lt; 3,0 m an</li> <li>- Befehlsdiagramm „Erweiterter Fahrbereich“ der KMD-Begrenzung ist wirksam</li> <li>- „Gebäudeabschluss Volumenregelsystem“ (YZ35) steht bzw. stand wegen DH-Füllstand &lt; 3,0 m an</li> <li>- HD-Förderpumpen des VRS sind aus</li> <li>- Kreislaufsprühventile sind geschlossen (YP S031, S033, S034 und S035)</li> <li>- <b>Hilfssprühen des VRS hat in Richtung PKL umgeschaltet</b></li> <li>- Schließen der zu den HD-Reduzierstationen gehörenden Absperrschieber zur DHF-Begrenzung (TA21 S005 und TA22 S005)</li> <li>- Armatur TA00 S003 in Stellung zur Umführung des Rekuperativ-Wärmetauschers</li> <li>- Begrenzung des FD-Druckes durch FDU auf 69 bar bzw. 73 bar (bei vorheriger Auslösung „TEILABFAHREN“, wird bei FD-Druck &gt; 78 bar ausgelöst)</li> </ul>	

KKE	KWB-A	Ergebnisse
Aktivität > MAX)		
<b>Bewertungsmerkmal 4: „Detektion und Isolation des defekten Dampferzeugers“</b>		
<p>Orten des defekten DE mittels:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Leitung Aktivität TypA + Typ B</li> <li>- Vergleich DE-Niveaus</li> <li>- Stellung Schwachlastregelventile</li> <li>- Vergleich Hauptspeisewasserdurchsatz</li> <li>- Aktivität DE-Abschlämmung</li> </ul>	<p>Orten des defekten DE mittels:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schreiber N16-Aktivität</li> <li>- Vergleich DE-Niveaus</li> <li>- Stellung Schwachlast- bzw. Notspeiseregelventile</li> <li>- Vergleich Hauptspeisewasser- bzw. Notspeisewasserdurchsatz</li> <li>- Aktivität DE-Abschlämmung</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 4:</b></p> <p>Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht erkennbar.</p>
<p>Isolieren des defekten DE durch Schließen von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Absperrarmatur</li> <li>- FD-Abblaseabschlussarmatur</li> <li>- FD-Abblaseregelventil</li> <li>- 4v4 FD-Anwärmventile</li> <li>- Hauptspeisewasserschieber</li> <li>- Absperrschieber Schwachlastregelventil</li> <li>- Schwachlastregelventil</li> <li>- Absperrschieber Vollastregelventil</li> <li>- Vollastregelventil</li> <li>- Armaturen DE-Abschlämmung</li> <li>- GBA-Armatur</li> <li>- Hochsetzen der Füllstandssollwerte der intakten DE von 11,2 m auf 12,2 m</li> </ul>	<p>Isolieren des defekten DE durch Schließen von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Absperrarmatur</li> <li>- FD-Anwärmventil</li> <li>- Absperrschieber Abfahrleitung</li> <li>- Notspeisewasserregelventil</li> <li>- Hauptspeisewasserschieber</li> <li>- Hauptlastregelventil</li> <li>- Absperrschieber vor Speisewasserregelventil</li> <li>- Schwachlastregelventil</li> <li>- Armaturen DE-Abschlämmung</li> <li>- Dampfleitung Turbo-Notspeisepumpen (nur bei DE3 bzw. DE4 notwendig)</li> </ul>	

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<b>Bewertungsmerkmal 5: „Minimierung des Deionateintrages von der Sekundär- auf die Primärseite des defekten Dampferzeugers“</b>		
<p>KMD an FD-Druck des isolierten DE anpassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falls DE-Füllstand steigt und FD-Druck &lt; KMD, dann Hilfssprühen mit Zusatzboriersystem unter Beobachtung des KMD. Warten bis Druckausgleich isolierter DE - KMD hergestellt ist und Sprühen beenden, d.h. Zusatzboriersystem wieder auf Loop-Einspeisung umstellen.</li> <li>- Falls DE-Füllstand fällt und FD-Druck &gt; KMD, dann DH-Heizgruppen einschalten und Beobachtung des KMD. Warten bis Druckausgleich isolierter DE - KMD hergestellt ist und dann DH-Heizung ausschalten.</li> </ul>	<p>Druckabsenkung im PKL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FD-Druck im defekten, isolierten DE feststellen</li> <li>- KMD mit Sprühventil langsam an FD-Druck im defekten DE angleichen</li> <li>- Siedeabstand von mindestens &gt; 15 K halten</li> <li>- KMD stets auf dem gleichen Wert halten wie FD-Druck im defekten DE</li> </ul>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 5:</b></p> <p>Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht erkennbar.</p>
<b>Bewertungsmerkmal 6: „Kumulierte Aktivitätsfreisetzung bei den Störfallvarianten mit FD-Abblasen über Dach“</b>		
<p><b>DE-Druckabsicherung des defekten DE hochsetzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ansprechdrücke FD-Abblase-Regelventil auf 105 bar.</b></li> <li>- <b>Ansprechdruck des FD-Sicherheitsventils auf 116 bar.</b></li> </ul>	-	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 6:</b></p> <p><b>KKE:</b> Hochsetzen der Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers über Handmaßnahme</p> <p><b>KWB-A:</b> Kein Hochsetzen der Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers</p>
<b>Bewertungsmerkmal 7: „Thermische und strukturmechanische Belastung des Kerns und Druckhalters“</b>		
-	-	<p>Aufgrund fehlender Störfallanalyseergebnisse sind für dieses Merkmal keine Aussagen zu relevanten sicherheitstechnischen Anlagenunterschieden möglich.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnisse
<b>Dampferzeuger-Heizrohrbruch mit 2F ohne Anregung der N16-Signale</b>		
<b>Bewertungsmerkmal 1: „Erkennung Dampferzeuger-Heizrohrleck“</b>		
<p>Erkennung bei niedrigen Reaktorleistungen (&lt; 20 % von P<sub>N</sub>):</p> <p>⇒ Nichtansprechen der N16-Aktivitätsmessstellen</p> <p>⇒ Erkennungen DEHEIRO über Abfall DH-Füllstand &lt; 2,28 m und Nichtanstehen Druckdifferenz Sicherheitsbehälter/Atmosphäre &gt; 30 mbar</p> <p>(frühzeitigere Erkennung eventuell über Vergleich DE-Füllstände oder Aktivität DE-Abschlämmung möglich)</p> <p>⇒ RESA</p> <p>Durch die ausbleibende frühzeitige Primärdruckabsenkung liegt höherer kumulierter Leckagemassenstrom vor, der zum starken Abfall DH-Füllstand und letztendlich zur Anregung der Notkühlkriterien (NKK) führt.</p> <p>Erkennung läuft ähnlich wie beim kleinen Leck ab, nur das die Anregung Druckdifferenz Sicherheitsbehälter/Atmosphäre &gt; 30 mbar fehlt.</p> <p>⇒ <b>weiterer Ablauf wie Dampferzeuger-Heizrohrbruch mit Ansprechen NKK</b></p>	<p>Erkennung bei niedrigen Reaktorleistungen (&lt; 30 % von P<sub>N</sub>):</p> <p>⇒ Nichtansprechen der N16-Aktivitätsmessstellen</p> <p>⇒ Erkennungen DEHEIRO über Abfall DH-Füllstand &lt; 3,0 m und Nichtanstehen Druckdifferenz Sicherheitsbehälter/Atmosphäre &gt; 30 mbar (frühzeitigere Erkennung eventuell über Vergleich DE-Füllstände oder Aktivität DE-Abschlämmung möglich)</p> <p>⇒ RESA</p> <p>Durch die ausbleibende frühzeitige Primärdruckabsenkung liegt höherer kumulierter Leckagemassenstrom vor, der zum starken Abfall DH-Füllstand und letztendlich zur Anregung der Notkühlkriterien (NKK) führt.</p> <p>Erkennung läuft ähnlich wie beim kleinen Leck ab, nur das die Anregung Druckdifferenz Sicherheitsbehälter/Atmosphäre &gt; 30 mbar fehlt.</p> <p>⇒ <b>weiterer Ablauf wie Dampferzeuger-Heizrohrbruch mit Ansprechen NKK</b></p>	<p><b>Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 1:</b></p> <p>Sicherheitsrelevante Unterschiede sind nicht ableitbar.</p>
<p>⇒ Zu den Bewertungsmerkmalen 2 bis 7 siehe bei vorhergehender Störfallvariante „Dampferzeuger-Heizrohrbruch mit 2F mit Ansprechen der Notkühlkriterien“!</p>		

Zusammenfassend haben sich die nachfolgenden anlagenspezifischen Besonderheiten aus der Auswertung zum Ereignis Dampferzeuger-Heizrohrbruch ergeben.

#### **Besonderheiten von KWB-A:**

- Die Erkennung eines Dampferzeuger-Heizrohrbruchs erfolgt mittels Aktivitätsmessstellen in den vier FD-Leitungen. Je Leitung sind drei Messstellen vorhanden, die bei einer Aktivität  $> 17$  Impulse/s ansprechen und über eine 2v3-Schaltung verschaltet sind.
- Das Ansprechen von 2v3 Aktivitätsmessstellen in der jeweiligen FD-Leitung führt zur sofortigen RESA. Die TUSA wird mit einer Verzögerung von 5 s ausgelöst, um noch eine zusätzlich Abkühlung und damit Druckabsenkung des Primärkreises zu ermöglichen. Ursprünglich betrug die Verzögerung der TUSA 20 Sekunden. Diese wurde - im Nachlauf zum meldepflichtigen Ereignis „Heizrohrleckage am Dampferzeuger YB04“ aus dem Jahre 1983 - auf 5 s reduziert, da damalige thermohydraulische Rechnungen Zweifel aufkommen ließen, dass bei einer um 20 s verzögerten Turbinenschnellabschaltung ein ausreichend hoher DH-Füllstand sichergestellt ist, der ein Ansprechen der Notkühlkriterien sicher vermeidet.
- Die Anlage KWB-A besitzt kein Zusatzboriersystem (anders als es in KKE der Fall ist), welches das Volumenregelsystem im Falle eines Dampferzeuger-Heizrohrlecks bei der Leckergänzung, beim DH-Sprühen und bei der Aufborierung unterstützt. Diese Aufgaben werden durch die Hilfssprühleitungen des Volumenregelsystems sowie die Borsäure-Dosierpumpen des Chemikalieneinspeise-Systems übernommen. Die Hilfssprühleitungen sind teilweise 2-strängig ausgeführt, wobei in einem Strang zusätzlich zur Absperrarmatur noch ein Regelventil zwecks Regelung der Sprühmenge eingebaut ist. Die beiden Stränge vereinigen sich in Richtung Primärkreislauf in einer gemeinsamen Einspeiseleitung, die wiederum in die eine Kreislauf-Sprühleitung einmündet.

#### **Besonderheiten von KKE**

- Die Erkennung eines Dampferzeuger-Heizrohrbruchs erfolgt mittels Aktivitätsmessstellen (Geiger-Müller-Zählrohre) in den vier FD-Leitungen. Je Leitung sind drei Messstellen vorhanden, die bei einer Aktivität  $> 40$  Impulse/s ansprechen und über eine 2v3-Schaltung verschaltet sind. Als diversitäre Einrichtung



sind zudem jeweils drei Szintillationszähler in den FD-Leitungen vorhanden, die bei einer Aktivität > 800 Impulse/s ansprechen.

- Nach Detektion des Dampferzeuger-Heizrohrbruchs erfolgt zuerst das Abfahren der Reaktorleistung über Begrenzungen. Die RESA folgt spätestens 300 s nach Störfallerkennung. Dieses Vorgehen soll einerseits die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Notstromfalles herabsetzen. Andererseits erfolgt dadurch ein geringerer Abfall des DH-Füllstandes durch die aufgrund der Leistungsabsenkung hervorgerufene Volumenkontraktion, was einen Beitrag zur Verhinderung des Ansprechens der Notkühlkriterien liefert.
- Im Falle des Heizrohrlecks mit Ausfall der Eigenbedarfsversorgung erfolgt durch eine Handmaßnahme ein Hochsetzen der Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers.
- Im Ereignisablauf für das Dampferzeugerheizrohrleck unter Notstrombedingungen wird nach dem Stabilisieren der Anlage unter Notstrombedingungen (Kühlmitteldruck (KMD) zwischen 94 und 102 bar, Kühlmitteltemperatur (KMT) ca. 286°C/306°C, FD-Druck intakte DE 70 bar etc.) das weitere Abfahren der Anlage frühestens 2 Stunden nach Störfalleintritt weitergeführt, um ggf. noch eine Rückschaltung auf Eigenbedarf durchführen zu können und somit das kompliziertere Abfahren unter Naturumlaufbedingungen zu verhindern.

## 5 Bewertung

### Vorbemerkung

Für beide Anlagen sind für unterschiedliche Varianten des Dampferzeuger-Heizrohrlecks detaillierte Handlungsanweisungen in den jeweiligen Betriebshandbüchern vorhanden. Die grundlegenden Strategien in der Beherrschung der verschiedenen Varianten sind bei beiden Anlagen identisch.

Die ereignisablaufspezifischen Besonderheiten, wie die Ausbildung der Reaktordruckbehälter-Deckelblase und deren Auswirkung auf den Druckhalter-Füllstand und der mögliche Eintrag von Deionat von der Sekundär- auf die Primärseite während des Abfahrens der Anlage, sowie deren Beherrschung bzw. Vermeidung finden in den Betriebshandbüchern beider Anlagen in Form von Hinweisen bzw. zusätzlichen Handlungsanweisungen ausführliche Beachtung. Damit sind auch hinsichtlich der Behandlung der genannten ereignisablaufspezifischen Besonderheiten keine sicherheitstechnisch relevanten Unterschiede erkennbar.

Nachfolgend werden für die oben genannten Bewertungsmerkmale diejenigen sicherheitstechnisch relevanten Anlagenunterschiede, die sich im Wesentlichen aufgrund unterschiedlicher Systemkonfigurationen bzw. einzelner Prozeduren ergeben, aufgelistet (Kapitel 5.1) und bewertet (Kapitel 5.2).

### 5.1 Relevante Anlagenunterschiede

#### **Bewertungsmerkmal 1: „Erkennung Dampferzeuger-Heizrohrleck“**

Im Kernkraftwerk Biblis-A gibt es im Gegensatz zur Anlage KKE keine diversitären Aktivitätsmessstellen in den Frischdampf-Leitungen. Die FD-Aktivitätsmessstellen in den FD-Leitungen haben in KWB-A mit > 17 Impulsen/s im Vergleich zu KKE mit > 40 Impulse/s) eine niedrigere Ansprechschwelle.

#### **Bewertungsmerkmal 2: „Abschaltung des Reaktors“**

Beim Kernkraftwerk Emsland erfolgt nach Störfallerkennung zuerst ein Abfahren der Reaktorleistung mit 20%/Min über Begrenzungen, um ein zusätzliches Auftreten des Notstromfalls zu vermeiden. Zusätzlich bewirkt diese Maßnahme eine Minderung des

DH-Füllstandsabfalls aufgrund der Volumenkontraktion, was einen Beitrag zur Vermeidung des Ansprechens der Notkühlkriterien liefert. Bei KWB-A erfolgt nach Ansprechen der FD-Aktivitätsmessstellen eine sofortige RESA mit einer um 5s verzögerten TUSA.

Des Weiteren erfolgt in KKE beim Abfahren nach Dampferzeuger-Heizrohrlecks unter Notstrombedingungen nach der Stabilisierung der Anlage unter Notstrombedingungen ein Halten der Anlage, um auf eine mögliche Rückschaltung der Eigenbedarfsversorgung zu warten. Damit soll eine weitere sekundärseitige Druckabsenkung vermieden werden, die bei fehlerhafter Durchführung den Naturumlauf im isolierten defekten Dampferzeuger gefährdet. Ein Abbrechen des Naturumlaufes hätte eine geringere Aufborierung des betroffenen Loops zur Folge. Bei KWB-A liegt die Priorität ebenfalls auf einer möglichen Rückschaltung der Eigenbedarfsversorgung, da sie das weitere Abfahren durch die Wiederverfügbarkeit der Hauptkühlmittelpumpen und der Frischdampf-Umleitstation erleichtert. Dort wird aber die Anlage nicht in einem bestimmten Anlagenzustand gehalten, sondern kontinuierlich unter Einhaltung einer zulässigen Unterkühlung während der sekundärseitigen Druckentlastung abgefahren.

### **Bewertungsmerkmal 3: „Absenkung des Primärkreisdruckes zur Minimierung des Leckmassenstroms sowie Vermeidung der Anregung der Notkühlkriterien“**

Die Primärdruckabsenkung kann in KKE mittels des betrieblichen Sprühens (nicht beim Notstromfall verfügbar), der Hilfssprühleitung des Volumenregelsystems sowie den vier Sprühleitungen des 4-strängigen Zusatzboriersystem erfolgen. Bei KWB-A stehen aufgrund des fehlenden Zusatzboriersystems nur das betriebliche Sprühen (nicht beim Notstromfall verfügbar) sowie das Sprühen über die beiden Hilfssprühleitungen des Volumenregelsystems zur Verfügung. Daraus ergibt sich abschätzend – anhand eines einfachen Vergleichs der Fördermengen der für die Sprühung zur Verfügung stehenden Pumpen - im Vergleich zur Konvoi-Anlage eine geringere Einspeisekapazität für den Ausgleich der Volumenkontraktion nach Abschalten, die Primärdruckabsenkung und Leckergänzung. Des Weiteren handelt es sich in KWB-A bei den beiden Hilfssprühleitungen des Volumenregelsystems nicht um durchgehend 2-strängig aufgebaute Ausführungen, da gemeinsame Rohrleitungsabschnitte benutzt werden, sodass eine Einzelfehlerfestigkeit dieser Abschnitte ggf. nicht gegeben ist (geringere Redundanz wegen fehlendem Zusatzboriersystem). Für den möglichen Ausfall der Hilfssprühleitungen gibt es im Betriebshandbuch von KWB-A eine zusätzliche Handlungsanweisung für die Primärdruckabsenkung über die Druckhalterentlüftungsarmaturen. Dabei werden per Hand die Entlüftungsarmaturen des Druckhalters geöffnet und dadurch Dampf

in den Abblasebehälter abgeblasen. Für den Fall, dass die notwendigen Handlungen der Reservemaßnahme für die Primärdruckabsenkung zu langsam erfolgen bzw. fehlschlagen geht der Störfall in die Variante mit Auslösung der Notkühlkriterien über, da der Leckmassenstrom auf hohem Niveau verbleibt und es dadurch zum Abfall des DH-Füllstandes unter 3 m kommt. Die Überspeisung des defekten Dampferzeugers und der damit eventuell verbundene Wassereintrag in die FD-Leitung werden hierbei durch die automatische Maßnahme „Automatische Notkühlüberbrückung“, die zum Abschalten der Sicherheitseinspeisepumpen führt, vermieden. Der weitere Verlauf des Störfalles wird dann mit den für die Variante mit Ansprechen der Notkühlsignale vorhandenen Handlungsanweisungen des BHB abgefahren.

#### **Bewertungsmerkmal 4: „Detektion und Isolation des defekten Dampferzeugers“**

Für dieses Bewertungsmerkmal sind keine relevanten sicherheitstechnischen Unterschiede erkennbar, da die Detektion und Isolation des defekten Dampferzeugers bei beiden Anlagen mit gleichwertigen Maßnahmen erfolgen.

#### **Bewertungsmerkmal 5: „Minimierung des Deionateintrages von der Sekundär- auf die Primärseite des defekten Dampferzeugers**

Für dieses Bewertungsmerkmal sind keine relevanten sicherheitstechnischen Unterschiede erkennbar, da zur Minimierung des Deionateintrages in den Betriebshandbüchern beider Anlagen gleichwertige ausreichende Hinweise bzw. zusätzliche Handlungsanweisungen zu finden sind.

#### **Bewertungsmerkmal 6: „Kumulierte Aktivitätsfreisetzung bei den Störfallvarianten mit FD-Abblasen über Dach“**

Bei KKE wird die Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers hochgesetzt, so dass die Sicherheitseinspeisepumpen aufgrund ihrer Nennförderhöhe nicht zu einem Ansprechen der Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers beitragen können oder bei Naturumlauf der defekte Dampferzeuger früher isoliert werden kann. Letztendlich ist dies eine Maßnahme, um die Abblasemenge und damit den verbundenen Aktivitätsausstrag zu minimieren. Bei KWB-A erfolgt das Hochsetzen der Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers während des Störfallablaufes nicht.

Nach Störfall-Leitlinie /SLL 84/ u. Störfall-Berechnungsgrundlagen /SLL 94/ ist der Störfall „Leck in einer Frischdampfleitung hinter der äußeren Absperrarmatur mit gleichzeitigem Auftreten von Dampferzeugerheizrohrschäden“ für beide Anlagen als radiologischer repräsentativer Störfall zu untersuchen. Aus radiologischer Sicht deckt diese Störfallvariante auch die hier behandelten Dampferzeuger-Heizrohrbruchvarianten ab. Dem repräsentativen Störfall liegt ein 2F-Bruch sowohl der FD-Leitung als auch eines DE-Heizrohres zugrunde und der Analyse ist der Notstromfall zu überlagern.

Für KKE wird nach der Sicherheitsstatusanalyse, Kapitel 2.3.3.2 für dieses Ereignis eine potentielle Strahlenexposition der ungünstigsten Personengruppe in der Anlagenumgebung bei Zugrundelegung der Aktivitätskonzentrationen im Kühlmittel nach Störfall-Berechnungsgrundlage eine effektive Äquivalentdosis von 0,26 mSV angegeben. Unter Verwendung einer realistischen Aktivitätskonzentration im Kühlmittel ergibt sich ein Wert von 0,009 mSV. Demgegenüber wird nach PSÜ Biblis-A für die Anlage KWB-A eine effektive Äquivalentdosis von 0,63 mSV genannt. Bei Verwendung einer realistischen Aktivitätskonzentration im Kühlmittel ergibt sich ein Wert von 0,014 mSV. Für beide Anlagen liegen die Werte unterhalb der 50 mSV, die nach §49(1) der Strahlenschutz-Verordnung für die Planung von Schutzmaßnahmen gegen Störfälle zugrunde zu legen sind.

Inwieweit bei KKE das Hochsetzen der Druckabsicherung des defekten Dampferzeugers die effektive Äquivalentdosis positiv beeinflusst, kann ohne Störfallanalyseergebnisse hier nicht bewertet werden.

Für die verschiedenen Störfallvarianten des Dampferzeuger-Heizrohrlecks, bei denen es zum Abblasen von Frischdampf über Dach kommt, können ohne die Vorlage rechnerischer Analyseergebnisse zu den Störfallvarianten keine bewertenden Aussagen zu den kumulierten abgegebenen Aktivitätsmengen erfolgen, da hierzu insbesondere die rechnerische Bestimmung der Leckmassenströme sowie der über die Frischdampf-Abblaseregelventile freigesetzten Abblasemengen notwendig sind.

#### **Bewertungsmerkmal 7: „Thermische und strukturmechanische Belastung des Kerns und Druckhalters“**

Aufgrund fehlender Störfallanalyseergebnisse sind für dieses Merkmal keine Aussagen zu relevanten sicherheitstechnischen Anlagenunterschieden möglich.

## 5.2 Bewertung der relevanten Anlagenunterschiede

### **Bewertungsmerkmal 1:**

Die bei KWB-A fehlenden diversitären FD-Aktivitätsmessstellen sind im Vergleich zu KKE als ein Nachteil zu werten.

### **Bewertungsmerkmal 2:**

Die bisherige Betriebserfahrung in deutschen Anlagen bestätigt nicht, dass durch eine RESA bzw. TUSA – auch bei Nennleistung der Anlage – das Eintreten eines Notstromfalles wahrscheinlicher wird. Daher ist die beim Konvoi realisierte verzögerte RESA hinsichtlich der Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit für den Notstromfall weder als Vor- noch als Nachteil zu werten.

Der in KKE durch die verzögerte RESA reduzierte Abfall des DH-Füllstandes aufgrund der dadurch verlangsamten Volumenkontraktion ist als anlagenspezifische Maßnahme zur Verhinderung der Anregung der Notkühlkriterien anzusehen. Eine Bewertung dieses Unterschieds kann ohne detaillierte Störfallanalysen nicht vorgenommen werden. Ebenso kann das Halten der Anlage nach Stabilisierung unter Notstrombedingungen in KKE im Vergleich zum sofortigen Abfahren in KWB-A nicht ohne weitergehende Störfallanalysen bewertet werden.

### **Bewertungsmerkmale 3:**

Als Nachteil des Kernkraftwerkes Biblis-A ist das fehlende Zusatzboriersystem zu nennen. Dadurch stehen im Vergleich zu KKE neben einer geringeren Einspeisekapazität insbesondere weniger Redundanzen für das DH-Sprühen zur Verfügung. Für den möglichen Ausfall der Hilfssprühleitungen gibt es im Betriebshandbuch von KWB-A zwar eine zusätzliche Handlungsanweisung für die Primärdruckabsenkung über die Druckhalter-Entlüftungsarmaturen, die aber mit einem gezielten Abblasen von Primärkühlmittel in den Abblasebehälter des Druckhalters und damit mit einem zusätzlichen Primärkühlmittelverlust verbunden ist.

### **Bewertungsmerkmal 6:**

Für die Anlage KKE stellen sich die effektiven Äquivalentdosen für den FD-Leitungsbruch mit Dampferzeuger-Heizrohrbruch günstiger dar als für KWB-A.

### 5.3 Fazit

Das Fehlen eines Zusatzboriersystems im Kernkraftwerk Biblis-A ist als wesentlicher Nachteil gegenüber KKE zu bewerten, da eine geringere Reserve hinsichtlich der Sicherheitsfunktionen „Primärdruckabsenkung“ und „Kühlmittelergänzung“ zur Verfügung steht. Im Vergleich dazu ist die fehlende Diversität bei der FD-Aktivitätsmessung eher von geringer Bedeutung.

## 6 Literatur

- /BMU 01/ Grundsätze der Tätigkeit von Sachverständigen im Auftrag der Bundesaufsicht über die Ausführung des Atomgesetzes im Hinblick auf Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren und sonstige Reaktoren (Sachverständigen-Grundsätze der Bundesaufsicht über Atomkraftwerke), Stand: Juli 2001
- /BMU 06/ SR 2569 „Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“, 05.12.2006
- /SLL 84/ Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV - Störfall-Leitlinien, Fassung 03.84
- /SLL 94/ Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV , Stand: Dezember 1994





Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische  
Überprüfung von Anla-  
gen zu ausgewählten  
Anforderungen und  
Ereignissen im Rahmen  
von Anträgen zur Rest-  
strommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 15:

“Anlageninterner Brand“

SR 2569



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 15:  
"Anlageninterner Brand"

Mai 2007

Auftrags-Nr.: 820410

**Anmerkung:**

Dieser Bericht ist im Auftrag des BMU im Rahmen des Vorhabens SR 2569 erstellt worden. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers und der Unterauftragnehmer wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

## Vorwort

Im Atomgesetz wurden mit der Änderung vom 26.04.2002 die Reststrommengen für die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksblöcke in Deutschland festgelegt. Über die Zustimmung zur Übertragung von Elektrizitätsmengen entscheidet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Im Rahmen der Entscheidungsfindung des BMU über die Anträge auf Übertragung von Elektrizitätsmengen hat das BMU auch eine vergleichende Sicherheitsüberprüfung zwischen einer Anlage, die Strommengen abgibt und derjenigen, welche die Strommengen bekommen soll, vorgesehen. Da in der zur Verfügung stehenden Zeit keine in Prüfungsumfang und -tiefe mit der Durchführung und der sachverständigen Prüfung von Sicherheitsüberprüfungen nach § 19a AtG vergleichbare, umfassende Ermittlung und sicherheitstechnische Bewertung beider Anlagen möglich ist, beauftragte das BMU die GRS, zusammen mit benannten Unterauftragnehmern mit der „Sicherheitstechnischen Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“ /BMU 06/. Auftragsgegenstand sind punktuelle Untersuchungen einzelner Bewertungsgegenstände, die gemeinsam von BMU, GRS und den Unterauftragnehmern festgelegt wurden. Um dem BMU eine vergleichende Bewertung zu ermöglichen, ob sichergestellt ist, dass die beantragte Übertragung von einer älteren auf eine neuere Anlage nicht zu Lasten der Sicherheit geht, wurden sicherheitstechnisch relevante Bewertungsgegenstände für jede beantragte Übertragung insbesondere unter Beachtung folgender Kriterien ausgewählt:

- die anlagentechnischen Gegebenheiten der antragsgemäß betroffenen abgebenden und empfangenden Anlage beinhalten wesentliche Unterschiede und / oder
- die Bewertungsgegenstände berühren Entwicklungen seit Genehmigungserteilung bezüglich des Standes von Wissenschaft und Technik und
- die Untersuchungen sind in der zur Verfügung stehenden Zeit voraussichtlich durchführbar.

Dabei wird die sicherheitstechnische Fragestellung weitgehend auf die Beherrschbarkeit von zu erwartenden oder im Rahmen der Nachweisführung postulierten Ereignismöglichkeiten bezogen.

Die Durchführung eines nur punktuellen, aber die genannten Auswahlkriterien beachtenden Prüfprogramms ist aus Sicht des Auftraggebers gerechtfertigt, da der Gesetzgeber die Festlegung der konkreten Maßstäbe für die Prüfung, ob die beabsichtigte Übertragung zu Lasten der Sicherheit ginge und deren willkürfreie Anwendung in § 7 Abs. 1b Satz 2 AtG der Exekutive überlassen hat; Art und Umfang der Ermittlung der für seine Sicherheitsbewertung entscheidungserheblichen Tatsachen sind vom BMU im Rahmen seines Verfahrensermessens zu bestimmen.

Das Überprüfungskonzept basiert auf einer Auswertung und Bewertung von Unterlagen, die der Betreiber für die einzelnen Bewertungsgegenstände dem BMU vorlegen soll. Für den Fall, dass keine spezifischen Unterlagen vorgelegt werden, ist auftragsgemäß vorgesehen, alle Dokumente und Informationen, die in den beteiligten Sachverständigenorganisationen für die hier anstehenden Aufgaben zur Verfügung stehen, für diese Überprüfung zu nutzen. Da diese Dokumente und Informationen hinsichtlich ihrer Aktualität und Belastbarkeit sehr unterschiedlich sein können, wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein einheitlich klassifizierter Unterlagen- und Quellennachweis vorgelegt. Dabei wird zwischen den folgenden Kategorien unterschieden:

- Kategorie 1: im atomrechtlichen Verfahren geprüfte / begutachtete bzw. vom BMU freigegebene Unterlagen,
- Kategorie 2: Stellungnahmen der RSK bzw. der SSK und
- Kategorie 3: nicht im Sinne von Kategorie 1 geprüfte Unterlagen, die jedoch nach Auffassung der Auftragnehmer Informationen zum Sachverhalt enthalten.

Die vergleichenden Darstellungen zu den einzelnen Bewertungsgegenständen basieren jeweils auf diesen Unterlagen und spiegeln den darin wiedergegebenen Anlagenzustand wieder. Abweichungen zum derzeitigen Anlagenzustand aufgrund zwischenzeitlich durchgeführter Änderungen sind nicht auszuschließen.

Bewertungsmaßstab ist der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik. Dabei sind neben dem Erfüllungsgrad von regulatorischen Sicherheitsanforderungen bezüglich der Beherrschbarkeit von Ereignissen insbesondere auch die anlagenspezifischen Reserven in die Bewertung einzubeziehen. Aufgrund der Begrenzungen in der Bearbei-

tungszeit und im Umfang und Detaillierungsgrad der Unterlagen erfolgt aber keine vollständige Überprüfung sondern eine Fokussierung auf wesentliche grundlegende Sicherheitsanforderungen. Die für die jeweiligen Bewertungsgegenstände spezifischen Bewertungsmerkmale werden in den einzelnen Berichten ausgewiesen. Die Bewertungsmerkmale beziehen sich grundsätzlich entweder unmittelbar auf grundlegende Sicherheitsanforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik oder mittelbar auf anlagentechnisch vergleichbare Sicherheitsfunktionen mit Anforderungen entsprechend des gestaffelten Sicherheitskonzepts. Die Bewertung der Sicherheitsfunktionen erfolgt im Wesentlichen im Hinblick auf deren Wirksamkeit und Qualität.

Auftragsgemäß sollen die Überprüfungen anhand deterministischer Bewertungsweisen erfolgen. Dieser methodische Ansatz kann in einigen Fällen dazu führen, dass bei der vergleichenden Bewertung von komplexen Systemkonstellationen bezüglich der Beherrschbarkeit eines Ereignisses keine eindeutige, abschließende Bewertung möglich ist. Im Rahmen der hier vorgesehenen Bewertungen wären weiterführende probabilistische Bewertungen auch aufgrund fehlender spezifischer Unterlagen in der vorgesehenen Bearbeitungszeit nicht durchführbar und sind daher auftragsgemäß nicht vorgesehen.

Es besteht daher Einvernehmen mit dem BMU darin, dass aufgrund der Begrenzung der Überprüfungsdauer und der Unterlagensituation wesentliche Anforderungen der "Sachverständigengrundsätze für die Bundesaufsicht" /BMU 01/ nicht eingehalten werden können. Die Abweichungen beziehen sich insbesondere auf die Vollständigkeit, Aktualität und Belastbarkeit von Unterlagen bei der Sachverhaltsermittlung sowie die Bewertungsmethoden, die im vorliegenden Fall weitgehend auf ingenieurmäßige Betrachtungsweisen eingeschränkt sind.

Die durchgeführten Sicherheitsvergleiche beinhalten keine aufsichtliche Überprüfung der betroffenen Anlagen. Auftragsgemäß wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein separater Ergebnisbericht erstellt. Eine Gesamtbewertung ist nicht beauftragt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale</b> .....	<b>2</b>
2.1	Beschreibung des Ereignisablaufs/der Einwirkung .....	2
2.2	Bewertungsmerkmale .....	3
<b>3</b>	<b>Verwendete Unterlagen</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Anlagenvergleich</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Bewertung</b> .....	<b>22</b>
5.1	Relevante Unterschiede .....	24
5.2	Bewertung der relevanten Unterschiede .....	27
5.3	Fazit .....	29
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>30</b>

## **1 Einleitung**

Im vorliegenden Bericht geht es um sicherheitstechnische Vergleiche im Zusammenhang mit dem Antrag (Hilfsantrag) der RWE Power AG vom 26.09.2006 an das BMU auf Übertragung von Reststrommengen vom Kernkraftwerk Emsland (KKE) auf das Kernkraftwerk Biblis Block A (KWB-A). Dazu wurden von der GRS in Abstimmung mit dem BMU 20 Bewertungsgegenstände definiert. Auftragsgemäß erfolgt für jeden Bewertungsgegenstand (BG) eine separate Auswertung.

Nachfolgend wird der Bewertungsgegenstand 15 "Anlageninterner Brand" behandelt.

## **2      Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale**

### **2.1      Beschreibung des Ereignisablaufs/der Einwirkung**

Anlageninterne Brandereignisse haben das Potential, redundanzübergreifend sicherheitstechnisch relevante Einrichtungen so zu beeinträchtigen, dass deren ordnungsgemäße Funktion nicht mehr sichergestellt ist.

Brände und Explosionen von brennbaren bzw. explosionsfähigen Betriebsmitteln innerhalb sicherheitsrelevanter Gebäude können

- zum Ausfall von Betriebssystemen und ggf. zur Anforderung von Sicherheitseinrichtungen infolge ausgelöster Transienten führen (u. U. mit der Notwendigkeit, die Anlage abzufahren), sowie
- ggf. zum gleichzeitigen Ausfall von Sicherheitseinrichtungen, die dazu benötigt werden, die Anlage sicher abzufahren und im sicheren, unterkritischen Zustand zu halten.

Sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisablaufes:

Ausgehend von einem anlageninternen Entstehungsbrand kann es neben den lokalen Auswirkungen zu einer Brandentwicklung kommen. Wird ein solcher Entstehungsbrand nicht rechtzeitig durch geeignete Einrichtungen zur Branderkennung und -alarmierung erkannt und mit geeigneten Maßnahmen bekämpft, so besteht die Möglichkeit, dass sich ein voll entwickelter Brand vom Ort seiner Entstehung innerhalb des gesamten betroffenen Raumbereiches ausbreitet und die ordnungsgemäße Funktion aller in diesem Raumbereich befindlichen Anlagenteile einschließlich der dort vorhandenen sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen beeinträchtigt. Bei einem brandbedingten Versagen der baulichen bzw. bautechnischen Abtrennungen des betroffenen Raumbereiches zu benachbarten Raumbereichen mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen redundanter Systeme kann es brandbedingt zu einer Beeinträchtigung sicherheitsrelevanter Einrichtungen mehrerer Redundanzen und damit zu einer Nichterfüllung von kerntechnischen Schutzziele kommen.

Eine unzulässige Beeinträchtigung von Sicherheitseinrichtungen ist demzufolge durch entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu verhindern. Deshalb sollen, soweit möglich,



redundante Sicherheitseinrichtungen vorrangig räumlich bzw. brandschutztechnisch getrennt untergebracht sein, so dass ein Brand nicht gleichzeitig Einrichtungen mehrerer Redundanzen beeinträchtigen kann. In den Fällen, in denen eine solche Trennung nicht erfolgen kann, ist durch Maßnahmen an den Einrichtungen (z. B. Anordnung, Abschottung) sowie eine zuverlässige und schnelle Brandbekämpfung sicherzustellen, dass ein unzulässiger redundanzübergreifender Ausfall von Sicherheitseinrichtungen auszuschließen ist.

## 2.2 Bewertungsmerkmale

Aus den Erkenntnissen von Untersuchungen der GRS /ROE 97/ sowie Anforderungen aus dem vorhandenen Regelwerk zum Brandschutz in Kernkraftwerken /KTA 00/, /IAE 00/, /IAE 04/ und /KTR 06/ wurden die folgenden Bewertungsmerkmale abgeleitet:

*Merkmal 1: Minimierung von Brandlasten und potentiellen Zündquellen zur Vermeidung von Entstehungsbränden*

Maßnahmen zur Vermeidung/Verhinderung von Entstehungsbränden in der Anlage innerhalb und außerhalb von Gebäuden, d.h. das Vorhandensein von brennbaren Stoffe und potentiellen Zündquellen sowie eine Entzündung brennbarer Stoffe werden zwar grundsätzlich unterstellt, Brandlasten und potentielle Zündquellen sind jedoch zu minimieren

*Merkmal 2: Redundanztrennung*

*2a: Bauliche bzw. bautechnische Trennung*

*2b: Brandschutztechnische Abtrennung durch Abschottungen und Kapselungen*

Vorrang passiver (d.h. baulicher bzw. bautechnischer Maßnahmen, um einzelne redundante Systeme des Sicherheitssystems so voneinander zu trennen, dass im Brandfall ein durch Brandhitze, Rauchgase oder Löschmittel bedingter Ausfall der anderen redundanten Systeme ausgeschlossen werden kann) vor aktiver Brandschutzmaßnahmen. Im Fall, dass eine ausreichende bauliche bzw. räumliche Trennung (Unterteilung von Brandabschnitten in Brandbekämpfungsabschnitte) nicht durchführbar ist, sind die einzelnen redundanten Systeme mindestens mit einer der Brandbelastung (d.h. Brandlast pro Grundfläche des

Raumbereichs) entsprechenden Feuerwiderstandsklasse brandschutz-technisch abzuschotten oder zu kapseln.

*Merkmal 3: Maßnahmen und Einrichtungen zur zuverlässigen Brandbekämpfung*

*3a. Stationäre Löschanlagen*

*1. automatisch ausgelöst*

*2. manuell ausgelöst*

*3b. Sonstige Löscheinrichtungen*

Sofern eine ausreichende räumliche oder brandschutztechnische Trennung redundanter Einrichtungen des Sicherheitssystems nicht gegeben und damit brandbedingt durch das Vorhandensein brennbarer Stoffe eine Beeinträchtigung mehrerer Redundanzen nicht auszuschließen ist, sind in den entsprechenden Raumbereichen mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen gleichwertige (aktive) brandschutztechnische Maßnahmen, wie ausreichend zuverlässige und wirksame ortsfeste Feuerlöscheinrichtungen, zu treffen, um eine übergreifende brandbedingte Beeinträchtigung mehrerer Redundanzen zu verhindern. Dabei sind automatische Löscheinrichtungen gegen fehlerhafte Auslösung zu sichern, bzw. die Räume sowie deren Anlagen dagegen auszulegen.

*Merkmal 4: Gesonderte Brandschutzmaßnahmen beim Einbringen brennbarer Stoffe im Zusammenhang mit Wartungs- und Reparaturarbeiten*

*Merkmal 5: Maßnahmen zu einer zuverlässigen und frühzeitigen Branderkennung und -alarmierung*

Maßnahmen zu einer zuverlässigen und frühzeitigen Branderkennung und -alarmierung in Anlagenbereichen mit Sicherheitseinrichtungen und Kontrollbereichen sowie Anlagenbereichen, aus denen sich ggf. ein Brand in solche mit Sicherheitseinrichtungen oder Kontrollbereiche ausbreiten kann

*Merkmal 6: Feuerwehr*

Als weitere Maßnahme der aktiven Brandbekämpfung eine geeignete Feuerwehr nach Landesrecht, die entsprechend den Vorgaben zur

Erfüllung der Schutzziele ausgerüstet ist und regelmäßigen Unterweisungen und Einsatzübungen unterliegt

### 3      **Verwendete Unterlagen**

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/KKE/      Kernkraftwerk Emsland (KKE): Betriebshandbuch Kernkraftwerk Emsland (KKE), Stand 31.10.2006

/TÜV 01/    TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi: Konvoi-Anlagen; Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar, Block II (GKN II), Kernkraftwerk Emsland (KKE), Kernkraftwerk Isar 2 (KKI 2), Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, September 2001

/SIE 01/      Siemens AG, Bereich Energieerzeugung (KWU) – NDS4: Periodische Sicherheitsüberprüfung für Konvoi-Anlagen 1989 – 1998, 2001

/NMB 84/    Der Niedersächsische Minister für Bundesangelegenheiten: Erste Ergänzung und Änderung der Ersten atomrechtlichen Teilgenehmigung und Erlaubnis nach der Dampfkessel Verordnung für das Kernkraftwerk Emsland (KKE) (TG 1.1), 1984/05/21, 1984

/KWU 78/    Kraftwerk Union Aktiengesellschaft: Sicherheitsbericht Kernkraftwerk Emsland mit Druckwasserreaktor, elektrische Leistung 1300 MW, 1978

/RWE05/    RWE Power Kraftwerk Biblis: Betriebshandbuch (BHB) Block A, Stand 30.06.2006

/KWB 01/    Kernkraftwerk Biblis, Block A (KWB-A): Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) Kernkraftwerk Biblis Block A, 2001

/TÜV 05/    TÜV Gutachtergemeinschaft PSÜ KWB-A: Gutachten zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung Kernkraftwerk Biblis Block A, 2005

/HMU 90/ Das Hessische Ministerium für Umwelt- und Reaktorsicherheit: Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb der Räumlichen Trennung der 10 KV-Eigenbedarfsanlage, 1990/05/08, 1990

- Kategorie 3

/KKE 88/ Kernkraftwerk Emsland (KKE): Systembeschreibung - Feuerlöschwassersystem SGA, SGB, 1988

/KKE 87/ Kernkraftwerk Emsland (KKE): Systembeschreibung - Lüftungstechnische Anlagen Schaltanlagegebäude SAC, 1987

/KWB 95/ Kraftwerk Biblis: Betriebsbericht zur Information der RSK 1994,1995

/KWU 73/ Kraftwerk Union Aktiengesellschaft: Anlagenbeschreibung (Sicherheitsbericht) Kernkraftwerk Biblis Block A mit Druckwasserreaktor 3517 MW<sub>th</sub>, Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk. Aktiengesellschaft, Essen, 1973

/RWE 07/ RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007

## **4 Anlagenvergleich**

Nachfolgend werden die im Abschnitt 2.2 aufgelisteten Bewertungsmerkmale für die betrachteten Anlagen KKE und KWB-A gegenübergestellt. Die Auswirkungen auf den Ereignisablauf und seine Beherrschung werden qualitativ bewertet.

**Tabelle 4.1: Anlageninterner Brand**

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
<b>Merkmal 1: Minimierung von Brandlasten und potentiellen Zündquellen zur Vermeidung von Entstehungsbränden</b>			
	<p>Das Vorhandensein brennbarer Stoffe und potentieller Zündquellen sowie eine Entzündung brennbarer Stoffe werden in der Anlage KKE gemäß Regelwerk /KTA 00/ und /KTR 06/ grundsätzlich unterstellt /TÜV 01/.</p> <p>Exakte Mengen und Verteilungen der Brandlasten und Zündquellen sind uns derzeit nicht bekannt und auch den vorliegenden Unterlagen nicht im Einzelnen zu entnehmen. Nach Aussage des Gutachters /TÜV 01/ ist eine ausreichende Vorsorge zur Minimierung von Brandlasten und potentiellen Zündquellen getroffen.</p>	<p>Das Vorhandensein brennbarer Stoffe und potentieller Zündquellen sowie eine Entzündung brennbarer Stoffe werden in der Anlage KKE gemäß Regelwerk /KTA 00/ und /KTR 06/ grundsätzlich unterstellt /TÜV 05/.</p> <p>Die genauen Mengen und Verteilungen von Brandlasten und Zündquellen sind uns derzeit nicht bekannt. Der SSA /KWB 01/ und den zugehörigen Gutachteraussagen /TÜV 05/ sind nur grobe Angaben zu deren Lokalisierung zu entnehmen. Nach /TÜV 05/ ist eine ausreichende Vorsorge zur Minimierung von Brandlasten und potentiellen Zündquellen getroffen.</p>	<p>In beiden Anlagen werden das Vorhandensein und die Entzündung brennbarer Stoffe unterstellt.</p> <p>In beiden Anlagen sind, wie laut Regelwerk /KTA 00/ gefordert, Maßnahmen realisiert, um Brandlasten und Zündquellen zu minimieren und somit eine Entstehung von Bränden soweit möglich zu verhindern. Eine differenzierte Bewertung die Umsetzung der geforderten Maßnahmen betreffend ist auf Basis der vorhandenen Unterlagen nicht möglich</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
	<p>In KKE sind innerhalb des Sicherheitsbehälters die Kabel mit FRNC (<i>fire retardant non-corrosive</i>) Isolationsmaterialien versehen. Inwieweit ansonsten Kabelisolationen mit verbesserten Eigenschaften im Brandfall verwendet werden, ist uns derzeit nicht bekannt.</p> <p>Ölbrandlasten betreffend ist eine Kapselung dieser Brandlasten (z. B. integrierte Ölversorgung der HKMP) /SIE 01/ vorgesehen, um eine Brandausbreitung zu verhindern.</p>	<p>An Kabelbrandlasten sind in KWB-A nach /KWU 73/ Protodur-isolierte Leistungs- und Steuerkabel vorhanden, wobei die Isolierung flammwidrig, nicht brandverschleppend ist. Antriebe im Sicherheitsbehälter sind mit Silikonisolationen versehen, die kurzzeitig Temperaturen von 250 °C und von 180 °C im Dauerbetrieb widerstehen.</p> <p>In sicherheitsrelevanten Raumbereichen mit Kabeln mehrerer Redundanzen (z.B. Rangierverteillerraum) sind Kapselungen dieser Brandlasten bzw. entsprechende Schutzmaßnahmen (z.B. Dämmschichtbildner) vorhanden /KWB 01/, um eine Funktionsbeeinträchtigung mehrerer Redundanzen im Brandfall zu verhindern.</p>	<p>In KKE erfolgt die Minimierung ungeschützter Brandlasten weitestgehend durch bauliche bzw. brandschutztechnische Abtrennungen, zudem werden innerhalb des Sicherheitsbehälters Kabel mit besonderen Brandschutzeigenschaften verwendet. Im Gegensatz dazu erfolgt in KWB-A die nach Regelwerk geforderte Minimierung ungeschützter Brandlasten vermehrt über brandschutztechnische Kapselungen und Abschottungen einschließlich Schutzbeschichtungen verbunden mit zusätzlichen kompensatorischen Maßnahmen zur Brandmeldung und -bekämpfung (siehe zu Merkmalen 2b, 3 und 5).</p>
<b>Merkmal 2: Redundanztrennung</b>			



Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
<p><b>2a: Bauliche/Bautechnische Trennung</b></p>	<p>Mit Ausnahme des Reaktorgebäudes (Innenraum, Ringraum) und insbesondere des Bereichs der Durchführungen von Kabeln in den Sicherheitsbehälter ist eine nahezu vollständige bauliche bzw. bautechnische Trennung redundanter Einrichtungen der Sicherheitssysteme gegeben /SIE 01/. Bis auf den Sicherheitsbehälter, wo konstruktiv bedingt (siehe auch zu /ROE 97/ vorgelegte Unterlagen) eine vollständige bautechnische Unterteilung in Brandabschnitte nicht möglich ist und demzufolge soweit wie möglich Brandbekämpfungsabschnitte ausgebildet oder andere kompensatorische Brandschutzmaßnahmen nach Regelwerk /KTA 00/ getroffen sind, befinden sich redundante Einrichtungen der Sicherheitssysteme einschl. ihrer Kabelverbindungen in separaten Brandabschnitten.</p> <p>Kabel für Ansteuerung, Stromversorgung und eventuell Rückmeldung von Komponenten in den redundanten Teilsystemen sind nach /SIE 01/ grundsätzlich so verlegt, dass maximal bei einem Teilsystem (eine Redundanz) eine fehlerhafte Funktion ausgelöst bzw. ein Funktionsausfall verursacht werden kann.</p>	<p>Redundant vorhandene sicherheitstechnisch relevante Komponenten sind grundsätzlich räumlich getrennt angeordnet bzw. durch bauliche Maßnahmen abgetrennt /KWB 01/, /TÜV 05/. Dabei sind jedoch zwei Redundanzen (Redundanz 1 und 3 sowie Redundanz 2 und 4) jeweils zu einer Gruppe zusammengefasst. Eine vollständige bauliche bzw. bautechnische Redundanztrennung aller 4 Redundanzen ist nicht gegeben /ROE 97/. Soweit wie möglich sind die vorhandenen Brandabschnitte in Brandbekämpfungsabschnitte unterteilt. Detailangaben zu den in der Anlage KWB-A derzeit realisierten baulichen bzw. bautechnischen Maßnahmen liegen uns (mangels aktuell geltender, anlagenspezifischer Brandschutzpläne) nicht vor.</p>	<p>In KWB-A ist im Gegensatz zu KKE eine nahezu vollständige bauliche bzw. bautechnische Abtrennung von Anlagenteilen mit hohem Gefährdungspotential (Brandlast) von sicherheitsrelevanten Anlagenteilen oder Raumbereichen unter Berücksichtigung von deren Redundanz nicht gegeben. Es sind aber soweit möglich Brandbekämpfungsabschnitte ausgebildet, wobei sich in vielen Anlagenbereichen jeweils zwei Redundanzen in einem Brandbekämpfungsabschnitt befinden. Zur Erfüllung der Anforderungen des Regelwerkes sind in beiden Anlagen in den Bereichen, wo eine vollständige bauliche bzw. bautechnische Trennung nicht möglich ist, kompensatorische Maßnahmen (siehe zu Merkmalen 2b, 3 und 5)vorgesehen.</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
	<p>Das Notspeisegebäude ist brandschutztechnisch vollständig durch bauliche Maßnahmen abgetrennt, die systemtechnischen Redundanzen sind brandschutztechnisch getrennt. Das Notspeisegebäude dient sowohl der Beherrschung von Auslegungstörfällen (Sicherheitsebene 3) als auch der Beherrschung von Notstandsfällen (Sicherheitsebene 4a).</p> <p>Im Maschinenhaus von KKE befinden sich, wie bei allen Konvoi-Anlagen, keine Einrichtungen des Sicherheitssystems. Die vorhandenen Maßnahmen zur baulichen bzw. bautechnischen Trennung werden demzufolge hier nicht bewertet.</p> <p>Detailangaben zu den in der Anlage KKE derzeit realisierten baulichen bzw. bautechnischen Maßnahmen liegen uns (mangels aktuell geltender, anlagenspezifischer Brandschutzpläne) nicht vor.</p>	<p>KWB verfügt über ein für beide Blöcke, KWB-A und KWB-B gemeinsames Notstandssystem zur Beherrschung von Notstandsfällen (Sicherheitsebene 4a). Dabei werden für die Einrichtungen des Notstandssystems Gebäude des jeweils anderen Kraftwerksblockes genutzt. Dadurch ist eine weitgehende brandschutztechnische Trennung durch bauliche bzw. bautechnische Maßnahmen gegeben.</p> <p>Im Maschinenhaus der Anlage KWB-A befinden sich 2 der 4 Stränge (2 x 50 %) der Notspeisewasserversorgung über turbinengetriebene Notspeisewasserpumpen, die weder voneinander noch vom restlichen Maschinenhaus brandschutztechnisch abgetrennt sind.</p>	<p>Hinsichtlich der sicherheitstechnischen Bedeutung der baulichen bzw. bautechnischen Trennungen im Maschinenhaus besteht zwischen den beiden Anlagen ein relevanter Unterschied. Während sich in KKE keine Sicherheitseinrichtungen im Maschinenhaus befinden, befinden sich bei KWB-A im Maschinenhaus 2 der 4 Stränge der Notspeisewasserversorgung. Die diesbezügliche Bewertung erfolgt in Bewertungsgegenstand 8</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
<p><b>2b: Brandschutztechnische Trennung durch Abschottungen/Kapselungen</b></p>	<p>In der Anlage KKE ist eine Kapselung von Ölbrandlasten (z. B. integrierte Ölversorgung der HKMP) /TÜV 01/ vorgesehen, um eine Brandausbreitung zu verhindern. Ein sicheres Einschließen ungeschützter Brandlasten ist nach /SIE 01/.soweit möglich realisiert.</p> <p>Es ist uns jedoch nicht im Einzelnen bekannt, inwieweit derzeit in der Anlage KKE welche brandschutztechnischen Maßnahmen zur Abschottung bzw. Kapselung von Brandlasten (insbesondere von Kabeln), wie beispielsweise Schutzbeschichtungen mit Dämmschichtbildnern oder Ummantelungen etc., realisiert sind.</p> <p>Zur Qualität der in KKE realisierten Maßnahmen, d.h. insbesondere zu den entsprechenden Feuerwiderstandsklassen der brandschutztechnischen Abschottungen, liegen uns derzeit keine belastbaren Informationen vor.</p>	<p>Nach unserer Kenntnis wurden in der Anlage KWB-A diverse Maßnahmen zur brandschutztechnischen Nachrüstung in Form von Abschottungen und Kapselungen ungeschützter Brandlasten vorgenommen.</p> <p>In sicherheitsrelevanten Raumbereichen mit Kabeln mehrerer Redundanzen (z.B. Rangierverteilterraum) sind Kapselungen der Kabelbrandlasten bzw. entsprechende Schutzmaßnahmen (z.B. Dämmschichtbildner) vorhanden /KWB 01/, um eine Funktionsbeeinträchtigung mehrerer Redundanzen im Brandfall zu verhindern.</p> <p>Der aktuell realisierte Umfang und die Art dieser Maßnahmen, wie z.B. die nachträgliche Beschichtung von Kabeln einer Redundanzgruppe im Rangierverteilterraum mit Dämmschichtbildnern, ist uns ebenso wie Qualität der in KWB-A realisierten sonstigen Brandschutzmaßnahmen, d.h. insbesondere die entsprechenden Feuerwiderstandsklassen der brandschutztechnischen Abschottungen, jedoch nicht oder nur unzureichend bekannt.</p>	<p>In KKE sieht das Konzept weitestgehend bauliche bzw. bautechnische Abtrennungen vor. Zusätzlich sind brandschutztechnische Trennungen durch Kapselungen ungeschützter Brandlasten und Abschottungen von Einrichtungen redundanter sicherheitsrelevanter Systeme in den Raumbereichen realisiert, wo bauliche Maßnahmen zur Redundanztrennung nicht möglich sind. Im Gegensatz dazu sind aufgrund der aus konstruktiven Gründen nicht so weitgehend möglichen baulichen bzw. bautechnischen Trennung in KWB-A (siehe auch zu /ROE 97/ vorgelegte Unterlagen) entsprechend Regelwerk /KTA 00/ zur Kompensation in größerem Umfang Kapselungen bzw. Abschottungen realisiert, über deren Qualität uns aber keine belastbaren Informationen vorliegen.</p>
<p><b>Merkmal 3: Maßnahmen und Einrichtungen zur zuverlässigen Brandbekämpfung</b></p>			

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
<p><b>3a. Stationäre Löschanlagen</b>  <b>1) automatisch ausgelöst</b></p>	<p>Es liegen uns derzeit keine Informationen zum Vorhandensein automatisch auszulösender stationärer Löschanlagen in der Anlage KKE vor. Nach unserer Kenntnis (die sich auf /SIE 01/ stützt) sind zumindest innerhalb des Sicherheitsbehälters keine automatisch auszulösenden stationären Löschanlagen vorhanden.</p>	<p>Nach /KWB 01/ sind im Schaltanlagengebäude der Anlage KWB-A in den Kabeldoppelböden mit hoher Kabelbrandlast automatisch auszulösende CO<sub>2</sub>-Gaslöschanlagen vorhanden sowie im Nebenanlagengebäude in Raumbereichen mit sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteilen und hohen Brandlasten automatisch auslösende Sprinkleranlagen als Nachrüstmaßnahme vorgesehen. Des Weiteren sollten nach /KWB 01/ EDV- und Rechnerräume entsprechend Anforderungen des Regelwerks /KTA 00/ mit automatisch auszulösenden CO<sub>2</sub>-Gaslöschanlagen nachgerüstet werden.</p> <p>Detaillierte Informationen über den aktuellen Stand der Umsetzung der geplanten Nachrüstmaßnahmen automatisch auszulösender stationärer Löschanlagen in der Anlage KWB-A betreffend liegen uns derzeit nicht vor.</p> <p>Die stationären Löschanlagen werden nach /KWB 01/ regelmäßig wiederkehrend geprüft, gewartet und instand gehalten.</p>	<p>In der Anlage KWB-A kommt im Gegensatz zu der Anlage KKE automatisch auszulösenden stationären Löschanlagen eine erhebliche Bedeutung als kompensatorische Maßnahme in den Raumbereichen zu, in denen eine konsequente vollständige bauliche bzw. brandschutztechnische Redundanztrennung durch Bildung von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten nicht möglich ist (z.B. Räume mit hoher Kabelbrandlast), um einen gleichwertigen Schutz zu erreichen.</p> <p>Nach unserer Kenntnis war in der Anlage KWB-A die Nachrüstung einer automatisch auszulösenden Gaslöschanlage im Rangierverteilterraum vorgesehen, zur Realisierung dieser Maßnahme liegen uns derzeit keine Erkenntnisse vor.</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
<b>3a. Stationäre Löschanlagen</b> <b>2) manuell ausgelöst</b>	<p>Die Anlage KKE verfügt über stationäre, manuell vor Ort auszulösende bzw. fernauszulösende Sprühwasserlöschanlagen in sicherheitstechnisch relevanten Raumbereichen mit hohen Brandlasten. Diese werden entsprechend geltendem Regelwerk /KTA 00/ regelmäßig wiederkehrend geprüft (in entsprechenden Intervallen mit Gutachterbeteiligung) und gewartet (siehe auch zu /ROE 97/ vorgelegte Unterlagen).</p>	<p>Die Anlage KWB-A verfügt über manuell fernauszulösende sowie vor Ort auszulösende stationäre Löschanlagen in sicherheitsrelevanten Anlagenbereichen mit hoher Brandlast und im Fall von nicht vollständiger bautechnischer bzw. brandschutztechnischer Redundanztrennung. Dabei handelt sich i. A. um Sprühwasserlöschanlagen (z.B. für die vier Hauptkühlmittelpumpen). Im Rangierverteilteraum sind nach unserem Kenntnisstand stationäre CO<sub>2</sub>-Gaslöschanlagen installiert.</p> <p>Die stationären Löschanlagen werden (siehe /KWB 01/ sowie zu /ROE 97/ vorgelegte Unterlagen) entsprechend geltendem Regelwerk /KTA 00/ regelmäßig wiederkehrend geprüft, gewartet und instand gehalten.</p>	<p>Beide Anlagen verfügen in Raumbereichen mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen oder in solchen, aus denen sich ein Brand in angrenzende Raumbereiche mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen ausbreiten kann oder in denen größere Mengen ungeschützter Brandlasten vorhanden sind, über schnell wirksame stationäre Löschanlagen hoher Zuverlässigkeit.</p> <p>In der Anlage KWB-A kommt im Gegensatz zu der Anlage KKE den stationären Löschanlagen eine erhöhte Bedeutung als kompensatorische Maßnahme in den Raumbereichen zu, in denen eine konsequente vollständige bauliche bzw. brandschutztechnische Redundanztrennung durch Bildung von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten nicht möglich ist (z.B. Rangierverteilteraum), um einen gleichwertigen Schutz zu erreichen.</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
<p><b>3b. Sonstige Löscheinrichtungen</b></p>	<p>Die Anlage verfügt über ein Feuerlöschwassersystem mit Ringleitung für das Löschwassernetz mit zwei Hälften, die so abgesperrt werden können, dass bei einer Leckage in einer Hälfte des Ringes die Versorgung der Löschanlagen (über die andere Hälfte des Ringsystems) dennoch gesichert ist.</p> <p>Das Löschwassersystem versorgt über entsprechende Steigleitungen innerhalb der Gebäude eine Zahl von Wandhydranten mit Löschwasser, an die im Brandfall die an den entsprechenden Stellen in ausreichender Menge vorhandenen Feuerwehrschräume angeschlossen zur Brandbekämpfung angeschlossen werden können.</p> <p>Außerhalb von den Gebäuden werden Überflurhydranten über das Löschwassersystem mit Löschwasser versorgt, an welche im Brandfall Feuerlöschschläuche zur Brandbekämpfung angeschlossen werden können.</p> <p>Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden wird entsprechend den Vorgaben des Regelwerks /KTA 00/ in den einzelnen Gebäuden eine ausreichende Anzahl schnell wirksamer mobiler Feuerlöschgeräte mit geeignetem Löschmittel (CO<sub>2</sub>, Pulver, Schaum) vorgehalten /SIE 01/.</p>	<p>Die Anlage verfügt über ein Feuerlöschwassersystem mit Ringleitung für das Löschwassernetz mit zwei Hälften, die so abgesperrt werden können, dass bei einer Leckage in einer Hälfte des Ringes die Versorgung der Löschanlagen (über die andere Hälfte des Ringsystems) dennoch gesichert ist.</p> <p>Das Löschwassersystem versorgt über entsprechende Steigleitungen innerhalb der Gebäude eine Zahl von Wandhydranten mit Löschwasser, an die im Brandfall die an den entsprechenden Stellen in ausreichender Menge vorhandenen Feuerwehrschräume angeschlossen zur Brandbekämpfung angeschlossen werden können.</p> <p>Außerhalb von den Gebäuden werden Überflurhydranten über das Löschwassersystem mit Löschwasser versorgt, an welche im Brandfall Feuerlöschschläuche zur Brandbekämpfung angeschlossen werden können.</p> <p>Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden wird entsprechend den Vorgaben des Regelwerks /KTA 00/ in den einzelnen Gebäuden eine ausreichende Anzahl schnell wirksamer mobiler Feuerlöschgeräte mit geeignetem Löschmittel (CO<sub>2</sub>, Pulver, Schaum) vorgehalten /KWB 01/.</p>	<p>Beide Anlagen verfügen entsprechend Regelwerk /KTA 00/ in Raumbereichen mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen oder in solchen, aus denen sich ein Brand in angrenzende Raumbereiche mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen ausbreiten kann oder in denen größere Mengen ungeschützter Brandlasten vorhanden sind, über geeignete, schnell wirksame Löscheinrichtungen zur manuellen Brandbekämpfung</p> <p>In Raumbereichen, wo eine vollständige Redundanztrennung weder durch bauliche bzw. bautechnische Maßnahmen und brandschutztechnische Abschottungen bzw. Kapselungen nicht realisierbar ist und keine stationären Löschanlagen vorhanden sind, kommt diesen Löscheinrichtungen in beiden Anlagen eine erhöhte sicherheitstechnische Bedeutung zu.</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
	Alle Löscheinrichtungen werden entsprechend den Vorgaben des geltenden Regelwerks /KTA 00/ regelmäßig wiederkehrend geprüft (in entsprechenden Intervallen mit Gutachterbeteiligung), gewartet und instand gehalten /SIE 01/.	Alle Löscheinrichtungen werden entsprechend den Vorgaben des geltenden Regelwerks /KTA 00/ regelmäßig wiederkehrend geprüft und instand gehalten /KWB 01/.	Eine zuverlässige Brandbekämpfung wird in beiden Anlagen durch regelmäßige Wartung und Instandhaltung aller Brandbekämpfungseinrichtungen sowie regelmäßig wiederkehrende Prüfungen mit Gutachterbeteiligung in dem erforderlichen Umfang gewährleistet.
<b>Merkmal 4: Maßnahmen beim Einbringen von Brandlasten während Wartung, Instandhaltung etc.</b>			
	<p>In der Anlage KKE sind nach den für die Untersuchungen in /ROE 97/ vorgelegten Unterlagen Maßnahmen zur Überwachung der während Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten eingebrachten Brandlasten vorgesehen. Gleichzeitig werden zusätzliche Schutzmaßnahmen bei brandgefährlichen Arbeiten ("Heißarbeiten") ergriffen, wie z.B. die Aufstellung so genannter "Brandwachen", d.h. zusätzliches Personal, welches einen Entstehungsbrand .schnell melden oder ggf. auch direkt löschen kann.</p> <p>Detaillierte Informationen zu den aktuell vorgesehenen einzelnen Maßnahmen liegen uns jedoch derzeit nicht vor.</p>	<p>In der Anlage KWB-A nach den für die Untersuchungen in /ROE 97 vorgelegten Unterlagen sind Maßnahmen zur Überwachung der während Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten eingebrachten Brandlasten vorgesehen. Gleichzeitig werden zusätzliche Schutzmaßnahmen bei brandgefährlichen Arbeiten ("Heißarbeiten") ergriffen, wie z.B. die Aufstellung so genannter "Brandwachen", d.h. zusätzliches Personal, welches einen Entstehungsbrand .schnell melden oder ggf. auch direkt löschen kann.</p> <p>Detaillierte Informationen zu den aktuell vorgesehenen einzelnen Maßnahmen liegen uns jedoch derzeit nicht vor.</p>	<p>In beiden Anlagen sind vorbeugende Schutzmaßnahmen beim Einbringen von Brandlasten während Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten etc. entsprechend den Forderungen des geltenden Regelwerks /KTA 00/ getroffen. Zu möglichen Unterschieden in der Ausführung dieser Maßnahmen können wir auf der Grundlage der vorhandenen Unterlagen keine Aussage machen.</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
<b>Merkmal 5: Maßnahmen zur zuverlässigen frühzeitigen Branderkennung und –alarmierung</b>			
	<p>Die Anlage KKE verfügt über eine flächendeckende Brandmeldeanlage mit automatischen Brandmeldern zur Branderkennung /SIE 01/. Die Meldungen werden ebenso wie Störungen in der Brandmeldeanlage auf der Kraftwerkswarte optisch und akustisch angezeigt. Damit wird eine zuverlässige frühzeitige Erkennung und Lokalisierung von Bränden entsprechend den Regelwerksanforderungen nach /KTR 06/ und /KTA 00/ gewährleistet.</p> <p>Zusätzlich verfügt KKE über Druckknopfmelder und Alarmtelefone zur Meldung von Bränden.</p> <p>Uns liegen derzeit keine belastbaren Informationen und Details zu Art und Anordnung der automatischen Brandmeldedetektoren, der Anordnung und Anzahl der Brandmeldeeinrichtungen und Technik der automatischen Brandmeldeanlage vor.</p>	<p>Die Anlage KWB-A verfügt über eine umfangreiche Brandmeldeanlage /KWB 01/ mit automatisch auslösenden Ionisations- und Rauchmeldern in Linientechnik entsprechend den jeweils vorhandenen Brandlasten, die u.a. jeden einzelne Elektronikschrank sowie den Kabelboden und den Kabelrost im Rangierverteilteraum überwachen. Die Meldungen werden ebenso wie Störungen in der Brandmeldeanlage auf der Kraftwerkswarte optisch und akustisch angezeigt. Damit wird eine zuverlässige frühzeitige Erkennung und Lokalisierung von Bränden entsprechend den Regelwerksanforderungen nach /KTR 06/ und /KTA 00/ gewährleistet.</p> <p>Zusätzlich verfügt KWB-A über manuell zu betätigende Druckknopfmelder zur Meldung von Bränden.</p> <p>Uns liegen derzeit keine aktuellen Informationen zu Nachrüstungen sowie Details die Anzahl und Verteilung automatischer Brandmeldedetektoren, die Art und Technik der Brandmeldezentralen sowie die Druckknopfmelder betreffend, vor.</p>	<p>Nach unserer Kenntnis verfügen beide Anlagen über wirksame und zuverlässige Einrichtungen und Maßnahmen zur Branderkennung und -alarmierung. Dabei stützt sich das Brandmeldekonzept auf automatische Brandmeldeanlagen und zusätzliche Einrichtungen für eine Brandmeldung durch vor Ort anwesende Personen entsprechend den Vorgaben des geltenden Regelwerks /KTA 00/.</p>



Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
	<p>Alle Brandmeldeeinrichtungen werden entsprechend den Vorgaben des geltendem Regelwerks /KTA 00/ regelmäßig wiederkehrend geprüft (in entsprechenden Intervallen mit Gutachterbeteiligung) sowie instand gehalten (siehe auch zu /ROE 97 vorgelegte Unterlagen).</p>	<p>Alle Brandmeldeeinrichtungen werden (siehe KWB 01/) entsprechend den Vorgaben des geltendem Regelwerks /KTA 00/ regelmäßig wiederkehrend geprüft (in entsprechenden Intervallen mit Gutachterbeteiligung) und instand gehalten /TÜV 05/.</p>	<p>Eine zuverlässige Brandmeldung wird in beiden Anlagen durch regelmäßige Wartung und Instandhaltung, regelmäßigen Austausch automatischer Brandmelder sowie regelmäßig wiederkehrende Prüfungen mit Gutachterbeteiligung in dem erforderlichen Umfang gewährleistet.</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
<b>Merkmal 6: Feuerwehr</b>			
	<p>Entsprechend den Anforderungen des geltenden Regelwerks /KTA 00/ verfügt die Anlage KKE entsprechend den für die Untersuchungen in /ROE 97 vorgelegten Unterlagen über eine Werkfeuerwehr, d.h. eine Feuerwehr aus dem Betriebspersonal nach Landesrecht (Landesfeuerwehrordnung Niedersachsen) in entsprechend geforderter Stärke (Anzahl, Qualifikation, etc.).</p> <p>Zusätzlich ist die für den Standort zuständige anlagenexterne freiwillige Feuerwehr mit den räumlichen Gegebenheiten der Anlage KKE sowie den kernkraftwerksspezifischen Gegebenheiten und des Strahlenschutzes) vertraut. Entsprechende Unterweisungen und Einsatzübungen werden in regelmäßigen Abständen durchgeführt.</p> <p>Uns liegen derzeit keine gesicherten Informationen vor, ob es sich bei der Werkfeuerwehr KKE um eine Berufsfeuerwehr entsprechend Feuerwehrdienstvorschrift (FwDV) oder eine freiwillige Feuerwehr nach FwDV handelt. Nach BHB (Brandschutzordnung) ist ein Teil der Werkfeuerwehr Teil der Schicht, ein Teil gehört zur Wachschicht.</p>	<p>Entsprechend den Anforderungen des geltenden Regelwerks /KTA 00/ verfügt die Anlage KWB entsprechend den für die Untersuchungen in /ROE 97 vorgelegten Unterlagen über eine Werkfeuerwehr für beide Kraftwerksblöcke nach Landesrecht (Landesfeuerwehrordnung Hessen) in entsprechend geforderter Stärke von 19 Mitarbeitern in der normalen Arbeitszeit und 13 außerhalb dieser, von denen der Schichtführer hauptberuflicher Oberbrandmeister und 2 Feuerwehrmänner ebenfalls in der Regel hauptberuflich und alle weiteren nebenberuflich tätig sind.</p> <p>Zusätzlich ist die für den Standort zuständige anlagenexterne freiwillige Feuerwehr mit den räumlichen Gegebenheiten der Anlage KWB-A sowie den kernkraftwerksspezifischen Gegebenheiten und des Strahlenschutzes) vertraut. Entsprechende Unterweisungen und Einsatzübungen werden in regelmäßigen Abständen (Begehungen mindestens halbjährlich, Feuerwehrübungen mindestens jährlich) durchgeführt.</p>	<p>Beide Anlagen verfügen über eine Werkfeuerwehr nach jeweils geltendem Landesrecht. Zusätzlich sind die für die Standorte zuständigen externen Feuerwehren mit den anlagenspezifischen und radiologischen Gegebenheiten vertraut.</p> <p>Mangels belastbarer Detailinformationen kann hier nicht bewertet werden, inwieweit Unterschiede zwischen den Feuerwehren in den beiden Anlagen bestehen und wie sich diese auswirken.</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
	<p>Nach aktueller Brandschutzordnung im BHB der Anlage KKE wird bei Ansprechen nur eines Brandmelders ein Einsatztrupp aus Schichtmitarbeitern der Werkfeuerwehr zur Lageerkundung entsendet. Im Falle der Brandverifizierung durch den Einsatztrupp wie auch bei Ansprechen von mindestens 2 automatischen Brandmeldern oder Brandalarm durch Auslösung eines Druckknopfmelder bzw. per Alarmtelefon erfolgt dann der Einsatz der Werkfeuerwehr bei gleichzeitiger Alarmierung der externen Feuerwehr.</p>	<p>Nach der aktuellen Brandschutzordnung im BHB der Anlage KWB werden automatische Brandmeldungen sofort dem Schichtleiter des betroffenen Blockes gemeldet, der zum einen die Alarmierung der im Kraftwerk anwesenden Werkfeuerwehrangehörigen und gleichzeitig die Überprüfung der Meldung in blockbezogenen Gebäuden durch feuerwehrtechnisch geschulte Mitarbeiter des Schichtpersonals veranlasst. Bei automatischen Brandmeldungen aus dem Kontrollbereich erfolgt direkt eine Alarmierung der Werkfeuerwehr, sofern nicht innerhalb von 4 min nach Eingang der automatischen Brandmeldung bestätigt wird, dass es sich um einen Fehlalarm handelt. Bei entsprechender eigener Einschätzung oder auf Anweisung des Einsatzleiters alarmiert der Schichtleiter zusätzlich die externe öffentliche Feuerwehr.</p>	

## 5 Bewertung

### Situation in KKE

In der Anlage KKE liegt nach /ROE 97/ ein Brandschutzkonzept zur Erfüllung der kern-technischen Schutzziele vor. Dieses basiert zum einen auf der grundsätzlichen Annahme des Vorhandenseins von Brandlasten und Zündquellen, wobei eine Entzündung brennbarer Stoffe prinzipiell unterstellt wird. Das Konzept sieht eine konsequente Minimierung von Brandlasten und potentiellen Zündquellen soweit möglich vor. Ungeschützte Brandlasten werden brandschutztechnisch durch Kapselung bzw. Abschottung geschützt.

Wie in allen modernen deutschen DWR-Anlagen (Konvoi und Vorkonvoi) wird grundsätzlich passiven Brandschutzmaßnahmen, d.h. baulichen bzw. bautechnischen Maßnahmen zur konsequenten Trennung von redundanten sicherheitstechnisch relevanten Komponenten und Systemen Vorrang gegenüber aktiven Maßnahmen gegeben. Damit ist eine nahezu vollständige Trennung aller vier Redundanzen (in verschiedenen Brandabschnitten) gegeben, die nur innerhalb des Reaktorgebäudes (Sicherheitsbehälterinnenraum, Reaktorgebäuderingraum und in vereinzelt in Bereichen mit Kabeldurchführungen nicht vollständig realisierbar ist. Bezüglich der Wirksamkeit der baulichen und bautechnischen Maßnahmen liegen uns zwar keine anlagenspezifischen Unterlagen zu KKE vor, nach unserer Kenntnis aus anderen, vergleichbaren Anlagen werden aber die Anforderungen nach dem gültigen KTA-Regelwerk erfüllt.

In solchen Raumbereichen, wo eine vollständige bauliche oder brandschutztechnische Trennung durch Bildung von Brandabschnitten oder Brandbekämpfungsabschnitten nicht oder nur unvollständig möglich ist, sind zusätzliche kompensatorische aktive Maßnahmen für eine zuverlässige, schnelle und erfolgreiche Branderkennung und -bekämpfung in KKE vorgesehen.

Bei den aktiven Brandschutzmaßnahmen sieht das Brandschutzkonzept eine schnelle und zuverlässige Branderkennung und -lokalisierung und eine wirksame und zuverlässige Brandbekämpfung entweder mittels manuell vor Ort oder fernangesteuert von

der Kraftwerkswarte auszulösender ortsfester Löschanlagen oder mittels manuell von der vorhandenen Werkfeuerwehr nach Landesrecht einzusetzenden mobiler Brandbekämpfungseinrichtungen (mobile Feuerlöschgeräte und Brandbekämpfung mittels Wasser des Feuerlöschsystems über Hydranten und Feuerlöschschläuche) vor.

Es lässt sich feststellen, dass die kerntechnischen Schutzziele im Falle anlageninterner Brände eingehalten werden. Das brandschutztechnische Sicherheitsniveau der Anlage KKE entspricht dem aktuell geltenden Regelwerk /KTA 00/.

### **Situation in KWB-A**

Das in der Anlage KWB-A nach /ROE 97/ zur Erfüllung der kerntechnischen Schutzziele nach Regelwerk /KTA 00/ vorliegende Brandschutzkonzept basiert auf folgenden Grundsätzen:

- Ausreichender Schutz von Anlagenbereichen mit radioaktiven Stoffen,
- Abtrennung von Anlagenteilen mit hohem Gefährdungspotential (Brandlast) von sicherheitstechnisch relevanten Anlagenteilen oder Raumbereichen,
- komponentenspezifische Schutzeinrichtungen,
- Maßnahmen des Brandschutzes.

Das Vorhandensein von Brandlasten und Zündquellen wird ebenso wie eine Entzündung brennbarer Stoffe prinzipiell unterstellt. Brandlasten und Zündquellen werden jedoch soweit möglich minimiert bzw. ungeschützte Brandlasten brandschutztechnisch durch Kapselung bzw. Abschottung geschützt.

Das Brandschutzkonzept gibt prinzipiell passiven Brandschutzmaßnahmen, d.h. baulichen bzw. bautechnischen Maßnahmen Vorrang. Dieser Vorrang lässt sich jedoch konstruktiv bedingt nicht vollständig realisieren. Redundant vorhandene sicherheitstechnisch relevante Einrichtungen sind grundsätzlich räumlich getrennt angeordnet bzw. durch bauliche Maßnahmen abgetrennt. Dabei sind jedoch in einigen Raumbereichen jeweils zwei der vier Redundanzen zu einer Gruppe zusammengefasst. Zur Wirksamkeit der baulichen und bautechnischen Brandschutzmaßnahmen (z. B. Feuerwiderstandsdauer) liegen uns keine belastbaren Informationen vor. In Raumbereichen, in

denen eine vollständige bauliche oder brandschutztechnische Trennung durch Bildung von Brandabschnitten oder Brandbekämpfungsabschnitten nicht oder nur unvollständig möglich ist, sind in KWB-A zur Kompensation aktive Maßnahmen für eine zuverlässige, schnelle und erfolgreiche Branderkennung und -bekämpfung vorgesehen, um einen gleichwertigen Schutz zu erreichen. Dabei stützt sich das Konzept auf ein Zusammenwirken einer schnellen und zuverlässigen Branderkennung und -lokalisierung mittels der vorhandenen Brandmeldeeinrichtungen mit einer schnell erfolgenden wirksamen Brandbekämpfung mittels der ortsfesten, manuell vor Ort oder fernangesteuert von der Kraftwerkswarte auszulösenden Löschanlagen und der manuell zu betätigenden Brandbekämpfungseinrichtungen (mobile Feuerlöschgeräte und Brandbekämpfung mittels Wasser des Feuerlöschsystems über Hydranten und Feuerlöschschläuche), wobei von einem schnellen und erfolgreichen Einsatz der gut ausgebildeten und mit den Gegebenheiten wohl vertrauten Werksfeuerwehr mit zum Teil hauptberuflichen Mitarbeitern zusätzlich Kredit genommen wird.

Nach /TÜV 05/ ist festzustellen, dass die Schutzziele im Falle anlageninterner Brände eingehalten werden können. Im Hinblick auf den Stand von Wissenschaft und Technik ergeben sich aber Abweichungen durch die konstruktiv bedingte eingeschränkte brandschutztechnische Redundanztrennung. Inwieweit diese Abweichungen durch andere, insbesondere aktive Brandschutzmaßnahmen vollständig kompensiert werden, ist auf Basis der uns derzeit vorliegenden Unterlagen nicht bewertbar. Dazu bedarf es vertiefter Untersuchungen mit belastbaren Detailinformationen zu den aktuellen Anlagengegebenheiten sowie anderer methodischer Bewertungsansätze.

## 5.1 Relevante Unterschiede

Aus unserer Sicht bestehen folgende sicherheitstechnisch relevanten Unterschiede bezüglich der Vermeidung und Beherrschung des anlageninternen Ereignisses Brand zwischen den beiden Anlagen:

**Zu Merkmal 1:** Minimierung von Brandlasten und potentiellen Zündquellen zur Vermeidung von Entstehungsbränden

- In der Anlage **KKE** erfolgt die geforderte Minimierung von ungeschützten Brandlasten weitestgehend mittels baulicher bzw. brandschutztechnischer Abtrennungen

und Schottungen sowie innerhalb des Sicherheitsbehälters durch den Einsatz spezieller Kabel mit verbesserten Eigenschaften im Brandfall.

- In der Anlage **KWB-A** hingegen erfolgt die Minimierung ungeschützter Brandlasten vorrangig mittels brandschutztechnischer Abschottungen und Kapselungen einschließlich Schutzbeschichtungen.

**Zu Merkmal 2:** Redundanztrennung durch bauliche bzw. bautechnische oder brandschutztechnische Maßnahmen

- In der Anlage **KKE** ist das Konzept des Vorrangs passiver, d.h. baulicher bzw. bautechnischer oder brandschutztechnischer Maßnahmen vor kompensatorischen aktiven Maßnahmen einer zuverlässigen frühzeitigen Brandmeldung und zuverlässigen und wirksamen Brandbekämpfung nahezu vollständig realisiert, es liegt eine weitestgehende Trennung aller vier Redundanzen von Einrichtungen des Sicherheitssystems vor.
- In der Anlage **KWB-A** sind redundant vorhandene sicherheitstechnisch relevante Einrichtungen zwar grundsätzlich räumlich getrennt angeordnet bzw. durch bauliche Maßnahmen abgetrennt, wobei jedoch jeweils zwei Redundanzen zu einer Gruppe zusammengefasst sind (z.B. im Rangierverteilterraum). Die fehlende bauliche bzw. bautechnische Trennung wird durch zusätzliche brandschutztechnische Maßnahmen, wie Kapselung oder Abschottungen (z.B. Einsatz von Dämmschichtbildnern auf Kabeln einer Redundanzgruppe), zusammen mit dem Einsatz aktiver Maßnahmen zur Branderkennung und -bekämpfung entsprechend Vorgaben des Regelwerkes /KTA 00/ kompensiert. Dabei wird auf eine schnelle Lokalisierung eines Entstehungsbrandes durch eine hohe Zuverlässigkeit der Brandmeldung und den schnellen Einsatz der Feuerwehr zurückgegriffen. Über die Qualität der baulichen und bautechnischen Brandschutzmaßnahmen sowie der realisierten Maßnahmen zur Kompensation der nicht vollständigen baulichen bzw. bautechnischen Redundanztrennung liegen uns derzeit keine belastbaren Informationen vor.
- Brände im Maschinenhaus von **KKE** betreffen weitgehend nur die Verfügbarkeit der Anlage, da sich dort, wie bei allen Konvoi-Anlagen, keine Einrichtungen des Sicherheitssystems befinden.

- Brände im Maschinenhaus von **KWB-A** können hingegen die Sicherheit der Anlage beeinträchtigen, da sich bei **KWB-A** im Maschinenhaus 2 der 4 redundanten Stränge der Notspeisewasserversorgung über turbinengetriebene Notspeisewasserpumpen befinden, die weder voneinander noch vom restlichen Maschinenhaus brandschutztechnisch abgetrennt sind (Bewertung siehe Bewertungsgegenstand (BG) 08).

### **Zu Merkmal 3:** Maßnahmen und Einrichtungen zur zuverlässigen Brandbekämpfung

- Das Brandschutzkonzept beider Anlagen beinhaltet das Vorhandensein schnell und ausreichend wirksamer, zuverlässiger Brandbekämpfungseinrichtungen entsprechend nationalen wie internationalen Regelwerksvorgaben /KTA 00/, /IAE 00/ und /IAE 04/. In der Anlage **KWB-A** kommt im Gegensatz zu der Anlage **KKE** einer schnellen Brandbekämpfung mittels dieser Einrichtungen und Maßnahmen und insbesondere den stationären Löschanlagen eine erhöhte Bedeutung zu, da das Brandschutzkonzept diese als kompensatorische Maßnahme in den Raumbereichen vorsieht, in denen eine konsequente brandschutztechnische Redundanztrennung weder baulich bzw. bautechnisch durch Bildung von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten noch durch brandschutztechnische Trennung mittels Kapselung bzw. Abschottung in der notwendigen Vollständigkeit gegeben ist (z.B. Rangierverteilterraum).

### **Zu Merkmal 5:** Maßnahmen zur zuverlässigen frühzeitigen Branderkennung und -alarmierung

- Das Brandschutzkonzept beider Anlagen beinhaltet das Vorhandensein ausreichend zuverlässiger Brandmeldeeinrichtungen entsprechend nationalen wie internationalen Regelwerksvorgaben /KTA 00/, /IAE 00/ und /IAE 04/ für eine schnelle Erkennung und Lokalisierung von Bränden. In **KWB-A** kommt diesen Einrichtungen und Maßnahmen eine höhere Bedeutung zu, da dort das Brandschutzkonzept Kredit von einer schnellen und zuverlässigen Branderkennung und -lokalisierung zusammen mit einer anschließenden hoch zuverlässigen und ausreichend wirksamen Brandbekämpfung als kompensatorische Maßnahme in den Raumbereichen nimmt, in denen eine vollständige brandschutztechnische Trennung weder durch bauliche Abtrennung noch durch brandschutztechnische Trennung mittels Kapselung bzw. Abschottung gegeben ist (z.B. Rangierverteilterraum).



## 5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Vor dem Hintergrund von Untersuchungen der GRS /ROE 97/ zur Einwirkung "Anlageninterner Brand" sowie auf der Basis vorliegender Sicherheitsüberprüfungen /KWB 01/ und /SIE 01/ beider Anlagen und deren Begutachtung /TÜV 01/ und /TÜV 05/ lassen sich folgende Bewertungen ableiten:

In beiden Anlagen ist ein Brandschutzkonzept vorhanden, um die kerntechnischen Schutzziele entsprechend Regelwerk /KTA 00/ zu erfüllen. Die Brandschutzkonzepte der beiden Anlagen weisen Unterschiede auf.

**Zu Merkmal 1:** Minimierung von Brandlasten und potentiellen Zündquellen zur Vermeidung von Entstehungsbränden

- In beiden Anlagen werden Brandlasten und potentielle Zündquellen weitgehend minimiert, um Entstehungsbränden zu verhindern. Während im Kernkraftwerk Emsland (**KKE**) die Minimierung ungeschützter Brandlasten weitestgehend durch bauliche bzw. brandschutztechnische Abtrennungen sowie innerhalb des Sicherheitsbehälters durch den Einsatz spezieller Kabel mit verbesserten Eigenschaften im Brandfall erfolgt, erfolgt diese im Kernkraftwerk Biblis, Block A (**KWB-A**) vermehrt über brandschutztechnische Kapselungen und Abschottungen einschließlich Schutzbeschichtungen. Eine Bewertung dieser Unterschiede bedürfte eines detaillierten Vergleichs des Ist-Zustandes, der im Rahmen der hier durchgeführten Analyse nicht möglich ist.

**Zu Merkmal 2:** Redundanztrennung

- Das Brandschutzkonzept in **KKE** beinhaltet eine nahezu vollständige bauliche bzw. bautechnische Redundanztrennung aller vier Redundanzen bzw. brandschutztechnische Abschottung in entsprechender Feuerwiderstandsqualität. Nur in Ausnahmefällen, wo derartige passive Maßnahmen nicht vollständig realisierbar sind, sind zusätzlich kompensatorische aktive Brandschutzmaßnahmen vorgesehen. Im Gegensatz dazu ist in **KWB-A** schon vom Konzept her eine bauliche bzw. bautechnische Abtrennung von Anlagenteilen mit hohem Gefährdungspotential (Brandlast) von sicherheitsrelevanten Anlagenteilen oder Raumbereichen unter Berücksichtigung von deren Redundanz nur eingeschränkt gegeben. Das Brandschutzkonzept in **KWB-A** sieht soweit möglich die Bildung von Brandbekämp-

fungsabschnitten vor, wobei sich in vielen Anlagenbereichen jeweils zwei der vier Redundanzen in einem Brandbekämpfungsabschnitt befinden. In den Bereichen, wo eine vollständige bauliche bzw. bautechnische Trennung konstruktiv bedingt nicht möglich ist, sind vorrangig brandschutztechnische Kapselungen und Abschottungen einschließlich Schutzbeschichtungen in Verbindung mit zusätzlichen kompensatorischen Maßnahmen zur Brandmeldung und -bekämpfung vorgesehen.

Konzeptionell ist bei einer deterministischen Betrachtungsweise der in **KKE** realisierte Vorrang passiver Maßnahmen vor aktiven Maßnahmen als sicherheitstechnisch günstiger zu bewerten. Die Bewertung der Gesamtheit aller Maßnahmen hängt jedoch erheblich von der Qualität und Ausführung der Maßnahmen (u.a. Feuerwiderstandsdauer baulicher bzw. brandschutztechnischer Abtrennungen, Zuverlässigkeit der Brandbekämpfung) ab. Zur Wirksamkeit passiver baulicher und bautechnischer Maßnahmen zur Redundanztrennung kann aber keine vergleichende Bewertung erfolgen, da für **KWB-A** hierzu keine belastbaren Informationen vorliegen. Vergleichende quantitative Bewertungen zwischen aktiven und passiven Brandschutzmaßnahmen sind nur mit vertieften probabilistischen Methoden durchführbar und können unter den gegebenen Randbedingungen des Vorhabens hier nicht durchgeführt werden.

- Während das Maschinenhaus von **KKE** keine Einrichtungen der Sicherheitssysteme beinhaltet, kommt dem Maschinenhaus von **KWB-A** eine erhöhte sicherheitstechnische Bedeutung im Brandfall zu, da sich dort zwei der vier redundanten Stränge des Notspeisewassersystems befinden, die brandschutztechnisch weder voneinander noch von den weiteren Raumbereichen des Maschinenhauses getrennt sind. Deshalb ist die die Situation in der Anlage **KKE** als sicherheitstechnisch günstiger zu bewerten als in der Anlage **KWB-A**.

**Zu Merkmal 3:** Maßnahmen und Einrichtungen zur zuverlässigen Brandbekämpfung und **Merkmal 5:** Maßnahmen zur zuverlässigen frühzeitigen Branderkennung und -alarmierung

- Anhand der vorliegenden Unterlagen ist eine unmittelbare vergleichende Bewertung dieser Merkmale nicht möglich. Unterstellt man ein ähnliches sicherheitstechnisches Niveau diese Merkmale und ihre Umsetzung betreffend bei **KKE** und **KWB-A**, so kommt diesen Merkmalen in **KWB-A** aber eine wesentlich höhere Bedeutung zu als in **KKE**, da das Brandschutzkonzept von **KWB-A** in den Raumbereichen

reichen, in denen eine konsequente vollständige bauliche bzw. brandschutztechnische Redundanztrennung durch Bildung von Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten nicht möglich ist, verstärkt Kredit von diesen aktiven Brandschutzmaßnahmen nimmt (siehe Merkmal 2). Konzeptionell wird deshalb die Situation in **KKE** zu diesen Merkmalen als sicherheitstechnisch günstiger eingeschätzt.

### **5.3 Fazit**

Aufgrund der konzeptionellen anlagentechnischen Unterschiede im Brandschutz der Anlagen KKE und KWB-A ist das brandschutztechnische Sicherheitsniveau von KKE grundsätzlich als sicherheitstechnisch günstiger zu bewerten. Die konzeptionellen Schwachstellen in KWB-A erfordern erweiterte Brandschutzmaßnahmen. Inwieweit die konzeptionellen Schwachstellen des KWB-A durch solche erweiterten Brandschutzmaßnahmen kompensiert worden sind, kann im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht nachvollzogen werden.

## 6 Literatur

- /BMU 01/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU):  
Grundsätze der Tätigkeit von Sachverständigen im Auftrag der  
Bundesaufsicht über die Ausführung des Atomgesetzes im Hinblick auf  
Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren und sonstige Reaktoren  
(Sachverständigen-Grundsätze der Bundesaufsicht über Atomkraftwerke),  
Stand: Juli 2001
- /BMU 06/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU):  
SR 2569 "Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu  
ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen  
zur Reststrommengenübertragung", 05.12.2006
- /IAE 00/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
Fire Safety in the Operation of Nuclear Power Plants, Safety Guide No. NS-  
G-2.1, Vienna; 2000
- /IAE 04/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
Protection against Internal Fires and Explosions in the Design of Nuclear  
Power Plants, Safety Guide No. NS-G-1.7, Vienna; 2004
- /KTA 00/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA):  
Sicherheitstechnische Regel des KTA: KTA 2101, Brandschutz in  
Kernkraftwerken, Teil 1-3, Fassung 12/00; Dezember 2000
- /KTR 06/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Öko-Institut  
e.V., Physikerbüro Bremen:  
Aktualisierung des Kerntechnischen Regelwerks, Module 1 – 11,  
Revision B, Entwurf Stand: September 2006, BMU-Vorhaben SR 2475,  
2006

/ROE 97/ Röwekamp, M., W. Kuntze, H. Liemersdorf:  
Auswertung der von der RSK angeregten Sicherheitsstatusberichte zum  
Brandschutz in Betrieb befindlicher deutscher Kernkraftwerke,  
GRS-A-2469, Köln, Mai 1997



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische  
Überprüfung von Anla-  
gen zu ausgewählten  
Anforderungen und  
Ereignissen im Rahmen  
von Anträgen zur Rest-  
strommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 16:

„ATWS: Ausfall Hauptspei-  
sersversorgung  
ATWS: Notstromfall“

SR 2569



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 16:  
„ATWS: Ausfall Hauptspeisewasserversorgung  
ATWS: Notstromfall“

Mai 2007

Auftrags-Nr.: 820410

**Anmerkung:**

Dieser Bericht ist im Auftrag des BMU im Rahmen des Vorhabens SR 2569 erstellt worden. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers und der Unterauftragnehmer wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

## Vorwort

Im Atomgesetz wurden mit der Änderung vom 26.04.2002 die Reststrommengen für die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksblöcke in Deutschland festgelegt. Über die Zustimmung zur Übertragung von Elektrizitätsmengen entscheidet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Im Rahmen der Entscheidungsfindung des BMU über die Anträge auf Übertragung von Elektrizitätsmengen hat das BMU auch eine vergleichende Sicherheitsüberprüfung zwischen einer Anlage, die Strommengen abgibt und derjenigen, welche die Strommengen bekommen soll, vorgesehen. Da in der zur Verfügung stehenden Zeit keine in Prüfungsumfang und -tiefe mit der Durchführung und der sachverständigen Prüfung von Sicherheitsüberprüfungen nach § 19a AtG vergleichbare, umfassende Ermittlung und sicherheitstechnische Bewertung beider Anlagen möglich ist, beauftragte das BMU die GRS, zusammen mit benannten Unterauftragnehmern mit der „Sicherheitstechnischen Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“ /BMU 06/. Auftragsgegenstand sind punktuelle Untersuchungen einzelner Bewertungsgegenstände, die gemeinsam von BMU, GRS und den Unterauftragnehmern festgelegt wurden. Um dem BMU eine vergleichende Bewertung zu ermöglichen, ob sichergestellt ist, dass die beantragte Übertragung von einer älteren auf eine neuere Anlage nicht zu Lasten der Sicherheit geht, wurden sicherheitstechnisch relevante Bewertungsgegenstände für jede beantragte Übertragung insbesondere unter Beachtung folgender Kriterien ausgewählt:

- die anlagentechnischen Gegebenheiten der antragsgemäß betroffenen abgebenden und empfangenden Anlage beinhalten wesentliche Unterschiede und / oder
- die Bewertungsgegenstände berühren Entwicklungen seit Genehmigungserteilung bezüglich des Standes von Wissenschaft und Technik und
- die Untersuchungen sind in der zur Verfügung stehenden Zeit voraussichtlich durchführbar.



Dabei wird die sicherheitstechnische Fragestellung weitgehend auf die Beherrschbarkeit von zu erwartenden oder im Rahmen der Nachweisführung postulierten Ereignismöglichkeiten bezogen.

Die Durchführung eines nur punktuellen, aber die genannten Auswahlkriterien beachtenden Prüfprogramms ist aus Sicht des Auftraggebers gerechtfertigt, da der Gesetzgeber die Festlegung der konkreten Maßstäbe für die Prüfung, ob die beabsichtigte Übertragung zu Lasten der Sicherheit ginge und deren willkürfreie Anwendung in § 7 Abs. 1b Satz 2 AtG der Exekutive überlassen hat; Art und Umfang der Ermittlung der für seine Sicherheitsbewertung entscheidungserheblichen Tatsachen sind vom BMU im Rahmen seines Verfahrensermessens zu bestimmen.

Das Überprüfungskonzept basiert auf einer Auswertung und Bewertung von Unterlagen, die der Betreiber für die einzelnen Bewertungsgegenstände dem BMU vorlegen soll. Für den Fall, dass keine spezifischen Unterlagen vorgelegt werden, ist auftragsgemäß vorgesehen, alle Dokumente und Informationen, die in den beteiligten Sachverständigenorganisationen für die hier anstehenden Aufgaben zur Verfügung stehen, für diese Überprüfung zu nutzen. Da diese Dokumente und Informationen hinsichtlich ihrer Aktualität und Belastbarkeit sehr unterschiedlich sein können, wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein einheitlich klassifizierter Unterlagen- und Quellennachweis vorgelegt. Dabei wird zwischen den folgenden Kategorien unterschieden:

- Kategorie 1: im atomrechtlichen Verfahren geprüfte / begutachtete bzw. vom BMU freigegebene Unterlagen,
- Kategorie 2: Stellungnahmen der RSK bzw. der SSK und
- Kategorie 3: nicht im Sinne von Kategorie 1 geprüfte Unterlagen, die jedoch nach Auffassung der Auftragnehmer Informationen zum Sachverhalt enthalten.

Die vergleichenden Darstellungen zu den einzelnen Bewertungsgegenständen basieren jeweils auf diesen Unterlagen und spiegeln den darin wiedergegebenen Anlagenzustand wieder. Abweichungen zum derzeitigen Anlagenzustand aufgrund zwischenzeitlich durchgeführter Änderungen sind nicht auszuschließen.

Bewertungsmaßstab ist der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik. Dabei sind neben dem Erfüllungsgrad von regulatorischen Sicherheitsanforderungen bezüglich der Beherrschbarkeit von Ereignissen insbesondere auch die anlagenspezifischen Reserven in die Bewertung einzubeziehen. Aufgrund der Begrenzungen in der Bearbei-

tungszeit und im Umfang und Detaillierungsgrad der Unterlagen erfolgt aber keine vollständige Überprüfung sondern eine Fokussierung auf wesentliche grundlegende Sicherheitsanforderungen. Die für die jeweiligen Bewertungsgegenstände spezifischen Bewertungsmerkmale werden in den einzelnen Berichten ausgewiesen. Die Bewertungsmerkmale beziehen sich grundsätzlich entweder unmittelbar auf grundlegende Sicherheitsanforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik oder mittelbar auf anlagentechnisch vergleichbare Sicherheitsfunktionen mit Anforderungen entsprechend des gestaffelten Sicherheitskonzepts. Die Bewertung der Sicherheitsfunktionen erfolgt im Wesentlichen im Hinblick auf deren Wirksamkeit und Qualität.

Auftragsgemäß sollen die Überprüfungen anhand deterministischer Bewertungsweisen erfolgen. Dieser methodische Ansatz kann in einigen Fällen dazu führen, dass bei der vergleichenden Bewertung von komplexen Systemkonstellationen bezüglich der Beherrschbarkeit eines Ereignisses keine eindeutige, abschließende Bewertung möglich ist. Im Rahmen der hier vorgesehenen Bewertungen wären weiterführende probabilistische Bewertungen auch aufgrund fehlender spezifischer Unterlagen in der vorgesehenen Bearbeitungszeit nicht durchführbar und sind daher auftragsgemäß nicht vorgesehen.

Es besteht daher Einvernehmen mit dem BMU darin, dass aufgrund der Begrenzung der Überprüfungsdauer und der Unterlagensituation wesentliche Anforderungen der "Sachverständigengrundsätze für die Bundesaufsicht" /BMU 01/ nicht eingehalten werden können. Die Abweichungen beziehen sich insbesondere auf die Vollständigkeit, Aktualität und Belastbarkeit von Unterlagen bei der Sachverhaltsermittlung sowie die Bewertungsmethoden, die im vorliegenden Fall weitgehend auf ingenieurmäßige Betrachtungsweisen eingeschränkt sind.

Die durchgeführten Sicherheitsvergleiche beinhalten keine aufsichtliche Überprüfung der betroffenen Anlagen. Auftragsgemäß wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein separater Ergebnisbericht erstellt. Eine Gesamtbewertung ist nicht beauftragt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale</b> .....	<b>2</b>
2.1	Beschreibung des Ereignisablaufs.....	2
2.2	Bewertungsmerkmale .....	3
<b>3</b>	<b>Verwendete Unterlagen</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Anlagenvergleich</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Bewertung</b> .....	<b>17</b>
5.1	Relevante Unterschiede.....	17
5.2	Bewertung der relevanten Unterschiede.....	18
5.3	Fazit .....	18
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>20</b>

## **1 Einleitung**

Im vorliegenden Bericht geht es um sicherheitstechnische Vergleiche im Zusammenhang mit dem Antrag (Hilfsantrag) der RWE Power AG vom 26.09.2006 an das BMU auf Übertragung von Reststrommengen vom Kernkraftwerk Emsland (KKE) auf das Kernkraftwerk Biblis Block A (KWB-A). Dazu wurden von der GRS in Abstimmung mit dem BMU 20 Bewertungsgegenstände definiert. Auftragsgemäß erfolgt für jeden Bewertungsgegenstand (BG) eine separate Auswertung.

Nachfolgend wird der Bewertungsgegenstand 16 „ATWS: Ausfall Hauptspeisewasserversorgung, ATWS: Notstromfall“ behandelt. Diese Ereignisse werden in die Sicherheitsebene 4a eingestuft.

## **2           Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale**

### **2.1           Beschreibung des Ereignisablaufs**

Gemäß den RSK Leitlinien für Druckwasserreaktoren (DWR) /RSK 81/ ist für eine Auswahl von Betriebstransienten der Verlauf dieser Transienten auch unter der Annahme zu untersuchen, dass das Reaktorschnellabschaltssystem vollständig ausfällt (Anticipated Transient without Scram, ATWS). Von diesen Transienten werden im Folgenden als erfahrungsgemäß abdeckende ATWS Ereignisse die Fälle „Ausfall Hauptspeisewasserversorgung“ und „Notstromfall“ betrachtet.

Beim angenommenen mechanischen Versagen der Steuerelemente (SE), d.h. wenn die SE im Anforderungsfall nicht bewegt werden können, sind sowohl die Reaktorschnellabschaltung als auch die Reaktorregelung und die Reaktorleistungsbegrenzung unwirksam. Das postulierte mechanische Versagen der SE stellt deshalb den ungünstigeren Fall dar, da bei einem unterstellten Ausfall der Auslösung der Reaktorschnellabschaltung (RESA) die SE durch Begrenzung oder Regelung eingeworfen bzw. eingefahren würden. Jedoch werden alle anderen Maßnahmen, wie z.B. Turbinenschnellschluß (TUSA), ausgelöst. Die Reduktion der Reaktorleistung erfolgt in diesem Fall kurzfristig durch die Reaktivitätsrückwirkung des Temperaturanstiegs im Brennstoff sowie der Kühlmitteldichteverringering und langfristig durch die Einspeisung von hochboriertem Kühlmittel in den Reaktorkreislauf.

Das Verhalten der Gesamtanlage kann abdeckend anhand des ATWS-Falles „Vollständiger Ausfall der Speisewasserversorgung“ erläutert werden, da dies der relevante Störfall hinsichtlich des maximalen Störfalldruckes ist.

Nach dem Ausfall der Speisewasserversorgung fallen die Füllstände in den Dampferzeugern sekundärseitig rasch ab, so dass nach ca. 100 Sekunden die Notbespeisung aktiviert wird. Es kommt zu einem Anstieg des Druckes im Reaktorkühlkreislauf, so daß RESA (unwirksam) und TUSA ausgelöst werden. Die ebenfalls ansteigende Kühlmitteltemperatur führt über Reaktivitätsrückwirkungen infolge der Kühlmitteldichteverringering zu einer Leistungsreduzierung, wobei das Ausmaß der Leistungsreduzierung im wesentlichen abhängig ist von der Größe dieser Reaktivitätsrückwirkung (Kühlmitteltemperaturkoeffizient der Reaktivität). Bei betragsmäßig kleinem Kühlmitteltemperaturkoeffizienten und damit geringerer Leistungsreduktion kann es bei steigendem Frisch-

dampf (FD) -Druck zum Ansprechen der FD-Sicherheitsventile kommen. Da die aktivierte Notbespeisung der Dampferzeuger aufgrund des noch hohen Leistungsniveaus den Füllstand der Dampferzeuger nicht halten kann, kommt es sekundärseitig zum Ausdampfen. Die damit verbundene Verschlechterung des Wärmeübertragungsverhaltens der Dampferzeuger führt zu einem starken Anstieg der Kühlmitteltemperaturen und damit des Kühlmitteldrucks und des Füllstands im Druckhalter. Neben dem Druckhalter (DH) -Abblaseventil sprechen auch die Sicherheitsventile an (Abblasen von Wasser) und begrenzen den Druck.

## 2.2 Bewertungsmerkmale

Gemäß /RSK 81/ bzw. /RSK 05/ ist zu zeigen, daß es bei ATWS Ereignissen nicht zu unzulässigen Drücken kommt, bei denen ein Versagen insbesondere von Komponenten der Druck führenden Umschließung (DFU) nicht mehr ausgeschlossen ist, und daß der Reaktorkern abschalt- und kühlbar bleibt.

Gemäß /RSK 05/ kann die Analyse der ATWS Ereignisse mit realistischen Anfangs- und Randbedingungen durchgeführt werden, als Anfangszustand ist vom quasistationären Leistungsbetrieb im ungünstigsten Zykluszeitpunkt auszugehen. Mit Ausnahme der als gestört angenommenen Maßnahmen oder Einrichtungen können generell alle übrigen Systeme als funktionsfähig vorausgesetzt werden, solange ihre Funktionsfähigkeit nicht durch die Auswirkungen des Ereignisses beeinträchtigt wird. Im Kurzzeitbereich (Zeit bis einschließlich des Druckmaximums) können im Rahmen der Analyse von ATWS- Ereignissen nur Funktionen mit höherwertiger Ansteuerung (Kapitel 7 RSK-LL- Kategorie 1 und 2) berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass das Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen (HKMP) bei entsprechender Auslegung der Ansteuerung in der Analyse von ATWS- Ereignissen berücksichtigt werden kann.

Vor dem Hintergrund dieser Anforderungen wurden für die hier durchgeführten vergleichenden Betrachtungen die folgenden Bewertungsmerkmale herangezogen:

Merkmal 1: Verhältnis Leistung/Primärkreisinventar

Merkmal 2: Kernauslegung und Nachweisumfang

Merkmal 3: Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen

- Merkmal 4: Qualität der Ansteuerung von kurzfristig erforderlichen Maßnahmen
- Merkmal 5: Maximal berechnete Drücke im Primärsystem
- Merkmal 6: Nachweisstand zur Einhaltung der maximal zulässigen Spannungen in der DFU gemäß den RSK Leitlinien
- Merkmal 7: Nachweisstand zum Erhalt der Kühlbarkeit des Reaktorkerns
- Merkmal 8: Einrichtungen zur Borierung
- Merkmal 9: Primärseitige Druckentlastungseinrichtungen

### 3            **Verwendete Unterlagen**

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/BHB KKE/ Betriebshandbuch Kernkraftwerk Emsland (KKE), Stand 31.10.2006

/BHB KWB-A/ Betriebshandbuch Kernkraftwerk Biblis, Block A (KWB-A), Stand  
30.06.2006

/KKE/        Kernkraftwerk Emsland, Reaktor- und Reaktorkühlsystem JA, JE, KKET-  
6321852-G--

/KKE 03a/ Kernkraftwerk Emsland, Systembeschreibung KBA Volumenregelsystem,  
A2/B/2.08.09/0515-D, 07.10.2003

/KKE 03b/ Kernkraftwerk Emsland, Systembeschreibung KBC Borsäure- und Deiona-  
teinspeisung, A2/B/2.08.09/0523-B, 25.08.2003

/KWB 01/ Kernkraftwerk Biblis Block A, Periodische Sicherheitsüberprüfung, 2001-  
2002

/KWU 73/ Kraftwerk Union Aktiengesellschaft, Anlagenbeschreibung (Sicherheitsbe-  
richt) Kernkraftwerk BIBLIS / BLOCK A mit Druckwasserreaktor 3517  
MWth, September 1973

/KWU 78/ Kraftwerk Union Aktiengesellschaft, Sicherheitsbericht Kernkraftwerk Ems-  
land mit Druckwasserreaktor, elektrische Leistung 1300 MW, für Kernkraft-  
werke Lippe - Ems GmbH, 1978

/KWU 98/ SIEMENS/KWU, PSÜ- Sicherheitsstatusanalyse (SSA) für die Konvoi Kern-  
kraftwerke: Isar 2 (KKI 2), Emsland (KKE), Neckar Block 2 (GKN II), Bericht  
Nr.: KWU NDS4/97/001, Dez. 1998/ Juni 2001



- /NU 00/ Niedersächsisches Umweltministerium, - 404-40311/9 (12.4.3)-, Genehmigungsbescheid für das Kernkraftwerk Emsland (KKE), (Bescheid I/2000) zum Einsatz von Uran- Brennelementen mit einer Anreicherung von bis zu 4,4 Gewichtsprozent Uran-235 und Anpassung von Anlagenteilen
- /PSA 01/ KWB Block A, PSA, PSA-Nr.: III.3/3-TA, 06.12.2001
- /SIE 72/ Siemens, Projekt: KW-BIBLIS BLOCK A, Systembeschreibung Reaktor-  
kühlkreislauf, Aktenzeichen: RT 51 / 420 385 / Ro, 27.3.72
- /SIE 91/ Siemens, KKE, Systembeschreibung Zusatzboriersystem JDH, H30-  
K5560-X-X-74 Deckblatt Systembeschreibung 2000 10.88 2994, 13. 3.  
1991
- /TÜV 01/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi, Konvoi-Anlagen Gemeinschaftskern-  
kraftwerk Neckar, Block II (GKN II), Kernkraftwerk Emsland (KKE), Kern-  
kraftwerk Isar 2 (KKI 2), Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, erstellt  
von der TÜV Arge-Konvoi im Auftrage des Baden-Württembergischen Mi-  
nisteriums für Umwelt und Verkehr, des Niedersächsischen Umweltministe-  
riums und des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und  
Umweltfragen, September 2001
- /TÜV 02/ TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V., Kernkraftwerk Emsland (KKE), Atom-  
rechtliches Aufsichtsverfahren, Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen bei  
ATWS- Ereignissen, Schreiben an das Niedersächsische Umweltministeri-  
um, 44-40311/2/12.8, 13. Juni 2002
- /TÜV 05a/ TÜV Nord SysTec GmbH & Co. KG, Kernkraftwerk Biblis Block A, Nach-  
weise zu ATWS- Ereignissen, Schreiben an das Hessische Ministerium für  
Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, KWB 2005/1859, 23.  
Juni 2005
- /TÜV 05b/ TÜV Nord SysTec GmbH & Co. KG, Kernkraftwerk Biblis Block A, Auf-  
sichtsverfahren gemäß § 19 AtG, Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen  
bei ATWS- Ereignissen, Schreiben an das Hessische Ministerium für Um-  
welt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, KWB 2005/2487, 24. No-  
vember 2005

- Kategorie 2

/RSK 81/ Reaktor-Sicherheitskommission (RSK), RSK Leitlinien für Druckwasserreaktoren, 3. Ausgabe vom 14. Oktober 1981

/RSK 01/ Reaktor-Sicherheitskommission (RSK), Anlage 2 zum Ergebnisprotokoll der 340. RSK Sitzung am 3.5.2001

/RSK 05/ Reaktor-Sicherheitskommission (RSK), Stellungnahme der RSK zum Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen bei ATWS- Ereignissen in Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktor, 07.07.2005, 384. Sitzung

- Kategorie 3

/RWE 07/ RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007

## **4 Anlagenvergleich**

Nachfolgend werden die im Abschnitt 2.2 aufgelisteten Bewertungsmerkmale für die betrachteten Anlagen KKE und KWB-A gegenübergestellt.

**Tabelle 4.1:** ATWS: Ausfall Hauptspeisewasserversorgung, ATWS: Notstromfall

KKE	KWB-A	Ergebnis
<b>Merkmal 1: Verhältnis Leistung/Primärwasserinventar</b>		
3850 MWth / 405 m <sup>3</sup> = 9,5 MW/m <sup>3</sup> /KWU 78/	3517 MWth / 440 m <sup>3</sup> = 8 MW/m <sup>3</sup> /KWU 73/	<b>Relevanter Unterschied.</b>  KKE 9,5 MW/m <sup>3</sup> KWB-A 8,0 MW/m <sup>3</sup>
<b>Merkmal 2: Kernauslegung und Nachweisumfang</b>		
Angaben zu den inhärenten Rückkopplungseigenschaften der Reaktorkerne des aktuellen bzw. der zukünftig geplanten Zyklen liegen uns nicht vor.	Angaben zu den inhärenten Rückkopplungseigenschaften der Reaktorkerne des aktuellen bzw. der zukünftig geplanten Zyklen liegen uns nicht vor.	<b>Keine Bewertung wegen fehlender Unterlagen möglich.</b>
Keine Hinweise auf positive Moderator- (Kühlmittel)-Temperaturrückwirkungen. /GRS 98/	Die Moderator- (Kühlmittel-) Temperaturkoeffizienten sind bzw. waren im Nulllastzustand positiv, seit große Nachladungen von Brennelementen mit geringer Anreicherung (3,5 % mit Gd) notwendig sind, um die geplanten Zykluslängen von etwa 15 Monaten zu erreichen (betrifft jedenfalls Zyklus 19 und 20 mit +13 bzw. +5 pcm/K, Xenon frei, steuerstabfrei) /GRS 98/	<b>Keine Bewertung wegen fehlender Unterlagen möglich.</b>
Angaben über nicht analysierte Kernzustände liegen nicht vor.	Zyklusbeginn ist ungünstigster Zeitpunkt (als konkreter Zeitpunkt gewählt wurde „7 Volllasttage im Xenon- Gleichgewicht“) /TÜV 05a/	<b>Keine Bewertung wegen fehlender Unterlagen möglich.</b>  Der Nachweis in KWB-A umfasst demnach den Zeitraum >7 Volllasttage. Für den Zeitraum davor liegt ein expliziter Nachweis nicht vor. Ohne eine entsprechende Aussage zu KKE ist nicht prüfbar, ob Unterschiede zwischen KKE und KWB-A bestehen.
<b>Merkmal 3: Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen</b>		
Das Abschalten der HKMP war bisher nicht vorgesehen, wird ggf. jedoch beantragt; Grenzwert für Pumpenschutz (zu hoher Druck vor der ersten Stufe der Wellendichtung: 175 bar, betriebliche Verriegelung); bisher keine Kreditnahme davon; „steile“ Voidkurve; /TÜV 02/	Bei den bisher geführten Nachweisen (mit Abschaltung der HKMP), insbesondere Zyklus 25, wird der 1,2-fache Auslegungsdruck des Primärsystems nicht überschritten; es wurden abdeckende Reaktivitätskoeffizienten gewählt; Für den 25. Zyklus wird der 1,2-fache Auslegungs-	<b>Kein relevanter Unterschied</b>  In KWB-A wird im Gegensatz zu KKE (zumindest bis zum Jahr 2002) zwar das Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen (HKMP) in den Analysen kreditiert, da jedoch auch bei Nichtkreditierung des

KKE	KWB-A	Ergebnis
<p>Die Konvoi-Anlagen haben ein ATWS-Signal, das für die Anregung des Zusatzboriersystems genutzt wird, nicht aber für die Pumpenabschaltung. Unabhängig hiervon erfolgt eine Abschaltung der Hauptkühlmittelpumpen durch den betrieblichen Pumpenschutz (Auslösung durch Dichtungsschutz in Brokdorf bei 17,1 MPa; in Emsland, Isar-2 und GKN-2 bei 18 MPa). /RSK 01/</p> <p>Beim ATWS-Fall „Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung“ treten entsprechend den Ergebnissen früherer Analysen die maximalen Kühlmitteldruck (KMD) auf, da hier - im Unterschied zum „ATWS Notstromfall“, bei dem infolge des Stromausfalls die Hauptkühlmittelpumpen sofort auslaufen - die Abschaltung der Hauptkühlmittelpumpen durch den Komponentenschutz erst bei einem Kühlmitteldruck von 175 bar erfolgt und somit die Reduzierung des Kerndurchsatzes, die über die Kühlmitteldichtereaktivität zu einer Leistungsreduktion führt, erst spät einsetzt. /TÜV 01, S. 5.3-127 - 128/</p>	<p>druck auch ohne Abschaltung der HKMP nicht überschritten /TÜV 05a/</p> <p>Gemäß /TÜV 05b/ wird im Fall mit Abschaltung der HKMP im Zyklus 25 der 1,1-fache Auslegungsdruck des Primärsystems nicht überschritten.</p> <p>Die 1300-MW-Anlagen Biblis A und B, Unterweser, Grafenrheinfeld und Grohnde haben eine aktive Abschaltung der Hauptkühlmittelpumpen von RESA-K (ATWS-Signal). In Biblis A und B wurde dies 1989 nachgerüstet./RSK 01/</p> <p>Befehlsdiagramm ATWS-RESAK: Einleiten der Leistungsreduktion durch Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen und Starten der Boreinspeisung bei Versagen des Stabeinfalls. /BHB KWB-A, 01.04.07.08/, siehe auch /RWE 07/</p> <p>Da 5 s nach der RESA die Stabstellung der Stäbe noch kleiner 3 m ist, wird das ATWS- Erkennungssignal RESAK gesetzt. Von diesem Signal werden die HKMP abgeschaltet, die 2. TA-Pumpe wird eingeschaltet und die Borierpumpen werden zugeschaltet. Gleichzeitig erfolgt eine Sperre für die Deionateinspeisung. /KWB 01, III.1/1/5.1, Seite 5/</p>	<p>Abschaltens der Pumpen der 1,2-fache Auslegungsdruck des Primärsystems nicht überschritten wird (und zudem KKE hier ggf. umrüsten wird bzw. bereits umgerüstet hat) leiten wir hieraus keinen relevanten Unterschied ab (hinsichtlich der Eignung des 1,2-fachen Auslegungsdrucks als Nachweiskriterium siehe unten).</p>
<p><b>Merkmal 4: Qualität der Ansteuerung von kurzfristig erforderlichen Maßnahmen</b></p>		
<p>Aktiv aus der betrieblichen Leittechnik angesteuerte Maßnahmen sind für die ATWS Analyse im Kurzzeitbereich nicht relevant. /TÜV 02/</p> <p>Beendet wird der Störfall automatisch durch Boreinspeisung über das Zusatzboriersystem und das Volumenregelsystem (Ansteuerung durch Begrenzungs-system), wodurch die Anlage langfristig in den unterkritischen Zustand gebracht wird. Nach Erreichen der Unterkritikalität kann die Anlage auf einen Zustand zum Übergang auf die Nachkühlung</p>	<p>Das Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen wird durch das ATWS-RESA-K Signal angesteuert (YT Kühlmitteldruckbegrenzung). /BHB KWB-A, 01.04.07.08/</p>	<p><b>Auf Basis der vorhandenen Unterlagen kein relevanter Unterschied erkennbar, da in beiden Anlagen die jeweils kurzfristig erforderlichen Maßnahmen gleichwertig angesteuert werden.</b></p>

KKE	KWB-A	Ergebnis
<p>abgefahren werden. Zuschalten Boriersysteme durch Begrenzungssystem (RESA K). /KWU 98, 2.3.5.3, Seite 3/</p>		
<p><b>Merkmal 5: Maximal berechnete Drücke im Primärsystem</b></p>		
<p>Neben dem Druckhalter (DH)- Abblaseventil sprechen auch die Sicherheitsventile an (Abblasen von Wasser) und begrenzen den Druck unterhalb des 1,3- fachen Auslegungsdrucks. /KWU 98, 2.3.5.3, Seite 2-3/</p> <p>Die Analyse zeigte, dass der maximale Kühlmittel- druck deutlich unter dem 1,3-fachen Auslegungs- druck bleibt. /TÜV 01, S. 5.3-126 - 127/</p> <p>max. Druck: 191 bar (1,09-facher Auslegungs- druck) /KWU 78, Tabelle 5.2.17/1/</p>	<p>Die beiden zu unterstellenden Lastfälle mit höchstem Kühlmitteldruck sind der ATWS Notstromfall und ATWS mit Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung. Der Kühlmitteldruck erreicht dabei ca. 172 bar und bleibt damit unter dem Auslegungs- druck für das Primärsystem. Bei allen nach den RSK- Leitlinien zu unterstellenden ATWS- Fällen wird der maximal zulässige Druck in der Druckfüh- renden Umschließung nicht überschritten. /KWB 01, III1YP, Seite 52/</p> <p>Bei den bisher geführten Nachweisen (mit Ab- schaltung der Hauptkühlmittelpumpen (HKMP), insbesondere Zyklus 25, wird der 1,2-fache Ausle- gungsdruck des Primärsystems nicht überschritten; Für den 25. Zyklus wird der 1,2-fache Auslegungs- druck auch ohne Abschaltung der HKMP nicht ü- berschritten /TÜV 05a/</p> <p>Für den Reaktordruckbehälter (RDB) KWB-A wur- de der ATWS als Sonderfall mit der Häufigkeit 1 unter Beanspruchungsstufe C spezifiziert. Die Druckerhöhung ist geringfügig, da bei einem Ab- blasen eines Dampf-Wassergemisches mit dem Öffnen des zweiten Sicherheitsventils der Über- druck auf ca.176,5 bar begrenzt bleibt. Dieser Über- druck ist kaum höher als der Auslegungsüber- druck von 174,5 bar (178atü) /KWB 01, III1YP, Seite 46/</p> <p>Gemäß den RSK-Leitlinien für Druckwasserreakto- ren sind zur Verminderung des verbleibenden Risi- kos beim Versagen des Schnellabschaltsystems bei Betriebstransienten Untersuchungen erforder- lich, wobei nachzuweisen ist, dass in der druckfüh- renden Umschließung zulässige Spannungen nicht</p>	<p><b>Bewertung wegen fehlender Unterlagen nicht möglich.</b></p> <p>In KWB-A werden (mit Abschalten der HKMP) ma-ximale Druckwerte im Primärsystem von ca. dem 1,01-fachen Auslegungsdruck berechnet. Ohne Abschaltung der Hauptkühlmittelpumpen bleibt der Wert unterhalb dem &lt;1,2-fachen Auslegungsdruck (explizite Angaben zu diesem Fall liegen uns nicht vor).</p> <p>Für KKE liegen uns mit Ausnahme einer älteren Angabe (Sicherheitsbericht von 1978) keine expli- ziten Angaben zu berechneten maximalen Drücken vor, sondern nur die Angabe, dass die Werte (ohne Abschalten der HKMP) unterhalb dem &lt;1,3-fachen Auslegungsdruck bleiben.</p> <p>Eine vergleichende Bewertung ist auf Basis dieser Angaben nicht möglich.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnis
	<p>überschritten werden. Als Richtwert wird üblicherweise der 1.3-fache Auslegungsdruck (ca. 227 bar<sub>i</sub>) verwendet. Die zu betrachtende Störfallsequenz stellt keine zusätzlichen Anforderungen an die druckführende Umschließung des Primärsystems dar, da der Kühlmitteldruck bei den Transienten mit maximal 175,5 bar<sub>i</sub> unterhalb des 1.3-fachen Auslegungsdruckes bleibt.</p> <p>/KWB 01, III.1/1/5.1, S 10/</p>	
<p><b>Merkmal 6:: Nachweisstand zur Einhaltung der maximal zulässigen Spannungen in der DFU gemäß RSK Leitlinien</b></p>		
<p>Keine Angaben verfügbar.</p>	<p>Der Druck während des ATWS überschreitet den Auslegungsdruck für den RDB. Die dabei auftretende Drucktransiente geht über den Auslegungsdruck hinaus, jedoch ist das Verhältnis der zulässigen Spannungen zwischen den Beanspruchungsstufen C (ATWS) und 0 (Auslegung) größer als das Verhältnis der geringfügigen Drucküberschreitung. Damit sind Primärspannungen, hervorgerufen durch den höchsten Druck während des ATWS, kleiner als die zulässigen Spannungen in der Beanspruchungsstufe C gemäß KTA 3201.2.</p> <p>/KWB 01, III1YP, Seite 47/</p> <p>Gemäß den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren sind zur Verminderung des verbleibenden Risikos beim Versagen des Schnellabschaltsystems bei Betriebstransienten Untersuchungen erforderlich, wobei nachzuweisen ist, dass in der druckführenden Umschließung zulässige Spannungen nicht überschritten werden. Als Richtwert wird üblicherweise der 1.3-fache Auslegungsdruck (ca. 227 bar<sub>i</sub>) verwendet. Die zu betrachtende Störfallsequenz stellt keine zusätzlichen Anforderungen an die druckführende Umschließung des Primärsystems dar, da der Kühlmitteldruck bei den Transienten mit maximal 175,5 bar<sub>i</sub> unterhalb des 1.3-fachen Auslegungsdruckes bleibt.</p>	<p><b>Bewertung wegen fehlender Unterlagen nicht möglich.</b></p> <p>Gemäß Anforderung der RSK LL dürfen die nach ASME Code Section III, Division 1, NB-3224 Level C Service Limits zulässigen Spannungen nicht überschritten werden. Die Einhaltung dieser Spannungen bei Erreichen des 1.3-fachen Auslegungsdrucks bedarf jedoch des detaillierten Nachweises. Eine Bewertung allein auf Grundlage der berechneten Drücke ist nicht möglich.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnis
	/KWB 01, III.1/1/5.1, Seite 10/	
<b>Merkmal 7: Nachweisstand zum Erhalt der Kühlbarkeit des Reaktorkerns</b>		
<p>Erreichen kritischer Siedezustände (DNB) bei Ausfall HWS mit Notstromfall /KWU 78, Tabelle 5.2.17/1/</p>	<p>Durch die Bespeisung der Dampferzeuger mit den Notspeisewasserpumpen wird nach dem Transientenverlauf von Reaktorleistung, mittlere Brennstofftemperatur eine ausreichende Wärmeabfuhr aus dem Kern sichergestellt, so dass die Einhaltung zulässiger Brennstoffzustände gewährleistet ist. (...) Die zu betrachtende Störfallsequenz stellt keine zusätzlichen Anforderungen an die Brennstabhüllrohre dar, da eine ausreichende Wärmeabfuhr aus dem Kern durch die Bespeisung der Dampferzeuger mit den Notspeisewasserpumpen sichergestellt ist und somit festgelegte Grenzwerte für die Hüllrohre eingehalten werden. /KWB 01, III.1/1/5.1, Seite 7-8/</p>	<p><b>Bewertung wegen fehlender Unterlagen nicht möglich.</b></p>
<b>Merkmal 8: Einrichtungen zur Borierung</b>		
<p><b>Borgehalt:</b> Kühlmitteleinspeisung aus dem Volumenregelsystem (KBA) mit Betriebsboriersystem mit der Bor-konzentration von 7000 mg/kg</p> <p>Kühlmitteleinspeisung aus dem Zusatzboriersystem mit 2200 mg/kg (aus den Flutbehältern) oder mit 7000 mg/kg aus Zusatzborierbehälter /BHB KKE, Teil 3 1.3, Seite 4/</p> <p>Bei über die Begrenzung angeforderter Einspeisung (DEHEIRO, ATWS-Signal) wird zunächst Wasser aus den Borierbehältern mit einem Borgehalt von 7000 ppm zum Aufborieren des PKL und somit zur Leistungsreduktion eingespeist. Nach Entleerung der Borierbehälter wird dann automatisch umgeschaltet auf Ansaugung aus den Flutbecken. /KWU 98, 2.5.1.3, Seite 14-15/</p>	<p><b>Borgehalt:</b> erforderlich für das Abfahren auf 50 °C: 84,9 Mg H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> mit 7000 ppm Bor /KWB 01, III.1/2/TA Rev. a, Seite 76/</p>	<p><b>Kein relevanter Unterschied.</b></p>





KKE	KWB-A	Ergebnis
servolumen): ca. 405 m <sup>3</sup> , Primärsystemvolumen (inkl. Druckhalter): 430 m <sup>3</sup> /KWU 78/	Primärsystemvolumen (inkl. Druckhalter): 490 m <sup>3</sup> /KWU 73/, /SIE 72/	(dieser Druck wird zum Vergleich herangezogen, da keine anderen Daten für KWB-A gefunden)  KKE: 0,075 kg/s/m <sup>3</sup> KWB-A: 0,037 kg/s/m <sup>3</sup>
<b>Boriergeschwindigkeit</b> KBA (bei 6 l/s, 1 Strang) ca 0,11 ppm B /s /KKE 03b, Abschn. 5 Seite 3/ JDH (bei 4 Strängen) ca. 0,15 ppm B/s /SIE 91, Kap. 5, Seite 1/	<b>Boriergeschwindigkeit</b> ca. 0,2 ppm B/s. (zum Erreichen einer Unterkritikalität von 1% sind demzufolge bei -10 pcm/ppm ca. 100 ppm Bor erforderlich. Zeitbedarf demnach ca. 500s). /KWB 01, III.1-3-2, Seite 25/	<b>Relevanter Unterschied.</b>  KKE ca. 0,37 ppm B/s KWB-A: ca. 0,20 ppm B/s
	Kondensierender Dampf im RKL, rücklaufendes Kühlmittel aus dem Druckhalter und die Nachspeisung aus dem Volumenregelsystem führt zur Rückbildung des zweiphasigen Naturumlaufes. Die dadurch einsetzende Temperaturabsenkung im RKL führt zur <u>Rekritikalität und wieder zum Leistungsanstieg</u> , wodurch eine Wiederholung des oben beschriebenen RKL-Zustandes bis zur Stabilisierung bzw. Gleichgewicht zwischen der abführbaren DE- Leistung und Nachzerfallsleistung eintritt. Die wirksame Borierung über die TA- Einspeisung sorgt für eine langfristige Unterkritikalität. Eine kurzzeitige Rekritikalität bei Unterkühlungstransienten ist zulässig. Nachweis ist nicht erforderlich. /KWB 01, III.1/1/5.1, Seite 6-7/	Hinweis auf Rekritikalität infolge später Wirksamwerdung der Boreinspeisung in KWB-A.  Eine weitergehende vergleichende Prüfung ggf. vorhandener Zeitverzögerungen bis zum Wirksamwerden dieser Boriergeschwindigkeiten, bspw. bedingt durch unterschiedliche Laufzeiten des eingespeisten Borwassers in den verschiedenen Einspeisesystemen, ist nicht erfolgt.
<b>Wirksamer Druckbereich:</b> KBA: wirksam im Druckbereich < 200 bar JDH: wirksam im Druckbereich < 210 bar bei geschlossenen Überströmventilen /BHB KKE, Teil 3 1.3, Seite 4/	<b>Wirksamer Druckbereich:</b> HD Förderpumpen Nullförderhöhe 201 bar (mit dieser Auslegung ist sichergestellt, dass - auch bei einem Primärkreisdruk entsprechend dem Ansprechdruck der DH- Sicherheitsventile - Borieren, DH-Hilfssprühung und Leckageergänzung möglich sind). /KWB 01, III.1/2/TA Rev.a 5.1, Seite 53/	<b>Relevanter Unterschied.</b>  KKE KBA Einspeisebereich: < 200 bar JDH Einspeisebereich: < 210 bar KWB-A: TA Einspeisebereich: < 201 bar

KKE	KWB-A	Ergebnis
<p><b>Weitere Auslegungsmerkmale:</b> Das Zusatzboriersystem ist streng nach sicherheitstechnischen Gesichtspunkten konzipiert. Hinsichtlich des maschinentechnischen Aufbaus, der verfahrenstechnischen Kapazität sowie der Ansteuerung aktiver Komponenten ist das Zusatzboriersystem ohne Vermaschung viersträngig aufgebaut. /SIE 91, K 3 Seite 1/</p>	<p><b>Weitere Auslegungsmerkmale:</b> Auf Grund des in Teilbereichen einsträngigen Systemaufbaus und des Einsatzes des TA Systems als Betriebssystem, können Reaktorschutzprüfungen im TA-System nur bei Anlagenstillstand/ Revision durchgeführt werden. /KWB 01, III.1/2/TA Rev.a 5.1, Seite 22/</p>	<p><b>Relevanter Unterschied.</b>  Das Zusatzboriersystem in KKE ist höherwertiger ausgeführt als das Volumenregelsystem in KWB-A.</p>
<p>KBA: Im Notstromfall werden die HD- Förderpumpen vom Notstromverbraucherabschaltsignal vorrangig ausgeschaltet. Das Wiedereinschalten erfolgt automatisch nach dem Dieselbelastungsprogramm. /KKE 03a, Abschnitt4, Seite 7/ JDH: Die Energieversorgung ist auch nach „Einwirkung von Außen“ durch strangweisen Anschluß an die entsprechenden Redundanzen des Notspeisenotstromnetzes gesichert. /SIE 91, K 3 Seite 1/</p>	<p>Zur Beherrschung der relevanten Störfälle sind alle benötigten Komponenten der Systeme TA, TB und TD notstromversorgt. /KWB 01, III.1-3-2, Seite 25/</p>	<p><b>Kein relevanter Unterschied.</b>  Eine Prüfung des Zeitverlaufs der Zuschaltprogramme der Borierungssysteme im Notstromfall in den beiden Anlagen ist nicht erfolgt</p>
<b>Merkmal 9: Primärseitige Druckentlastungseinrichtungen</b>		
<p>1 DH- Abblaseventil (mediumgesteuert) Nenndurchsatz ca. 41,7 kg/s beim Ansprechdruck /KWU 78, Seite 2.7.2.4/3/  Ansprechdruck (am RDB- Austritt): 166 bar /KKE, Seite 3.9/2/  2 DH- Sicherheitsventile (DH-SIV) (mediumgesteuert) Abblaseraten: 83,3 kg/s Sattedampf pro Ventil beim Ansprechdruck.  Ansprechdruck (Überdruck im Druckhalter) 1. DH-SIV: 169 bar</p>	<p>2 DH- Abblaseventile (DH-AV) (eigenmediumgesteuert) Abblasekapazitäten: 1. DH- Abblaseventil 41,7 kg/s 2. DH- Abblaseventil 83,3 kg/s /PSA 01, Seite 3 ff/  Ansprechdruck 1. DH-AV: 167 bar 2. DH-AV: 169 bar /KWB 01, III.1/2/YP, Seite 48 /  2 DH- Sicherheitsventile (DH-SIV) (eigenmediumgesteuert) Abblasekapazitäten: 83,3 kg/s pro Ventil /PSA 01, Seite 3 ff/  Ansprechdruck 1. DH-SIV: 173 bar</p>	<p><b>Relevanter Unterschied.</b>  Gesamte DH Abblasekapazität (ab einem Primärsystemdruck von ca. 177 bar): KKE ca. 208 kg/s KWB-A: ca. 292 kg/s  Höherer Gesamtquerschnitt (Faktor 1,36), größere Anzahl (4 statt 3 DH-Ventile) sowie größere Diversität (verschiedene Hersteller) in KWB-A.</p>

KKE	KWB-A	Ergebnis
<p>2. DH-SIV: 175 bar /KWU 78/</p> <p>Bei ATWS kann es zum Ansprechen des 1. und 2. DH-Sicherheitsventiles und zum Ansprechen der Berstscheiben im DH-Abblasebehälter kommen. Dabei kann es zum Abblasen von heißem, unterkühltem Wasser kommen. Die Auslegung des DH-Abblasesystems berücksichtigt dies. /BHB KKE, Teil 3 1.3, Seite 8/</p>	<p>2. DH-SIV: 177 bar /KWB 01, III.1/2/YP, Seite 50-51/</p> <p>Mit dem zusätzlichen Abblasen von Zweiphasengemisch und Wasser wird die Funktionstüchtigkeit der DH-Abblasestation bei Betriebstransienten ohne RESA (ATWS) verbessert (Umrüstung der Druckhalter- Abblasestation, A 10/89). /KWB 01, III1YP, Seite 21/</p>	<p><b>Kein relevanter Unterschied.</b></p>

## 5 Bewertung

### 5.1 Relevante Unterschiede

Aus unserer Sicht bestehen folgende sicherheitstechnisch relevanten Unterschiede bezüglich der Beherrschung der ATWS Ereignisse:

#### **Zu Merkmal 1:** Leistung/Primärwasserinventar

1. KWB-A hat mit der geringeren Leistung (ca. 9 %) in Verbindung mit einem höheren Primärwasserinventar (ca. 9 %) ein um ca. 16 % geringeres Verhältnis Leistung/Primärwasserinventar.

#### **Zu Merkmal 8:** Einrichtung zur Borierung

2. KKE besitzt mit dem Zusatzboriersystem ein zusätzliches System zur Borierung und verfügt damit über
  - a) eine relevant höhere Boriergeschwindigkeit (ca. 85 %) (im Gegensatz zu KWB-A liegen für KKE keine Hinweise auf ein Wiederkritischwerden des Reaktors vor dem Wirksamwerden der Borierung vor),
  - b) Bor-Einspeisekapazitäten auch bei Primärsystem-Drücken > 200 bar,
  - c) mehr und qualitativ höherwertig ausgeführte Bor-Einspeisesysteme.

#### **Zu Merkmal 9:** Primärseitige Druckentlastungseinrichtungen

3. KWB-A verfügt über ein zusätzliches Druckhalterventil und damit ab einem Primärsystemdruck > 177 bar über eine um ca. 40 % größere primärseitige Abblasekapazität zur Druckabsenkung bei einem ATWS Ereignis sowie eine größere Diversität (verschiedene Hersteller).

## 5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

### Zu Merkmal 1: Leistung/Primärwasserinventar

1. Das in KWB-A vorliegende um ca. 16 % geringere Verhältnis Leistung/Primärwasserinventar hat zur Folge, dass bei einem ATWS Ereignis die Aufheizung des Primärwassers langsamer erfolgt. Dies hat qualitativ einerseits einen geringeren Druckanstieg im Primärsystem, andererseits jedoch auch eine geringere neutronische Rückkopplung über die Moderator Temperatur und -dichte (bei vergleichbar unterstellten Reaktivitätskoeffizienten) und somit eine geringere inhärente Leistungsabsenkung. Für eine Bewertung dieser transienten Zusammenhänge sind detaillierte Unterlagen zu den Ereignisabläufen erforderlich. Solche Unterlagen liegen uns nicht vor, so dass eine abschließende Bewertung hierzu nicht vorgenommen werden kann.

### Zu Merkmal 8: Einrichtungen zur Borierung

2. Die in KKE verfügbaren Einrichtungen zur Borierung des Primärkreises sind im Hinblick auf die Herstellung und Aufrechterhaltung der Unterkritikalität bei ATWS Ereignissen im Vergleich zur Situation in KWB-A als vorteilhaft zu bewerten, da damit eine relevant höhere Boriergeschwindigkeit erreicht werden kann, die Einspeisung auch bei Primärkreisdrücken zwischen 200 und 210 bar wirksam ist und insgesamt mehr und höherwertige Systeme zur Verfügung stehen.

### Zu Merkmal 9: Primärseitige Druckentlastungseinrichtungen

3. Die in KWB-A verfügbaren primärseitigen Einrichtungen zur Druckentlastung des Primärkreises sind im Hinblick auf die Integrität des Primärsystems bei ATWS Ereignissen im Vergleich zur Situation in KKE als vorteilhaft zu bewerten.

## 5.3 Fazit

Die in KWB-A vorhandene größere primärseitige Druckabbaukapazität ist im Kurzzeitbereich des Ereignisablaufs für die Ereignisbeherrschung von Vorteil, wohingegen die in KKE vorhandene wirksamere Aufborierung des Primärkreises hinsichtlich der Herstellung der dauerhaften Unterkritikalität und damit der Beendigung des Ereignisses von Vorteil ist. Eine Gewichtung dieser Vor- bzw. Nachteile in den beiden Anlagen ist

ohne detaillierte Analyseergebnisse zum transienten Ablauf der ATWS Ereignisse nicht machbar.

## 6 Literatur

- /BMU 01/ Grundsätze der Tätigkeit von Sachverständigen im Auftrag der Bundesaufsicht über die Ausführung des Atomgesetzes im Hinblick auf Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren und sonstige Reaktoren (Sachverständigen-Grundsätze der Bundesaufsicht über Atomkraftwerke), Stand: Juli 2001
- /BMU 06/ SR 2569 „Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“, 05.12.2006
- /GRS 98/ Gesellschaft für Reaktorsicherheit (S. Langenbuch), Zusammenstellung der Informationen zum Moderatortemperaturkoeffizienten in deutschen DWR- Anlagen, 1998



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische  
Überprüfung von Anla-  
gen zu ausgewählten  
Anforderungen und  
Ereignissen im Rahmen  
von Anträgen zur Rest-  
strommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 18:

„Ausfall der gesamten  
Dampferzeuger-Bespeisung  
mit der Tendenz zur völligen  
Ausdampfung der Sekundär-  
seiten“

SR 2569





Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 18:  
„Ausfall der gesamten Dampferzeuger-Bespeisung mit der Tendenz zur völligen Ausdampfung der Sekundärseiten“

Mai 2007

Auftrags-Nr.: 820410

**Anmerkung:**

Dieser Bericht ist im Auftrag des BMU im Rahmen des Vorhabens SR 2569 erstellt worden. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers und der Unterauftragnehmer wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

## Vorwort

Im Atomgesetz wurden mit der Änderung vom 26.04.2002 die Reststrommengen für die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksblöcke in Deutschland festgelegt. Über die Zustimmung zur Übertragung von Elektrizitätsmengen entscheidet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Im Rahmen der Entscheidungsfindung des BMU über die Anträge auf Übertragung von Elektrizitätsmengen hat das BMU auch eine vergleichende Sicherheitsüberprüfung zwischen einer Anlage, die Strommengen abgibt und derjenigen, welche die Strommengen bekommen soll, vorgesehen. Da in der zur Verfügung stehenden Zeit keine in Prüfungsumfang und -tiefe mit der Durchführung und der sachverständigen Prüfung von Sicherheitsüberprüfungen nach § 19a AtG vergleichbare, umfassende Ermittlung und sicherheitstechnische Bewertung beider Anlagen möglich ist, beauftragte das BMU die GRS, zusammen mit benannten Unterauftragnehmern mit der „Sicherheitstechnischen Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“ /BMU 06/. Auftragsgegenstand sind punktuelle Untersuchungen einzelner Bewertungsgegenstände, die gemeinsam von BMU, GRS und den Unterauftragnehmern festgelegt wurden. Um dem BMU eine vergleichende Bewertung zu ermöglichen, ob sichergestellt ist, dass die beantragte Übertragung von einer älteren auf eine neuere Anlage nicht zu Lasten der Sicherheit geht, wurden sicherheitstechnisch relevante Bewertungsgegenstände für jede beantragte Übertragung insbesondere unter Beachtung folgender Kriterien ausgewählt:

- die anlagentechnischen Gegebenheiten der antragsgemäß betroffenen abgebenden und empfangenden Anlage beinhalten wesentliche Unterschiede und / oder
- die Bewertungsgegenstände berühren Entwicklungen seit Genehmigungserteilung bezüglich des Standes von Wissenschaft und Technik und
- die Untersuchungen sind in der zur Verfügung stehenden Zeit voraussichtlich durchführbar.

Dabei wird die sicherheitstechnische Fragestellung weitgehend auf die Beherrschbarkeit von zu erwartenden oder im Rahmen der Nachweisführung postulierten Ereignismöglichkeiten bezogen.

Die Durchführung eines nur punktuellen, aber die genannten Auswahlkriterien beachtenden Prüfprogramms ist aus Sicht des Auftraggebers gerechtfertigt, da der Gesetzgeber die Festlegung der konkreten Maßstäbe für die Prüfung, ob die beabsichtigte Übertragung zu Lasten der Sicherheit ginge und deren willkürfreie Anwendung in § 7 Abs. 1b Satz 2 AtG der Exekutive überlassen hat; Art und Umfang der Ermittlung der für seine Sicherheitsbewertung entscheidungserheblichen Tatsachen sind vom BMU im Rahmen seines Verfahrensermessens zu bestimmen.

Das Überprüfungskonzept basiert auf einer Auswertung und Bewertung von Unterlagen, die der Betreiber für die einzelnen Bewertungsgegenstände dem BMU vorlegen soll. Für den Fall, dass keine spezifischen Unterlagen vorgelegt werden, ist auftragsgemäß vorgesehen, alle Dokumente und Informationen, die in den beteiligten Sachverständigenorganisationen für die hier anstehenden Aufgaben zur Verfügung stehen, für diese Überprüfung zu nutzen. Da diese Dokumente und Informationen hinsichtlich ihrer Aktualität und Belastbarkeit sehr unterschiedlich sein können, wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein einheitlich klassifizierter Unterlagen- und Quellennachweis vorgelegt. Dabei wird zwischen den folgenden Kategorien unterschieden:

- Kategorie 1: im atomrechtlichen Verfahren geprüfte / begutachtete bzw. vom BMU freigegebene Unterlagen,
- Kategorie 2: Stellungnahmen der RSK bzw. der SSK und
- Kategorie 3: nicht im Sinne von Kategorie 1 geprüfte Unterlagen, die jedoch nach Auffassung der Auftragnehmer Informationen zum Sachverhalt enthalten.

Die vergleichenden Darstellungen zu den einzelnen Bewertungsgegenständen basieren jeweils auf diesen Unterlagen und spiegeln den darin wiedergegebenen Anlagenzustand wieder. Abweichungen zum derzeitigen Anlagenzustand aufgrund zwischenzeitlich durchgeführter Änderungen sind nicht auszuschließen.

Bewertungsmaßstab ist der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik. Dabei sind neben dem Erfüllungsgrad von regulatorischen Sicherheitsanforderungen bezüglich der Beherrschbarkeit von Ereignissen insbesondere auch die anlagenspezifischen Reserven in die Bewertung einzubeziehen. Aufgrund der Begrenzungen in der Bearbei-

tungszeit und im Umfang und Detaillierungsgrad der Unterlagen erfolgt aber keine vollständige Überprüfung sondern eine Fokussierung auf wesentliche grundlegende Sicherheitsanforderungen. Die für die jeweiligen Bewertungsgegenstände spezifischen Bewertungsmerkmale werden in den einzelnen Berichten ausgewiesen. Die Bewertungsmerkmale beziehen sich grundsätzlich entweder unmittelbar auf grundlegende Sicherheitsanforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik oder mittelbar auf anlagentechnisch vergleichbare Sicherheitsfunktionen mit Anforderungen entsprechend des gestaffelten Sicherheitskonzepts. Die Bewertung der Sicherheitsfunktionen erfolgt im Wesentlichen im Hinblick auf deren Wirksamkeit und Qualität.

Auftragsgemäß sollen die Überprüfungen anhand deterministischer Bewertungsweisen erfolgen. Dieser methodische Ansatz kann in einigen Fällen dazu führen, dass bei der vergleichenden Bewertung von komplexen Systemkonstellationen bezüglich der Beherrschbarkeit eines Ereignisses keine eindeutige, abschließende Bewertung möglich ist. Im Rahmen der hier vorgesehenen Bewertungen wären weiterführende probabilistische Bewertungen auch aufgrund fehlender spezifischer Unterlagen in der vorgesehenen Bearbeitungszeit nicht durchführbar und sind daher auftragsgemäß nicht vorgesehen.

Es besteht daher Einvernehmen mit dem BMU darin, dass aufgrund der Begrenzung der Überprüfungsdauer und der Unterlagensituation wesentliche Anforderungen der "Sachverständigengrundsätze für die Bundesaufsicht" /BMU 01/ nicht eingehalten werden können. Die Abweichungen beziehen sich insbesondere auf die Vollständigkeit, Aktualität und Belastbarkeit von Unterlagen bei der Sachverhaltsermittlung sowie die Bewertungsmethoden, die im vorliegenden Fall weitgehend auf ingenieurmäßige Betrachtungsweisen eingeschränkt sind.

Die durchgeführten Sicherheitsvergleiche beinhalten keine aufsichtliche Überprüfung der betroffenen Anlagen. Auftragsgemäß wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein separater Ergebnisbericht erstellt. Eine Gesamtbewertung ist nicht beauftragt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale</b> .....	<b>2</b>
2.1	Beschreibung des Ereignisablaufs.....	2
2.2	Bewertungsmerkmale .....	3
<b>3</b>	<b>Verwendete Unterlagen</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Anlagenvergleich</b> .....	<b>5</b>
4.1	Vorgesehene Notfallmaßnahmen .....	6
4.1.1	Kernkraftwerk Emsland	6
4.1.2	Kernkraftwerk Biblis A	8
4.1.3	Anlagenvergleich	10
4.2	Karenzzeiten für Notfallmaßnahmen in Relation zum erforderlichen Zeitbedarf für die Durchführung der SDE.....	10
4.3	Erforderlicher Personalbedarf für die Durchführung der SDE .....	11
<b>5</b>	<b>Bewertung</b> .....	<b>13</b>
5.1	Darstellung der relevanten Unterschiede.....	13
5.2	Bewertung der relevanten Unterschiede.....	14
5.3	Fazit .....	14
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>15</b>

## **1 Einleitung**

Im vorliegenden Bericht geht es um sicherheitstechnische Vergleiche im Zusammenhang mit dem Antrag (Hilfsantrag) der RWE Power AG vom 26.09.2006 an das BMU auf Übertragung von Reststrommengen vom Kernkraftwerk Emsland (KKE) auf das Kernkraftwerk Biblis Block A (KWB-A). Dazu wurden von der GRS in Abstimmung mit dem BMU 20 Bewertungsgegenstände definiert. Auftragsgemäß erfolgt für jeden Bewertungsgegenstand (BG) eine separate Auswertung.

Nachfolgend wird der Bewertungsgegenstand 18 „Ausfall der gesamten Dampferzeuger-Bespeisung mit der Tendenz zur völligen Ausdampfung der Sekundärseiten“ behandelt. Dies wird als Ereignis der Sicherheitsebene 4b eingestuft.

## **2           Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale**

### **2.1           Beschreibung des Ereignisablaufs**

Für das postulierte Ereignis „Ausfall der gesamten Dampferzeuger (DE)-Bespeisung mit der Tendenz zur völligen Ausdampfung der Sekundärseiten“ ist die Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (SDE)“ vorgeplant. Die gesamte Dampferzeugerbespeisung ist in KKE ausgefallen, wenn Hauptspeisewassersystem, An- und Abfahrssystem und Notspeisesystem nicht verfügbar sind. Die gesamte Dampferzeugerbespeisung ist in KWB-A ausgefallen, wenn das Hauptspeisewassersystem, das Notspeisesystem sowie das zusätzliche Einspeisesystem RZ und das Notstandssystem RX nicht verfügbar sind.

Gründe für den kompletten Ausfall der DE-Bespeisung können sein: mechanisches Versagen der Speisewasser (SPW)-Pumpen oder SPW-Leitungen oder der Ausfall der Drehstromversorgung der SPW-Pumpen bzw. der Station Blackout (SBO) mit verfügbarer Batterieversorgung. Nachfolgend werden für die Bewertungsmerkmale die Ereignisabläufe mit und ohne SBO parallel behandelt.

Beim SBO erfolgen die Reaktorschnellabschaltung (RESA) und die Turbinenschnellabschaltung (TUSA) nahezu sofort über die Drehzahl der auslaufenden Hauptkühlmittelpumpen (HKMP).

Beim Ausfall der SPW-Pumpen (ohne SBO) wird die Reaktorleistung in KKE zunächst von der Reaktorleistungsbegrenzung (RELEB) durch Einwurf von Steuerstäben ebenfalls bis auf die Nachzerfallsleistung reduziert. RESA und TUSA bei KKE und KWB-A werden etwas später über den DE-Füllstand angeregt.

Mit abnehmendem DE-Füllstand verringert sich die Wärmeabfuhr aus dem Primärkreislauf (PKL). Druck und Temperatur im PKL steigen an. Der Druck wird im Fall ohne SBO zunächst durch die Druckhalter (DH)-Sprühsysteme begrenzt. Das führt zusammen mit der temperaturbedingten Volumenausdehnung zum Anstieg des DH-Füllstandes. Wenn der DH nahezu vollgelaufen ist, steigt der Druck über den Ansprechwert der Druckhalterventile an. Das Kühlmittel strömt in den Abblasetank und nach dem Öffnen der Berstscheiben in den Sicherheitsbehälter. Der Reaktordruckbehälter (RDB) wird dadurch langfristig entleert.

Bevor die DE leergelaufen sind, werden im Fall ohne SBO die HKMP von Hand abgeschaltet, um die Wärmezufuhr in den PKL zu verringern und das noch verfügbare DE-Inventar länger nutzen zu können. Das entsprechende vom DE-Füllstand abhängige Kriterium ist in beiden Fällen gleichzeitig eines der Einleitungskriterien (siehe Tabelle 4-2) für die Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (SDE)“.

Die Zielsetzung der SDE besteht in der Wiederherstellung der DE-Bespeisung unter Nutzung des SPW-Behälter- und -Leitungsinventars und/oder einer mobilen Pumpe und damit die Wiederherstellung der Wärmeabfuhr aus dem PKL. Die SDE ist wirksam, wenn mindestens zwei DE aus dem SPW-Behälter oder mindestens ein DE mit mobiler Pumpe bespeist werden. Bei erfolgloser SDE ist die Einleitung der Primärseitigen Druckentlastung (PDE) mit der DH-Abblasestation notwendig. Mit sinkendem Druck wird den Sicherheitseinspeisepumpen, danach den Druckspeichern und schließlich den Nachkühlpumpen das Einspeisen ermöglicht (siehe Bewertungsgegenstand 19).

Die Verfügbarkeit der DE-Druckentlastung wird im Folgenden unterstellt, so dass der phänomenologische Ablauf des Ereignisses in den gegenüberzustellenden Anlagen vergleichbar ist. Der Einfluss der Frischdampf (FD)-Umleitstation ist dabei vernachlässigbar, da sie entweder sofort (SBO) oder nach kurzer Zeit (Füllstand im SPW-Behälter zu hoch) wegen fehlendem Einspritzwasser nicht mehr zur Verfügung steht.

Die sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisses liegt darin, dass bei Unterbleiben von bzw. bei erfolglosen Notfallmaßnahmen (SDE, PDE) Kernschmelzen unter hohem Druck droht.

## **2.2 Bewertungsmerkmale**

Zur Bewertung wurden die folgenden Merkmale herangezogen:

- Merkmal 1: Wirksamkeit der vorgesehenen Notfallmaßnahmen
- Merkmal 2: Karenzzeiten für Notfallmaßnahmen in Relation zum erforderlichen Zeitbedarf für die Durchführung der SDE
- Merkmal 3: Erforderlicher Personalbedarf für die Durchführung der SDE

Die einzelnen Merkmale werden im Kap. 4 erläutert und im Kap. 5 im Hinblick auf relevante Unterschiede zusammengefasst und bewertet.



### 3            **Verwendete Unterlagen**

Das Ereignis „Ausfall der gesamten Dampferzeuger-Bespeisung mit der Tendenz zur völligen Ausdampfung der Sekundärseiten“ ist auch Bestandteil des Entwurfs zum neuen Regelwerks /KTR 06/. Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/KWB 01/ PSÜ KWB Block A, Kapitel III. 1/4: Auslegungsüberschreitende Anlagenzustände, Stand 29.06.2001

/TÜV 05/ TÜV Gutachtergemeinschaft PSÜ KWB-A: Gutachten zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung Kernkraftwerk Biblis Block A, Teil 1, Sicherheitsstatusanalyse (PSÜ/SSA), Juni 2005

/KWU 98/ KWU (Bericht NDS4/97/001): KONVOI-Sicherheitsstatusanalyse, 18.12.1998

/TÜV 01/ TÜV Arbeitsgemeinschaft KONVOI: KONVOI Anlagen, Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, September 2001

/KKE 04/ Notfallhandbuch KKE, Kap. 2.4.1, Stand 27.01.2004

/KWB 02/ Notfallhandbuch KWB-A, Stand 14.07.2004

- Kategorie 3

/RWE 07/ RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007

## 4 Anlagenvergleich

Voraussetzung für einen Anlagenvergleich im Hinblick auf die Wirksamkeit der Vorbereitung und Durchführung der einzuleitenden Notfallmaßnahme sind Kenntnisse über den zeitlichen Ereignisablauf für die im Kap. 2 spezifizierten Ereignisabläufe beim Ausfall der gesamten DE-Bespeisung.

In /KWB 01/ wird auf den Siemens-Arbeitsbericht R212-89-2001 vom 3.10.1989 Bezug genommen, der den Störfallablauf bei Ausfall der SPW-Versorgung ohne Einleitung von Gegenmaßnahmen in KWB-B zum Gegenstand hat. Die Ergebnisse sind einer Serie detaillierter thermohydraulischer Rechnungen für Block B entnommen; die Übertragbarkeit auf die Verhältnisse des Blocks A wurde nachgewiesen.

Die im nachfolgenden Vergleich herangezogenen Notfallprozeduren sind in beiden Anlagen Bestandteil des Notfallhandbuchs.

Die Zeiten in Tabelle 4-1 wurden für KKE dem Notfallhandbuch, Kap. 2.4.1 und die für KWB-A der PSÜ, Kap. III.1/4 entnommen.

Tabelle 4-1 gibt den wesentlichen Ereignisablauf mit verfügbarer Drehstromversorgung (kein SBO) wieder.

Tabelle 4-1: Ereignisablauf beim Ausfall der gesamten Dampferzeuger-Bespeisung

Ereignis	KKE *	KWB-A **
Dampferzeuger-Füllstand < 9 m <sup>*</sup> / < 8,7 m <sup>**</sup> → RESA / TUSA	< 1 min	< 1 min
Dampferzeuger-Füllstand < 4 m <sup>*</sup> / < 2,1 m <sup>**</sup> → SDE	20	10
Dampferzeuger leer	50	23
Druckhalter voll	90	37
RDB-Füllstand < tief 3 <sup>*</sup> / < MIN 3 <sup>**</sup> → PDE	100	62
BE-Austrittstemperatur > 400 °C → PDE	120	75

Unterstellt man als auslösendes Ereignis für den Ausfall der gesamten DE-Bespeisung den SBO, verlängert sich aufgrund der unmittelbaren RESA-Auslösung (größeres DE-Inventar) und des fehlenden Energieeintrages durch die HKMP die Zeit bis zum Entleeren der DE um 15 min (KKE) bis 20 min (KWB-A).

In /KKE 04/ werden beide Fälle (mit und ohne SBO) hinsichtlich ihres Verhaltens ohne Gegenmaßnahmen verglichen. Trotz längerer Ausdampfzeit der DE beim SBO werden die PDE-Kriterien nahezu zum gleichen Zeitpunkt erreicht, da der Druckhalter beim SBO ca. 10 min früher voll ist und dadurch der Kühlmittelverlust über die DH-Ventile früher einsetzt.

Die Einleitungskriterien für die SDE sind anlagenspezifisch wie folgt festgelegt. Es wird davon ausgegangen, dass ab diesem Zeitpunkt mit der SDE begonnen wird.

Tabelle 4-2: Einleitungskriterien für Sekundärseitiges Druckentlasten und Bespeisen

KKE	KWB-A
EB-Versorgung <sup>1)</sup> und Notstrom / Notspeisediesel länger als 20 min nicht verfügbar <b>ODER</b>	Kein RX- oder RZ-System verfügbar <sup>2)</sup> <b>ODER</b> 1v2 DH-Ventile auf <b>UND</b>
<b>4v4 DE-Füllstände &lt; 4 m</b> (35 min nach Störfalleintritt mit und 20 min ohne SBO)	<b>4v4 DE-Niveau &lt; 2,1 m</b> (30 min nach Störfalleintritt mit und 10 min ohne SBO)

<sup>1)</sup> Eigenbedarfs-Versorgung

<sup>2)</sup> RX ist das Notstandssystem und RZ das zusätzliche Sekundäreinspeisesystem

#### 4.1 Vorgesehene Notfallmaßnahmen

Gemäß der Zielsetzung der Notfallmaßnahme SDE, die DE-Bespeisung unter Nutzung des SPW-Behälter- und SPW-Leitungsinventar oder mittels mobiler Pumpe wiederherzustellen, sind anlagenspezifisch die nachfolgend beschriebenen Arbeitsschritte vorgesehen. Die Kenntnisse darüber geben zunächst einen Überblick über den Umfang der Vorbereitung und Durchführung der Notfallmaßnahme, der zum besseren Verständnis der Bewertung des Personal- und Zeitbedarfs notwendig ist.

##### 4.1.1 Kernkraftwerk Emsland

Die Vorbereitung und Durchführung der SDE in KKE erfordert eine Reihe von Handmaßnahmen. Bevor die eigentlichen Schritte eingeleitet werden, ist der Anlagenzustand hinsichtlich weiterer Schutzzielverletzungen und anstehender Reaktorschutz-Signale zu überprüfen.

Beim Anstehen des Kriteriums: "4v4 DE-Füllstand < 4 m" werden die HKMP von Hand abgeschaltet und die SDE durch Öffnen der Abblaseregelventile eingeleitet. Beim SBO werden 100%-Sicherheitsventile vor Ort von Hand geöffnet.

Nach dem Abschalten der HKMP wird von der RELEB die Aufborierung des PKL eingeleitet. Im Weiteren werden Simulationen im Reaktorschutz (Eingriffe in den Reaktorschutz) veranlasst, da es für eine schnelle DE-Druckentlastung unerlässlich ist, dass die Reaktorschutz-Signale, die bei einem Druckabfall von > 4 bar/min (DAF1) ausgangsgemäß ausgelöst würden, nicht mehr anstehen können. Durch die Simulation von 16 Grenzwertmeldern auf „0“ wird verhindert, dass insgesamt 7 Reaktorschutz-Signale ausgelöst werden und die davon angesteuerten Armaturen verfahren werden.

Sollten insbesondere beim SBO „DAF1“ ausgelöst und FD-Abschlussarmaturen geschlossen werden, dann ist das Signal JR65 zurückzusetzen, damit das Druckaufladen des SPWB und/oder die DE-Druckentlastung nicht behindert werden.

Bei nicht verfügbarem D2-Netz ist eine unterbrechungslose Spannungsversorgung des SDE/PDE-Schranks herzustellen, um im Anforderungsfall Armaturen verfahren zu können und die RDB-Füllstandssonden mit Spannung zu versorgen /KKE 04/.

Die mobile Pumpe wird erst nach Anweisung von der Warte gestartet, nachdem kontrolliert wurde, ob die Notspeiseschieber und Notspeiseregelventile in AUF-Stellung sind. Wenn die Spannungsversorgung des SDE/PDE-Schranks nicht erfolgreich war, müssen die Notspeiseventile von Hand vor Ort (im Ringraum) geöffnet werden. Dabei besteht nach dem Öffnen der Berstscheiben des Abblasebehälters (etwa 65 min nach Störfalleintritt) Strahlengefahr, d.h., die Tätigkeiten im Ringraum sollten bis zu diesem Zeitpunkt beendet sein.

Als nächste Handmaßnahme ist das Öffnen der FD-Anwärmstationen in Strang 1 und 3 in der FD-Armaturenkammer durchzuführen. Damit wird sichergestellt, dass die Drücke in mindestens zwei DE nahezu gleich sind und außerdem nach erfolgtem Sekundärkreisabschluß durch „DAF1“ sofort wieder Druckausgleich über den FD-Sammler erfolgt und die FD-Abschlußarmaturen nach dem Rücksetzen der Reaktorschutz-Signale JR65 wieder geöffnet werden können.

Bevor die Maßnahmen zum Druckaufladen des SPW-Behälters durchgeführt werden, muss sichergestellt sein, dass das Druckaufladen überhaupt möglich und/oder eine

ausreichend lange Bespeisungsmöglichkeit gegeben ist. Das Druckaufladen ist dann nicht sinnvoll bzw. möglich, wenn z.B. ein SPW-Behälter-Füllstand von  $< 1,4$  m vorliegt. Nach dem Druckaufladen auf 5,7 bar müssen die Stützdampf-Schnellschlußventile vor Ort in ZU-Stellung blockiert werden.

Damit sich das SPW-Behälterinventar nicht in Richtung Kondensator druckentlasten kann, müssen die beiden Entgasungsventile beim SBO von Hand im Maschinenhaus geschlossen werden. Weiterhin müssen die Anwärmventile der SPW-Pumpen beim SBO von Hand im Maschinenhaus geschlossen werden, damit sich das Inventar der „heiß stehengebliebenen“ SPW-Leitungen ( $218\text{ °C} / 22\text{ bar}$  nach den HD-Vorwärmern) nicht in den SPW-Behälter druckentlasten und ausdampfen kann.

Das „heiß stehengebliebene“ SPW-Leitungsinventar strömt ab einem Druck von  $< 22$  bar in die DE ein und trägt bereits im Verlauf der DE-Druckentlastung zur Kühlung des PKL bei. Die PDE-Einleitungskriterien können damit um ca. 90 min verzögert werden /KKE 04/.

Sollten vor oder während dem Druckaufladen des SPW-Behälters die Berstscheiben des Abblasebehälters öffnen (Signal Druckdifferenz RSB/Atm  $> 30$  mbar steht an), ist das Druckaufladen nicht mehr einzuleiten bzw. zu beenden und sofort die DE-Druckentlastung durchzuführen.

Der Deionatvorrat im SPW-Behälter ( $520\text{ m}^3$  bei Füllstand 3,2 m) reicht zur Abfuhr der Nachzerfallsleistung über etwa 5,5 h ab dem Ausdampfen der DE aus /KKE 04/. Der Normalbetriebsfüllstand beträgt nur 2,4 m ( $360\text{ m}^3$ ), so dass von einem Zeitfenster von maximal 3,8 h zur Abfuhr der Nachzerfallsleistung auszugehen ist.

Zur DE-Druckentlastung stehen pro DE ein FD-Abblaseregelventil und beim SBO ein 100%-FD-Sicherheitsventil zur Verfügung. In Tabelle 4.2 sind die Abblasekapazitäten beider Anlagen gegenübergestellt.

#### **4.1.2 Kernkraftwerk Biblis A**

Die Vorbereitung und Durchführung der Notfallmaßnahme SDE ist in KWB-A schneller realisierbar, da der SPW-Behälterdruck im Normalbetrieb (ca. 10 bar) höher ist als in KKE (ca. 3,7 bar) und somit keine Druckauflastung notwendig ist.

Das DAF-Signal, das eine DE-Druckentlastung behindern könnte, wird in KWB-A nach der RESA aus Parametern vom FD-Sammler, sonst vom SPW-System abgeleitet. Das DAF-Signal kann im Bedarfsfall mit drei Schlüsselschaltern überbrückt werden.

Bei Anstehen des Kriteriums: "4v4 DE-Füllstand < 2,1 m" werden die HKMP von Hand abgeschaltet und die SDE durch Öffnen der Abblaseregelventile eingeleitet. Beim SBO werden Sicherheitsventile vor Ort von Hand geöffnet.

Wenn der DE-Druck unter das Niveau des Sättigungsdruckes in den SPW-Leitungen fällt, öffnen zunächst die gedämpften Rückschlagventile vor den DE und das Wasser aus der SPW-Leitung wird passiv in die DE gedrückt.

Ist der Druck in der SPW-Leitung vor den Rückschlagklappen auf der Druckseite der Hauptspeisepumpen unter 10 bar abgesunken, strömt Wasser aus dem SPW-Behälter in die SPW-Leitungen und damit in die DE.

Der Vorrat im SPW-Behälter reicht für ein Zeitfenster von etwa 3 Stunden zur Abfuhr der Nachzerfallsleistung. Es wird vom Normalbetriebsfüllstand ausgegangen, da keine Druckauflastung notwendig ist.

Es wird auf Einspeisung mittels der mobilen Pumpe übergegangen. Dazu wurden bereits die Werksfeuerwehr alarmiert und die Vorbereitungen zur Einspeisung in eine Notspeisewasserleitung (Außenanlage / FD-Station) getroffen. Anschließend wird die SPW-Leitung zum DE durchgeschaltet. Beim SBO erfolgt die Durchschaltung von Hand vor Ort gemäß separater Logikfahne.

Zur DE-Druckentlastung stehen für alle DE zwei Abblaseregelventile (ARV) und beim SBO pro DE ein 15%- und ein 100%-Sicherheitsventil zur Verfügung.

### 4.1.3 Anlagenvergleich

Tabelle 4.2 zeigt die FD-Abblasekapazitäten beider Anlagen.

Tabelle 4.2: FD-Abblasekapazitäten in **kg/s** beim Ansprechdruck und bei **5 bar**

KKE		KWB-A	
pro Sicherheitsventil (SIV)	514	pro 100%-SIV	620
		pro 15%-SIV	75
pro Abblaseregulventil (ARV)	514	pro ARV	ca. 250
Summe für alle Ventile	4112		3280
<b>pro ARV bei 5 bar</b>			
pro ARV bei 5 bar	35	pro ARV bei 5 bar	14
Summe für alle ARV	140		28

Die Gesamtabblasekapazität ist bei KWB-A um etwa 20% geringer, die für die Durchführung der SDE erforderliche Kapazität ist aber in beiden Anlagen ausreichend.

### 4.2 Karenzzeiten für Notfallmaßnahmen in Relation zum erforderlichen Zeitbedarf für die Durchführung der SDE

Die minimalen Karenzzeiten für die SDE ergeben sich aus der Differenz der Zeit für die Einleitung der PDE (1. Kriterium) und dem Zeitpunkt für die Einleitung der SDE (mit und ohne SBO).

Es ist zu berücksichtigen, dass Kernschmelzen selbst dann noch verhindert werden kann, wenn die SDE erst dann durchgeführt wird, wenn die BE-Austrittstemperatur bereits auf 400 °C angestiegen ist. Die Ermittlung der Karenzzeiten mit und ohne SBO geht aus Tabelle 4.3-1 hervor (z.B. KKE ohne SBO: 100 – 20 = 80).

Tabelle 4.3-1: Zeitablauf und minimale Karenzzeiten für die SDE in Minuten

<b>Zeiten zum Einleiten der SDE und PDE</b>	<b>KKE *</b>	<b>KWB **</b>
DE-Füllstand < 4 m * / < 2,1 m ** → SDE (ohne SBO)	20	10
DE-Füllstand < 4 m / < 2,1 m → SDE (mit SBO)	35	20
RDB-Füllstand < tief 3 * / < MIN 3 ** → 1. PDE-Kriterium	100	62
BE-Austrittstemperatur > 400 °C → 2. PDE-Kriterium	120	75
<b>Minimale Karenzzeiten zur Durchführung der SDE</b>		
ohne SBO	80	52
mit SBO	65	42

Der Zeitbedarf für die Vorbereitung und Durchführung der SDE ist anlagenspezifisch mit und ohne SBO sowie im Vergleich zur Karenzzeit für das erste (RDB-Füllstand < tief 3 / < MIN 3) und zweite (BE-Austrittstemperatur > 400 °C) PDE-Einleitungskriterium in Tabelle 4.3-2 dargestellt.

Tabelle 4.3-2: Zeitbedarf für die SDE und Vergleich mit den Karenzzeiten in **Minuten**

Anlage	Zeitbedarf	Karenzzeit (1. Krit.)	Karenzzeit (2. Krit.)
KWB-A ohne SBO	15	52	65
KWB-A mit SBO	35	42	55
KKE ohne SBO	45	80	100
KKE mit SBO	60	65	85

Die Karenzzeiten sind in beiden Fällen vergleichbar und größer als der Zeitbedarf.

Die verbleibenden Zeiten sind (bezogen auf das 2. Kriterium) im Fall ohne SBO bei KWB-A etwa dreifach größer und bei KKE etwa gleich groß, wie der Zeitbedarf für die Ausführung der Notfallmaßnahmen. Im Fall mit SBO betragen die Zeitreserven in beiden Anlagen etwa 50%.

#### 4.3 Erforderlicher Personalbedarf für die Durchführung der SDE

Der Personalbedarf für die Durchführung der SDE ist anlagenspezifisch mit und ohne SBO in Tabelle 4.4 dargestellt.

Die Anwesenheit des Schichtleiters wird vorausgesetzt (hier nicht genannt). Die einzelnen Arbeitsschritte sind im Kap. 4.1 detailliert erläutert.

Tabelle 4.4: Personalbedarf für die SDE

Anlage	Personalbedarf	Tätigkeitsort
KWB-A ohne SBO	1 Reaktorfahrer	Warte
	1 M-Handwerker	System RF 50
KWB-A mit SBO	Durchschalten der SPW-Leitungen zum DE <b>und</b> Öffnen der 15%-FD-SIV vor Ort <sup>1)</sup>	
KKE ohne SBO	2 Reaktorfahrer	Warte
	1 Elektriker <sup>2)</sup>	Vor Ort



Anlage	Personalbedarf	Tätigkeitsort
	3 Anlagenwärter <sup>3)</sup>	Vor Ort
KKE mit SBO	2 Reaktorfahrer	Warte
	1 Elektriker und 1 Anlagenwärter <sup>4)</sup>	Vor Ort
	2 Elektriker <sup>5)</sup>	Vor Ort
	5 Anlagenwärter <sup>6)</sup>	Vor Ort

<sup>1)</sup> Für den Personalbedarf für das Öffnen der Armaturen vor Ort gibt es keine Angaben; die mobile Pumpe wird in KWB-A durch die Werksfeuerwehr angeschlossen.

<sup>2)</sup> 1 Elektriker für Simulationen im Reaktorschutz (siehe Kap. 4.1.1),

<sup>3)</sup> 2 Anlagenwärter für das Anschließen der mobilen Pumpe und 1 Anlagenwärter für Tätigkeiten am SPW-Behälter.

<sup>4)</sup> 1 Elektriker und 1 Anlagenwärter für Simulationen im Reaktorschutz.

<sup>5)</sup> 2 Elektriker für die Herstellung der Stromversorgung der SDE-Schienen.

<sup>6)</sup> 2 Anlagenwärter für das Anschließen der mobilen Pumpe, 1 Anlagenwärter für Tätigkeiten am SPWB, 2 Anlagenwärter für Tätigkeiten an der FD-Armaturenstation und 2 Anlagenwärter für Tätigkeiten im Ringraum.

Für die SDE ohne SBO werden bei KKE 6 Personen benötigt, gegenüber 2 bei KWB-A (ohne Schichtleiter). Für die SDE mit SBO liegen für KWB-A keine Angaben vor. Deshalb ist für die SDE mit SBO kein Vergleich möglich. Bei der nachfolgenden Bewertung wird von der Annahme ausgegangen, dass die Relation des Personalbedarfs gleich ist.

## 5 Bewertung

### 5.1 Darstellung der relevanten Unterschiede

- Merkmal 1: Wirksamkeit der vorgesehenen Notfallmaßnahmen
  - Die Druckentlastungskapazität der FD-Ventile ist bei KKE höher (siehe Tabelle 4.2). Für KWB-A ergibt sich aufgrund ihrer unterschiedlichen technischen Ausführung eine höhere Diversität der FD-Sicherheitsventile.
  
- Merkmal 2: Karenzzeiten für Notfallmaßnahmen in Relation zum erforderlichen Zeitbedarf für die Durchführung der SDE
  - Die Vorbereitung und Durchführung der Notfallmaßnahme SDE ist in KWB-A schneller realisierbar als in KKE, da der SPW-Behälterdruck (ca. 10 bar) höher ist als in KKE (ca. 3,7 bar) und somit keine Druckauflastung notwendig ist. Bei KWB-A sind keine umfangreichen Simulationen im Reaktorschutz notwendig.
  - Die in den Unterlagen angegebenen DE-Ausdampfzeiten für KWB-A sind gegenüber KKE wesentlich kleiner. Ein Grund ist das um etwa 20% größere Wasservolumen der DE-Sekundärseite in KKE; die Nachzerfallsleistung ist jedoch in KWB-A um etwa 10 % geringer.
  - Die absolut zur Ausführung der SDE notwendige Zeit beträgt im Fall ohne SBO etwa 25% (KWB-A) bzw. 50% (KKE) der Karenzzeit und im Fall mit SBO für beide Anlagen etwa 65%.
  
- Merkmal 3: Erforderlicher Personalbedarf für die Durchführung der SDE
  - Die Komplexität der SDE ist bei KKE wegen der Druckauflastung des SPW-Behälters, der Simulationen im Reaktorschutz und der Herstellung der Spannungsversorgung des SDE/PDE-Schranks erheblich größer.
  - Demzufolge ist auch der Personalbedarf für die Vorbereitung und Durchführung der SDE in KKE größer.

## 5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

- Merkmal 1: Wirksamkeit der vorgesehenen Notfallmaßnahmen
  - Die Unterschiede in der Druckentlastungskapazität der FD-Ventile spielen nach dem Ausdampfen der DE nur eine untergeordnete Rolle. Die höhere Diversität der FD-Sicherheitsventile bei KWB-A stellt aufgrund der geringen Kapazität der 15%-Sicherheitsventile nur einen geringen Vorteil dar.
- Merkmal 2: Karenzzeiten für Notfallmaßnahmen in Relation zum erforderlichen Zeitbedarf für die Durchführung der SDE
  - Die zur Ausführung der SDE notwendige Zeit im Vergleich zur Karenzzeit ist für den Fall ohne SBO in KWB-A günstiger als in KKE. Für den Fall mit SBO ist sie für beide Anlagen vergleichbar.
- Merkmal 3: Erforderlicher Personalbedarf für die Durchführung der SDE
  - Die Durchführung der SDE hat in KWB-A im Vergleich zu KKE den Vorteil einer einfacheren und weniger komplexen Struktur der Notfallmaßnahme, die aus diesem Grund mit weniger Personal realisiert werden kann.

## 5.3 Fazit

Die zur Ausführung der Notfallmaßnahme „Sekundärseitiges Druckentlasten und Be-speisen (SDE)“ notwendige Zeit im Vergleich zur Karenzzeit (mit und ohne SBO) sowie der geringere Personalaufwand aufgrund der geringeren Komplexität der Vorbereitung und Durchführung der SDE (mit und ohne SBO) führen zu Vorteilen in KWB-A.

## 6 Literatur

- /BMU 01/ Grundsätze der Tätigkeit von Sachverständigen im Auftrag der Bundesaufsicht über die Ausführung des Atomgesetzes im Hinblick auf Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren und sonstige Reaktoren (Sachverständigen-Grundsätze der Bundesaufsicht über Atomkraftwerke), Stand: Juli 2001
- /BMU 06/ SR 2569 „Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“, 05.12.2006
- /KTR 06/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Öko-Institut e.V., Physikerbüro Bremen:  
Aktualisierung des Kerntechnischen Regelwerks, Module 1 – 11, Revision B, Entwurf Stand: September 2006, BMU-Vorhaben SR 2475



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische  
Überprüfung von Anla-  
gen zu ausgewählten  
Anforderungen und  
Ereignissen im Rahmen  
von Anträgen zur Rest-  
strommengenübertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 19:

„Kühlmittelverlust mit kleinem  
Leckquerschnitt mit der Ten-  
denz zum Anstieg des Kühl-  
mitteldrucks über den Förder-  
druck der Hochdruck-  
Einspeisepumpen“

SR 2569



Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH



Sicherheitstechnische Über-  
prüfung von Anlagen zu aus-  
gewählten Anforderungen und  
Ereignissen im Rahmen von  
Anträgen zur Reststrommengen-  
übertragung

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 19:  
„Kühlmittelverlust mit kleinem  
Leckquerschnitt mit der Ten-  
denz zum Anstieg des Kühl-  
mitteldrucks über den Förder-  
druck der Hochdruck-  
Einspeisepumpen“

Mai 2007

Auftrags-Nr.: 820410

**Anmerkung:**

Dieser Bericht ist im Auftrag des  
BMU im Rahmen des Vorhabens  
SR 2569 erstellt worden. Der Auf-  
traggeber behält sich alle Rechte  
vor. Insbesondere darf dieser Be-  
richt nur mit seiner Zustimmung zi-  
tiert, ganz oder teilweise vervielfäl-  
tigt werden bzw. Dritten zugänglich  
gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und  
Meinung des Auftragnehmers und  
der Unterauftragnehmer wieder und  
muss nicht mit der Meinung des  
Auftraggebers übereinstimmen.

## Vorwort

Im Atomgesetz wurden mit der Änderung vom 26.04.2002 die Reststrommengen für die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksblöcke in Deutschland festgelegt. Über die Zustimmung zur Übertragung von Elektrizitätsmengen entscheidet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Im Rahmen der Entscheidungsfindung des BMU über die Anträge auf Übertragung von Elektrizitätsmengen hat das BMU auch eine vergleichende Sicherheitsüberprüfung zwischen einer Anlage, die Strommengen abgibt und derjenigen, welche die Strommengen bekommen soll, vorgesehen. Da in der zur Verfügung stehenden Zeit keine in Prüfungsumfang und -tiefe mit der Durchführung und der sachverständigen Prüfung von Sicherheitsüberprüfungen nach § 19a AtG vergleichbare, umfassende Ermittlung und sicherheitstechnische Bewertung beider Anlagen möglich ist, beauftragte das BMU die GRS, zusammen mit benannten Unterauftragnehmern mit der „Sicherheitstechnischen Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“ /BMU 06/. Auftragsgegenstand sind punktuelle Untersuchungen einzelner Bewertungsgegenstände, die gemeinsam von BMU, GRS und den Unterauftragnehmern festgelegt wurden. Um dem BMU eine vergleichende Bewertung zu ermöglichen, ob sichergestellt ist, dass die beantragte Übertragung von einer älteren auf eine neuere Anlage nicht zu Lasten der Sicherheit geht, wurden sicherheitstechnisch relevante Bewertungsgegenstände für jede beantragte Übertragung insbesondere unter Beachtung folgender Kriterien ausgewählt:

- die anlagentechnischen Gegebenheiten der antragsgemäß betroffenen abgebenden und empfangenden Anlage beinhalten wesentliche Unterschiede und / oder
- die Bewertungsgegenstände berühren Entwicklungen seit Genehmigungserteilung bezüglich des Standes von Wissenschaft und Technik und
- die Untersuchungen sind in der zur Verfügung stehenden Zeit voraussichtlich durchführbar.

Dabei wird die sicherheitstechnische Fragestellung weitgehend auf die Beherrschbarkeit von zu erwartenden oder im Rahmen der Nachweisführung postulierten Ereignismöglichkeiten bezogen.

Die Durchführung eines nur punktuellen, aber die genannten Auswahlkriterien beachtenden Prüfprogramms ist aus Sicht des Auftraggebers gerechtfertigt, da der Gesetzgeber die Festlegung der konkreten Maßstäbe für die Prüfung, ob die beabsichtigte Übertragung zu Lasten der Sicherheit ginge und deren willkürfreie Anwendung in § 7 Abs. 1b Satz 2 AtG der Exekutive überlassen hat; Art und Umfang der Ermittlung der für seine Sicherheitsbewertung entscheidungserheblichen Tatsachen sind vom BMU im Rahmen seines Verfahrensermessens zu bestimmen.

Das Überprüfungskonzept basiert auf einer Auswertung und Bewertung von Unterlagen, die der Betreiber für die einzelnen Bewertungsgegenstände dem BMU vorlegen soll. Für den Fall, dass keine spezifischen Unterlagen vorgelegt werden, ist auftragsgemäß vorgesehen, alle Dokumente und Informationen, die in den beteiligten Sachverständigenorganisationen für die hier anstehenden Aufgaben zur Verfügung stehen, für diese Überprüfung zu nutzen. Da diese Dokumente und Informationen hinsichtlich ihrer Aktualität und Belastbarkeit sehr unterschiedlich sein können, wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein einheitlich klassifizierter Unterlagen- und Quellennachweis vorgelegt. Dabei wird zwischen den folgenden Kategorien unterschieden:

- Kategorie 1: im atomrechtlichen Verfahren geprüfte / begutachtete bzw. vom BMU freigegebene Unterlagen,
- Kategorie 2: Stellungnahmen der RSK bzw. der SSK und
- Kategorie 3: nicht im Sinne von Kategorie 1 geprüfte Unterlagen, die jedoch nach Auffassung der Auftragnehmer Informationen zum Sachverhalt enthalten.

Die vergleichenden Darstellungen zu den einzelnen Bewertungsgegenständen basieren jeweils auf diesen Unterlagen und spiegeln den darin wiedergegebenen Anlagenzustand wieder. Abweichungen zum derzeitigen Anlagenzustand aufgrund zwischenzeitlich durchgeführter Änderungen sind nicht auszuschließen.

Bewertungsmaßstab ist der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik. Dabei sind neben dem Erfüllungsgrad von regulatorischen Sicherheitsanforderungen bezüglich der Beherrschbarkeit von Ereignissen insbesondere auch die anlagenspezifischen Reserven in die Bewertung einzubeziehen. Aufgrund der Begrenzungen in der Bearbei-



tungszeit und im Umfang und Detaillierungsgrad der Unterlagen erfolgt aber keine vollständige Überprüfung sondern eine Fokussierung auf wesentliche grundlegende Sicherheitsanforderungen. Die für die jeweiligen Bewertungsgegenstände spezifischen Bewertungsmerkmale werden in den einzelnen Berichten ausgewiesen. Die Bewertungsmerkmale beziehen sich grundsätzlich entweder unmittelbar auf grundlegende Sicherheitsanforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik oder mittelbar auf anlagentechnisch vergleichbare Sicherheitsfunktionen mit Anforderungen entsprechend des gestaffelten Sicherheitskonzepts. Die Bewertung der Sicherheitsfunktionen erfolgt im Wesentlichen im Hinblick auf deren Wirksamkeit und Qualität.

Auftragsgemäß sollen die Überprüfungen anhand deterministischer Bewertungsweisen erfolgen. Dieser methodische Ansatz kann in einigen Fällen dazu führen, dass bei der vergleichenden Bewertung von komplexen Systemkonstellationen bezüglich der Beherrschbarkeit eines Ereignisses keine eindeutige, abschließende Bewertung möglich ist. Im Rahmen der hier vorgesehenen Bewertungen wären weiterführende probabilistische Bewertungen auch aufgrund fehlender spezifischer Unterlagen in der vorgesehenen Bearbeitungszeit nicht durchführbar und sind daher auftragsgemäß nicht vorgesehen.

Es besteht daher Einvernehmen mit dem BMU darin, dass aufgrund der Begrenzung der Überprüfungsdauer und der Unterlagensituation wesentliche Anforderungen der "Sachverständigengrundsätze für die Bundesaufsicht" /BMU 01/ nicht eingehalten werden können. Die Abweichungen beziehen sich insbesondere auf die Vollständigkeit, Aktualität und Belastbarkeit von Unterlagen bei der Sachverhaltsermittlung sowie die Bewertungsmethoden, die im vorliegenden Fall weitgehend auf ingenieurmäßige Betrachtungsweisen eingeschränkt sind.

Die durchgeführten Sicherheitsvergleiche beinhalten keine aufsichtliche Überprüfung der betroffenen Anlagen. Auftragsgemäß wird zu jedem Bewertungsgegenstand ein separater Ergebnisbericht erstellt. Eine Gesamtbewertung ist nicht beauftragt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale.....</b>	<b>2</b>
2.1	Ereignisablauf .....	2
2.2	Bewertungsmerkmale .....	4
<b>3</b>	<b>Verwendete Unterlagen .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Anlagenvergleich .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Bewertung.....</b>	<b>11</b>
5.1	Zu Merkmal 1: Vorgesehene Notfallmaßnahmen.....	11
5.1.1	Organisatorische Voraussetzungen	11
5.1.2	Spezielle Technische Voraussetzungen	11
5.1.3	Wirksamkeit der PDE	13
5.2	Zu Merkmal 2: Karenzzeiten und Zeitbedarf .....	14
5.3	Zu Merkmal 3: Personalbedarf .....	15
5.4	Fazit .....	15
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>16</b>

## **1 Einleitung**

Der vorliegende Bericht befasst sich mit sicherheitstechnischen Vergleichen im Zusammenhang mit dem Antrag (Hilfsantrag) der RWE Power AG vom 26.09.2006 an das BMU auf Übertragung von Reststrommengen vom Kernkraftwerk Emsland (KKE) auf das Kernkraftwerk Biblis Block A (KWB-A). Dazu wurden von der GRS in Abstimmung mit dem BMU 20 Bewertungsgegenstände definiert. Auftragsgemäß erfolgt für jeden Bewertungsgegenstand (BG) eine separate Auswertung.

Nachfolgend wird der Bewertungsgegenstand 19 „Kühlmittelverlust mit kleinem Leckquerschnitt mit der Tendenz zum Anstieg des Kühlmitteldrucks über den Förderdruck der Hochdruck-Einspeisepumpen“ behandelt. Dies wird als Ereignis der Sicherheitsebene 4b eingestuft.

## 2            **Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale**

### 2.1           **Ereignisablauf**

Bewertungsgegenstand ist das postulierte Ereignis *Kühlmittelverlust mit kleinem Leckquerschnitt mit der Tendenz zum Anstieg des Kühlmitteldrucks über den Förderdruck der Hochdruck-Einspeisepumpen.*

Wenn die Sekundärseite für die Abfuhr der Nachzerfallswärme nicht zur Verfügung steht, steigt der Primärdruck infolge des Wärmeeintrags durch die Nachzerfallsleistung bei fehlendem Wärmeaustrag über die Sekundärseite an. Ein Gleichgewicht zwischen beiden kann sich erst einstellen, wenn der Wärmeaustrag durch offene Querschnitte im RKL übernommen wird. Diese Querschnitte können durch ein Leck gegeben sein, oder über geöffnete Ventile am Druckhalter (DH) bereitgestellt werden. In letzterem Fall stellt sich das Gleichgewicht erst ein, wenn der Druck im Reaktorkühlkreislauf (RKL) über den Ansprechwert eines Druckhalter-Abblaseventils (DH-ABV) angestiegen ist und dieses geöffnet hat.

Die Wasserausströmung durch das DH-ABV kann den RKL-Druck zunächst noch unter den Schließdruck des Ventils absenken, so dass sich dieses zyklisch öffnet und schließt. Im Zuge dieses Prozesses gelangt das Primärinventar in den Sättigungszustand und im Kern setzt Verdampfung ein. Dadurch steigt der Druck bis über die Schließschwelle des DH-ABV, so dass dieses auch ohne Fehlfunktion offen bleibt. Die Wasserausströmung führt die Energie zunächst wieder ab, jedoch beschleunigt sie den Inventarverlust, wodurch der Reaktordruckbehälter (RDB) sukzessive entleert wird.

Zunehmende Dampfproduktion im Kern sorgt für weiteren Druckanstieg, so dass ein zweites DH-Ventil zyklisch öffnet und schließt (KWB-A: 2. DH-ABV; KKE: 1. DH-SIV). Dabei erreicht der Dampfraum des DH ebenfalls Sättigungstemperatur und die Durchströmung der DH-Ventile wird zweiphasig. Etwa zu diesem Zeitpunkt erreicht der Füllstand im RDB einen Grenzwert (MIN3), bei dem Notfallmaßnahmen zu ergreifen sind, um ein *Kernschmelzen unter hohem Druck* zu verhindern.

Als Notfallmaßnahme bei einem solchen Ereignisablauf ist das *Primärseitige Entlasten und Bespeisen* (PDE) vorgesehen. Dies wird durch das Öffnen der DH-Ventile eingeleitet. Mit dem dadurch sinkendem Druck wird zunächst den Hochdruck-Sicherheits-

einspeisepumpen (HD-SEP), danach den Druckspeichern (DS) und schließlich den Not- und Nachkühlpumpen (NKP) das Einspeisen ermöglicht.

In einem zusätzlichen Szenario wird auch die Nichtverfügbarkeit der aktiven Komponenten der Not- und Nachkühlsysteme oder - alternativ - betrieblicher Einspeisesysteme unterstellt. Dann wird mit der passiven Einspeisung durch die DS das Kernschmelzen erheblich verzögert. In der so gewonnenen Zeit kann versucht werden, aktive Komponenten verfügbar zu machen. Gelingt dies nicht, kommt es langfristig zum *Kernschmelzen unter niedrigem Druck*.

Da nach aktuellem Kenntnisstand (siehe z.B. die PSÜ für KWB-A /1.1/) das fehlerhafte Offenbleiben eines DH-ABV bei der Transiente „Ausfall der DE-Bespeisung“ anlagenübergreifend als abdeckend für die Untersuchung der anlageninternen Notfallmaßnahme „Primärseitigen Entlasten und Bespeisen“ angesehen werden kann, wird dieses Ereignis für die vorliegende Bewertung herangezogen.

In /1.1/ wird auf den Siemens-Arbeitsbericht R212-89-2001 v. 03.10.1989 Bezug genommen, der den Störfallablauf bei vollständigem Ausfall der Speisewasserversorgung in KWB-B zum Gegenstand hat. Die Übertragbarkeit auf KWB-A ist gemäß /1.1/ nachgewiesen. Nach erstmaliger Durchströmung mit Zweiphasengemisch 36 min nach der Reaktorschnellabschaltung (RESA) wird das fehlerhafte Offenbleiben des ersten DH-ABV unterstellt.

Die Durchströmung des Ventils mit unterkühltem Wasser kann den Druckanstieg nicht kompensieren, der durch die Dampfproduktion im Kern bedingt ist. Der Druck im RKL steigt weiter, bis nach 52 min das zweite DH-ABV öffnet. 60 min nach RESA erreicht der Füllstand im RDB das MIN3-Kriterium (in KWB-A Unterkante der Hauptkühlmittelleitung) und die Brennelementaustrittstemperatur (BAT, gemessen an zwei repräsentativen Brennelementen) überschreitet 72 min nach RESA den Wert von 400 °C.

Bei anstehendem MIN3-Kriterium wird die Notfallmaßnahme *Primärseitiges Druckentlasten und Bespeisen* (PDE) ergriffen. Deren Wirksamkeit in den Anlagen KKE und KWB-A wird im Folgenden verglichen.

Die sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisses liegt darin, dass bei Unterbleiben von präventiven Notfallmaßnahmen unmittelbar *Kernschmelzen unter hohem Druck* droht.

## 2.2 Bewertungsmerkmale

Für die Wirksamkeit der PDE sind organisatorische Voraussetzungen notwendig, die in Handlungsanweisungen für das Personal münden. Diese sind in einem Notfallhandbuch (NHB) niederzulegen, mindestens jedoch müssen schutzzielorientierte Handlungsanweisungen im Betriebshandbuch festgehalten sein, welche die Durchführung einer PDE erlauben.

Allgemeine technische Voraussetzungen betreffen die Ertüchtigung der Druckhalter-Abblasestation für die PDE (z.B. zusätzliche, sicher stromversorgte Steuerstränge für alle DH-Ventile mit Offenhaltung bis zu niedrigen Drücken, Auslegung der DH-Ventile und Steuerventile für langfristige Beanspruchung durch die Umgebungsbedingungen bei PDE /1.8/).

Spezielle technische Voraussetzungen, welche die Wirksamkeit der PDE entscheidend beeinflussen, sind eine ausreichende Querschnittsfläche der Abblase- und Sicherheitsventile am Druckhalter (Druckentlastung), die Verfügbarkeit einzelner Stränge der Not- und Nachkühlsysteme, insbesondere bei hohem Druck und hinreichender Kapazität der Flutbehälter, sowie die Einspeisekapazität der Druckspeicher (Bespeisung).

Davon ausgehend wurden für die hier durchgeführten vergleichenden Untersuchungen die folgenden Bewertungsmerkmale herangezogen:

- **Merkmal 1**: Vorgesehene Notfallmaßnahmen (organisatorische und technische Voraussetzungen, Wirksamkeiten)
- **Merkmal 2**: Karenzzeiten für Notfallmaßnahmen in Relation zum erforderlichen Zeitbedarf für die Durchführung
- **Merkmal 3**: Erforderlicher Personalbedarf für die Durchführung

### 3            **Verwendete Unterlagen**

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

- /1.1/        PSÜ KWB Block A, PSÜ-Nr.: III 1/4  
Auslegungüberschreitende Anlagenzustände, Stand 29.06.2001
- /1.2/        TÜV Gutachtergemeinschaft PSÜ KWB-A: Gutachten zur Periodischen  
Sicherheitsüberprüfung Kernkraftwerk Biblis Block A,  
Teil 1, Sicherheitsstatusanalyse (PSÜ/SSA), Juni 2005
- /1.3/        KWU (Bericht NDS4/97/001): KONVOI-Sicherheitsstatusanalyse,  
18.12.1998
- /1.4/        TÜV Arbeitsgemeinschaft KONVOI: KONVOI Anlagen,  
Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, September 2001
- /1.5/        Betriebshandbuch KWB-A, Stand 30.06.2006
- /1.6/        Betriebshandbuch KKE, Stand 31.10.2006
- /1.7/        Notfallhandbuch KKE, Stand 27.01.2004
- /1.8/        GRS: Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke Phase B,  
Der Bundesminister für Forschung und Technologie (Hrsg.) 1989,  
Verlag TÜV Rheinland 1990
- /1.9/        KKE: Systembeschreibung JN, FAK, Stand 12. 6. 2004
- /1.10/       KWU: KWB-A, Systembeschreibung TH - Kernnot- und Nachkühlsystem,  
Stand 12.06.1975
- /1.11/       KWU: Sicherheitsbericht Kernkraftwerk Emsland mit Druckwasserreaktor,  
elektrische Leistung 1300 MW, Dortmund 1978
- /1.12/       KWU: Anlagenbeschreibung (Sicherheitsbericht) Kernkraftwerk Biblis /  
Block A mit Druckwasserreaktor 2517 MWth, RWE AG Essen, Sept. 1973
- /1.13/       PSÜ KWB Block A, PSÜ-Nr.: I

- Kategorie 3

- /3.1/        RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März  
2007

## 4 Anlagenvergleich

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
1 Vorgesehene Notfallmaßnahmen	<b>Primärseitiges Druckentlasten und Bespeisen (PDE)</b> Zielfunktion: a) Sichere Kernkühlung b) Kernschmelzen unter niedrigem Druck		
Organisatorische Voraussetzungen	Notfallhandbuch (NHB) /1.7/ für PDE vorhanden, Einstieg über Schutzzielorientierte Störfallbehandlung in BHB Teil 3 Kap. 1.3 /1.6/	Durchführung im Rahmen der schutzzielorientierten Störfallbehandlung /1.5/, Notfallprozeduren entwickelt, aber noch nicht genehmigt, Einstieg über BHB 17.30 /1.1/	Die im nachfolgenden Vergleich herangezogenen Notfallprozeduren sind in KKE formal in Kraft gesetzt und Bestandteil des Notfallhandbuchs. Bei KWB-A liegen nach unserer Aktenlage lediglich ausgearbeitete Prozeduren vor, die jedoch noch nicht genehmigt sind. Die folgende Bewertung orientiert sich an den links aufgeführten Unterlagen.
Allgemeine technische Voraussetzungen	In beiden Anlagen gegeben /1.7/, /1.1/		Kein relevanter Unterschied erkennbar.
Spezielle Technische Voraussetzungen,  Druckentlastung (DH-Ventile):	Hersteller <i>Sempell</i> 1 DH-Abblaseventil (20.8 cm <sup>2</sup> ) 2 DH-Sicherheitsventile (je 38.5 cm <sup>2</sup> ) max. Ventilquerschnitt: 97.8 cm <sup>2</sup> (Motorsteuerventile batteriegestützt)	Hersteller <i>Sempell, Bopp&amp;Reuther</i> 2 DH-Abblaseventile (20.4 / 37,8 cm <sup>2</sup> ) 2 DH-Sicherheitsventile (je 37.4 cm <sup>2</sup> ) max. Ventilquerschnitt: 133 cm <sup>2</sup> (Motorsteuerventile batteriegestützt)	Höherer Gesamtquerschnitt (Faktor 1,36), größere Redundanz (4 statt 3 DH-Ventile) sowie größere Diversität (verschiedene Hersteller) in KWB-A.
Bespeisung - Einspeisequellen:	4 HD-SEP, p <sub>0</sub> = 110 bar 8 Druckspeicher (DS), davon je 4 heiß- und 4 kaltseitig, p ≤ 26 bar, 4 Nachkühlpumpen, p <sub>0</sub> = 9 bar	4 HD-SEP, p <sub>0</sub> = 110 bar 4 Druckspeicher (DS) mit heiß- und kaltseitiger Einspeisung, p ≤ 27 bar, 4 Nachkühlpumpen, p <sub>0</sub> = 9 bar	Höhere Anzahl an Druckspeichern in KKE (nur bei Station Blackout relevant)



Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
	<p><u>Weitere Einspeisequellen:</u></p> <p>3 HD-Förderpumpen aus Volumenregelsystem, <math>p_0 = 210</math> bar, je ca. 10 kg/s bei <math>p \approx 168</math> bar</p> <p>4 Zusatzborierpumpen (Kolbenpumpen, <math>p \leq 210</math> bar), je 2 kg/s, Einspeisung aus Flutbehälter (FB) oder aus Zusatzborierbehälter</p>	<p><u>Weitere Einspeisequellen:</u></p> <p>3 HD-Förderpumpen aus Volumenregelsystem, <math>p_0 = 205</math> bar, je ca. 10 kg/s bei <math>p \approx 170</math> bar, (auch aus Flutbehältern möglich)</p> <p>Freie HD-Förderpumpen von Block B über RX-System. Block B im Normalbetrieb: <math>1 \times 10</math> kg/s + <math>1 \times 2</math> kg/s (Stillstand: <math>2 \times 10</math> kg/s + <math>1 \times 2</math> kg/s)</p>	<p>Zusatzboriersystem in KKE vorhanden (Sicherheitsebene 3), automatischer Start bei <math>\Delta p_{RSB/Atm} &gt; 30</math> mbar,</p> <p>RX System in KWB-A vorhanden, welches als Notstandssystem manuell in Betrieb zu nehmen ist.</p>
- Einspeisevorräte:	<p>4 Flutbehälter, je ca. 430 m<sup>3</sup> /1.11/ mit Auffüllmöglichkeit durch Beckenkühlpumpen sowie Querverbindung (Ringleitung)</p> <p>8 Druckspeicher (DS), davon 4 heiß- und 4 kaltseitig, je 34 m<sup>3</sup> boriertes Wasser, ohne SBO werden die kaltseitigen DS abgesperrt.</p> <p>Borierbehälter für Zusatzboriersystem (8 x 4 m<sup>3</sup> = 32 m<sup>3</sup>)</p> <p>Verbindungsleitung von der Druckseite der Nachkühlpumpe (hinter Nachwärmekühler) zur Saugseite der HD-SEP</p>	<p>4 Flutbehälterpaare, je 355 m<sup>3</sup> /1.12/ mit Auffüllmöglichkeit durch Beckenkühlpumpen sowie Querverbindung (Ringleitung) oder Flutbehälterumpumpen mittels Gebäudesprühumpen (4 Pumpen mit je 11 kg/s /1.12/)</p> <p>4 Druckspeicher (DS) mit heiß- und kaltseitiger Einspeisung, je 44 m<sup>3</sup> boriertes Wasser /1.10/,</p>	<p>1.2-faches Flutbehältervolumen in KKE</p> <p>1.5-faches DS- Inventar in KKE im Fall eines Station Blackout</p> <p>1.3-faches DS- Inventar in KWB-A in Fällen ohne Station Blackout</p> <p>Sumpfumwälzbetrieb mit den HD-SEP/NKP in KKE erschließt quasi unlimitierten Einspeisevorrat</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
Wirksamkeit	<p>Öffnen aller 3 DH-Ventile (NHB) /1.7/ (Randbedingungen für die folgenden Ereignisablaufvarianten)</p>	<p>Öffnen aller 4 DH-Ventile /1.1/ (Randbedingungen für die folgenden Ereignisablaufvarianten)</p>	<p>Höherer Gesamtquerschnitt (Faktor 1,36), größere Redundanz (4 statt 3 DH-Ventile) sowie größere Diversität (verschiedene Hersteller) in KWB-A.</p>
	<p><u>Ereignisablaufvariante:</u>  <i>Nur ein Not- und Nachkühlsystem verfügbar /1.7/:</i></p> <p>Kernkühlung gewährleistet bis Flutbeckenentleerung (ca. 1.5 h), Einspeisung der heißseitigen DS unterstützt Wiederauffüllen des PKL. Massenstrom der HD-SEP zu klein für Übergang auf ND-Einspeisung.</p> <p>Die Empfehlung aus /1.7/ „Eine weitere HD-SEP muss verfügbar gemacht werden.“ führt in die nächste Ereignisablaufvariante.</p> <p><i>Das NHB nimmt keinen Kredit vom Sumpfumwälzbetrieb mit HD-SEP durch die Verbindungsleitung zur Druckseite der laufenden Not- und Nachkühlpumpe. Diese und weitere Möglichkeiten zur Streckung der Einspeisevorräte und zur Nutzung alternativer Einspeisequellen werden im Schutzzielorientierten Kapitel des BHB beschrieben /1.6/.</i></p>	<p><u>Ereignisablaufvariante:</u>  <i>Nur ein Not- und Nachkühlsystem verfügbar /1.1/:</i></p> <p>Kernkühlung gewährleistet mit Übergang auf ND-Einspeisung und späterem Sumpfumwälzbetrieb</p> <p><i>BHB 17.80 enthält Anweisungen zur Inventarergänzung des Flutbehälters (Ringleitung bzw. Beckenkühlsystem) und zum Umpumpen von Flutbehältern mittels Gebäudesprüh-pumpen. BHB 17.20 enthält Anweisungen zur Bespeisung mit HD-Förderpumpen.</i></p>	

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
	<p><u>Ereignisablaufvariante:</u>  <i>Mindestens zwei Not- und Nachkühl-systeme in Betrieb /1.7/:</i></p> <p>Sichere Kernkühlung und Übergang auf Sumpfumwälzbetrieb gesichert.</p>	<p><u>Ereignisablaufvariante:</u>  <i>Mindestens zwei Not- und Nachkühl-systeme in Betrieb /1.1/:</i></p> <p>Sichere Kernkühlung und Übergang auf Sumpfumwälzbetrieb gesichert.</p>	<p>Kein relevanter Unterschied erkennbar.</p>
	<p><u>Ereignisablaufvariante /1.7/:</u>  <i>Keine aktiven Notkühlsysteme verfügbar (Station Blackout, SBO)</i></p> <p>Keine DS- Absperrung, Einspeisung von 8 DS verzögert das Kernschmelzen um ca. 1.5 h unter Verschiebung in den Niederdruckbereich</p>	<p><u>Ereignisablaufvariante /1.1/:</u>  <i>Keine aktiven Notkühlsysteme verfügbar (Station Blackout, SBO)</i></p> <p>Mit und ohne SBO ist das Inventar der 4 DS verfügbar.</p>	<p>1.5-fach größeres DS-Inventar in KKE</p>
<p><b>2</b> Karenzzeiten und Zeitbedarf</p> <p>Reaktorleistung</p>	<p>3850 MW<sub>th</sub></p>	<p>3517 MW<sub>th</sub></p>	<p>Maßgeblich für Bestimmung der Nachzerfallsleistung</p>
<p>Einleitungskriterium für die Vorbereitung der PDE</p>	<p>a) 4v4 DE-Füllstände &lt; 4m <u>oder</u></p> <p>b) KMT &gt; 350 °C <u>und</u>  <math>\Delta p_{RSB/Atm} &gt; 30 \text{ mbar}</math> <u>oder</u></p> <p>c) EB-Versorgung und Notstrom- und Notspeisenotstromdieselnetze länger als 20 min nicht verfügbar</p>	<p>entfällt /1.1/</p>	<p><u>Relevanter Unterschied.</u></p> <p>(Einleitungskriterien a) und c) in KKE auch für SDE gültig)</p>

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
Einleitungskriterium für die Durchführung d. PDE	RDB-Füllstand < tief 3 <u>oder</u> BAT > 400 °C	RDB-Füllstand < MIN3 <u>oder</u> BAT > 400 °C	
Karenczeiten (vom Einleitungskriterium zur Vorbereitung bis zum Einleitungskriterium zur Durchführung der PDE)	<u>Einleitungskriterien a) oder c)</u> 80 - 95 min <u>Einleitungskriterium b)</u> bis RDB-Füllstand < tief 3: 10 min bis BAT > 400 °C: 20 min	entfällt /1.1/	<u>Relevanter Unterschied.</u>
Zeitbedarf für die Vorbereitung der PDE	20 min /1.7/	entfällt /1.1/	<u>Relevanter Unterschied.</u>
Zeitbedarf für die Durchführung der PDE	5 min /1.7/	5 min /1.5/	
Zeitbedarf für die PDE	25 min /1.7/	5 min /1.5/	<u>Relevanter Unterschied.</u>
<b>3</b> Personalbedarf	1 Reaktorfahrer / Warte <u>bei intakter Spannungsversorgung:</u> 1 Elektriker im Notspeisegebäude  <u>Andernfalls:</u> 1 Elektriker im Notspeisegebäude 1 Elektriker im Schaltanlagegebäude	1 Reaktorfahrer / Warte	<u>Relevanter Unterschied.</u>

## 5 Bewertung

Gegenstand der Bewertung ist die Wirksamkeit der anlageninternen Notfallmaßnahme *Primärseitiges Entlasten und Bespeisen* (PDE) in den zu vergleichenden Anlagen KKE und KWB-A. Die im Anlagenvergleich identifizierten Unterschiede werden im Folgenden näher dargestellt und bewertet.

### 5.1 Zu Merkmal 1: Vorgesehene Notfallmaßnahmen

#### 5.1.1 Organisatorische Voraussetzungen

Die Handlungsanweisungen für das Personal sind in KKE in einem Kapitel des Notfallhandbuchs niedergelegt /1.7/. In KWB-A werden die Handlungen nach Maßgabe der schutzzielorientierten Störfallbehandlung durchgeführt /1.5/. Notfallprozeduren für die PDE in KWB-A sind ausgearbeitet jedoch noch nicht genehmigt, was einen Nachteil für KWB-A darstellt.

#### 5.1.2 Spezielle Technische Voraussetzungen

##### 5.1.2.1 Ablasequerschnitte

KWB-A weist gegenüber KKE eine um das ca. 1,4-fach größere Querschnittsfläche der DH-Ventile auf, wodurch eine schnellere und tiefere Druckentlastung möglich ist. In der in Abschnitt 2 aufgeführten (in /1.1/ zitierten) Rechnung für KWB-A wird beim Ausfall aller aktiven Systeme bei einer PDE mit maximaler Öffnungsfläche (133 cm<sup>2</sup>) der Einspeisedruck der Druckspeicher rechtzeitig vor dem Auftreten von Hüllrohrtemperaturen >1200 °C erreicht. Bei einer Öffnungsfläche von 95 cm<sup>2</sup>, entsprechend dem maximalen Querschnitt der DH-Ventile in KKE, ist dies mit 1200 °C (Rechnungsabbruch) nicht der Fall. Die höhere Querschnittsfläche der DH-Ventile stellt einen Vorteil für KWB-A dar.

Gegenüber KKE mit drei Ventilen besitzt KWB-A vier. Die damit verbundene höhere Redundanz wirkt sich positiv auf die Zuverlässigkeit der PDE aus (Ventilversagen in geschlossenem Zustand). Die beiden DH-ABV wurden von verschiedenen Herstellern

geliefert, was gegenüber KKE Diversität schafft (Ausfall aus gemeinsamer Ursache). Auch diese Unterschiede bei den DH-Ventilen sind als Vorteil für KWB-A zu werten.

#### 5.1.2.2 Einspeisequellen

- a) KKE verfügt im Gegensatz zu KWB-A über ein *Zusatzboriersystem* (JDH), das mit 4 Hochdruck-Kolbenpumpen mit einer Förderleistung von insgesamt 8 kg/s aus je einem Flutbehälter (FB) oder einem Zusatzborierbehälter in den RKL einspeisen kann. Dieses System ist der Sicherheitsebene 3 zugeordnet, startet bei niedrigem DH-Füllstand automatisch und stellt einen Vorteil für KKE dar.
- b) KWB-A verfügt über die Möglichkeit, die HD-Förderpumpen von Block B mit mindestens 10 kg/s zur Einspeisung in den RKL des Block A zu nutzen (RX-System, Vorteil für KWB-A). Die HD-Förderpumpen in KWB-B können wahlweise auch aus einem Flutbehälter des Not- und Nachkühlsystems ansaugen.

#### 5.1.2.3 Einspeisevorräte

- a) Das gegenüber KWB-A um den Faktor 1,2 erhöhte FB-Volumen stellt bei Verfügbarkeit nur eines Not- und Nachkühlsystems, auch unter Berücksichtigung der höheren Nachzerfallsleistung in KKE, einen Vorteil für KKE dar.
- b) Ein Vorteil von KWB-A besteht in der gegenüber KKE zusätzlichen Möglichkeit, mittels der vier Gebäudesprühumpen das Inventar der nichtgenutzten in die genutzten FB umpumpen zu können. Oberhalb von ca. 100 bar kann damit eine Förderleistung vergleichbar der HD-SEP erreicht werden. Mit sinkendem Druck nimmt die Förderleistung der HD-SEP soweit zu, dass die Entleerung des genutzten FB durch das Umpumpen lediglich verlangsamt wird. Das Umpumpen ist nur relevant, wenn lediglich eine HD-SEP verfügbar ist.
- c) Ein Vorteil für KKE besteht in der Verbindungsleitung zwischen der Druckseite der Nachkühlpumpen (hinter dem Nachkühler) und der Saugseite der HD-SEP in jedem Nachkühlstrang. Damit kann mit den HD-SEP Sumpfumwälzbetrieb gefahren werden, vorausgesetzt, die zugeordnete Nachkühlpumpe steht als Vorpumpe zur Verfügung. Diese Schaltung stellt mit dem Gebäudesumpf einen (bei Verfügbarkeit des Nachkühlers) quasi unlimitierten Einspeisevorrat zur Verfügung.

- d) Bei verfügbarer Stromversorgung werden in KKE die kaltseitigen DS abgesperrt. Bei Erreichen ihres Ansprechdrucks speisen in diesem Fall nur die 4 heißseitigen DS ein und unterstützen die Abkühlung durch die HD-SEP. Die heißseitigen DS weisen in KKE nur 77% des Wasserinventars aller DS von KWB-A auf. Da die DS parallel zu den HD-SEP einspeisen, stellt dies jedoch nur dann einen Vorteil für KWB-A dar, wenn nur eine HD-SEP verfügbar ist.
- e) Beim als *Station Blackout* (SBO) bezeichneten Totalausfall der Drehstromversorgung (einschließlich der Notstromdieselaggregate, Batterieversorgung bleibt erhalten) sind keine aktiven Einspeisesysteme verfügbar. In diesem Fall werden in KKE die kaltseitigen DS 500 s nach Anstehen der HD-Notkühlkriterien nicht abgesperrt (fehlende Stromversorgung der Absperrarmaturen) und alle 8 DS speisen ein. Deren 1.5-faches Volumen im Vergleich zu KWB-A ist ein Vorteil für KKE. Die nun verfügbaren kaltseitigen DS bringen zusätzliche Unterkühlung in das untere Plenum und entspeichern den aufgeheizten Kern auch von unten.

### 5.1.3 Wirksamkeit der PDE

Im Folgenden werden drei Ereignisablaufvarianten unterschieden.

#### 5.1.3.1 Ein Notkühlstrang verfügbar

In KWB-A bewirkt das Öffnen aller DH-Ventile in der Phase bis zum Entleeren der Flutbehälter den Übergang auf die ND-Einspeisung /1.1/, wohingegen dies in KKE erst nach dem Einbringen weiterer Unterkühlung durch zusätzliche Handmaßnahmen /1.7/ der Fall ist (z.B. „HD-Sumpfumwälzbetrieb mit einer Reihenschaltung von HD-SEP und zugehöriger Not- und Nachkühlpumpe“, „Ergänzung des FB-Inventars mit den BE-Beckenkühlumpen“ oder „Nutzbarmachung des Inventars mehrerer Flutbehälter durch Öffnen der Ringleitung“). Die Handmaßnahmen dienen der Abkühlung des RDB-Inventars unter 180 °C, um die Niederdruckbedingungen mit einem Notkühlstrang zu erreichen. Dass dafür in KWB-A auf Grund des größeren Abblasequerschnitts keine zusätzlichen Handmaßnahmen notwendig sind, wird als Vorteil für KWB-A gewertet.

### 5.1.3.2 Mehr als ein Notkühlstrang verfügbar

Mit dem eingebrachten Massenstrom wird der RKL soweit abgekühlt, dass der Übergang auf ND-Einspeisung mit anschließendem Sumpfumwälzbetrieb zur langfristigen Kernkühlung in beiden Anlagen gleichwertig gesichert ist. Durch den großen Abblasequerschnitt bei der PDE erfolgt der Übergang zur ND-Einspeisung bei KWB-A bereits bei mittlerer Füllung der Flutbehälter, so dass die Not- und Nachkühlpumpen zunächst aus diesem ansaugen und die Umschaltung auf Sumpfumwälzbetrieb später erfolgt. Daher stellt das höhere Flutbehälterinventar in KKE bei der PDE keinen relevanten Vorteil dar.

### 5.1.3.3 Keine aktiven Systeme verfügbar (Station Blackout)

Unter den Bedingungen eines *Station-Blackout* (SBO) können die kaltseitigen DS in KKE nicht abgesperrt werden. Deshalb speisen sie zusätzlich zu den heißseitigen DS in den RKL ein. Die relative Einspeisemenge hängt dabei vom Verhältnis der Treibgas- zur Wasserfüllung der DS ab. Dieses Verhältnis beträgt in beiden Anlagen ca. 1/3. Damit gelangt bei gleichem RKL-Druck die gleiche relative Wassermenge in den RKL. Letztere ist in KKE gegenüber KWB-A um den Faktor 1,5 erhöht und verzögert das Kernschmelzen um ca. 1,5 h. Annähernde Proportionalität von eingebrachtem DS-Inventar und Verzögerung des Kernschmelzens vorausgesetzt, ergibt sich für KWB-A eine Verzögerung von ca. 1 h, woraus sich ein Vorteil für KKE ergibt.

## 5.2 Zu Merkmal 2: Karenzzeiten und Zeitbedarf

Unter Karenzzeit wird der Zeitraum verstanden, der zwischen dem Zeitpunkt des Erreichens der Einleitungskriterien für die Vorbereitung einer Notfallmaßnahme und dem Zeitpunkt des Erreichens der Einleitungskriterien für deren Durchführung verstreicht. Die Karenzzeiten in KKE sind dem NHB /1.7/ entnommen und betragen bei den Einleitungskriterien a) und c) 80 - 95 min. Bei Einleitung durch „KMT > 350 °C und  $\Delta p_{RSB/Atm.} > 30 \text{ mbar}$ “ (Einleitungskriterium b) stehen in KKE 10 min bis zum „RDB-Füllstand < tief 3“ bzw. 20 min bis „BAT > 400 °C“ zur Verfügung.

Für KWB-A ist eine Karenzzeit definitionsgemäß nicht anzugeben, da DH-Ventile mit Anstehen des Einleitungskriteriums für die Durchführung der PDE unmittelbar geöffnet werden können.



In KKE werden für die Vorbereitung der PDE 20 min für parallele Maßnahmen im Notspeisegebäude bzw. im Schaltanlagengebäude benötigt. In KWB-A besteht den Unterlagen zufolge /1.1/ kein Zeitbedarf für die Vorbereitung der PDE. Für das Öffnen der DH-Ventile werden in beiden Anlagen 5 min veranschlagt. Damit werden für Vorbereitung und Durchführung der PDE in KKE 25 min und in KWB-A 5 min benötigt.

Die Karenzzeiten sind in KKE für den Fall der Einleitungskriterien a) oder c) wesentlich größer als die zur Durchführung der Maßnahme benötigte Zeit, so dass sich für keine der beiden Anlagen ein Vorteil ergibt. Bei Vorliegen des Einleitungskriteriums b) in KKE ist die zur Vorbereitung der PDE aufzuwendende Zeit von 20 min mit der Karenzzeit identisch (20 min bei Einleitung durch „BAT > 400 °C“) bzw. überschreitet sie um 50% (10 min bei Einleitung durch „RDB-Füllstand < tief 3“). Im Fall b) lässt die Karenzzeit zur Einleitung der Maßnahme in KKE keine Reserven, was als Vorteil für KWB-A zu werten ist.

### 5.3 Zu Merkmal 3: Personalbedarf

In KKE wird zur Vorbereitung der PDE bei intakter Spannungsversorgung ein Elektriker im Notspeisegebäude benötigt, andernfalls zusätzlich ein Elektriker im Schaltanlagengebäude. Die Durchführung der PDE erfordert in beiden Anlagen einen Reaktorfahrer auf der Warte. Zusätzlich zum Schichtleiter beläuft sich der Personalbedarf auf

- 1 Reaktorfahrer und 1 bzw. 2 Elektriker in KKE. Die Ausstattung der Spät- bzw. Nachtschicht mit Elektrikern ist damit ausgeschöpft.
- 1 Reaktorfahrer in KWB-A (Vorteil für KWB-A).

### 5.4 **Fazit**

Insgesamt gesehen ist die Situation im Hinblick auf die erfolgreiche Realisierung der Notfallmaßnahme „Primärseitiges Entlasten und Bespeisen“ (PDE) für die meisten betrachteten Aspekte als gleichwertig anzusehen. Hinsichtlich der größeren Druckhalter-Abblasekapazitäten und des geringeren erforderlichen Zeit- und Personalbedarfs für die Vorbereitung der Maßnahme ist die Situation in KWB-A als günstiger einzuschätzen als in KKE.

Die Notfallprozedur für die PDE ist in KWB-A noch nicht genehmigt.

## **6            Literatur**

/BMU 01/ Grundsätze der Tätigkeit von Sachverständigen im Auftrag der Bundesaufsicht über die Ausführung des Atomgesetzes im Hinblick auf Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren und sonstige Reaktoren (Sachverständigen-Grundsätze der Bundesaufsicht über Atomkraftwerke), Stand: Juli 2001

/BMU 06/ SR 2569 „Sicherheitstechnische Überprüfung von Anlagen zu ausgewählten Anforderungen und Ereignissen im Rahmen von Anträgen zur Reststrommengenübertragung“, 05.12.2006