Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 1:

„Auswertung der Betriebserfahrung hinsichtlich Trends meldepflichtiger Ereignisse und Transienten“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 1: „Auswertung der Betriebserfahrung hinsichtlich Trends meldepflichtiger Ereignisse und Transienten“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

3 Verwendete Unterlagen 5

4 Ergebnisse 6

4.0 Gesamtzahl der Teilereignisse 8

4.1 Ereignisse, die in Stufe 1 der INES-Skala eingeordnet wurden 10

4.2 Ereignisse mit GVA 11

4.3 Ereignisse mit potentiellen GVA 12

4.4 Ereignisse mit Ausfall mehrerer Redundanten 14

4.5 Ereignisse mit Ausfall einer Redundanten 15

4.6 Ereignisse mit Anforderung einer Sicherheitseinrichtung 16

4.7 Ereignisse mit Fehlanregung einer Sicherheitseinrichtung 17

4.8 Ereignisse mit nicht absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen 18

4.9 Ereignisse mit absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen 19

4.10 Ereignisse mit radiologischen Auswirkungen 20

4.11 Ereignisse aufgrund nicht anforderungsgerechter Ausführung 21

4.12 Ereignisse, die eine Alterungsrelevanz aufweisen 22

4.13 Ereignisse, die durch menschliche Fehler verursacht wurden 23

4.14 Ereignisse, für die eine Precursorbewertung vorliegt 24

4.15 Transienten mit Auslösung der Reaktorschnellabschaltung 25

4.16 Transienten ohne Auslösung der Reaktorschnellabschaltung 26

4.17 Betriebliches Verschließen von Dampferzeuger-Heizrohren 28

5 Bewertung der Ergebnisse 30

6 Fazit 34

7 Literatur 35

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 1 „Auswertung der Betriebserfahrung hinsichtlich Trends meldepflichtiger Ereignisse und Transienten“ behandelt.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

Im Rahmen des in diesem Bericht behandelten Bewertungsgegenstands 1 „Auswertung der Betriebserfahrung hinsichtlich Trends meldepflichtiger Ereignisse und Transienten“ wurden bestimmte Klassen von sicherheitsrelevanten Ereignissen untersucht und bezüglich ihrer Häufigkeiten und Häufigkeitsverteilungen sowie ihres Trendverhaltens ausgewertet. Aus Gründen der gleichartigen Auswertung und Darstellung wird in diesem Bericht darüber hinaus auf die Schäden an Dampferzeuger-Heizrohren eingegangen. Diese sind in der Regel betrieblicher Natur und liegen zumeist unterhalb der Meldeschwelle.

Als Betrachtungszeitraum wurde eine Spanne von 15 Jahren gewählt (1992 bis 2006). Einerseits sollte für Zeitreihen- und Trendanalysen ein längerer Zeitraum gewählt werden, andererseits müssen die Ereignisse vergleichbar sein, wobei mit dem Inkrafttreten der geänderten Meldeverordnung /AtSMV/ am 14.10.1992 für die gestellte Aufgabe der gewählte Zeitraum hinreichend gut geeignet erscheint. Dabei ist zu erwähnen, dass alle Anlagen seit etwa Mitte 1991 bei den Meldungen diese neue Meldeverordnung zugrunde gelegt haben.

Folgende Klassen von meldepflichtigen Ereignissen wurden untersucht:

1. Ereignisse, die in die Stufe 1 der INES-Skala eingeordnet wurden;
2. Ereignisse mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA);
3. Ereignisse mit potentiellen GVA;
4. Ereignisse mit Ausfall mehrerer Redundanten;
5. Ereignisse mit Ausfall einer Redundanten;
6. Ereignisse mit Ansprechen einer Sicherheitseinrichtung;
7. Ereignisse mit Fehlanregung einer Sicherheitseinrichtung;
8. Ereignisse mit nicht absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen;
9. Ereignisse mit absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen;

10. Ereignisse mit radiologischen Auswirkungen;

11. Ereignisse aufgrund nicht anforderungsgerechter Ausführung;

12. Ereignisse, die eine Alterungsrelevanz aufweisen;

13. Ereignisse, die durch menschliche Fehler verursacht wurden;

14. Ereignisse, für die eine Precursorbewertung vorliegt.

Aus der Vielzahl möglicher Transienten (meldepflichtiger und nicht meldepflichtiger) wurden in Anlehnung an die RSK-Empfehlung zum Gestaffelten Sicherheitskonzept /RSK 05/ die folgenden – im Sinne einer hohen Anlagenbelastung (schnelle Temperatur- und Druckänderungen) – bedeutsamen für die Untersuchung ausgewählt:

15. Transienten mit Auslösung der Reaktorschnellabschaltung (RESA);
    - Transienten mit Ausfall der Hauptwärmesenke;
    - Transienten mit Ausfall aller Hauptspeisewasserpumpen (HSWP);
    - Transienten mit Ausfall aller Hauptkühlmittelpumpen (HKMP);
    - Auftreten eines Notstromfalls;
    - andere Transienten mit Auslösung der Reaktorschnellabschaltung;

16. Transienten ohne Auslösung der Reaktorschnellabschaltung;
    - Transienten mit Turbinenschnellabschaltung (TUSA);
    - Transienten mit Lastabwurf auf Eigenbedarf oder auf Nullleistung;
    - Transienten mit Ausfall einer Hauptkühlmittelpumpe;
    - Transienten mit Ausfall einer Hauptspeisewasserpumpe;
    - Leckagen, die ein Abfahren der Anlage erforderlich machen, aber (definitionsgemäß) nicht zum Ansprechen von Sicherheitssystemen führen.

Wie oben erwähnt, wurden auch die im Betrachtungszeitraum aufgetretenen Dampferzeuger-Heizrohrschäden ausgewertet. Hier erfolgte im Sinne einer Trendanalyse die

statistische Auswertung der Anzahl der jährlich verschlossenen Dampferzeugerheizrohre. Auf die Gründe bzw. Schadensmechanismen für das Verschließen wurde z. B. im Bericht zum Übereinkommen über nukleare Sicherheit eingegangen /CNS 05/.

3 Verwendete Unterlagen

Die Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse stützt sich in erster Linie auf die Meldeunterlagen der Betreiber. Zusätzlich wurden die der GRS vorliegenden, zu einer Reihe von Ereignissen im Auftrag der Länderbehörden von Sachverständigen erstellten Stellungnahmen oder von den Betreibern in Auftrag gegebene Untersuchungen verwendet. Ebenfalls in die Auswertung eingeflossen sind Erkenntnisse der GRS, die z. B. in Weiterleitungsnachrichten oder Precursor-Analysen /GRS 01/ niedergelegt wurden.

Die Angaben zu den nicht meldepflichtigen Transienten wurden je nach Verfügbarkeit Berichten der Reaktorsicherheitskommission, Betreiberberichten oder öffentlichen Publikationen entnommen.

Die Angaben zu Ereignissen und Transienten wurden nach bestimmten Kriterien in den Datenbanken VERA, EAW, TRANS und KomPass codiert und damit einer systematischen Auswertung zugänglich gemacht.

Außerdem wurde zur Überprüfung dieser Auswertung eine vom BfS erarbeitete Zusammenstellung ausgewählter Transienten für die Anlage Biblis, Block A /BfS 06/ herangezogen.

Die Zahlen zu den verschlossenen Dampferzeugerheizrohren stammen aus einer Statistik der AREVA NP GmbH /ARE 01/ sowie aus einem Vortrag der RWE Power AG vor der RSK /RWE 06/.

4 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt der Übersichtlichkeit halber strukturiert in Form von Diagrammen und Tabellen. Untersucht wurden die in Abschnitt 2 aufgeführten Klassen von Ereignissen.

Bei der Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse, der Transienten und der Dampferzeuger-Heizrohrverschließungen wurden folgende Kennzahlen bestimmt:

- die Anzahl der zur jeweils untersuchten Klasse gehörenden Ereignisse im Betrachtungszeitraum von 1992 bis 2006;
- die daraus abgeleitete mittlere Ereignisrate;
- die aus der Zeitreihe der Ereigniszahlen abgeleitete empirische Standardabweichung als Maß für die Streuung der Ereignisraten in den einzelnen betrachteten Jahren;
- die Trendwahrscheinlichkeit, die mit Hilfe eines in der GRS entwickelten Trendanalyseverfahrens /GRS 06/ bestimmt wurde. Der ausgewiesene Wert p_g gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der die Annahme auf einen günstigen (fallenden) Trend richtig ist. Die ermittelten Zahlenwerte sind in der jedem Abschnitt zugeordneten Tabelle enthalten. Dabei wurden die Zahlenwerte zur besseren Verständlichkeit in nur zwei Klassen eingeteilt, wobei die folgende (verbale) Interpretation angewendet wurde:
  - 100 % > p_g > 90 % (0 % < p_g < 10 %) – Es gibt Hinweise auf einen fallenden (steigenden) Trend.
  - 90 % > p_g > 10 % – es lassen sich praktisch keine Hinweise auf einen Trend ableiten.

  Die Trendrichtung ergibt sich aus der Trendwahrscheinlichkeit – Werte größer 50 % deuten auf einen fallenden Trend hin, Werte kleiner 50 % auf einen steigenden. Die Entscheidung, ab welchen Trendwahrscheinlichkeiten von Hinweisen auf einen Trend (steigend oder fallend) ausgegangen werden muss, ist nicht allgemeingültig festgelegt. Für die hier durchgeführten Betrachtungen wurde als Schwellenwert für einen Trend ein in statistischen Analysen üblicher Bereich ausgewählt.

Es wird darauf hingewiesen, dass für die statistische Auswertung der oben aufgeführten ausgewählten Klassen meldepflichtiger Ereignisse alle Ereignisse mit unabhängiger Fehlerursache zugrunde gelegt wurden. Wurde in einer Ereignismeldung ein komplexer Ablauf beschrieben, für dessen Verständnis z. B. die Beschreibung eines nicht meldepflichtigen Einleiters vorangestellt wurde, so wurde dieser in der Statistik nicht berücksichtigt, auch wenn eine unabhängige Fehlerursache vorlag. Ebenso wurden keine Folgefehler gezählt. Trat jedoch im Ereignisablauf z. B. neben einem Komponentenversagen eine Fehlbedienung auf, so führten diese beiden unabhängigen Ursachen zur Zählung von zwei Teilereignissen, sofern auch beide meldepflichtig waren. Erfahrungsgemäß liegt der Anteil zusätzlich zu berücksichtigender Teilereignisse zwischen 5 % und 10 %.

Weiterhin ist zu beachten, dass eine mehrfache Berücksichtigung von Teilereignissen in einzelnen Ereignisklassen dann auftreten kann, wenn ein Teilereignis die Merkmale mehrerer Ereignisklassen erfüllt. Die dargestellte Anzahl der Ereignisse kann also größer sein als die Anzahl der Ereignismeldungen.

Zu berücksichtigen ist bei der Auswertung der Ergebnisse, dass die Daten für einen Vergleich bestimmten Anforderungen genügen müssen. Anforderungen wie Auswahl des gleichen Betrachtungszeitraumes, Berücksichtigung von Stillstandszeiten bei der Ermittlung von Kennzahlen für bestimmte Ereignisklassen und vollständige und gleichartige Codierung der einzelnen Ereignisse sind gut zu gewährleisten.

Am Ende des Abschnitts 5 „Bewertung der Ergebnisse“ wurden die wichtigsten Kennzahlen für jede Ereignisklasse übersichtlich in Form einer Tabelle zusammengestellt.

Es ist zu beachten, dass bei der hier im Rahmen der Aufgabe 1 vorgenommenen Zusammenstellung von verschiedenen Ereignissen keine Wichtung der sicherheitstechnischen Bedeutung dieser Ereignisse innerhalb der betrachteten Klassen erfolgte.

Im Folgenden wird zuerst eine Darstellung der zeitlichen Verteilung der jährlichen Ereignisraten der meldepflichtigen Ereignisse gegeben sowie eine Darstellung der Anzahl von Ereignissen in den untersuchten Ereignisklassen. Im folgenden Abschnitt werden die Ereignisklassen gemäß Abschnitt 2 einzeln dargestellt.

4.0 Gesamtzahl der Teilereignisse

In der folgenden Abbildung sind die in beiden Anlagen im Betrachtungszeitraum aufgetretenen Teilereignisse als Zeitreihe dargestellt. Wie in Abschnitt 4 erläutert, werden unter Teilereignissen alle Ereignisse mit unabhängiger Ursache verstanden. Die Zahl der Teilereignisse weicht geringfügig von der Zahl gemeldeter Ereignisse ab.

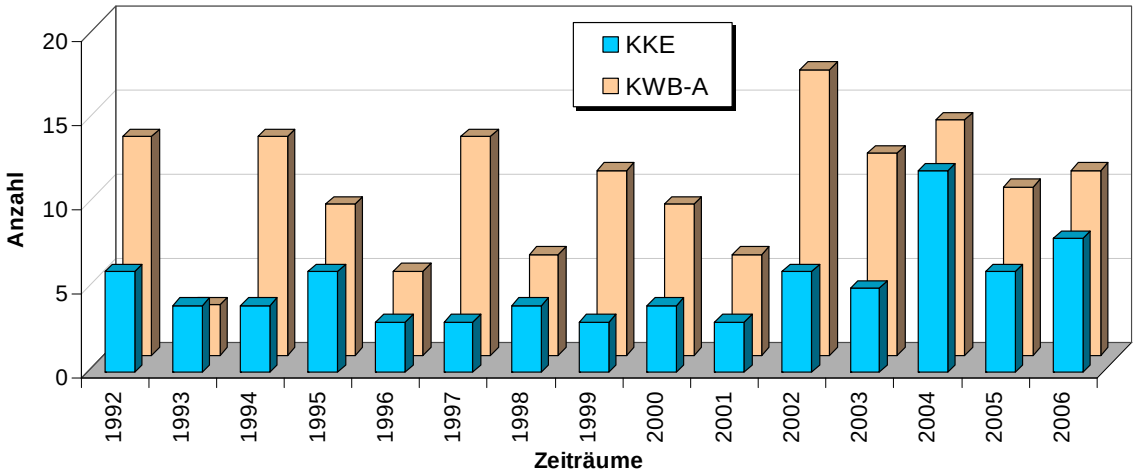

Abb. 4.0a: Häufigkeitsverteilung der Teilereignisse

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	77	152
jährliche Ereignisrate	5,1	10,1
empirische Standardabw.	2,3	3,7
Wahrscheinlichkeit p_g für einen fallenden Trend	8,4 %, d. h. Hinweise auf steigenden Trend	11 %, d. h. keine Trendhinweise

Die Gesamtereignishäufigkeiten in den betrachteten Ereignisklassen sind für beide Anlagen in der folgenden Abbildung dargestellt.

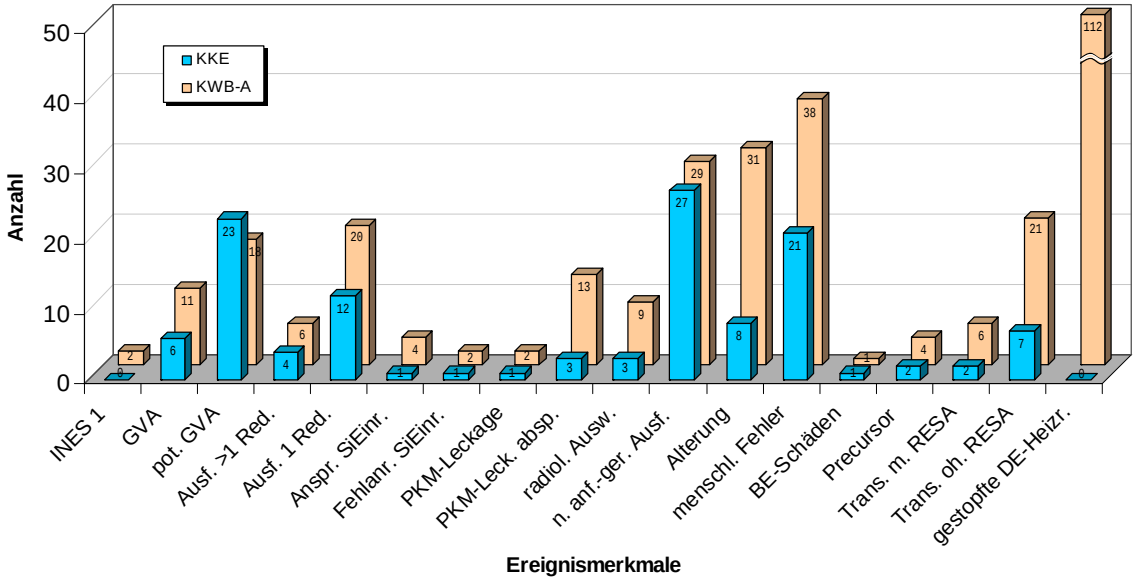

Abb. 4.0b: Verteilung der Ereignisse auf die einzelnen Ereignisklassen

4.1 Ereignisse, die in Stufe 1 der INES-Skala eingeordnet wurden

Im Betrachtungszeitraum sind nur in der Anlage Biblis, Block A insgesamt zwei Ereignisse aufgetreten, die aufgrund ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung in die Stufe 1 der siebenstufigen INES-Skala eingeordnet wurden.

Bei den beiden Ereignissen handelt es sich um ein verzögertes Ansprechen von Steuerventilen der Druckhalter-Abblaseventile bei einer wiederkehrenden Prüfung im Jahre 1996 sowie um eine geringfügige Überschreitung des gleitenden Halbjahresgrenzwertes im Rahmen der routinemäßigen geplanten Tritiumabgabe.

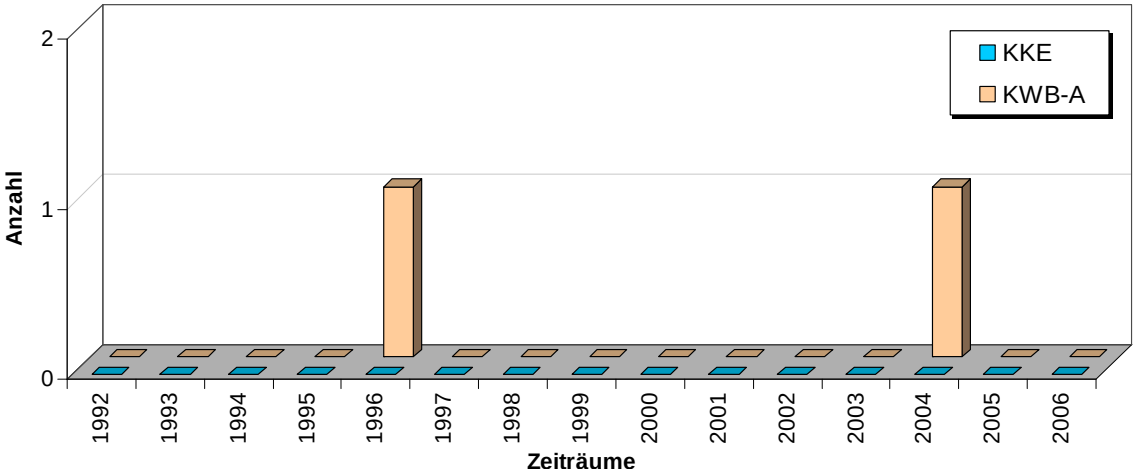

Abb. 4.1: Häufigkeitsverteilung der in Stufe 1 der INES-Skala eingeordneten Ereignisse

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	0	2
jährliche Ereignisrate	0	0,13
empirische Standardabw.	0	0,34
Wahrscheinlichkeit p_g für einen fallenden Trend	50 %, d. h. keine Trendhinweise	44 %, d. h. keine Trendhinweise

4.2 Ereignisse mit GVA

Betrachtet werden Ereignisse mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA), wobei darunter Ereignisse verstanden werden, bei denen wenigstens zwei Komponenten einer Komponentengruppe mit gleicher Funktion gleichzeitig aufgrund der gleichen Ursache funktionsunfähig waren. Dazu zählen auch Ereignisse, bei denen der Ausfall zu unterschiedlichen Zeiten aufgetreten ist bzw. festgestellt wurde, sich die Zeiträume zwischen der letzten erfolgreichen Prüfung respektive Anforderung und dem festgestellten Ausfallzeitpunkt jedoch überlappen, so dass für den Überlappungszeitraum eine gleichzeitige Nichtverfügbarkeit anzunehmen ist.

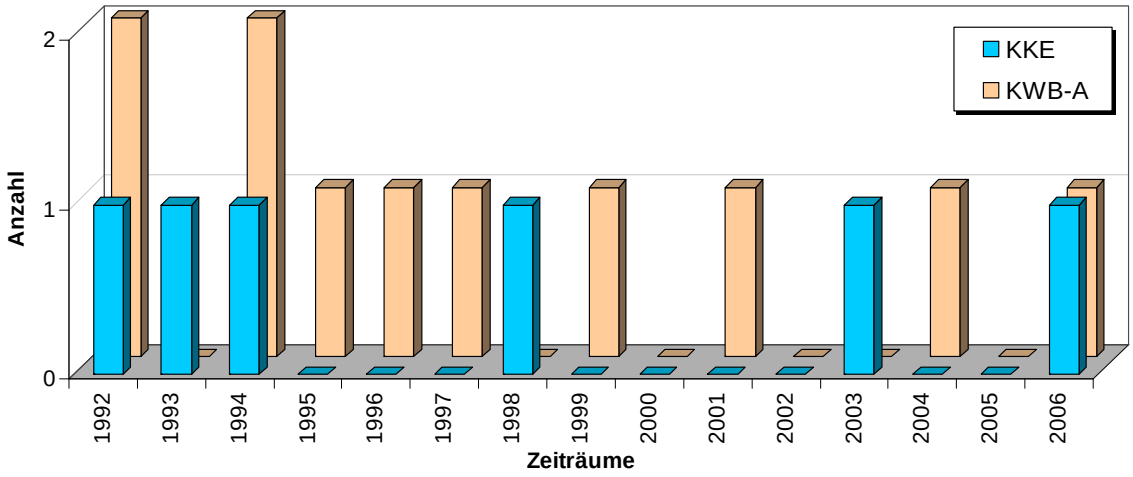

Abb. 4.2: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit GVA

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	6	11
jährliche Ereignisrate	0,40	0,73
empirische Standardabw.	0,49	0,68
Wahrscheinlichkeit p_g für einen fallenden Trend	73 %, d. h. keine Trendhinweise	86 %, d. h. keine Trendhinweise

4.3 Ereignisse mit potentiellen GVA

In diesem Abschnitt werden Ereignisse mit potentiellen GVA betrachtet. Darunter werden drei Gruppen von Ereignissen mit Ausfällen, Fehlern oder Befunden aufgrund der gleichen Ursache verstanden:

1. Ereignisse, bei denen zwischen den zu unterschiedlichen Zeiten festgestellten Ausfällen wenigstens ein erfolgreicher Nachweis der Funktionstüchtigkeit der betroffenen Komponente lag. In diesem Fall lag zu keinem Zeitpunkt ein gleichzeitiger Ausfall vor, die zeitliche Nähe der Ausfälle erhöht aber die Wahrscheinlichkeit eines gleichzeitigen Auftretens. Deshalb erfolgt hier eine Berücksichtigung als potentieller GVA. Mit größerem zeitlichem Abstand zwischen zwei Ausfällen aufgrund gemeinsamer Ursache verringert sich die Relevanz als potentieller GVA.

2. Ereignisse, bei denen eine Komponente funktionsunfähig war und gleichzeitig bei wenigstens einer weiteren Komponente mit der gleichen Funktion ein Befund aufgrund der gleichen Ursache festgestellt wurde;

3. Ereignisse, bei denen wenigstens 2 Komponenten mit gleicher Funktion gleichzeitig einen Befund an einem funktionsrelevanten Bauteil hatten, wobei anzunehmen ist, dass der Befund bei weiterem Schadensfortschritt zu einem Funktionsausfall führt.

Potentielle GVA sind letztlich gemeinsam verursachte Ausfälle mit abgeschwächten Anforderungen an die Gleichzeitigkeit und/oder die Schwere der funktionellen Beeinträchtigung der Komponenten. Aufgrund der Komplexität des Betrachtungsgegenstandes kann die Einordnung als GVA-Ereignis mit nicht immer objektivierbaren Einschätzungen verbunden sein.

Durch detaillierte Auswertungen können die GVA-Ereignisse differenziert bewertet werden. Solche Auswertungen erfolgen in der GRS im Rahmen anderer Aufträge zu ausgewählten Anlagen (Probabilistische Sicherheitsanalysen), im Ergebnis derer quantitative Aussagen zu Versagens- oder Schadenwahrscheinlichkeiten gemacht werden können. Im Rahmen dieses Auftrages wurden keine derartigen Auswertungen für die betrachteten Anlagen durchgeführt.

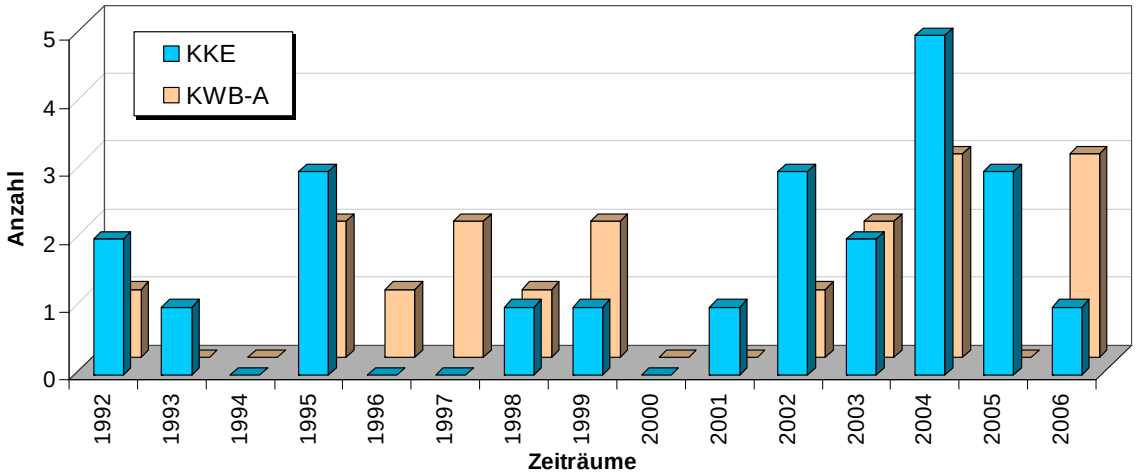

Abb. 4.3: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit potentiellem GVA

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	23	18
jährliche Ereignisrate	1,5	1,2
empirische Standardabw.	1,4	1,0
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	5,8 %, d. h. Hinweise auf steigenden Trend	15 %, d. h. keine Trendhinweise

4.4 Ereignisse mit Ausfall mehrerer Redundanten

Dieses Merkmal gilt hier als erfüllt, wenn mindestens zwei redundant vorhandene Sicherheitsteileinrichtungen oder Komponenten im Sicherheitssystem als ausgefallen zu betrachten sind. Bei dieser Ereignisklasse ergibt sich eine große Schnittmenge (nach unseren Erfahrungen für alle Anlagen über 50 %) mit GVA-Ereignissen. Bei diesen beiden Anlagen sind alle hier betrachteten Ereignisse auch GVA-Ereignisse.

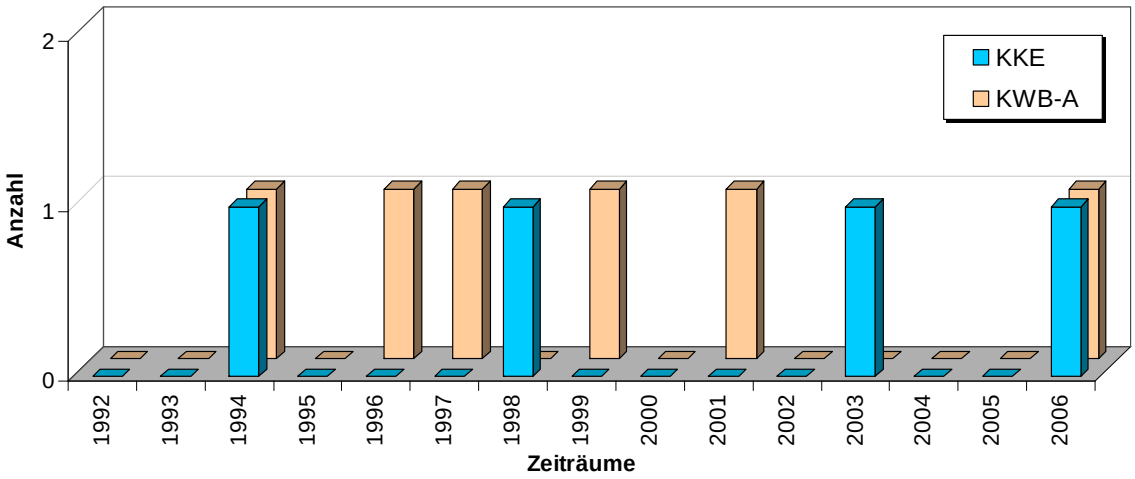

Abb. 4.4: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit Ausfall mehrerer Redundanten

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	4	6
jährliche Ereignisrate	0,27	0,40
empirische Standardabw.	0,44	0,49
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	36 %, d. h. keine Trendhinweise	53 %, d. h. keine Trendhinweise

4.5 Ereignisse mit Ausfall einer Redundanten

Dieses Kriterium ähnelt dem vorigen, wobei hier nur der Ausfall einer redundant vorhandenen Sicherheitsteileinrichtung oder Komponente im Sicherheitssystem erforderlich ist. Mehr als die Hälfte der hier betrachteten Ereignisse ereignen sich bei einer prüfungsbedingten Anforderung.

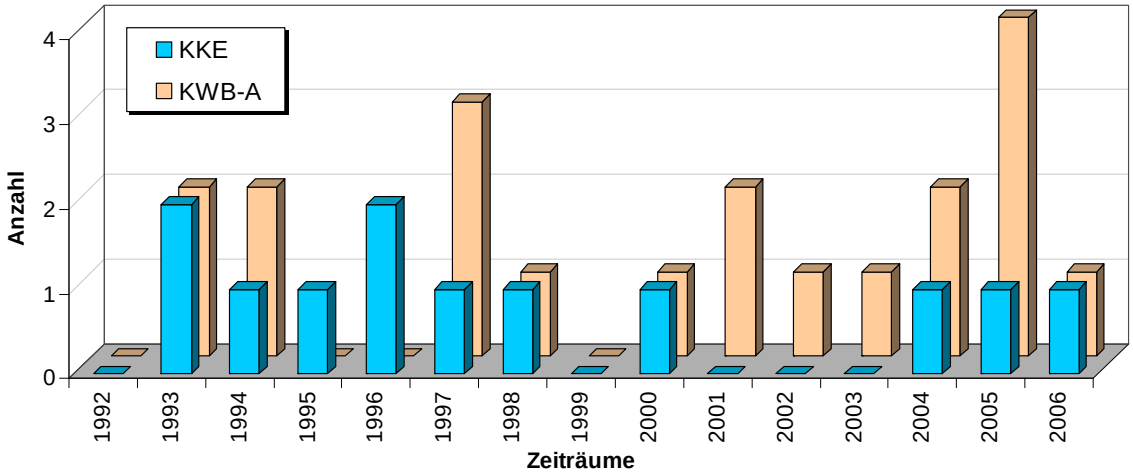

Abb. 4.5: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit Ausfall einer Redundanten

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	12	20
jährliche Ereignisrate	0,80	1,3
empirische Standardabw.	0,65	1,1
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	71 %, d. h. keine Trendhinweise	9,6 %, d. h. Hinweise auf steigenden Trend

4.6 Ereignisse mit Anforderung einer Sicherheitseinrichtung

In dieser Kategorie wurden Ereignisse erfasst, bei denen es zu einer berechtigten Anforderung einer Sicherheitseinrichtung kam. Verursacht werden diese Ereignisse meist durch Bedienungsfehler oder Ausfälle in der E- und Leittechnik.

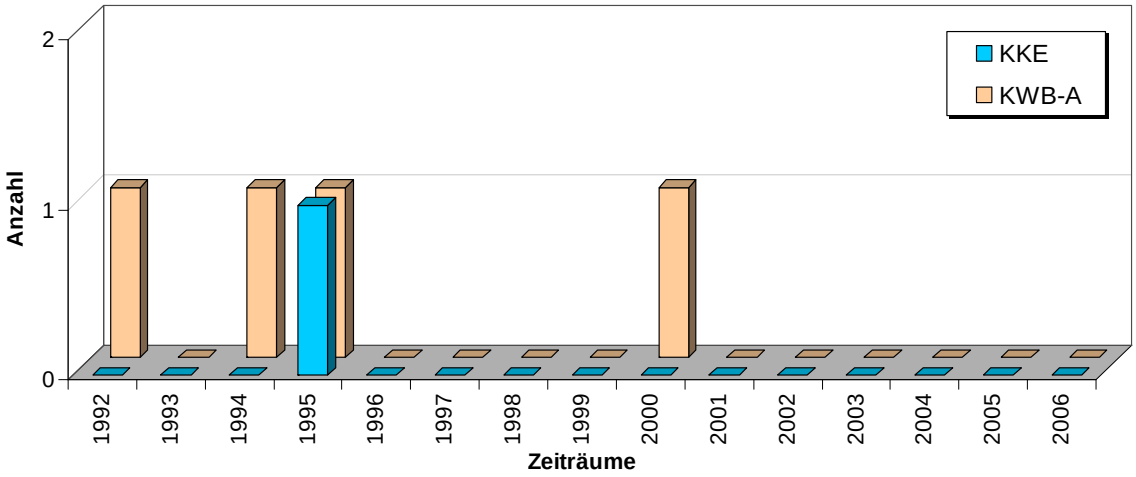

Abb. 4.6: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit Ansprechen einer Sicherheitseinrichtung

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	1	4
jährliche Ereignisrate	0,067	0,27
empirische Standardabw.	0,25	0,44
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	60 %, d. h. keine Trendhinweise	86 %, d. h. keine Trendhinweise

4.7 Ereignisse mit Fehlanregung einer Sicherheitseinrichtung

Fehlanregungen von Sicherheitseinrichtungen werden häufig verursacht durch Ausfälle von Gebern sowie von Steuerbaugruppen oder durch Fehlbedienungen. Im Unterschied zu den Ereignissen mit Ansprechen einer Sicherheitseinrichtung war in diesen Fällen der Betrieb der Sicherheitseinrichtung nicht erforderlich.

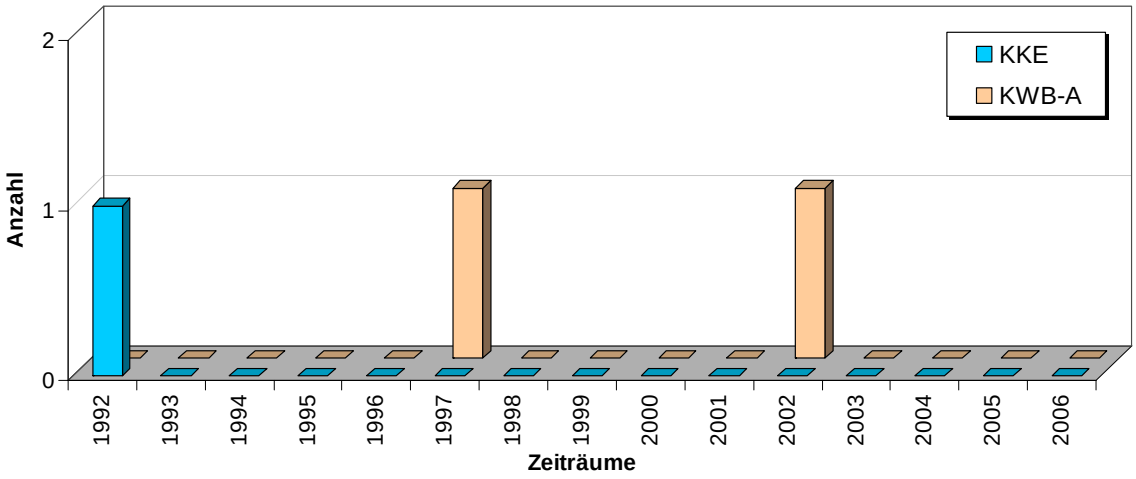

Abb. 4.7: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit Fehlanregung einer Sicherheitseinrichtung

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	1	2
jährliche Ereignisrate	0,067	0,13
empirische Standardabw.	0,25	0,34
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	68 %, d. h. keine Trendhinweise	47 %, d. h. keine Trendhinweise

4.8 Ereignisse mit nicht absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen

In diesem Abschnitt sind die zum Reaktor hin nicht absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen an der druckführenden Umschließung aufgeführt. Betroffen waren zwei Probenahmeleitungen NW 15 mit Tropfleckagen in KWB-A sowie die äußere Gleitringdichtung einer Hauptkühlmittelpumpe in KKE. Lecks an der druckführenden Umschließung, die ein Eingreifen des Sicherheitssystems zur Folge gehabt hätten, wurden im Betrachtungszeitraum nicht registriert. Die Bedeutung der Schäden ergibt sich aus der unvorhergesehenen Verringerung der Zuverlässigkeit sowohl betrieblicher als auch sicherheitstechnischer Einrichtungen. Die Ursachen bei diesen Ereignissen waren Alterung, chloridinduzierte Spannungsrisskorrosion und ein Schweißnahtfehler.

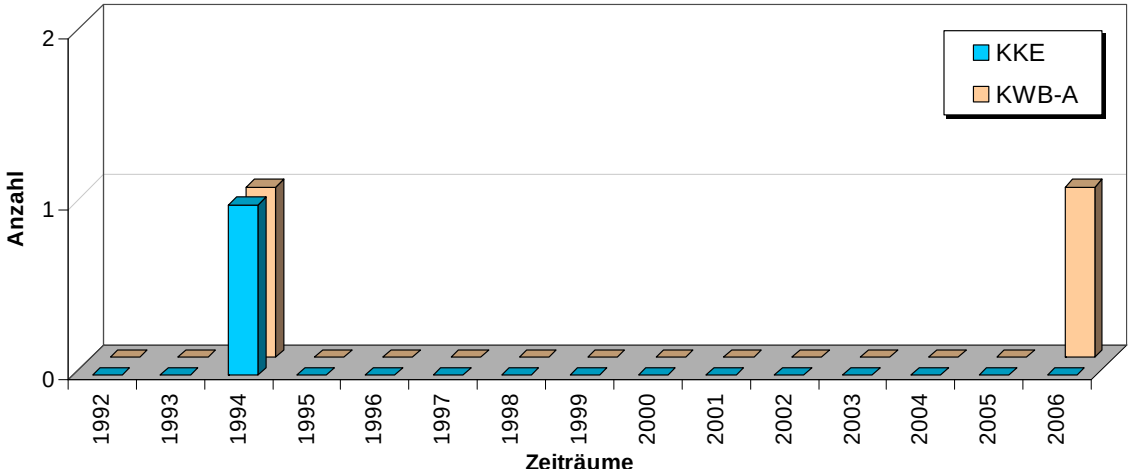

Abb. 4.8: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit nicht absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	1	2
jährliche Ereignisrate	0,067	0,13
empirische Standardabw.	0,25	0,34
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	63 %, d. h. keine Trendhinweise	45 %, d. h. keine Trendhinweise

4.9 Ereignisse mit absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen

Im Unterschied zu Abschnitt 4.8 sind hier nur absperrbare Primärkühlmittel-Leckagen aufgeführt, deren sicherheitstechnische Bedeutung deutlich geringer ist. Erfasst wurden dabei auch Leckagen durch undichte Armaturen sowie zwischen der druckführenden Umschließung und angrenzenden Systemen wie z. B. Heizrohrlecks.

Die wichtigsten Ursachen sind betriebsbedingt (Korrosion und Verschleiß) sowie Fertigungsfehler. In einigen Fällen kam es zu geringer Freisetzung radioaktiver Stoffe bzw. Kontamination, wobei die genehmigten Abgabe-Grenzwerte in keinem Fall überschritten wurden.

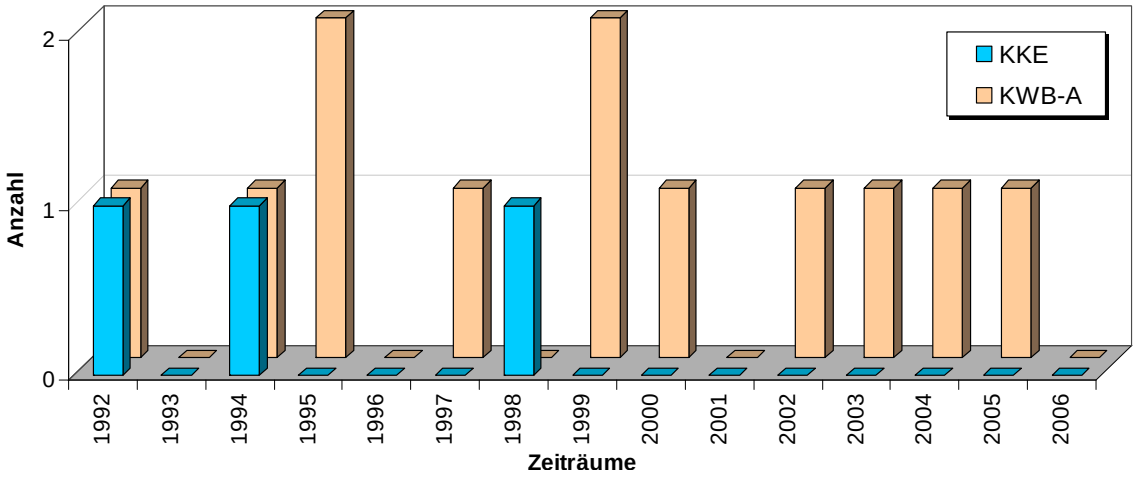

Abb. 4.9: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit absperrbaren Primärkühlmittel-Leckagen

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	3	13
jährliche Ereignisrate	0,20	0,87
empirische Standardabw.	0,40	0,81
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	82 %, d. h. keine Trendhinweise	54 %, d. h. keine Trendhinweise

4.10 Ereignisse mit radiologischen Auswirkungen

Radiologische Auswirkungen werden in der Regel durch Leckagen verursacht. Die häufigsten Auswirkungen sind Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Anlage und Kontaminationen. Bei den betrachteten Ereignissen kam es in einem Fall (KWB-A) zu einer Überschreitung eines zulässigen Grenzwertes. Bei routinemäßigen, geplanten Abwasserabgaben wurde der spezifizierte gleitende Halbjahresgrenzwert für Tritium um ca. 8 % überschritten.

Die Hauptursachen sind betriebsbedingt (z. B. mechanische Beschädigung, Korrosion, Ermüdung), auch menschliche Fehler spielen eine Rolle.

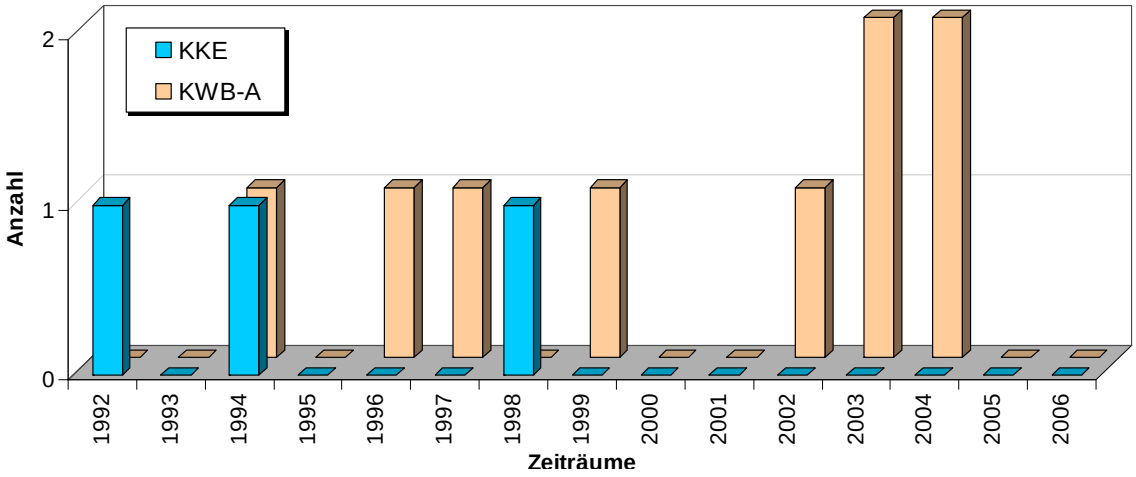

Abb. 4.10: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit radiologischen Auswirkungen

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	3	9
jährliche Ereignisrate	0,20	0,60
empirische Standardabw.	0,40	0,71
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	82 %, d. h. keine Trendhinweise	30 %, d. h. keine Trendhinweise

4.11 Ereignisse aufgrund nicht anforderungsgerechter Ausführung

Hierunter sind Ereignisse zu verstehen, deren Ursachen in Auslegung, Fertigung, Errichtung, Transport und Lagerung der Anlage bzw. ihrer Teile liegen. Jeweils knapp die Hälfte der Ereignisse wurde durch Auslegungs- oder Fertigungsfehler verursacht. Fehler bei Transport und Lagerung spielen praktisch keine Rolle.

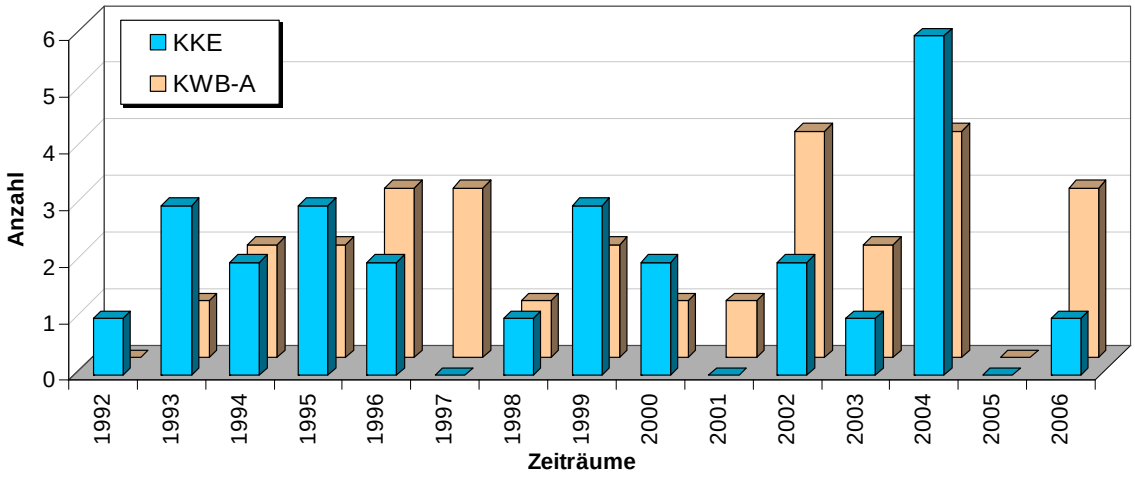

Abb. 4.11: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse aufgrund nicht anforderungsgerechter Ausführung

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	27	29
jährliche Ereignisrate	1,8	1,9
empirische Standardabw.	1,5	1,2
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	76 %, d. h. keine Trendhinweise	17 %, d. h. keine Trendhinweise

4.12 Ereignisse, die eine Alterungsrelevanz aufweisen

Unter Alterungsphänomenen werden Schadensmechanismen verstanden, die nach längerer Betriebszeit bzw. nach einer größeren Anzahl von Beanspruchungen zu Befunden oder Ausfällen führen.

Bei den betrachteten Ereignissen liegt in der Mehrzahl der Fälle unerwartetes Werkstoffverhalten vor. Am häufigsten betroffen waren maschinentechnische Einrichtungen.

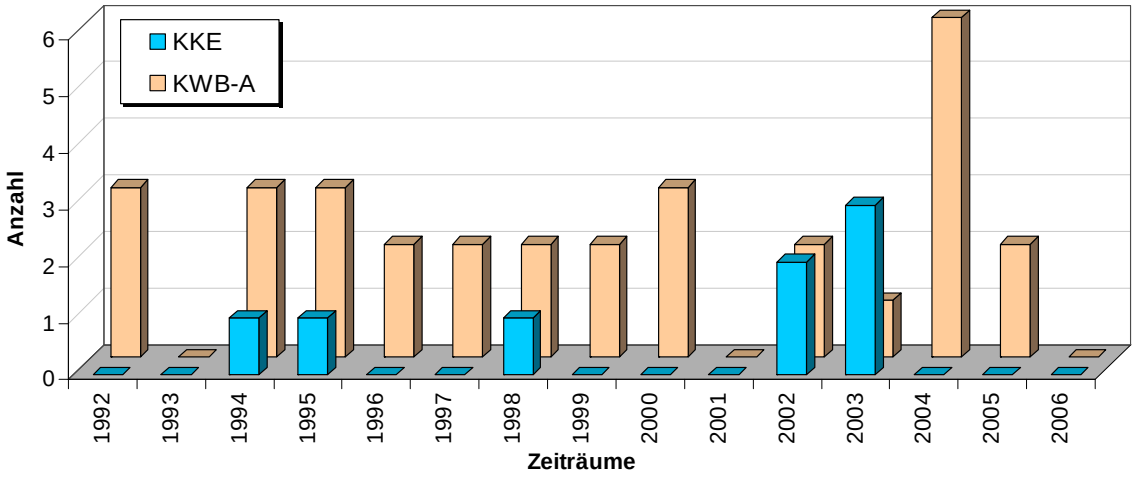

Abb. 4.12: Häufigkeitsverteilung der Ereignisse mit Alterungsrelevanz

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	8	31
jährliche Ereignisrate	0,53	2,1
empirische Standardabw.	0,88	1,5
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	46 %, d. h. keine Trendhinweise	73 %, d. h. keine Trendhinweise

4.13 Ereignisse, die durch menschliche Fehler verursacht wurden

Als menschliche Fehler werden hier nur solche betrachtet, die im Zusammenhang mit dem Betrieb der Anlage stehen (z. B. Fehler bei der Durchführung von Maßnahmen oder die Verletzung von Vorschriften). In Abschnitt 4.11 aufgeführte Ereignisse aufgrund nicht anforderungsgerechter Ausführung, die letztlich auch auf menschliche Fehler zurückgeführt werden können, fallen nicht in diese Ereignisklasse. Bei den betrachteten Ereignissen entfällt der größte Teil auf fehlerhafte oder unterlassene Maßnahmen und ereignet sich bei vorbeugender Instandhaltung oder Instandsetzung.

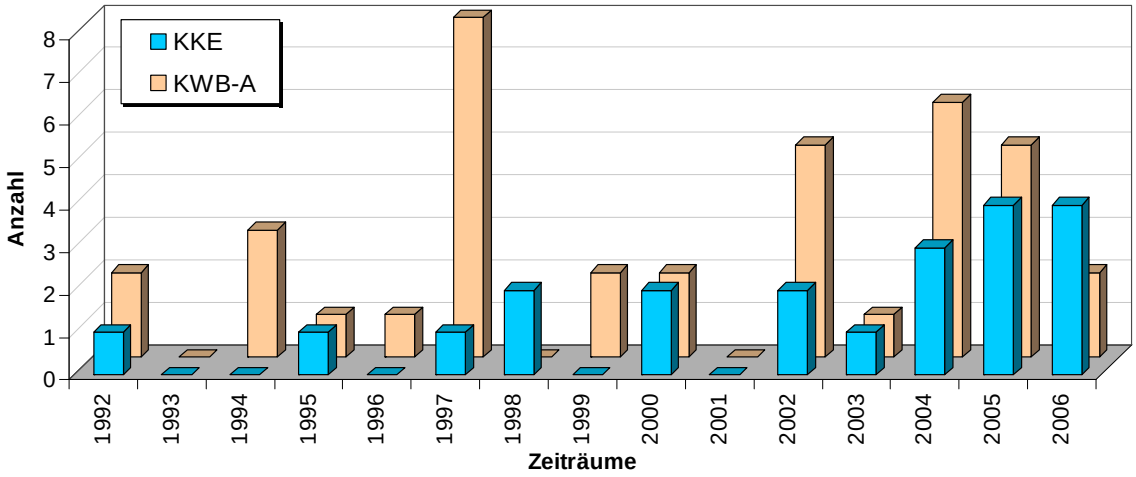

Abb. 4.13: Häufigkeitsverteilung der durch menschliche Fehler verursachter Ereignisse

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	21	38
jährliche Ereignisrate	1,4	2,5
empirische Standardabw.	1,4	2,3
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	0,23 %, d. h. Hinweise auf steigenden Trend	5,4 %, d. h. Hinweise auf steigenden Trend

4.14 Ereignisse, für die eine Precursorbewertung vorliegt

Precursorbewertungen wurden durch die GRS im Betrachtungszeitraum bisher nur für die Jahre 1993 und 1994 sowie 1997 bis 2001 durchgeführt /GRS 01/. Die Analyse der Ereignisse erfolgt zur Reduzierung des Aufwandes in mehreren Schritten. Von den insgesamt 80 in diesem Zeitraum für KKE und KWB-A gemeldeten Ereignissen erfüllten zwar 6 Ereignisse die Kriterien der Vorauswahl für eine probabilistische Bewertung. Für keines der Ereignisse wurde jedoch eine Systemschadenswahrscheinlichkeit ermittelt, deren Wert 10^{-6}/a überstieg. Damit ist keines der Ereignisse als Precursor einzustufen.

4.15 Transienten mit Auslösung der Reaktorschnellabschaltung

In dieser Ereignisklasse wurden die unter Abschnitt 2, Punkt 15 aufgezählten Transienten berücksichtigt. Bei der Anlage KKE handelt es sich um 2 Ereignisse mit Ausfall aller HKMP. Für die Anlage KWB-A wurden 3 Ereignisse mit Ausfall der Hauptwärmesenke-ermittelt, ein Ereignis mit Ausfall aller HKMP, ein Notstromfall sowie eine RESA aufgrund einer fehlenden Anfahrüberbrückung beim Anfahren. Bei der Ermittlung der Ereignisrate und der statistischen Kenngrößen wurden die Stillstandszeiten der Anlagen berücksichtigt.

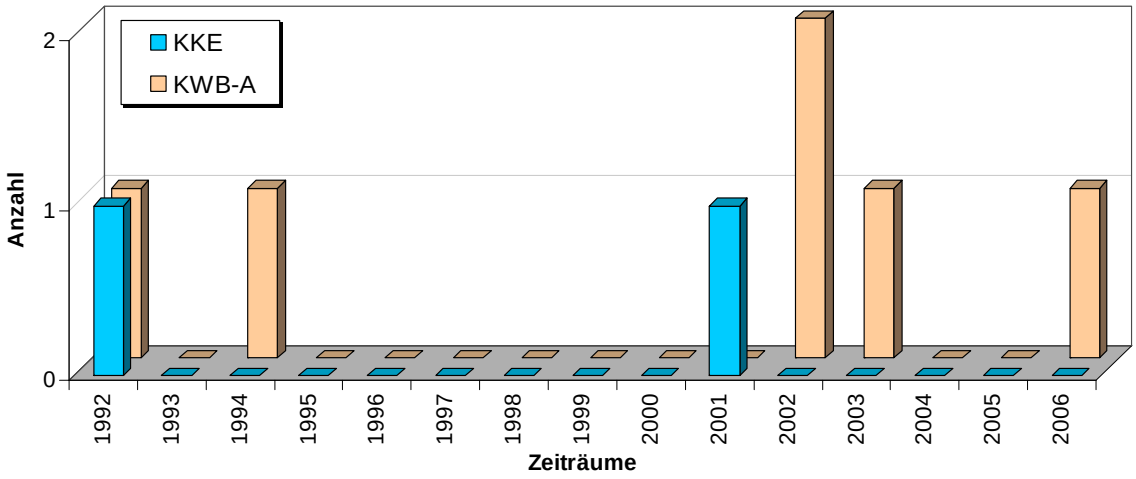

Abb. 4.15: Häufigkeitsverteilung der Transienten mit Auslösung der Reaktorschnellabschaltung

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	2	6
jährliche Ereignisrate	0,14	0,55
empirische Standardabw.	0,34	0,61
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	64 %, d. h. keine Trendhinweise	39 %, d. h. keine Trendhinweise

4.16 Transienten ohne Auslösung der Reaktorschnellabschaltung

In dieser Ereignisklasse werden die unter Abschnitt 2, Punkt 16 aufgezählten Transienten mit Leistungsabfall bzw. Abfahren berücksichtigt. Wie bei den Transienten mit Reaktorschnellabschaltung wurden bei der Bestimmung der Kennwerte die Stillstandszeiten der Anlagen berücksichtigt.

Folgende Ereignisse wurden für die beiden Anlagen ermittelt:

Transienten ohne Auslösung der RESA	KKE	KWB-A
Turbinenschnellabschaltung	1	6
Lastabwurf auf Eigenbedarf oder Nulllast	–	2
Ausfall einer Hauptkühlmittelpumpe	6	2
Ausfall einer Hauptspeisewasserpumpe	–	–
Leckagen (kein Ansprechen von Sicherheitssystemen)	–	9
Summe	**7**	**19**

Die Auswertung der Kennzahlen erfolgte wie bei den Transienten mit Auslösung der Reaktorschnellabschaltung (Abschnitt 4.15) aufgrund der geringen Anzahl an Ereignissen für die Gesamtzahl der Transienten dieser Kategorie.

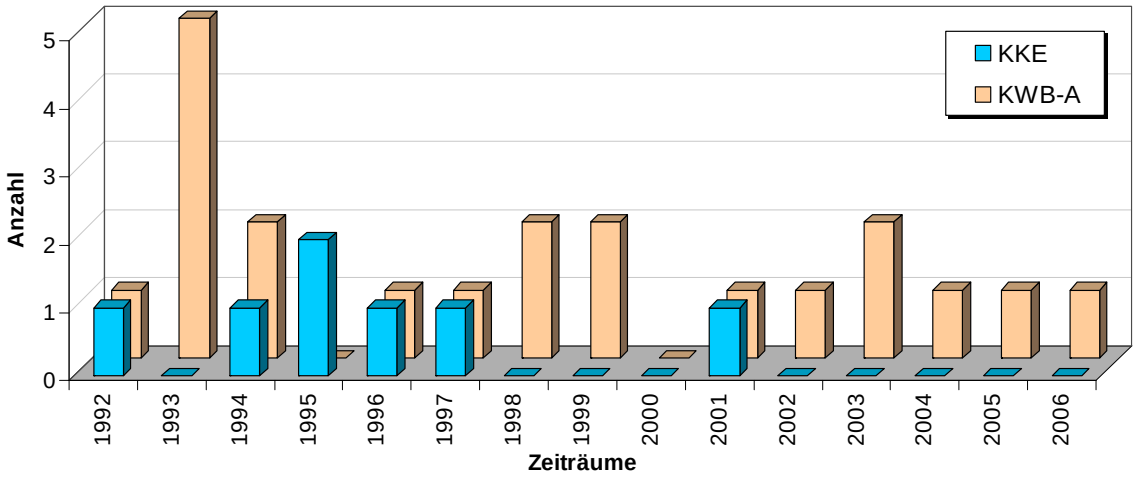

Abb. 4.16: Häufigkeitsverteilung der Transienten ohne Auslösung der Reaktorschnellabschaltung

Merkmal	KKE	KWB-A
Ereignisanzahl	7	21
jährliche Ereignisrate	0,49	1,9
empirische Standardabw.	0,62	1,1
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	94 %, d. h. Hinweise auf fallenden Trend	68 %, d. h. keine Trendhinweise

4.17 Betriebliches Verschließen von Dampferzeuger-Heizrohren

Das Verschließen von Dampferzeuger-Heizrohren aufgrund von Befunden ist ein betrieblicher Vorgang und damit nicht meldepflichtig. Die Meldepflicht greift erst mit Unterschreiten der rechnerischen Wandstärke. Praktisch werden DE-Heizrohre aber bereits verschlossen, sobald 40 – 50 % Wandschwächung erreicht werden, also noch weit vor Erreichen der rechnerischen Wandstärke von 30 %.

Die meisten der bisher 688 Verschlüsse (bei insgesamt 4 x 4060 Dampferzeuger-Heizrohren entspricht das etwas mehr als 4 % der DE-Heizrohre) in der Anlage Biblis Block A erfolgten Ende der 80er Jahre, als es durch eine ungünstige wasserchemische Fahrweise zu Korrosionserscheinungen an den Heizrohren vor allem im rohrbodennahen Bereich kam. Nach Erkennen der Ursachen und Änderung der Fahrweise wurde dieser Trend gestoppt. Seither werden die DE-Heizrohre verstärkt kontrolliert (Wirbelstromprüfung).

Im Betrachtungszeitraum wurden in der Anlage KWB-A insgesamt 112 DE-Heizrohre verschlossen. Der Anstieg der durchgeführten Verschlüsse in den Jahren 1999 und 2002 ist darauf zurückzuführen, dass eine ungeeignete Prozedur zur Reinigung der Rohrbodenplatten gewählt wurde und dass Schäden infolge Fremdkörperfretting gefunden wurden.

Der größte Teil der Verschlüsse in den Jahren 2005/2006 erfolgte nach Entdeckung von Spannungsrisskorrosion in den Dampferzeugerheizrohren zwischen den Einwalzbereichen im Rohrboden.

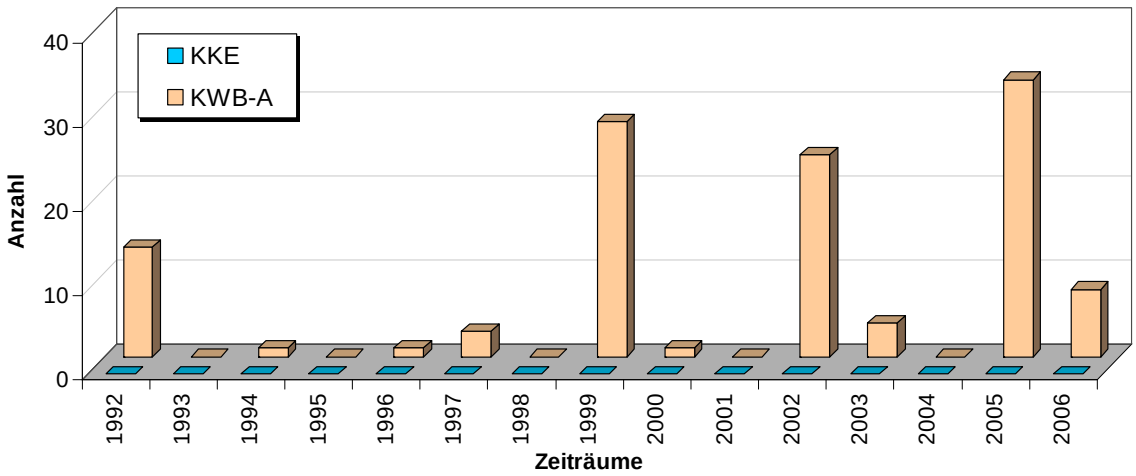

Abb. 4.17: Häufigkeitsverteilung betrieblich verschlossener Dampferzeuger-Heizrohre

Merkmal	KKE	KWB-A
Anzahl verschlossener DE-Heizrohre	0	112
jährliche Ereignisrate	0	7,5
empirische Standardabw.	0	11
Wahrscheinlichkeit p_g für fallenden Trend	50 %, d. h. keine Trendhinweise	0,41 %, d. h. Hinweise auf steigenden Trend

5 Bewertung der Ergebnisse

Alle untersuchten meldepflichtigen Ereignisse und Transienten sind durch die Auslegung der Anlagen abgedeckt. Um die Ergebnisse bewerten zu können, müssen daher geeignete Bewertungsmaßstäbe gefunden werden. Mit den folgenden Bewertungsmaßstäben können u. E. vergleichende Aussagen zum Sicherheitsstatus beider Anlagen abgeleitet werden.

1. Bewertungsmerkmale mit quantitativen Aussagen oder einem definierten Maßstab für die sicherheitstechnische Bedeutung. Zu dieser Gruppe zählen die Ereignisse mit einer Einstufung in die Stufe 1 der siebenstufigen INES-Skala, Transienten (Lastfälle) und Ereignisse, für die eine Precursor-Analyse erstellt wurde. Bei Ereignissen, die einem solchen Bewertungsmerkmal zugeordnet werden können (im folgenden Bewertungsklasse 1 genannt), kann eine Bewertung direkt anhand der damit verbundenen quantitativen Angaben erfolgen.

2. Bewertungsmerkmale mit nicht quantifizierbarer sicherheitstechnischer Bedeutung. Ereignisse mit diesen Merkmalen bilden die restlichen untersuchten, hinsichtlich der sicherheitstechnischen Bedeutung inhomogenen Ereignisklassen. Bei diesen Ereignissen (im folgenden Bewertungsklasse 2 genannt) ist u. E. bei der Bewertung ein differenzierter Ansatz zu wählen, der im Folgenden dargestellt wird.

Zur Bewertungsklasse 1:

Zwei Ereignisse der Anlage KWB-A wurden als Störungen in die Stufe 1 der siebenstufigen INES-Skala eingestuft. Alle anderen betrachteten Ereignisse wurden in die Stufe 0 eingeordnet.

Im Betrachtungszeitraum sind in der Anlage KWB-A im Vergleich zur Anlage KKE dreimal mehr Transienten mit Auslösung der Reaktorschnellabschaltung und 2,7-mal so viele ohne RESA-Auslösung aufgetreten.

Die Anwendung des quantitativen Bewertungsmaßstabs aus den Precursor-Analysen auf die Ereignisse von sieben ausgewerteten Jahrgängen zeigt, dass es bei beiden Anlagen kein sogenanntes Precursor-Ereignis gab. Als Precursor eingestuft werden alle Ereignisse, für die innerhalb des Betrachtungszeitraums von einem Jahr die bedingte Wahrscheinlichkeit von Systemschadenszuständen, bei

denen die Kernkühlung wegen Ausfalls der auslegungsgemäß dafür vorhandenen Systeme gefährdet ist, mindestens 1% des von der IAEA empfohlenen Orientierungswertes von 10^{-4} pro Reaktorjahr, d. h. 10^{-6} pro Reaktorjahr beträgt.

Zur Bewertungsklasse 2:

Bei Auswertung der ermittelten Kennzahlen dieser Ereignisklassen ist festzustellen, dass die mittleren jährlichen Ereignisraten mit einer Ausnahme für die Anlage Biblis, Block A über der für die Anlage Emsland liegen, in der überwiegenden Zahl der Fälle deutlich (maximal bis zu einem Faktor von ca. 4).

Unter Berücksichtigung einer statistischen Sicherheit von > 95 % sind für fünf dieser Ereignisklassen günstigere Ereignisraten für die Anlage Emsland gegeben. Für die anderen Ereignisklassen ist diese Aussage statistisch nicht gesichert.

Ein Trend in der Ereignisrate ist in den meisten Fällen nicht gegeben. Hinweise auf einen steigenden Trend gibt es bei der Anlage Biblis, Block A in drei Ereignisklassen, bei der Anlage Emsland in zwei Ereignisklassen. Hinweise auf einen fallenden Trend gibt es für eine Ereignisklasse bei der Anlage Emsland.

Bei der Bewertung der Ergebnisse zur Bewertungsklasse 2 ist zu berücksichtigen, dass es auch Einflussgrößen gibt, die die Vergleichbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen können, aber von den Auftragnehmern weder in der Stärke noch in der Richtung ihrer Wirkung bewertet werden können. Dazu zählen z. B.

- ein unterschiedliches Meldeverhalten der jeweiligen Betreiber, das einerseits bedingt sein kann durch eine unterschiedliche Interpretation der Meldekriterien, insbesondere in der Nähe der Meldeschwelle, andererseits bedingt durch eine möglicherweise unterschiedliche Haltung der Aufsichtsbehörden;

- eine Änderung des Meldeverhaltens aufgrund anlagenspezifischer Ereignisse.

Diese Einflussgrößen („Störgrößen“) sind nach Einschätzung der Auftragnehmer allerdings nicht so stark, dass die o. g. Anlagenunterschiede hinsichtlich der ausgewerteten Merkmale hierdurch vollständig erklärt werden könnten, da die ausgewerteten Ereignismerkmale im Wesentlichen sicherheitsrelevante Sachverhalte betreffen.

Ursächlich für die Anlagenunterschiede sind daher zu einem erheblichen, von den Auftragnehmern aber nicht quantifizierbaren Anteil, technische und administrative Einflussgrößen, für die aber keine direkt auswertbaren Merkmale in den Ereignismeldungen vorhanden sind. Zu diesen Einflussgrößen, die durch die Anlagentechnik oder die Betriebsführung der Anlagen bedingt sind und die sich über den Betrachtungszeitraum in der Regel wenig ändern, zählen z. B.

- die unterschiedliche Qualität der Auslegung und Herstellung der Anlagen, die durch den Erfahrungs- und Erkenntniszuwachs wegen der fast 14 Jahre späteren Fertigstellung von KKE bedingt ist;

- Unterschiede in der Betriebsweise, der Administration, der Fachkunde des Personals und/oder des Sicherheitsmanagements;

- Unterschiede in der Instandhaltungsstrategie.

Zusammenfassend kann für die Bewertungsklasse 2 festgestellt werden, dass bei fast allen Ereignisklassen deutlich höhere Ereignisraten für die Anlage Biblis, Block A im Vergleich zur Anlage Emsland ermittelt wurden. Diese Ergebnisse weisen eine überwiegend hohe statistische Sicherheit auf. Nach Einschätzung der Auftragnehmer ändern sich diese Ergebnisse auch bei Berücksichtigung der oben aufgeführten „Störgrößen“ nicht grundlegend.

Einen Überblick über die Ergebnisse gibt die folgende Tabelle.

Anlage / Ereignisklasse	jährliche Ereignisrate		Trendhinweis	
	KKE	KWB-A	KKE	KWB-A
Alle Teilereignisse von 1992 bis 2006	5,1	10	steigend	kein
Ereignisse mit Einstufung INES 1	0	0,13	kein	kein
Gemeinsam verursachte Ausfälle (GVA)	0,40	0,73	kein	kein
Potentielle GVA	1,5	1,2	steigend	kein
Ausfälle von mehr als einer Redundanten	0,27	0,40	kein	kein
Ausfälle einer Redundanten	0,80	1,3	kein	steigend
Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen	0,067	0,27	kein	kein
Fehlanregung v. Sicherheitseinrichtungen	0,067	0,13	kein	kein
PKM-Leckagen nicht absperrbar	0,067	0,13	kein	kein
PKM-Leckagen absperrbar	0,20	0,87	kein	kein
Ereignisse mit radiolog. Auswirkungen	0,20	0,60	kein	kein
E. mit nicht anford.-gerechter Ausführung	1,8	1,9	kein	kein
Ereignisse mit Alterungsrelevanz	0,53	2,1	kein	kein
Ereignisse aufgrund menschlicher Fehler	1,4	2,5	steigend	steigend
Transienten mit RESA-Auslösung	0,14	0,55	kein	kein
Transienten ohne RESA-Auslösung	0,49	1,9	fallend	kein
Verschließen von DE-Heizrohren	0	7,5	kein	steigend

Farbliche Codierung:	höhere Ereignisrate als die andere Anlage	steigender Trend
	niedrigere Ereignisrate als die andere Anlage	fallender Trend

6 Fazit

Die ermittelten Ereignisraten zeigen, dass die Anlage Emsland hinsichtlich der ausgewerteten meldepflichtigen Ereignisse und Transienten die günstigeren Eigenschaften aufweist.

7 Literatur

/ARE 01/ AREVA NP GmbH, Arenz
Operating Experience with Alloy 800 Tubed Steam Generators in SIEMENS/KWU-PWR-Plants
Erlangen, 23.01.2001

/AtSMV/ Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung - AtSMV)
vom 14. Oktober 1992;

/BfS 06/ Meldepflichtige Ereignisse – Transienten – im Kernkraftwerk Biblis, Block A
SK 5 12614/KWB-A-Trans, 07.11.2006

/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

/CNS 05/ Übereinkommen über nukleare Sicherheit; Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland für die Dritte Überprüfungstagung im April 2005

/GRS 01/ S. Babst, G. Gänßmantel, H. Hörtner, T. Riekert, R. Stück
Precursor-Analysen: Probabilistische Bewertung von gemeldeten Ereignissen aus den Jahren 1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2000 und 2001

/GRS 06/ Peschke J., Stiller J. C.
Entwicklung und Erprobung von Trenderkennungs- und detaillierten Trendanalyseverfahren zur frühzeitigen Erkennung und Analyse von Trends im zeitlichen Verlauf von Betriebsdaten
GRS-A-3307, Januar 2006;

/RSK 05/ Reaktorsicherheitskommission
RSK-Empfehlung – Gestaffeltes Sicherheitskonzept
08.09.2005 (386. Sitzung);

/RWE 06/ RWE Power AG, Thomas Schönherr, PNB-AA
Befunde an Dampferzeugerheizrohren innerhalb des Rohrbodens (KWB-A); Bericht des Betreibers bei dem RSK-Ausschuss Druckführende Komponenten und Werkstoffe am 13.12.2006 in Bonn

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 2:

„Trends in den radiologischen Belastungen des Personals“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 2:
„Trends in den radiologischen Belastungen des Personals“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

3 Verwendete Unterlagen 3

4 Anlagenvergleich 4

4.1 Sachstand KWB-A 4

4.1.1 Einordnung und Charakterisierung der Anlage 4

4.1.2 Kollektivdosisverlauf 5

4.1.3 Einschätzung des Arbeitsumfangs 6

4.1.4 Radiologische Arbeitsbedingungen 8

4.1.5 Personenbezogene Exposition 14

4.2 Sachstand KKE 19

4.2.1 Einordnung und Charakterisierung der Anlage 19

4.2.2 Kollektivdosisverlauf 19

4.2.3 Einschätzung des Arbeitsumfangs 20

4.2.4 Radiologische Arbeitsbedingungen 22

4.2.5 Personenbezogene Exposition 26

5 Bewertung 31

5.1 Bewertungsmerkmale 31

5.1.1 Kollektivdosis 31

5.1.2 Personenbezogene Exposition 31

5.2 Hintergrund/Ursachen 32

5.2.1 Vergleichbarkeit der beiden Blöcke aus radiologischer Sicht 32

5.2.2 Arbeitsumfang 33

5.2.3 Radiologische Arbeitsbedingungen 33

5.3 Fazit 33

6 Literatur 34

1 Einleitung

Im vorliegenden Bericht geht es um sicherheitstechnische Vergleiche im Zusammenhang mit dem Antrag 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 2 „Trends in den radiologischen Belastungen des Personals“ behandelt.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

Der vorliegende Bericht bewertet die Trends der Strahlenexposition des Personals in den beiden Anlagen während des Betriebes und der Revision. Hierzu werden die Zeitreihen der Expositionsdaten in beiden Anlagen untersucht. Von Bedeutung sind diese Untersuchungen insbesondere zur Bewertung der Umsetzung und angemessenen Ausfüllung des ALARA-Konzeptes im Strahlenschutz entsprechend § 6 StrlSchV bei der Planung und Durchführung von Maßnahmen in der Anlage.

Als Bewertungsmerkmale wurden die primären und sekundären Expositionsdaten des Personals, d. h. Kollektivdosen, mittlere Personendosen sowie Personendosisverteilungen des Eigen- und Fremdpersonals herangezogen. Zur detaillierten Betrachtung werden auch die Randbedingungen genannt und diskutiert, die zu diesen Expositionsdaten geführt oder beigetragen haben. Hierzu gehören neben der radiologischen Situation in der Anlage, die sich primär aus der ursprünglichen Anlagenauslegung ergibt und insbesondere durch die Dosisleistung beschrieben werden kann, der Umfang und die Art der durchgeführten Arbeiten, die den Personaleinsatz und die zur Durchführung der Arbeiten erforderliche Aufenthaltsdauer im Kontrollbereich bestimmen. Als übergreifende Randbedingung steht für den Personaleinsatz neben der Zahl der eingesetzten Personen speziell die Aufenthaltsdauer (Mannstunden im Kontrollbereich) zur Verfügung.

3 Verwendete Unterlagen

Als Daten für diesen Bewertungsgegenstand werden die in der RADAN-Datenbank der GRS zusammengefassten Daten zur Strahlenexposition des Personals zugrunde gelegt. Diese Daten werden jährlich von den Betreibern elektronisch als Beitrag zu dem internationalen ISOE-System (ISOE: Information System on Occupational Exposure) bereitgestellt und sind weitgehend deckungsgleich mit dem radiologischen Teil der Betriebsberichte für die RSK, d. h. ein Ausdruck der an das ISOE-System übermittelten Daten wird als Beitrag in den Betriebsbericht übernommen. Daten der RADAN-Datenbank vor dieser Vereinbarung beruhen auf einer parallelen Datenerfassung der EU und der GRS mit einer dem ISOE vergleichbaren Datenumfang und vergleichbarer Qualität.

Die Stellungnahme der RWE /RWE 07/ (Unterlage der Kategorie 3) wurde zur Kenntnis genommen. Daraus ergaben sich keine zusätzlichen Bewertungen.

4 Anlagenvergleich

4.1 Sachstand KWB-A

4.1.1 Einordnung und Charakterisierung der Anlage

Die Anlage KWB-A ist der erste Druckwasserreaktor der 4-Loop Siemens-KWU-Anlagen der Leistungsklasse 1300 MW (Nennleistung 1225 MWe) und wird in die 2. Generation der DWR eingeordnet. Die Anlage wurde am 1.7.1974 erstmals kritisch und am 1.2.1975 kommerziell übergeben.

Zum Zeitpunkt der Planung der Anlage lagen noch keine einschlägigen Erfahrungen des Strahlenschutzes bezüglich der Bedeutung von Spalt- und Aktivierungsprodukten für die Exposition des Personals bei Betrieb und Revision vor, diese wurden erst durch die Auswertung von Betriebserfahrungen im Betrieb von KKS im Laufe der 70er Jahre erarbeitet und flossen entsprechend später in die Auslegung von KKW und in das Regelwerk ein (IWRS I Juli 1978, KTA 1301.1 1984). Aufgrund der seinerzeit nicht absehbaren Auswirkungen auf die künftige radiologische Situation in der Anlage wurde bei der Materialwahl auf übliche, an den Aufgaben und system- und sicherheitstechnischen Anforderungen und Auslegungsbedingungen orientierten Materialen mit üblichen, aber aus heutiger Sicht radiologisch ungünstigen Legierungsanteilen zurückgegriffen. Diese Anteile von korrodier- und insbesondere aktivierbaren Materialen führen als Korrosions- und Aktivierungsprodukte im späteren Betrieb zur Ablagerung von z. T. intensiv strahlenden Isotopen auf den inneren Oberflächen von Kühlmittel benetzten Rohrleitungen und Komponenten, die zu hohen Dosisleistungen an diesen Bereichen führen und im praktischen Strahlenschutz angemessene Maßnahmen zur Reduzierung und Optimierung der Exposition des Personals bei Tätigkeiten in der Anlage erfordern.
Biblis-A weist somit auslegungsbedingt ungünstige radiologische Ausgangsbedingungen auf, die auch bei konsequenter Berücksichtigung der Richtlinie IWRS II (vom Dezember 2004) und national wie international gängiger und erprobter Maßnahmen zur Strahlenreduktion in der Regel zu höheren Kollektivdosen bei Tätigkeiten führen.

4.1.2 Kollektivdosisverlauf

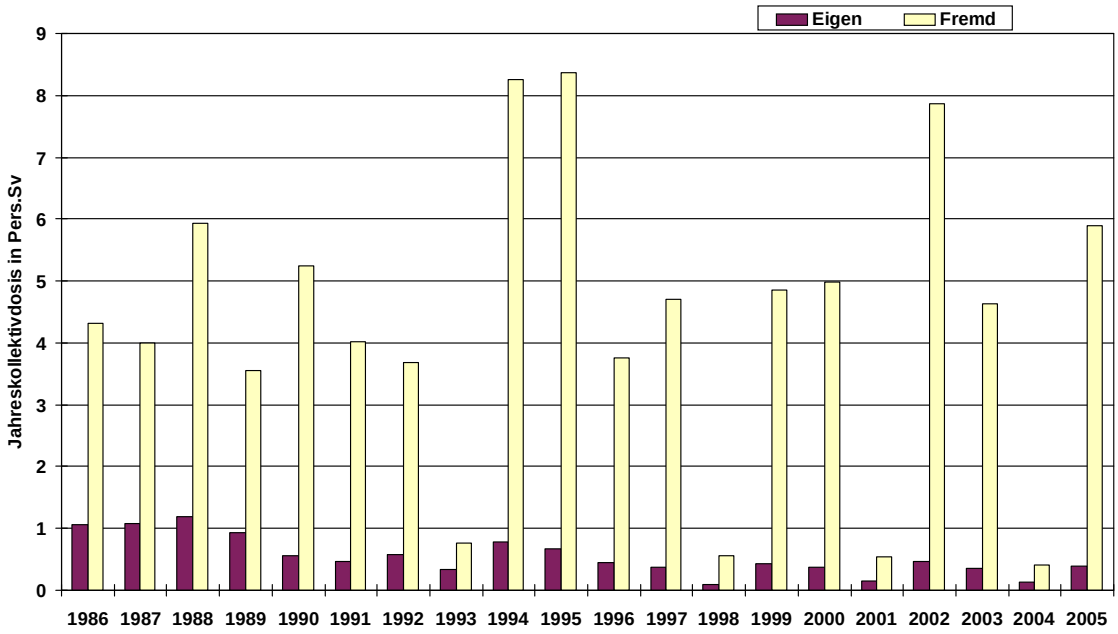

Abb. 4.1-1 Jahreskollektivdosis der Anlage KWB-A von 1986 bis 2005

Die Daten des Kollektivdosisverlaufs von KWB-A zeigen für den dokumentierten Zeitraum folgende wesentliche Informationen:

- Die Kollektivdosis variiert stark und liegt in drei Jahren bei relativ hohen Werten von ca. 9 Pers.Sv (1994, 1995) bzw. über 8 Pers.Sv (2002), in allen drei Jahren wurden umfangreiche dosisintensive Arbeiten in Bereichen mit hohen Dosisleistungen durchgeführt.

- In 4 Jahren sind sehr niedrige Kollektivdosen dokumentiert (1993, 1998, 2001, 2004). Hierbei handelt es sich um Jahre, in denen KWB-A revisionsfrei war, d. h. keine umfangreichen Revisions- Änderungs- oder Nachrüstungsaufgaben anfielen. In diesen Jahren mit im Wesentlichen reinem Routinebetrieb konnte die Anlage mit Kollektivdosen um etwa 1 Pers.Sv (1993) bis deutlich unter 1 Pers.Sv (1998: 0,657 Pers.Sv, 2001: 0,601 Pers.Sv, 2004: 0,538 Pers.Sv) betrieben werden.

- In den übrigen Jahren fallen – in Abhängigkeit vom Revisionsumfang - Kollektivdosen in einer Bandbreite zwischen etwa 4 Pers.Sv und 6 Pers.Sv an. Der Revisionsumfang wird dabei von den jeweils erforderlichen oder zusätzlich vorgeschriebenen Prüfungen, den Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten sowie eventuellen Nachrüstungen oder Änderungen bestimmt.

- Die Kollektivdosis fällt revisionsbedingt zum größten Teil beim Fremdpersonal an. Dies ist konzeptionsbedingt und gilt für alle Kernkraftwerke in Deutschland, da nur mit Fremdpersonal der umfassende Arbeitsaufwand innerhalb der zur Verfügung stehenden Revisionszeit abzuwickeln ist. Hinzu kommt, dass es sich bei einem nennenswerten Teil des Personals um hochqualifizierte Spezialisten handelt, die von der Anlage nicht vorgehalten werden können.
- Die Kollektivdosis des Eigenpersonals wurde im betrachteten Zeitraum von ca. 1 Pers.Sv auf weniger als die Hälfte der Kollektivdosis reduziert (< 0,4 Pers.Sv in 2003 und 2005.

4.1.3 Einschätzung des Arbeitsumfangs

Die Jahreskollektivdosis ist im Zusammenhang mit dem im jeweiligen Jahr angefallenen Arbeitsumfang zu sehen. Als orientierende Größen stehen die Revisions- und Stillstandszeiten sowie die Information über die Aufenthaltszeit von Personal im Kontrollbereich (Mann-Stunden im Kontrollbereich) zur Verfügung. Aus Abb. 4.1-2 gehen diese Daten hervor, es werden hierbei Trends hinsichtlich der Entwicklung der Revisionsdauern erkennbar, aus denen hervorgeht, in welchen Jahren längere Revisionen mit wahrscheinlich größerem Umfang durchgeführt wurden. Zusätzlich wird deutlich, dass längere, z. T. auch formal bedingte Stillstände einen Einfluss hatten, in denen nur in geringem Umfang dosisrelevante Tätigkeiten durchzuführen waren, sowie dass auch in revisionsfreien Jahren Dosisbeiträge durch kurze geplante oder ungeplante Stillstände hervorgerufen wurden. Da jedoch die Ausfüllung der jeweiligen Revisions- und Stillstandstage eine große Bandbreite umfassen kann, wird als zielgerichtete Größe für den Tätigkeitsumfang der Aufenthalt von Personal im Kontrollbereich benutzt (siehe Abb. 4.1-3).

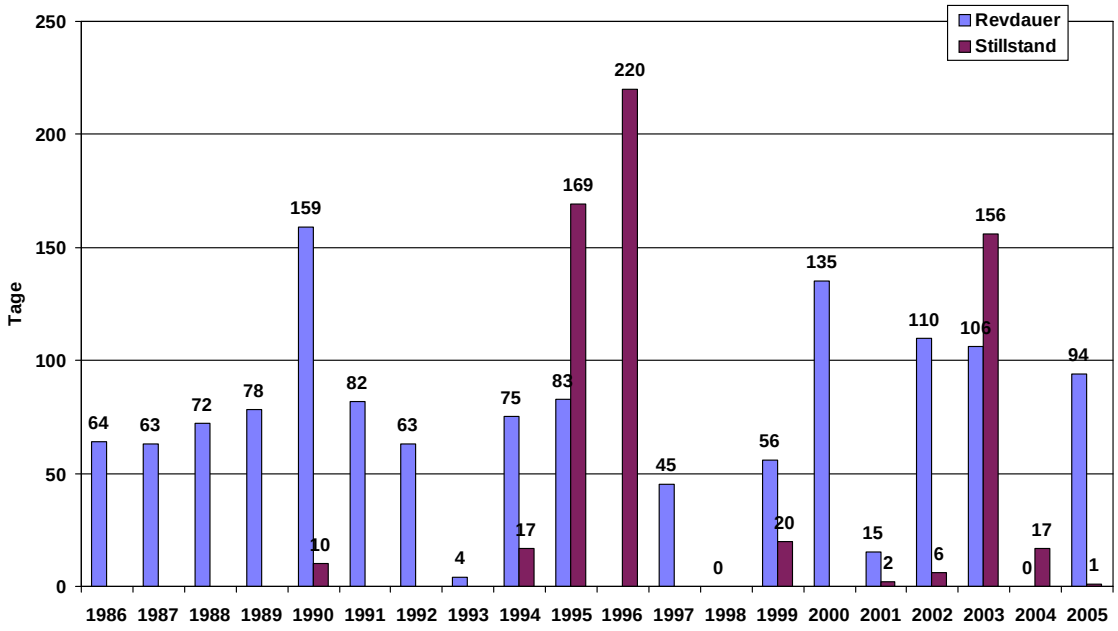

Abb. 4.1-2 Revisionsdauer und Stillstandsdauer in KWB-A

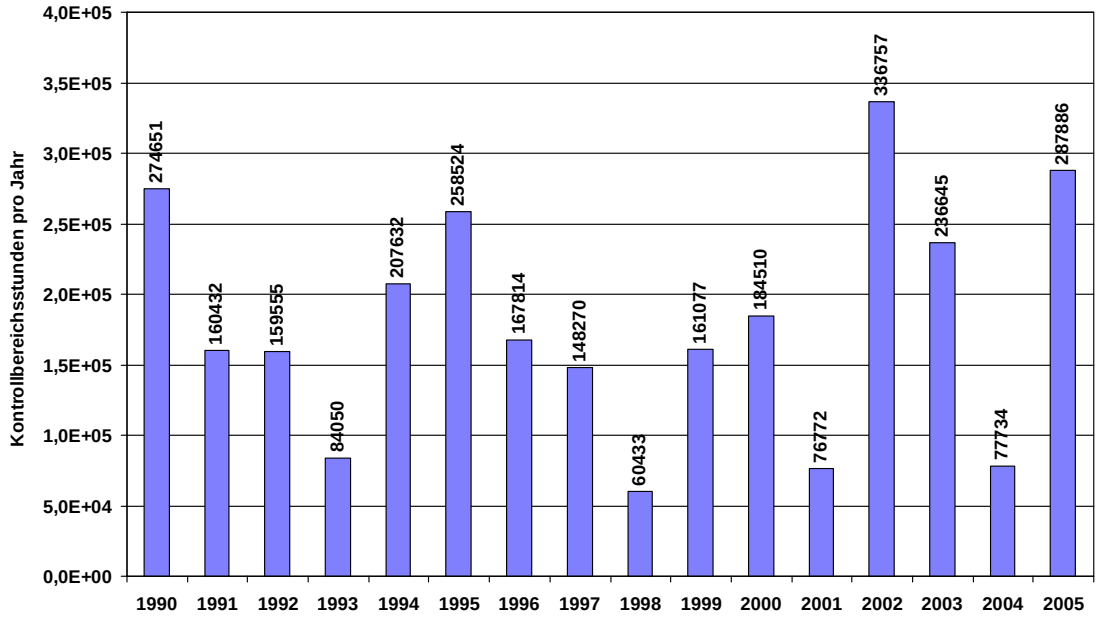

Abb. 4.1-3 Aufenthaltsdauer des Personals (Mannstunden) im KB von Biblis-A

Auch bei der Bewertung der Aufenthaltsdauer im Kontrollbereich (Abb. 4.1-3) werden gewisse Annahmen unterstellt, da sie nicht nur die reine Arbeitszeit im Kontrollbereich vor Ort abdeckt, sondern neben der Arbeitszeit vor Ort auch Wegezeiten sowie Warte- und Rüstzeiten enthält. Zudem deckt in diesem Fall die Aufenthaltsdauer alle durchge-

führten Tätigkeiten vom Rundgang bis zu dosisintensiven Tätigkeiten ab. Die Erfahrung zeigt aber, dass im Mittel das Verhältnis zwischen Zeiten „vor Ort“ und den anderen Beiträgen etwa vergleichbar ist und somit diese gemittelten Daten als Orientierung bezüglich des Arbeitsaufwandes angesehen werden können. In Verbindung mit der Kollektivdosis kann eine mittlere tätigkeitsbezogene Dosisleistung abgeleitet werden, die – unter den gleichen Randbedingungen und Annahmen wie vorstehend beschrieben – als Maß für die mittlere radiologische Situation in der Anlage gewertet werden kann (siehe hierzu Abb. 4.1-4). Bei zeitlich und bezüglich der Tätigkeiten höher aufgelösten Betrachtungen können diese mittleren tätigkeitsbezogenen Dosisleistungen auch als Maß für die Bewertung der radiologischen Situation bei Einzeltätigkeiten oder Tätigkeitsgruppen herangezogen werden. Aus Abb. 4.1-3 lässt sich ableiten:

- Die Einsatzdauer im Kontrollbereich liegt bei Jahren ohne Revision bzw. mit nur sehr kurzen geplanten oder ungeplanten Stillständen im Bereich von etwa 60000 bis 80000 Mannstunden für Routine-Tätigkeiten im Kontrollbereich.

- Für Jahre mit Revision schwankt der Personaleinsatz entsprechend dem Tätigkeitsumfang zwischen rund 130000 Mannstunden und ca. 340000 Mannstunden.

- Insbesondere in den letzten Jahren sowie für Jahre mit längeren Revisionen in den 90er Jahren sind die Einsatzzeiten des Personals sehr hoch und erreichen Werte von deutlich über 200000 bzw. 250000 Mannstunden. Dies charakterisiert den in diesen Jahren aufgrund der durchgeführten umfangreichen Arbeiten sowie den Nachrüstungen angestiegenen Arbeitsumfang.
  Es ist hierbei darauf hinzuweisen, dass bei diesen Arbeiten aufgrund der ungünstigen radiologischen Randbedingungen zusätzlich Maßnahmen des Strahlenschutzes zur Dosisreduzierung des Personals erforderlich werden, die den Umfang der durchzuführenden Arbeiten weiter erhöhen.

4.1.4 Radiologische Arbeitsbedingungen

Abb. 4.1-4 verdeutlicht für KWB-A die über alle Tätigkeiten und Kontrollbereichsaufenthalte jedes Jahres errechnete mittlere tätigkeitsbezogene Dosisleistung eines Jahres. Aus der Abbildung wird deutlich, dass

- in den Jahren ohne Revision mit vorwiegend Routinetätigkeiten (z. B. 2001, 2004) im Vergleich zu den anderen Jahren und Werten niedrige tätigkeitsbezogene Do-

sisleistungen zwischen etwa 13 µSv/h und 6,9 µSv/h erreicht werden und dass für diese Jahre eine sinkende Tendenz der abgeleiteten Dosisleistung besteht.

- in 1994 ein Anstieg der mittleren tätigkeitsbezogenen Dosisleistung zu identifizieren ist, während die Werte in der Folgezeit wieder langsam absinken. Der Rückgriff auf die Daten der Kollektivdosis in Abb. 4.1-1 zeigt für 1994 und eine Reihe der folgenden Jahre hohe Kollektivdosen, die deutlich über denen der Jahre 1990 bis 1993 liegen. Hintergrund ist der ab 1994 deutlich angestiegene Nachrüstungsumfang der einerseits zu höheren Kollektivdosen durch längere Kontrollbereichsaufenthalte, aber ursächlich auch zu Arbeiten in höheren Dosisleistungsfeldern als in regulären Revisionsphasen führte.

- im Zeitraum ab 1995 die mittleren tätigkeitsbezogenen Dosisleistungswerte – unabhängig von der Höhe der Kollektivdosis – langsam absinken und in den letzten Jahren tätigkeitsbezogene Mittelwerte zwischen 21 µSv/h und 22 µSv/h erreichen. Auf einen Hintergrund des Absinkens wird nachfolgend im Zusammenhang mit den Messwerten der Dosisleistung eingegangen.

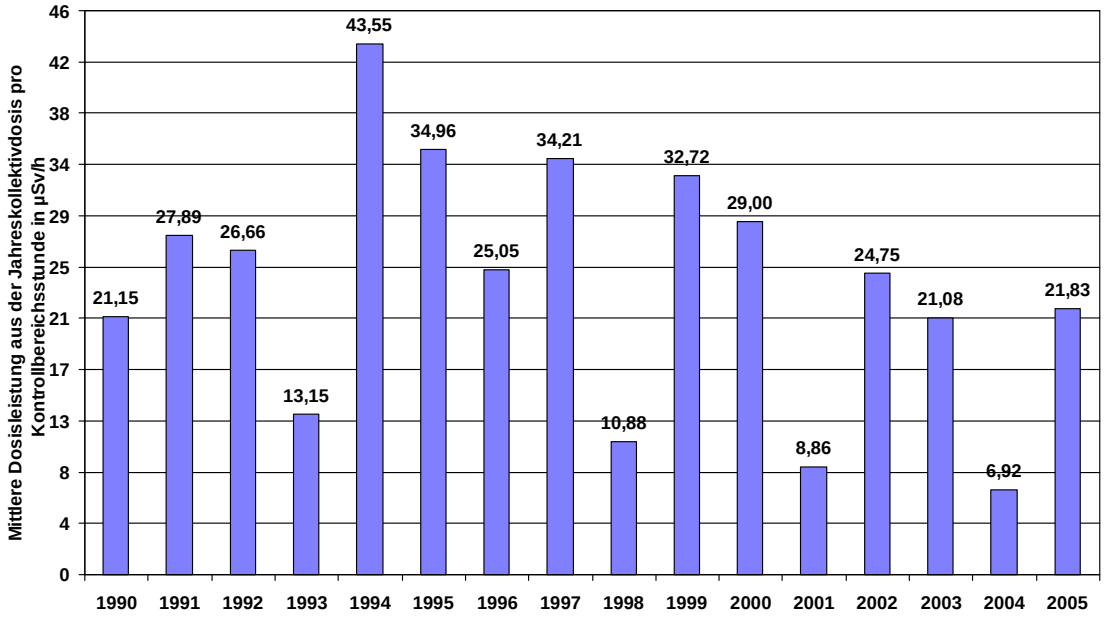

Abb. 4.1-4 Mittlere tätigkeitsbezogene Dosisleistung in KWB-A bezogen auf alle Tätigkeiten und den Aufenthalt des Personals im Kontrollbereich während des jeweiligen Jahres

Während die Daten der mittleren tätigkeitsbezogenen Dosisleistung aus Abb. 4.1-4 eine über die Arbeitsbedingungen gemittelte Situation charakterisieren, geben Messwerte der Dosisleistung an ausgewählten Positionen „vor Ort“ in der Anlage einen Eindruck

zum Ursprung dieser Daten. Ausgewählt als Vergleichspositionen liegen hier die Daten aus der Mitte der Wasserkammer der Dampferzeuger sowie die Dosisleistungen an den Hauptkühlmittelleitungen in der Nähe des Reaktordruckbehälters vor. Unterschieden sind hier die Messwerte an der „heißen“ Seite (Ausgang des RDB und Eingang des Dampferzeugers) und der „kalten“ Seite (Ausgang des Dampferzeugers und Eingang des RDB). Die Daten sind in den Abbildungen Abb. 4.1-5 (Dampferzeuger „heiße“ Seite), Abb. 4.1-6 (Dampferzeuger kalte Seite) dokumentiert. In Abb. 4.1-7 sind die Daten zu einem Gesamt-Mittelwert zusammengefasst, d. h. der Mittelwert aller Daten der „heißen“ und „kalten“ Seite der Loopleitungen für das jeweilige Jahr dargestellt.

Aus den Abbildungen lässt sich für die Trends der Messwerte in den beiden Bereichen ablesen:

– Für die Dampferzeuger sind seit etwa 1999 langfristig sinkende Dosisleistungen zu verzeichnen, die inzwischen Werte um 80 mSv/h bis 100 mSv/h erreicht haben, d. h. sich im Vergleich zu früheren Jahren inzwischen mehr als halbiert haben.
  Bei der Interpretation der Darstellungen ist zu berücksichtigen, dass

  - nur Daten vorliegen, wenn Dampferzeuger während der Revision geöffnet wurden; dies begründet die scheinbar „fehlenden“ Messwerte in Abb. 4.1-6 für einzelne Primärkreislaufschleifen (Loopleitungen).
    (Der Wert zwischen 1995 und 1999 dokumentiert den Messwert des DE 2 in 1997).

  - die Messwerte von Jahr zu Jahr und von Dampferzeuger zu Dampferzeuger in einem gewissen Umfang schwanken, so dass Ausreißer aus dem langfristigen Trend der Messwerte möglich sind.

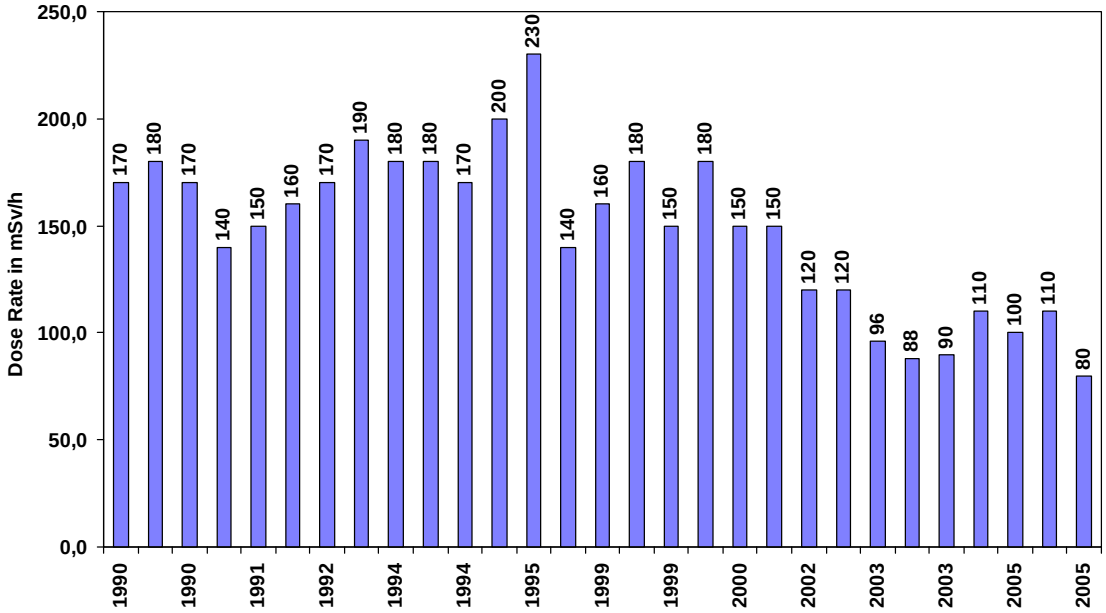

Abb. 4.1-5 Dosisleistung in der Dampferzeuger-Wasserkammer von KWB-A, „heiße Seite“

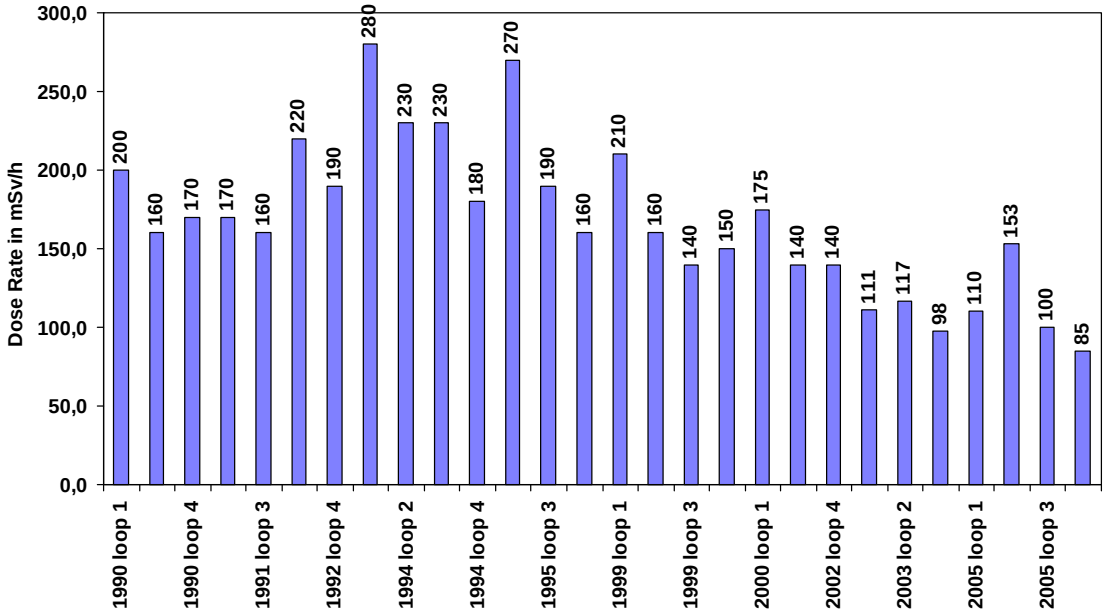

Abb. 4.1-6 Dosisleistung in der Dampferzeuger-Wasserkammer von KWB-A, „kalte Seite“

- Für die mittleren Dosisleistungswerte an den Hauptkühlmittelleitungen in Abb. 4.1-7 sind insbesondere ab 2000 ebenfalls ein deutlich sinkender Trend und niedrigere Werte als in früheren Jahren dokumentiert.
  Auch für die Messwerte an den Hauptkühlmittelleitungen wären für eine genauere Bewertung weitere Randbedingungen zu beachten; so ist es relevant, ob die Messwerte bei demontierter Wärmeisolierung im Kontakt mit der Leitung oder an der Oberfläche der Isolierung genommen werden. So liegt der gemittelte Messwert des Jahres 2000 ohne Isolierung erwartungsgemäß deutlich höher als die anderen Werte.

Hintergrund für die sinkenden Dosisleistungen ist die seit September 1996 eingeführte Einspeisung von abgereichertem Zink in das Primärkühlmittel, mit dem das in die Materialoberflächen eingelagerte Co 60, das den wesentlichen Teil der Dosisleistung der Aktivierungsprodukte verursacht, durch Austausch mobilisiert wird. Aus dem Primärkühlmittel können die mobilisierten Anteile ausgefiltert und die beladenen Filter als radioaktive Abfälle konditioniert und entsorgt werden. Mit dieser Maßnahme konnte die Dosisleistung durch das in den Oberflächen fixierte Co 60 offensichtlich deutlich reduziert werden.
Weitere dosisleistungsreduzierende Maßnahmen werden gezielt komponenten- und systembezogen in den in der Revision beteiligten Bereichen entsprechend der gängigen Strahlenschutzpraxis durchgeführt.
Spezielle Programme zum Austausch von Kobalt-haltigen Konstruktionsmaterialien wurden in KWB-A – über den Austausch von Materialien, die im Rahmen des Routineaustauschs durch aktivierungsprodukt-ärmere Produkte verfügbar waren, wie z. B BE-Konstruktionen oder Lager von HKMP – nicht durchgeführt. Grundsätzlich sind solche Austauschprogramme allerdings auch unter ALARA-Überlegungen zu betrachten, da die erwartete künftige Dosiseinsparung bei Revisions- und sonstigen Tätigkeiten gegen die ggf. erheblichen zusätzlichen Dosen des Personals infolge der Austauscharbeiten abgewogen werden muss, wobei zusätzlich der Prozess des Abwägens mit großen Unsicherheiten verbunden ist, so dass dem gegenüber gezielte Strahlenschutzmaßnahmen oder die Durchführung von gezielten Programmen der chemischen Fahrweise ein angemessenes Vorgehen darstellen können.

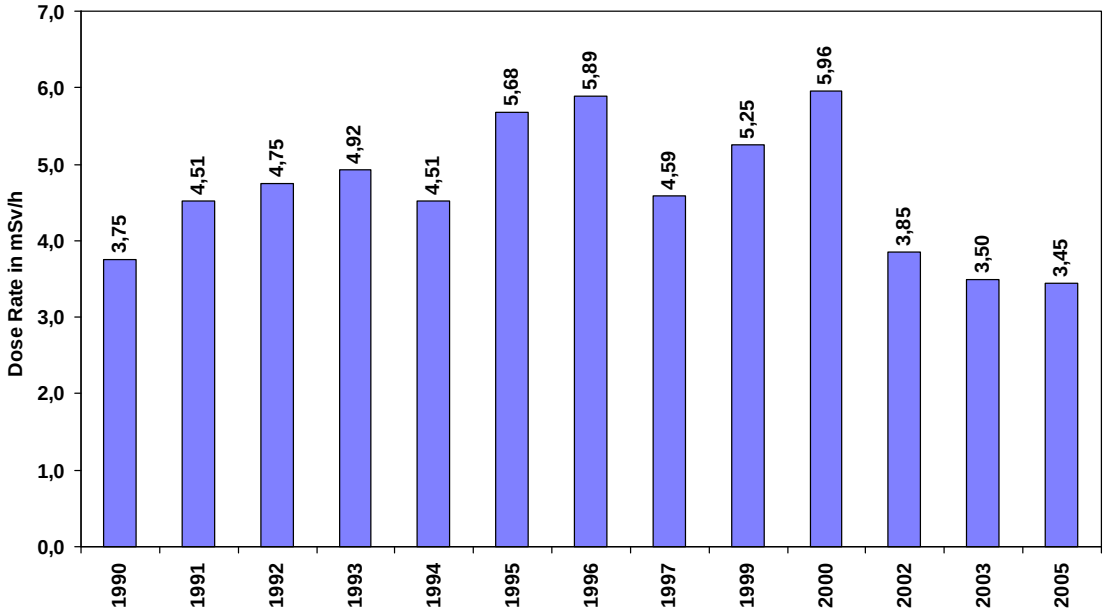

Abb. 4.1-7 Mittlere Dosisleistung an den Hauptkühlmittelleitungen, jeweils Mittelwert über alle Messungen (heiße/kalte Seite) eines Jahres in KWB-A

Die Ausgangssituation und die Verläufe der Aktivitätskonzentration im Primärkühlmittel der Anlage, die durch die Auslegung, die Konstruktionsmaterialien und z. T. durch die Fahrweise (Kühlmittelchemie) bestimmt ist, kann der Abb. 4.1-8 entnommen werden; es zeigt sich, dass nach höheren Konzentrationen an Antimon 124 (Quelle: insbesondere Lager der HKMP) Co 60 (Stellite, Materialien mit höheren Legierungsanteilen von Kobalt) und Co 58 (Nickel-Legierungen, insbesondere DE-Heizrohre) die Konzentrationen mit der Zeit reduziert werden konnten und in den letzten Jahren für Co 60 Konzentrationen von 5E6 Bq/m³ erreichen. Der Anstieg dieser Konzentration im letzten Zeitraum ist auf die angesprochene Mobilisierung von Co 60 durch die Zink-Einspeisung zurückzuführen, die die Ausfilterung des Co 60 ermöglicht. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Dosisleistung an Arbeitsplätzen insbesondere durch die Konzentration des Co 60 an bzw. in den inneren Oberflächen der Komponenten und nicht durch die Konzentration des Co 60 im Kühlmittel hervorgerufen wird.

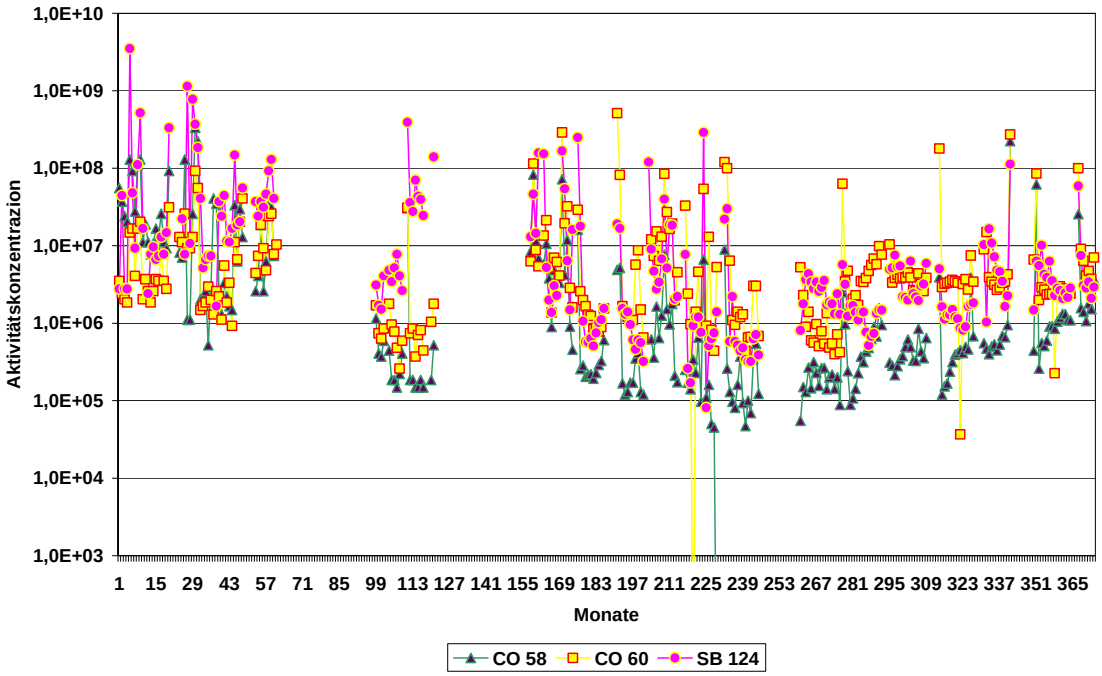

Abb. 4.1-8 Monatsmittelwerte der Aktivitätskonzentration in Bq/m³ radiologisch wichtiger Spalt- und Aktivierungsprodukte im Primärkühlmittel in KWB-A (Beginn der Daten: Okt. 1974, Ende der Daten : Dez 2005)

4.1.5 Personenbezogene Exposition

Die Abb. 4.1-9 verdeutlicht den Personaleinsatz im Kontrollbereich von KWB-A. Die Zahl des eingesetzten Eigenpersonals beträgt mit kleineren Schwankungen langfristig etwa 500 Personen. Diese Zahl liegt deshalb relativ hoch, weil wegen der sich am Standort befindenden zweiten Anlage (Doppelblockanlage) eine größere Zahl von Personen am Standort als Eigenpersonal eingestellt ist und im Rahmen des jeweiligen Aufgabenbereichs auch im Kontrollbereich der beiden Anlagen tätig wird. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Personen auch dann gezählt werden, wenn sie nur einen einzelnen kurzen Besuch im Kontrollbereich durchgeführt haben.

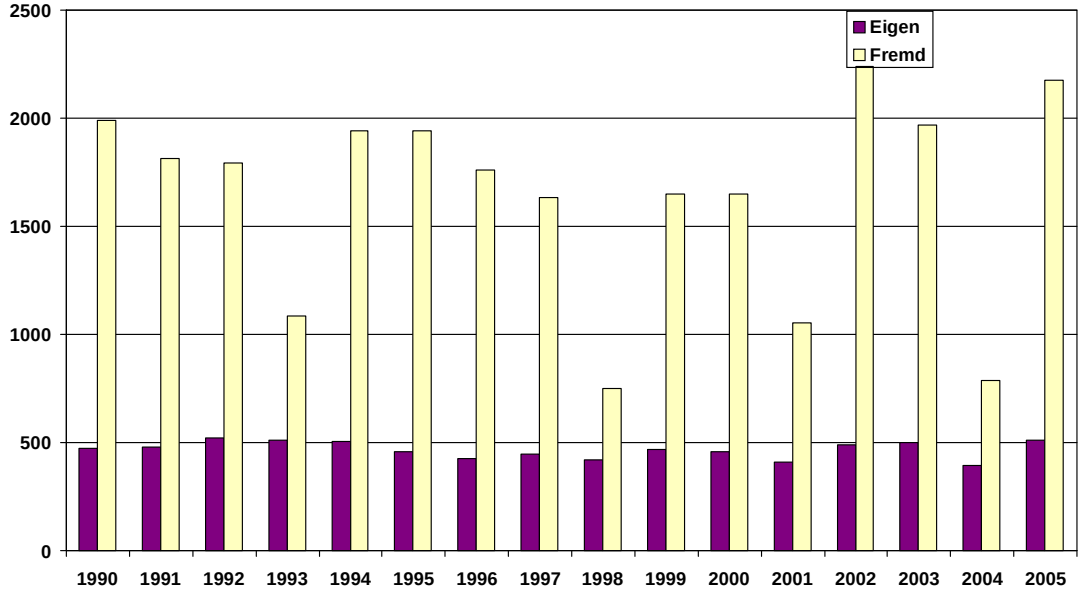

Abb. 4.1-9 Zahl der im Kontrollbereich eingesetzten Personen, aufgeschlüsselt nach Eigen- und Fremdpersonal

Die Zahl des Fremdpersonals schwankt entsprechend dem Arbeitsumfang in der Anlage. Dies wird an den revisionsfreien Jahren deutlich, in denen etwa 750 bis 1000 Personen eingesetzt waren. In Jahren mit Revision lagen die Einsatzzahlen in dem betrachteten Zeitraum in der Regel über 1700 Personen und konnten Werte um 2200 Personen erreicht werden.

Hinweis:

Es ist darauf hinzuweisen, dass im Gegensatz zum Eigenpersonal nur ein kleiner Teil des Fremdpersonals im Rahmen von Verträgen das ganze Jahr am Standort eingesetzt wird. Der wesentliche Teil ist nur für einen begrenzten Zeitraum zur Durchführung eines bestimmten Gewerkes am Standort und kann darüber hinaus auch in weiteren Anlagen eingesetzt werden.

Dies hat insofern Auswirkungen auf die Personendosis, als die für die jeweilige Anlage angegebene Personendosis nicht die Jahresdosis (Individualdosis) des Fremdpersonals wiedergibt, sondern nur den anlagenspezifischen Anteil. Dies ist allerdings bei der hier angestrebten Gegenüberstellung nicht relevant, weil hier (nur) der in der jeweiligen Anlage aufgenommene Dosis diskutiert wird.

Aus Kollektivdosis und eingesetzter Personenzahl können orientierend mittlere Personendosen des Personals für das Eigen- und Fremdpersonal (anlagenbezogener Anteil) berechnet werden. Diese Daten sind in den Abb. 4.1-10 und Abb. 4.1-11 dargestellt, wobei unterschieden wird zwischen der Gesamtzahl des Personals im Kontrollbereich (Abb. 4.1-10) und der Gruppe der Personen, die im Kontrollbereich eine Exposition von

mindestens 1 µSv (gemessen mit betrieblichen Digitaldosimetern) erhalten (Abb. 4.1-11).

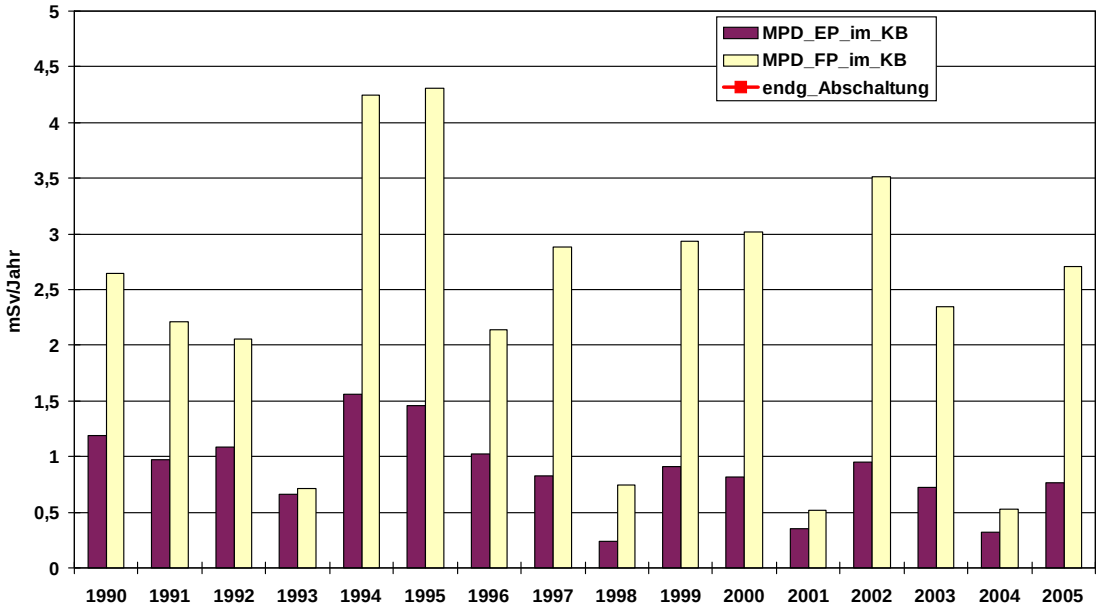

Abb. 4.1-10 Mittlere Personendosis des Eigen- und Fremdpersonals im Kontrollbereich von KWB-A
Personengruppe: Personen im Kontrollbereich

Die Daten zeigen, dass für die Gruppe aller Personen im Kontrollbereich die mittleren Personendosen des Eigenpersonals sich in den letzten Jahren auf Werte unter 1 mSv/Jahr reduziert haben und – entsprechend der vergleichsweise unveränderten Zahl des Personals deutlich der Kollektivdosis und damit dem Revisionsumfang folgen.

Beim Fremdpersonal liegen die mittleren Personendosen dieser Gruppe Mitte der 90ger Jahre zwischen 4 mSv/Jahr und 4,5 mSv/Jahr, reduzieren sich aber in den letzten Jahren trotz der z. T. hohen Kollektivdosen wegen des höheren Personaleinsatzes auf Werte zwischen 2,35 mSv/Jahr und 3,5 mSv/Jahr in Jahren mit Revision. Die Bedeutung der umfangreichen und dosisintensiven Tätigkeiten während der Revisionen lässt sich an Hand der Daten der revisionsfreien Jahre ablesen, in denen auch für das Fremdpersonal bei dieser Betrachtung mittlere Personendosen deutlich unter 1 mSv/Jahr erreicht werden.

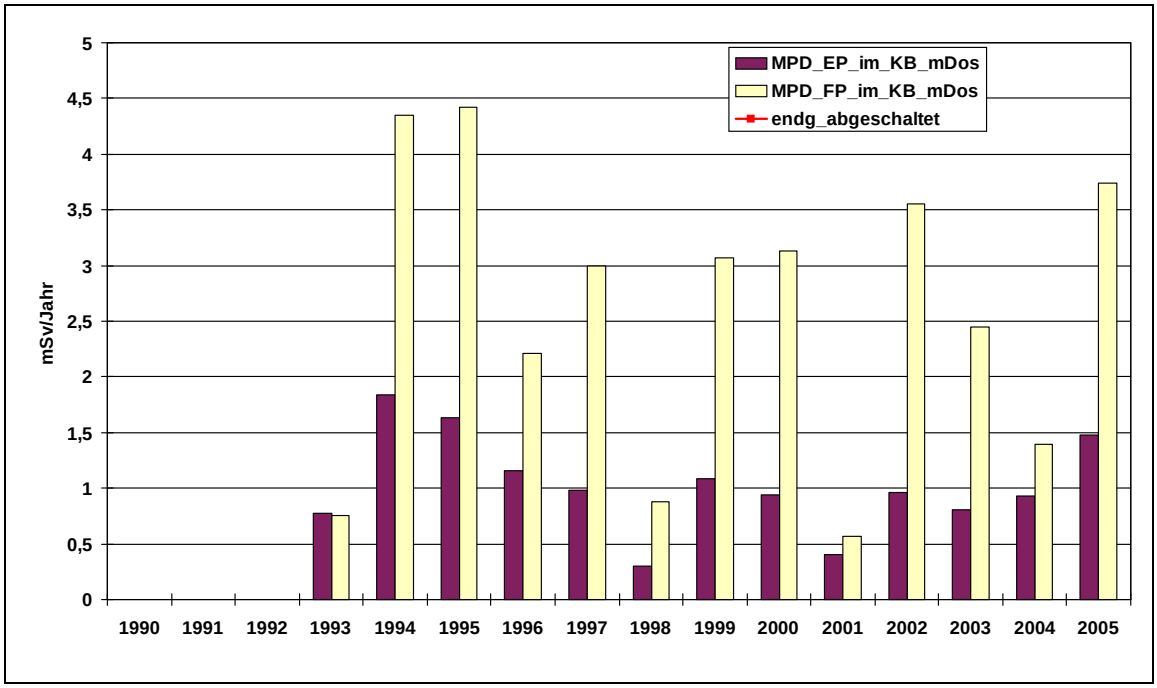

Abb. 4.1-11 Mittlere Personendosis des Eigen- und Fremdpersonals im Kontrollbereich von KWB-A.
Personengruppe: Personen im Kontrollbereich mit Exposition > 1 µSv

Bei Besuchen im Kontrollbereich erfährt eine größere Zahl von Personen – insbesondere Personen, die nur kurz tätig oder in Bereichen mit niedriger Dosisleistung tätig werden – keine Exposition. Bei Bezug auf die Gesamtzahl aller Personen wird die mittlere Personendosis damit reduziert. Aus diesem Grund wird zum Vergleich die mittlere Personendosis der kleineren Gruppe der Personen mit Exposition ausgewiesen, die erwartungsgemäß höher sein wird als die mittlere Personendosis aller Personen. Abb. 4.1-11 bestätigt dies; dabei ist der Unterschied beim Eigenpersonal besonders deutlich, da hier die Zahl der Personen ohne Dosis relativ hoch ist. Die mittleren Personendosen steigen hier beim Eigenpersonal auf 1 mSv/Personen bis 1,5 mSv/Person (2005, sehr hoher Anteil von Personen ohne Exposition). Bei Fremdpersonal ist der Anstieg bis auf das Jahr 2005 relativ gering; in 2005 werden 3,7 mSv pro Anlagebesuch erreicht, weil ca. 30 % der Personen keine Exposition erhalten haben.

Die Auflösung der Exposition des Personals in die einzelnen Intervalle sind für Eigen- und Fremdpersonal den Abb. 4.1-12 und Abb. 4.1-13 zu entnehmen. Trotz der wechselnden Intervallaufteilung wird deutlich, dass in geringem Umfang auch höhere Personendosen im Bereich von 10 mSv bis 15 mSv für dosisintensive Arbeiten zu registrieren waren. Dabei ist aber auch festzustellen, dass beim Fremdpersonal die Zahl der

Personen in Intervallen über 10 mSv – insbesondere zwischen 15 mSv und 20 mSv deutlich auf einzelne Personen – reduziert werden konnte.

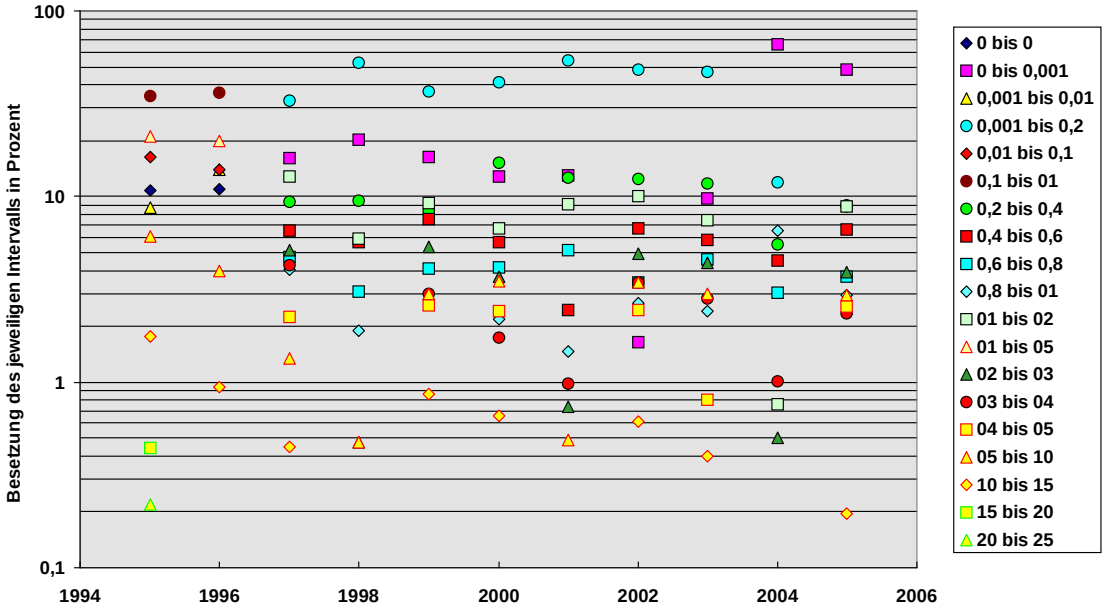

Abb. 4.1-12 Personendosisverteilung in KWB-A, Eigenpersonal
Bitte in 1997 und 2005 wechselnde Intervallaufteilung beachten

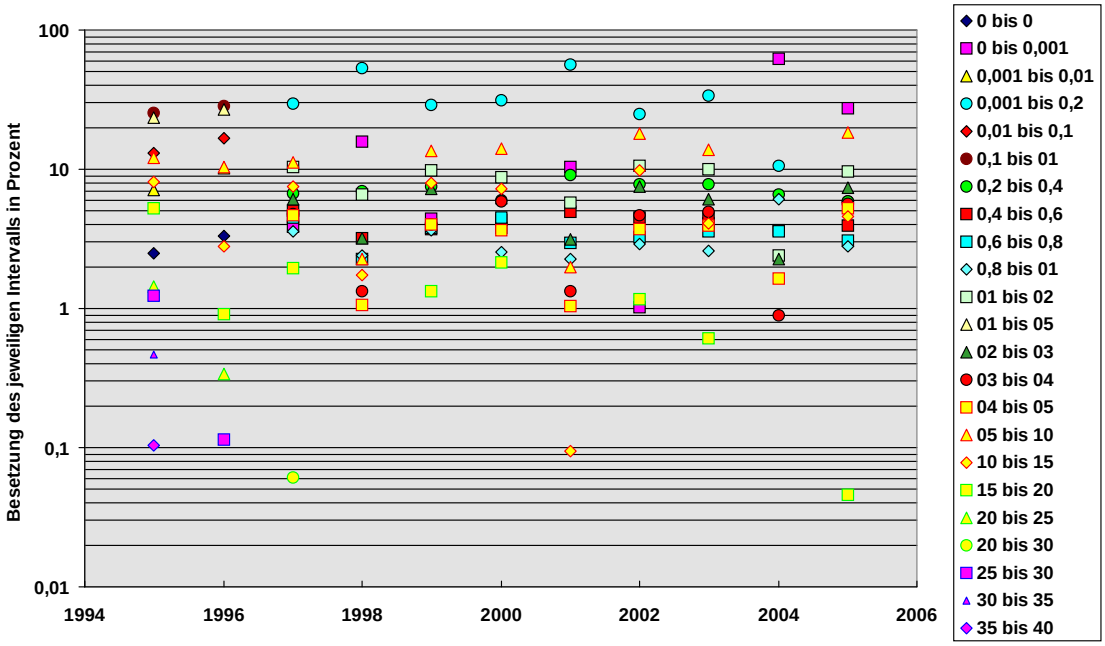

Abb. 4.1-13 Personendosisverteilung in KWB-A, Fremdpersonal, Dosisbeitrag nur aus KWB-A
Bitte in 1997 und 2005 wechselnde Intervallaufteilung beachten

4.2 Sachstand KKE

4.2.1 Einordnung und Charakterisierung der Anlage

Die Anlage KKE gehört als vorletzter in Betrieb gegangener DWR (1. Kritikalität 1.4.1988, kommerzielle Übergabe 1.6.1988) der 4-Loop-Anlagen der Leistungsklasse 1300 MWe zur 4. Generation der deutschen DWR und gehört zu den drei Konvoi-Anlagen.

Im Gegensatz zur Anlage KWB-A lagen bei der Auslegung aus dem Betrieb der bisherigen Anlagen alle aus radiologischer Sicht wichtigen Betriebserfahrungen vor; darüber hinaus lagen bei der Planung und Auslegung der Anlagen Anforderungen an die Auslegung von Kernkraftwerken unter Strahlenschutzgesichtspunkten in der einschlägigen Richtlinie und der entsprechenden technischen Fachregel (IWRS I , KTA 1301.1) vor. Die Umsetzung von IWRS I und KTA 1301.1, in denen die seinerzeit vorhandenen einschlägigen Kenntnisse und Erfahrungen des Einflusses der Anlagenauslegung auf die radiologischen Randbedingungen während des Anlagenbetriebs berücksichtigt wurden, in KKE stellt sicher, dass in KKE im Vergleich zu älteren Anlagen günstige radiologischen Randbedingungen vorliegen.

4.2.2 Kollektivdosisverlauf

Der Kollektivdosisverlauf in KKE ist in Abb. 4.2-1 aufgetragen. Aufgrund der in allen Bereichen durch die Auslegung der Anlage optimierten radiologischen Randbedingungen kann die Anlage mit Kollektivdosen unter 0,15 Pers.Sv pro Jahr betrieben werden. Erkennbar wird in der Verteilung die (weitere) Reduzierung der Kollektivdosis, die durch die Erfahrungen im betrieblichen Strahlenschutz und im Anlagenbetrieb erreicht werden konnten. Ausnahmen mit höheren Kollektivdosen bilden die Jahre 1996 sowie 2005 mit großem Prüfaufwand (Druckprüfung und Prüfung des Primärkreises, Leckratenprüfung SB), in denen Anstiege der Kollektivdosen zu verzeichnen sind. Der niedrigere Wert 2002 ist auf eine Kurzrevision mit BE-Wechsel, aber geringem Prüfaufwand zurückzuführen.

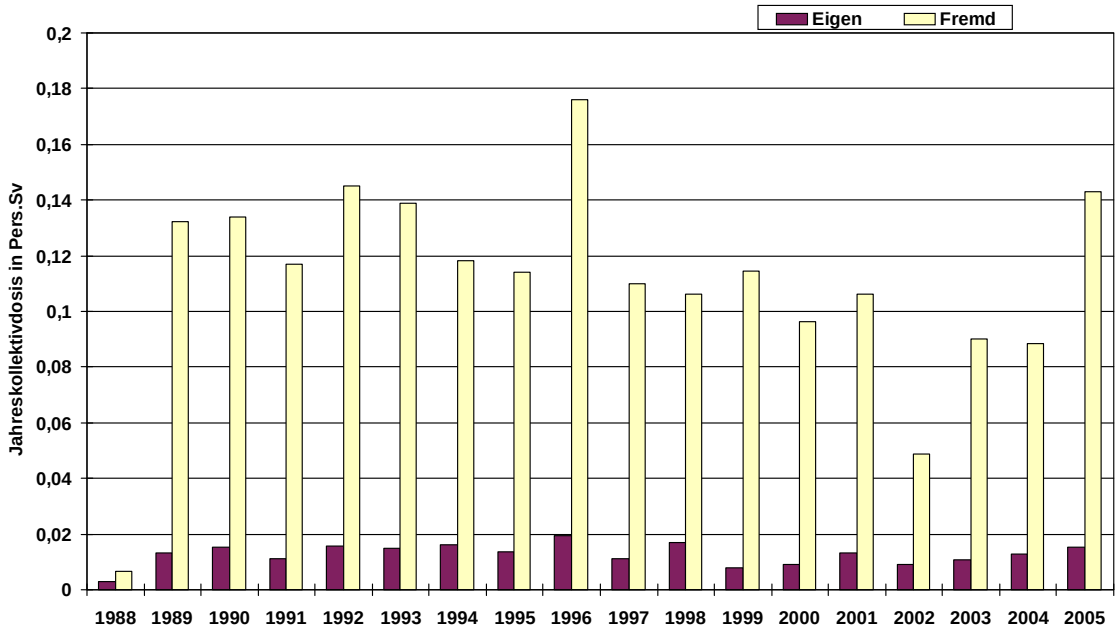

Abb. 4.2-1 Jahreskollektivdosis der Anlage KKE von 1988 bis 2005

4.2.3 Einschätzung des Arbeitsumfangs

Entsprechend der Darstellung für die Anlage KWB-A werden die Revisionsdauern sowie die Aufenthaltsdauer des Personals im Kontrollbereich diskutiert.

Abb. 4.2-2 zeigt die Revisionsdauer von KKE, die von anfänglichen 38 Tagen auf Zeiten unter 25 Tage mit einer Bandbreite zwischen 12 Tagen (Kurzrevision mit BE-Wechsel) und 23 Tagen seit 1997 gesenkt wurde. Dies deutet einerseits auf eine sehr konsequente Revisionsplanung, andererseits auf einen begrenzten Revisionsumfang hinsichtlich der durchzuführenden Maßnahmen im Prüf- und Instandsetzungsprogramm hin. Dies ist im Vergleich zu KWB-A nachzuvollziehen, da Nachrüst- oder Reparaturmaßnahmen in größerem Umfang nicht zu erwarten waren. Hinzu kommt, dass Tätigkeiten zur Vor- und Nachbereitung der Durchführung von Tätigkeiten, wie sie in älteren Anlagen aufgrund des radiologischen Basiszustandes ggf. erforderlich sind, in KKE nicht durchgeführt werden müssen und somit den erforderlichen Arbeitsumfang reduzieren.

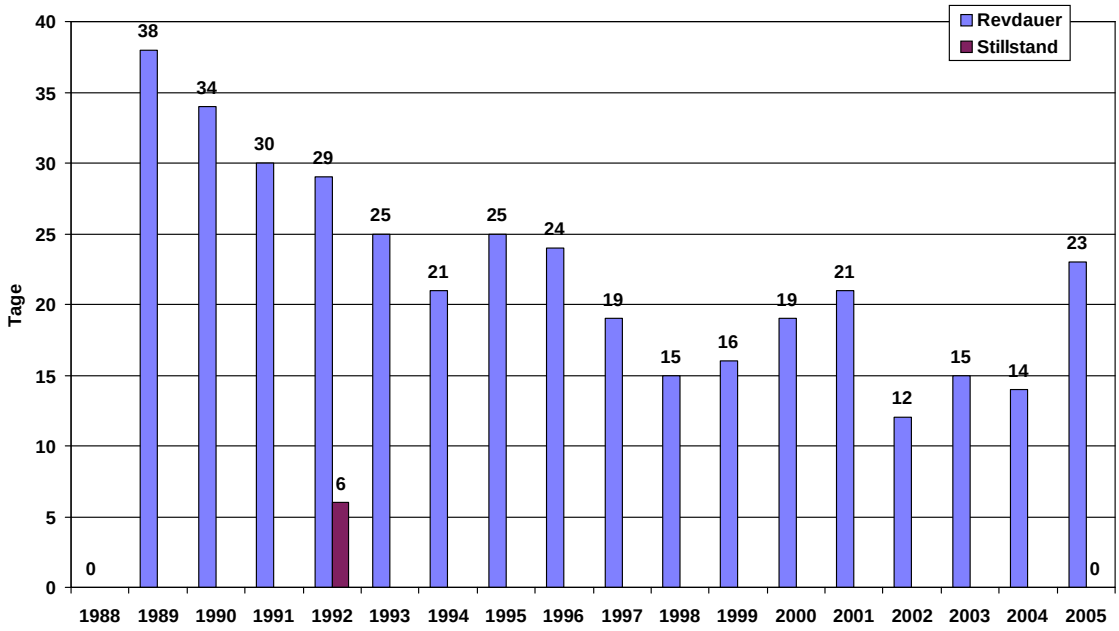

Abb. 4.2-2 Revisionsdauer und Stillstandsdauer in KKE

Die in Abb. 4.2-3 dargestellten verfügbaren Daten der Aufenthaltsdauer des Personals im Kontrollbereich bestätigt den vergleichsweise niedrigen Tätigkeitsumfang in KKE im Vergleich zu anderen Anlagen. Die Zahlen liegen in der Regel unter bzw. knapp bei 100000 Mann-Stunden und erreichen selbst in 2005 bei deutlich erhöhtem Prüfumfang nur rund 111000 Mann-Stunden; sie liegen damit deutlich (bis zu einem Faktor 3) unter denjenigen der Anlage KWB-A. Die Argumente für die niedrige Zahl der Mann-Stunden entsprechen denen der Diskussion bei den Revisionsdauern.

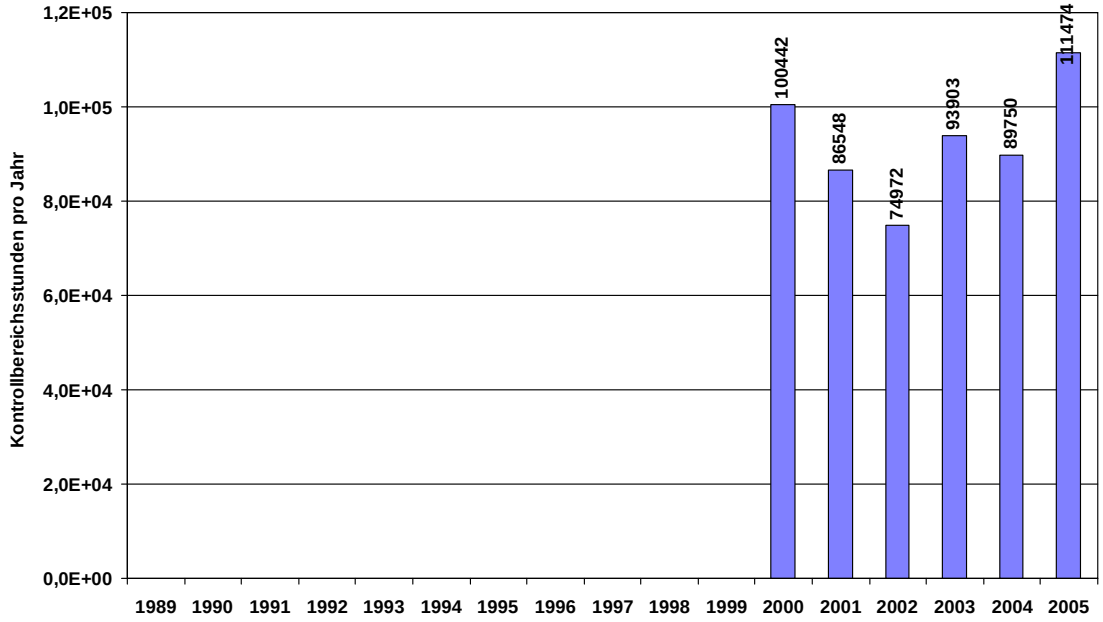

Abb. 4.2-3 Aufenthaltsdauer des Personals (Mann-Stunden) im Kontrollbereich von KKE
Hinweis: Daten erst ab 2000 verfügbar

4.2.4 Radiologische Arbeitsbedingungen

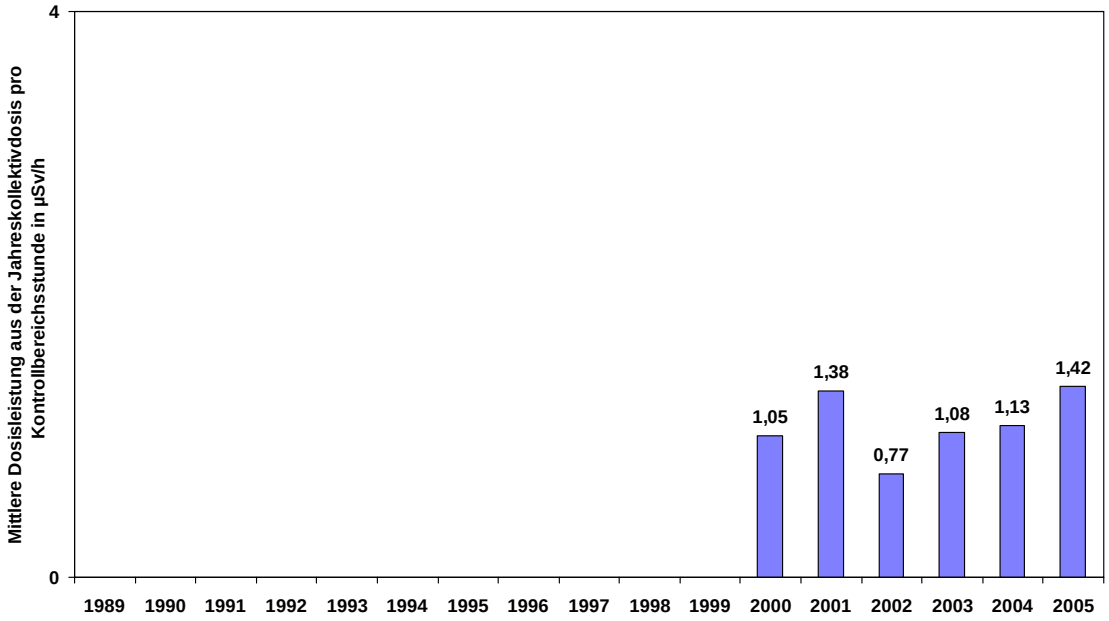

Abb. 4.2-4 Mittlere tätigkeitsbezogene Dosisleistung in KKE bezogen auf alle Tätigkeiten und den Aufenthalt des Personals im Kontrollbereich während eines Jahres

Die radiologische Situation in KKE wird aufgrund der niedrigen Kollektivdosis durch einen sehr niedrigen Wert der berechneten mittleren tätigkeitsbezogenen Dosisleistung um etwa 1 µSv/h mit einer Bandbreite zwischen 0,77 µSv/h und 1,42 µSv/h charakterisiert.

Hintergrund für diesen niedrigen Wert ist insbesondere die aufgrund der konsequenten Vermeidung entsprechender Materialien in den Konstruktionsmaterialien der Anlage gegebene niedrige Konzentration von Aktivierungsprodukten. Die Abb. 4.2-5 und Abb. 4.2-6 belegen dies mit den Hintergrunddaten der Dosisleistung in den Wasserkammern der Dampferzeuger, die langfristig bei Messwerten zwischen 9 mSv/h und 15 mSv/h („heiße“ Seite“) und 8,5 mSv/h und 13 mSv/h („kalte“ Seite) und einem einzelnen höheren Wert von 18 mSv/h im Jahr 2000 liegen. Auch hier liegen nur Werte für Dampferzeuger vor, die während der Revision für Prüfungen geöffnet wurden.
Die Daten können im Vergleich zwischen KWB-A und KKE als Beispiel für unterschiedlichen Prüfaufwand an den Dampferzeugern herangezogen werden. Während in KKE routinemäßig Prüfungen an den Dampferzeugern etwa mit 2-jährlichem Abstand an jeweils 2 DE durchgeführt wurden, liegt die Zahl entsprechender Prüfungen in KWB-A deutlich (ca. Faktor 2) höher.

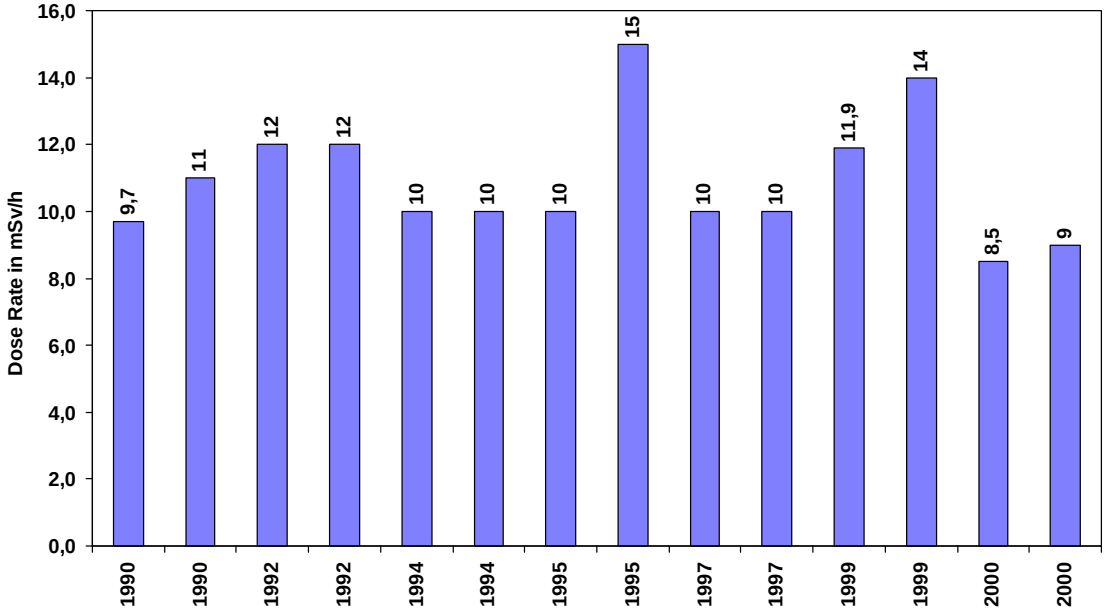

Abb. 4.2-5 Dosisleistung in der Dampferzeuger-Wasserkammer von KKE, „heiße Seite“

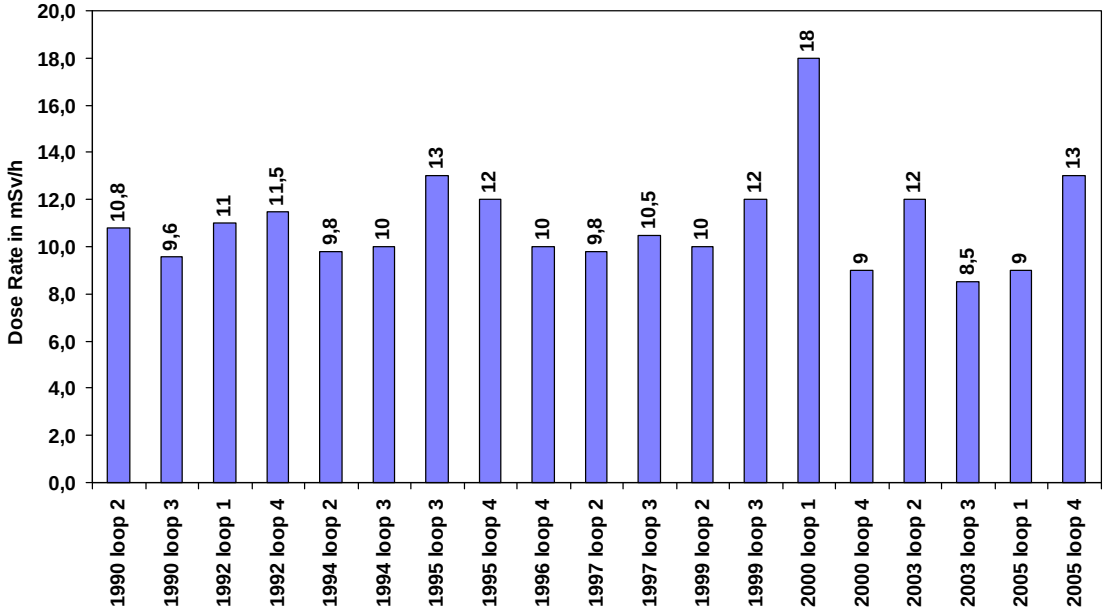

Abb. 4.2-6 Dosisleistung in der Dampferzeuger-Wasserkammer von KKE, „kalte Seite“

Abb. 4.2-7 zeigt die entsprechenden Dosisleistungsmesswerte für die Messungen an den Hauptkühlmittelleitungen. Dabei ist der anfängliche geringe Anstieg der Dosisleistung durch den im Umfang geringen Aufbau der Aktivierungsprodukte deutlich. Nach

der Anfangsphase stabilisiert sich die Dosisleistung im Bereich von ca. 0,17 bis 0,21 mSv/h.

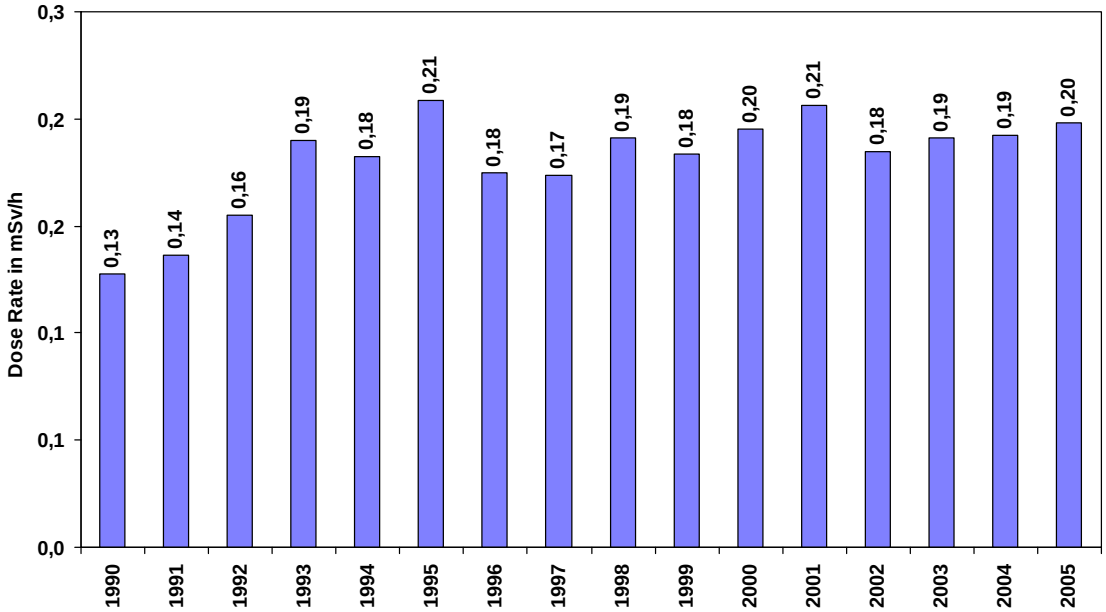

Abb. 4.2-7 Mittlere Dosisleistung an den Hauptkühlmittelleitungen, jeweils Mittelwert über alle Messungen (heiße/kalte Seite) eines Jahres in KKE

Die Auslegung der Anlage führt zu mittleren Aktivitätskonzentrationen radiologisch wichtiger Aktivierungsprodukte im Primärkühlmittel in der Höhe von 5E5 Bq/m³ für Co 60, 1E5 Bq/m³ für Sb 124 und etwa 1E6 q/m³ für Co 58. Der Vergleich mit den Daten von KWB-A zeigt, dass die Daten für Co 58 wegen der vergleichbaren Quellen (Dampferzeuger-Materialien) etwa in gleicher Höhe liegen, die Werte sowohl von Sb 124 und Co 60 dagegen aufgrund der bereits erwähnten konsequenten Vermeidung der diese Korrosionsprodukte verursachenden Materialien in KKE um jeweils rund einen Faktor 10 niedriger liegen.

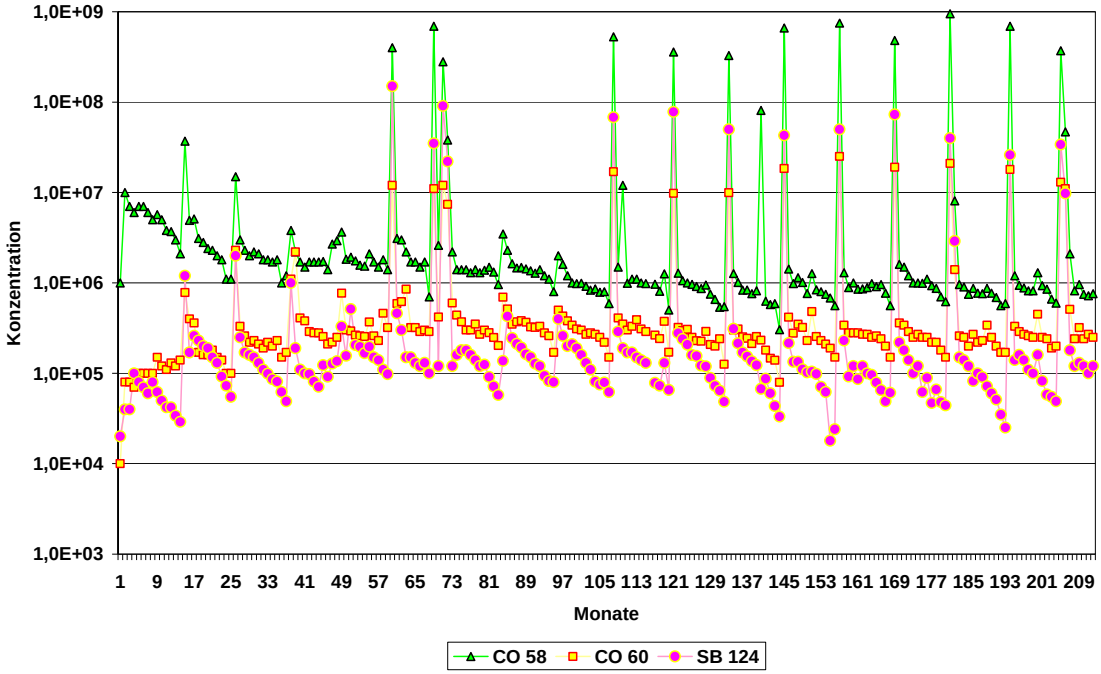

Abb. 4.2-8 Monatsmittelwerte der Aktivitätskonzentration in Bq/m³ radiologisch wichtiger Aktivierungsprodukte im Primärkühlmittel in KKE (Beginn der Daten: Mai. 1988, Ende der Daten : Dez 2005)

4.2.5 Personenbezogene Exposition

Die Zahl des im Kontrollbereich eingesetzten Personals (siehe Abb. 4.2-9) variiert beim Eigenpersonal zwischen etwa 200 Personen (Kurzrevision 2002) und bis zu 260 Personen. Für das Fremdpersonal werden Personaleinsätze zwischen rund 900 Personen (Kurzrevision) und Werten zwischen 1400 und 1700 Personen registriert. Dabei ist ab 2002 ein Anstieg zu beobachten, der einher geht mit einem Anstieg der Revisionsdauer (siehe Abb. 4.2-2) bei annähernd konstanter mittlerer Personendosis für Personal im Kontrollbereich (siehe Abb. 4.2-11).

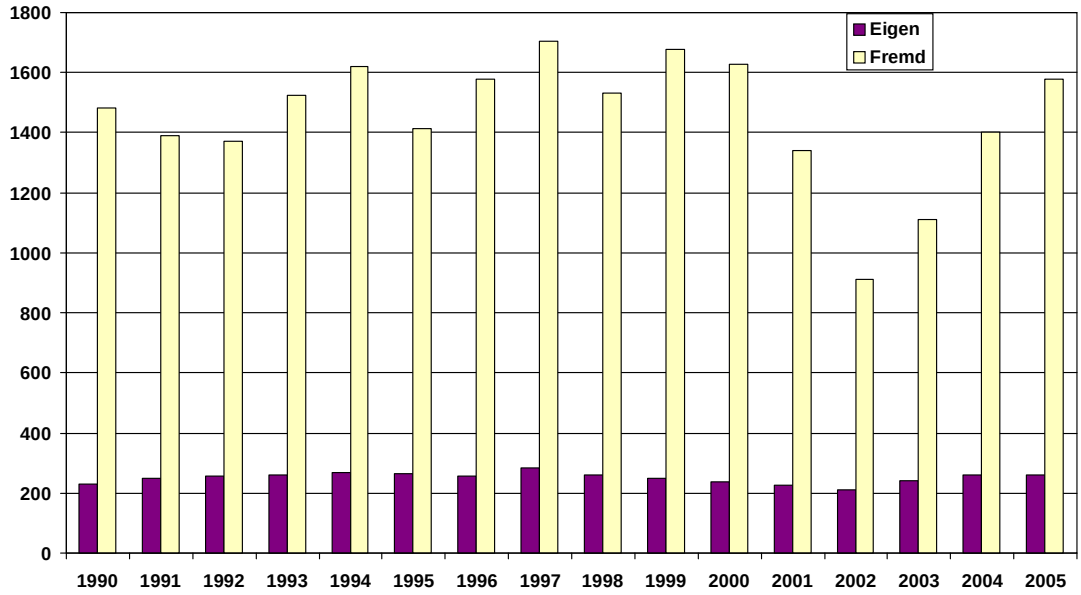

Abb. 4.2-9 Zahl der im Kontrollbereich von KKE eingesetzten Personen, aufgeschlüsselt nach Eigen- und Fremdpersonal

Die niedrigen Kollektivdosen sowohl des Eigen- als auch des Fremdpersonals führen in Verbindung mit der Zahl der eingesetzten Personen zu ausgesprochen niedrigen mittleren Personendosen, die wegen ihrer niedrigen absoluten Größe ausgesprochen sensibel auf die jeweiligen Änderungen von Kollektivdosis und Personaleinsatz.

Wie Abb. 4.2-10 für das im Kontrollbereich eingesetzte Personal ausweist, liegen die mittleren Personendosen in der Regel unter 0,06 mSv/Jahr (60 µSv/Jahr) mit einer Bandbreite der Daten zwischen etwa 0,03 mSv/Jahr und knapp 0,08 mSv/Jahr. Für das Fremdpersonal liegen die mittleren Personendosen dieser Gruppe etwa im Bereich zwischen 0,06 mSv/Jahr und 0,11 mSv/Jahr.

Reduziert mit die Bezugsgruppe für die Berechnung der mittleren Persondosen auf die Personen im Kontrollbereich mit einer Exposition $\geq$ 1µSv, steigen die mittleren Personendosen erwartungsgemäß an und liegen für das Eigenpersonal in einem Band zwischen 0,05 mSv/Jahr und 0,1 mSv/Jahr, für das Fremdpersonal zwischen etwa 0,1 mSv/Jahr und 0,2 mSv/Jahr mit der Mehrzahl der Werte um 0,15 mSv/Jahr. (siehe Abb. 4.2-11).

Es ist dabei darauf hinzuweisen, dass die Daten des Jahres 2005 in Abb. 4.2-11 nicht mit den anderen Daten konsistent sind, da aufgrund der Änderung der Intervallaufteilung der Personen-

dosisverteilung die Zahl der Personen mit „Exposition ≥ 1µSv/Jahr“ nicht ermittelt werden konnte.

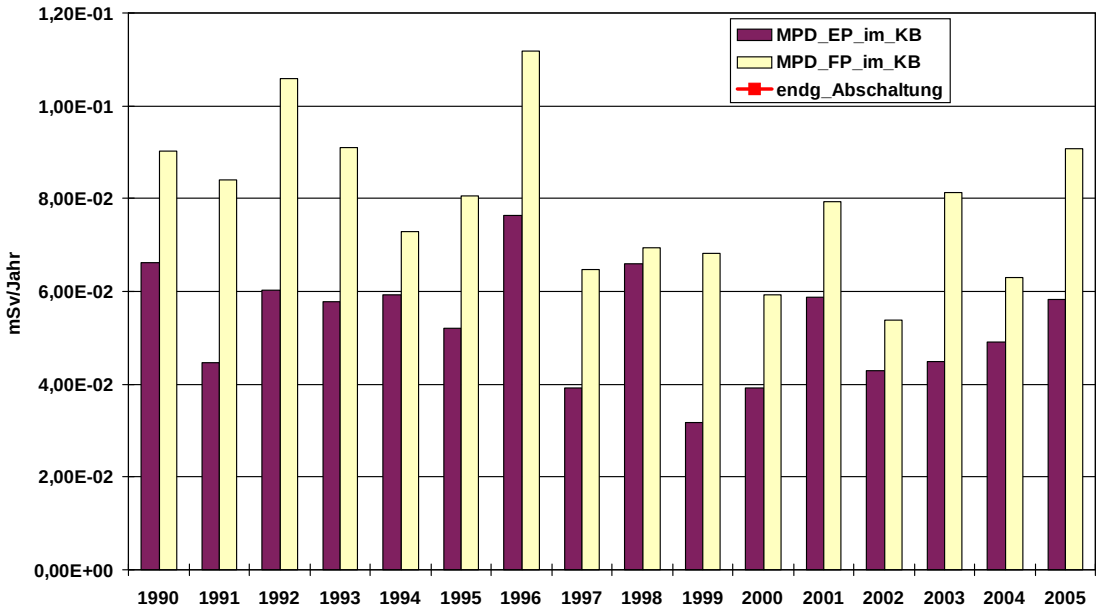

Abb. 4.2-10 Mittlere Personendosis des Eigen- und Fremdpersonals im Kontrollbereich von KKE
Personengruppe: Personen im Kontrollbereich

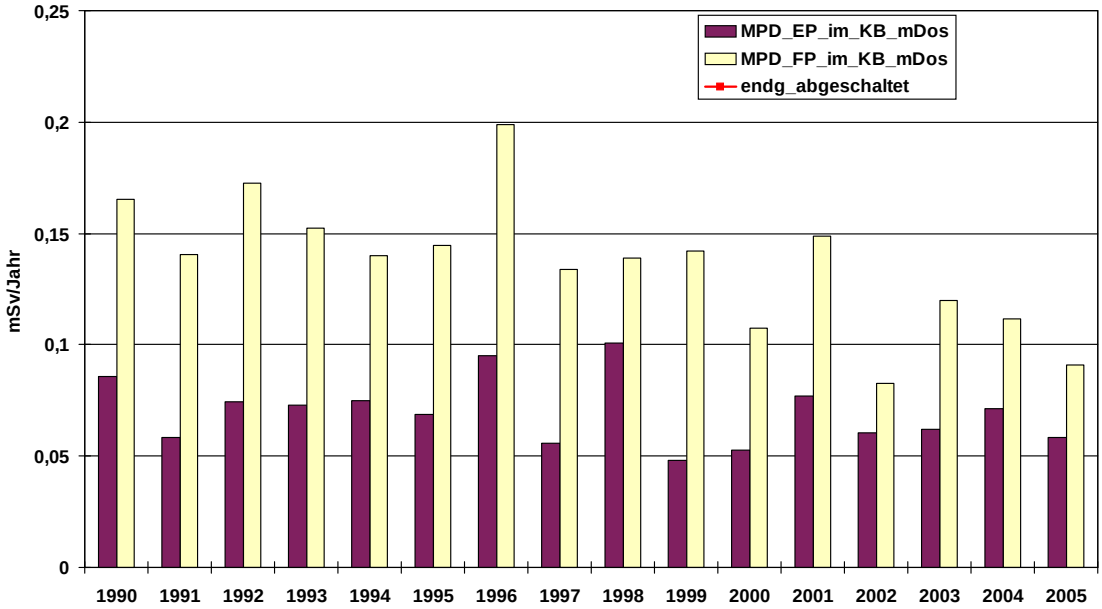

Abb. 4.2-11 Mittlere Personendosis des Eigen- und Fremdpersonals im Kontrollbereich von KKE.
Personengruppe: Personen im Kontrollbereich mit Exposition ≥ 1 µSv (Ausnahme: 2005)

Die Abb. 4.2-12 bzw. Abb. 4.2-13 zeigen die Intervallaufteilungen des Eigen- bzw. Fremdpersonals in KKE. Es wird für beide Personengruppen deutlich, dass der Großteil des Personals in KKE nur sehr niedrige Expositionen erhält.

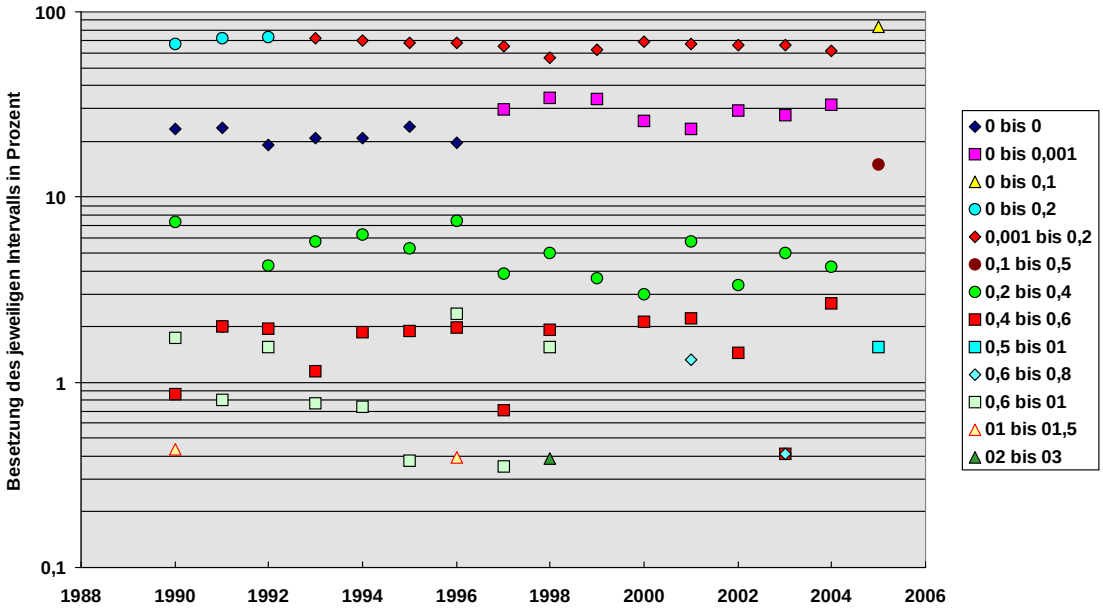

Abb. 4.2-12 Personendosisverteilung in KKE, Eigenpersonal
Bitte in 1997 und 2005 wechselnde Intervallaufteilung beachten

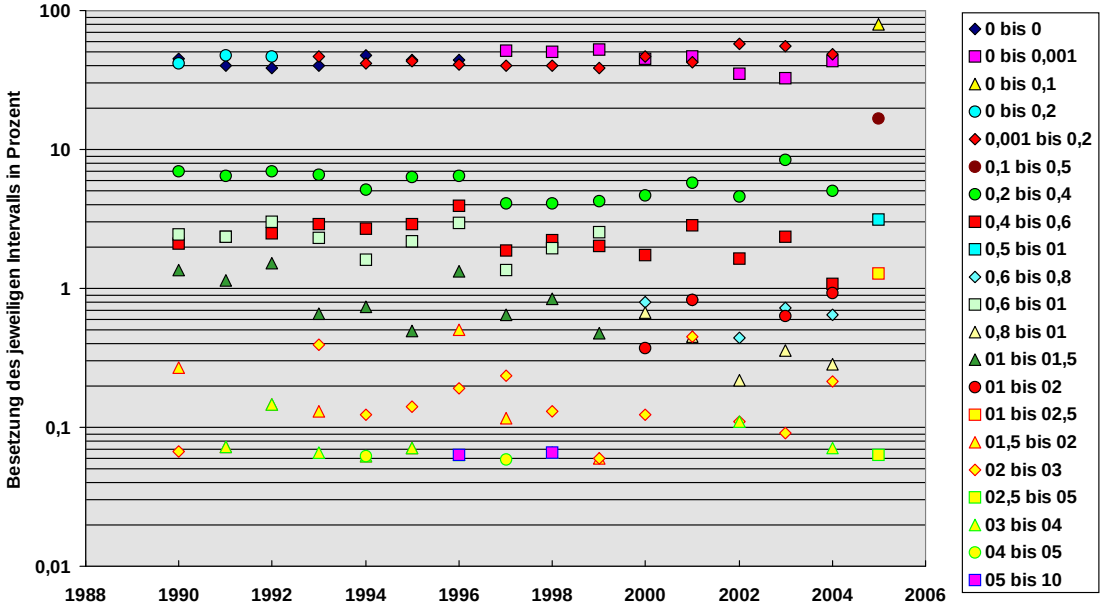

Abb. 4.2-13 Personendosisverteilung in KKE, Fremdpersonal
Dosisbeitrag nur aus KKE
Bitte in 1997 und 2005 wechselnde Intervallaufteilung beachten

Bei Betrachtung der „höheren“ Intervalle wird deutlich, dass in KKE Expositionen zwischen 2 mSv/Jahr und 3 mSv/Jahr nur in einzelnen Fällen und Expositionen über 3 mSv/Jahr nicht vorgekommen sind.

Für das Fremdpersonal liegen die Personendosen geringfügig höher; es zeigt sich aber auch, dass Personendosen über 3 mSv aufgetreten sind und, dass in einzelnen Jahren auch Besetzungen des Intervalls 5 mSv bis 10 mSv durch einzelne Personen registriert werden.

5 Bewertung

5.1 Bewertungsmerkmale

5.1.1 Kollektivdosis

Die Kollektivdosis in der Anlage KWB-A liegt aufgrund der ungünstigeren radiologischen Auslegung der Anlage im Zeitraum von 2000 bis 2005 bei einem Mittelwert von 4,36 Pers.Sv und damit deutlich über der Kollektivdosis der Anlage KKE, die im gleichen Zeitraum mit einem Mittelwert von 0,11 Pers.Sv pro Jahr betrieben werden konnte. Die Höhe der Kollektivdosis in KWB-A ist nachvollziehbar und begründet, da unter den gegebenen Bedingungen bezüglich der Strahlenschutzplanung durch die Anwendung der einschlägigen Richtlinie IWRS II und des hierin berücksichtigten ALARA-Prinzips bei der Planung der erforderlichen Tätigkeiten keine weitere nennenswerte Reduktion der Kollektivdosen in KWB-A zu erwarten gewesen wäre. Bedeutend in diesem Zusammenhang ist die langfristige Reduktion der Dosisleistung durch Mobilisierung und Ausfilterung der Co 60-Aktivierungsprodukte aufgrund der Zink-Einspeisung, die einen Beitrag zur Reduzierung der Kollektivdosis der Anlage leistet.

5.1.2 Personenbezogene Exposition

Aufgrund der im Vergleich zu KKE hohen Kollektivdosen in Verbindung mit dem nicht proportional zur Kollektivdosis höheren Personaleinsatz liegen auch die mittleren Personendosen in KWB-A erwartungsgemäß über den entsprechenden Daten des Personals in KKE. Für KWB-A werden mittlere Personendosen im Bereich von 1 mSv und 1,5 mSv pro Jahr für das Eigen- und zwischen 2 mSv und bis zu 4,5 mSv/Jahr für das Fremdpersonal in Jahren mit Revision registriert. Dem gegenüber liegen die mittleren Personendosen in KKE zwischen 0,04 mSv und 0,1 mSv pro Jahr (Eigen-) sowie zwischen 0,06 mSv und 0,2 mSv pro Jahr (Fremdpersonal).

Die Verteilung der Persondosen machen deutlich, dass in KWB-A in letzter Zeit die Besetzung hoher Dosisintervalle oberhalb 10 mSv und insbesondere oberhalb 15 mSv deutlich zurückgegangen sind, aber Dosen zwischen 10 und 15 mSv beim Fremdpersonal noch bei einigen Prozent des eingesetzten Fremdpersonals auftreten. Allerdings ist auch festzustellen, dass ein großer Anteil des Personals Dosen unter 1 mSv hat

(2005 knapp 80 % des Eigen- und knapp 50 % des Fremdpersonals).
Für KKE liegen die Verteilungen, wie entsprechend der mittleren Personendosis zu erwarten, in deutlich niedrigeren Intervallen und Überschreiten beim Eigenpersonal 3 mSv nicht; allerdings sind auch in KKE in einzelnen Jahren Dosen im Intervall zwischen 5 mSv und 10 mSv zu verzeichnen, während üblicherweise 5 mSv pro Anlagenbesuch beim Fremdpersonal nicht überschritten werden.

5.2 Hintergrund/Ursachen

5.2.1 Vergleichbarkeit der beiden Blöcke aus radiologischer Sicht

Aus der Einordnung und Charakterisierung der Anlagen KWB-A und KKE geht hervor, dass die beiden KKW Anlagen mit einer sehr unterschiedlichen Auslegung hinsichtlich der radiologischen Konsequenzen darstellen.
Zum Zeitpunkt der Auslegung der Anlage KWB-A lagen keine einschlägigen Erfahrung bezüglich der Anforderungen an eine gute Auslegung unter radiologischen Gesichtspunkten vor; diese Erfahrungen mussten erst durch den Betrieb der vor KWB-A in Betrieb gegangenen Anlagen KWO und KKS sowie im Betrieb von KWB-A (sowie der kurz danach in Betrieb genommenen Anlagen) gewonnen werden und haben in der Folgezeit zu einem entsprechenden Erfahrungsschatz und einem diesbezüglichen Regelwerk (IWRS I, KTA 1301.1) geführt, nach denen spätere Anlagen, insbesondere die Konvoi-Anlagen KKI-2, KKE und GKN-2 ausgelegt wurden. Dem entsprechend wurden in der Planung und Auslegungen von KKE alle diesbezüglichen Erfahrungen zur Reduktion der Exposition des Personals während Betrieb und Revision umgesetzt. Primäres Ziel war dabei die Reduktion der Dosisleistung durch Optimierung der Materialeigenschaften (Vermeidung von Korrosionsprodukten) sowie durch Verbesserung der Abschirmung und räumlichen Anordnung. In beiden Bereichen wurden unabhängig voneinander Maßnahmen zur konsequenten Dosisleistungsreduzierung umgesetzt, so dass in den so ausgelegten Konvoi-Anlagen ein extrem niedriges Dosisleistungsniveau erreicht wurde, das in der Folge zu niedrigen Strahlenexpositionen des Personals führt. Dem gegenüber müssen in der Anlage KWB-A dosisleistungsreduzierende Maßnahmen gezielt implementiert werden und führen auch unter ALARA-Gesichtspunkten zu einem Mehraufwand an Arbeit und in der Folge zu zusätzlichen Strahlenexpositionen.

5.2.2 Arbeitsumfang

Der Arbeitsumfang in KWB-A liegt – gemessen am Personaleinsatz und an der Aufenthaltsdauer des Personals im Kontrollbereich – über dem in KKE. Dieser höhere Arbeitsaufwand trägt notwendigerweise auch zu den höheren Kollektivdosen in KWB-A bei, weil Personen sich länger in Strahlenfeldern aufhalten müssen.
Hintergrund für den größeren Arbeitsumfang in KWB-A sind ein relativ großer Prüfumfang u. a. durch zusätzliche erforderliche angeordnete sicherheitstechnisch orientierte Prüfungen sowie der Instandhaltungsumfang und insbesondere der Nachrüstungs- und teilweise Reparaturumfang der letzten Jahre. Zusätzlich trägt bei, dass wegen der ungünstigen radiologischen Randbedingungen in nennenswertem Umfang Maßnahmen des Strahlenschutzes durchgeführt werden müssen, um die Strahlungsfelder in Arbeitsbereichen auf ein unter ALARA-Gesichtspunkten angemessenes Maß zu reduzieren.

5.2.3 Radiologische Arbeitsbedingungen

Bereits bei der Charakterisierung der Anlagen wurde beschrieben, dass es sich bezüglich der radiologischen Randbedingungen bei zwei Extremen der Auslegung handelt. Der Vergleich der Messwerte der Dosisleistung an ausgewählten Punkten der Anlage macht deutlich, dass die Grundsituation in KWB-A bezüglich der Dosisleistung deutlich ungünstiger ist und die gemessenen Dosisleistungen auch nach Reduktion der Werte durch die Zink-Einspeisung um einen Faktor 10 (DE-Wasserkammer) und ca. 15 (Loopleitungen) über denen in KKE liegt.
Diese Verhältnisse setzen sich etwa auch bei den mittleren tätigkeitsbezogenen Dosisleistungen durch.

5.3 Fazit

Bei KWB-A liegen die Kollektiv- und Personendosen aufgrund der ungünstigeren radiologischen Auslegung der Anlage und des notwendigen Arbeitsumfangs in Strahlenfeldern auf einem deutlich höheren Niveau als in KKE.

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

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

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 3:

„Nachweis des Bruchausschlusses für die Druckführende Umschließung“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 3: „Nachweis des Bruchausschlusses für die Druckführende Umschließung“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung, Zielsetzung und Nachweis des Bruchausschlusses 2

2.1.1 Beschreibung 2

2.1.2 Zielsetzung und Konsequenz 2

2.1.3 Vorgehensweise beim Nachweis 3

2.2 Bewertungsmerkmale 5

3 Verwendete Unterlagen 6

4 Anlagenvergleich 8

5 Bewertung 17

5.1 Relevante Unterschiede 17

5.1.1 Auslegung für ferritische Rohrleitungen (Merkmal 2.1.2) 17

5.1.2 Auslegung für austenitische Rohrleitungen (Merkmal 2.1.2) 18

5.1.3 Unterschiedliche ferritische Werkstoffe der HKL (Merkmal 2.2) 18

5.1.4 Unterschiedliches Werkstoffkonzept der VAL (Merkmal 2.2) 18

5.1.5 Unterschiedliche Ausführung der Schweißnähte der HKL (Merkmal 2.2) 19

5.1.6 Unterschiedliche Ausführung der Bögen (Merkmal 2.3) 19

5.2 Bewertungsmaßstäbe 19

5.3 Bewertung der relevanten Unterschiede 21

5.3.1 Auslegung für ferritische Rohrleitungen (Merkmal 2.1.2) 21

5.3.2 Auslegung für austenitische Rohrleitungen (Merkmal 2.1.2) 21

5.3.3 Unterschiedliche Werkstoffe der HKL (Merkmal 2.2) 22

5.3.4 Unterschiedliches Werkstoffkonzept der VAL (Merkmal 2.2) 23

5.3.5 Unterschiedliche Ausführung der Schweißnähte der HKL (Merkmal 2.2) 23

5.3.6 Unterschiedliche Ausführung der Bögen (Merkmal 2.3) 24

5.4 Fazit 25

6 Literatur 26

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 3 „Nachweis des Bruchausschlusses für die Druckführende Umschließung“ behandelt.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung, Zielsetzung und Nachweis des Bruchausschlusses

2.1.1 Beschreibung

Mit dem Begriff „Bruchausschluss“ wird das Postulat bezeichnet, dass der Bruch einer Rohrleitung während der gesamten Betriebsdauer nicht auftritt. Dies setzt einerseits eine hohe Fertigungsqualität voraus, die ein herstellungsbedingtes katastrophales Versagen ausschließt (Basissicherheit) und erfordert andererseits eine ausreichende Vorsorge gegen betriebs- oder störfallbedingte Einwirkungen, die zu einem solchen katastrophalen Versagen führen könnten. Die Wirksamkeit dieser Vorsorge ist durch geeignete Prüf- und Überwachungsmaßnahmen zu überprüfen.

2.1.2 Zielsetzung und Konsequenz

Wenn der Nachweis des Bruchausschlusses positiv geführt worden ist, werden für diese Rohrleitung für Störfallbetrachtungen nur noch unterkritische Risse, deren Länge bruchmechanisch ermittelt werden kann, postuliert. Daher kann die Größe der für Störfallbetrachtungen zu postulierenden Lecks auf Werte deutlich unterhalb 2F (= Leckfläche entsprechend dem doppelten inneren Querschnitt 2F der betroffenen Rohrleitung) eingeschränkt werden. Dabei wird eine Leckgröße von 0,1F als abdeckend für Leckflächen von bruchmechanisch ermittelten unterkritischen Risslängen angesehen. Diese eingeschränkte Leckannahme kann dann für die Auswirkungen der dynamischen Kräfte des Lecks/Bruches (Druckwelle, Strahl- und Reaktionskräfte) herangezogen werden, mit dem Ziel, den Einbau massiver Ausschlagsicherungen zu vermeiden. Dadurch kann eine gute Zugänglichkeit der Rohrleitungen und Armaturen für Wartung und Prüfung erreicht und eine mögliche Einschränkung der Wärmedehnung vermieden werden.

Für die Auslegung der Sicherheitssysteme (Notkühlung, Sicherheitsbehälter, elektrische und leittechnische Einrichtungen) wird allerdings auch an diesen Rohrleitungen gemäß geltendem Regelwerk ein Leckquerschnitt von 2F unterstellt. Analog wird für

die Auslegung der Abstützung der Großkomponenten eine statische Ersatzkraft von 2pF (p = Betriebsdruck, F = Querschnitt des größten Stutzens) angenommen.

2.1.3 Vorgehensweise beim Nachweis

Die für den Bruchausschluss zu führenden Nachweise sind bisher im deutschen Regelwerk nicht festgeschrieben. Ausgehend von der bisherigen deutschen Praxis wurde das so genannte Basissicherheits-Konzept nach /KUS 84/ von der GRS zum Bruchausschluss-Konzept verallgemeinert, weiter entwickelt /BIE 01/ und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik angepasst /GRS 04/, wobei auch die internationale Praxis mit berücksichtigt wurde. Dabei wurde die Definition des Begriffes Basissicherheits-Konzept im Sinne der RSK-Leitlinien /RSK 96/ beibehalten.

Das deterministische Bruchausschluss-Konzept entsprechend der Konzeption der GRS besteht aus den beiden Hauptelementen

- Basissicherheits-Konzept
- Leck-vor-Bruch-Nachweis.

Dabei umfasst das Basissicherheits-Konzept folgende Aspekte:

- Berücksichtigung aller maßgeblichen Belastungen,
- Herstellung der Komponenten in hoher Qualität und
- betriebliche Überwachung und wiederkehrende Prüfungen der Komponenten zur Absicherung des Konzeptes.

Die letzten beiden Punkte des Basissicherheits-Konzepts lassen sich nach /RSK 96/ etwas detaillierter beschreiben:

- Hochwertige Werkstoffeigenschaften mit dem Hauptaugenmerk auf die chemische Zusammensetzung, die Bruch-Zähigkeit, die Verarbeitbarkeit und die Prüfbarkeit;
- Konservative Begrenzung der Spannungen und Verringerung der Spitzenspannungen; dies beinhaltet sowohl einen ausreichenden Sicherheitsabstand der auftretenden gegen die ertragbaren Belastungen als auch eine Bevorzugung von Aus-

legungs- und Konstruktionsaspekten zur Verringerung von Spannungskonzentrationen in Schweißnähten;

- Abgesicherte Anwendung optimierter Herstellungs- und Prüftechnologien mit Bevorzugung bestimmter Halbzeuge (geschmiedete Ringe für Behälter, nahtlose Rohre und Bögen mit geraden Anschuhenden) sowie engen Toleranzen zur Erzielung eines geringen Versatzes im Schweißnahtbereich;
- Möglichkeit vorhandene Fehlstellen aufzufinden und zu bewerten;
- Betriebliche Überwachung wichtiger Betriebsdaten (z.B. Druck, Temperatur, Wasserchemie), einzelner Komponenten und des Systemverhaltens sowie vorbeugende Maßnahmen zur Steigerung der Verfügbarkeit der Komponenten durch deren planmäßige Instandhaltung und wiederkehrende Prüfungen.

Entsprechend diesen Vorgaben der RSK-Leitlinien sind die einzelnen Anforderungen an die Druckführende Umschließung in KTA-Regeln der Serie KTA 3201 festgelegt.

Der Leck-vor-Bruch Nachweis, d.h. der Ausschluss des plötzlichen Versagens der druckführenden Umschließung, basiert auf der Stabilität von postulierten Rissen auch unter ungünstigen Randbedingungen. Dazu ist nachzuweisen, dass ein postulierter Anriss während der gesamten Lebensdauer der Anlage nur wenig wächst, so dass er die Wand nicht durchdringt und einen großen Abstand zu kritischen Rissgrößen behält. In einem weiteren Schritt wird ein wanddurchdringender Riss postuliert. Dieser Riss muss einerseits ausreichend groß gewählt werden, so dass die durch ihn unter Betriebsbeanspruchungen entstehende Leckage innerhalb kurzer Zeit erkannt wird, so dass die Anlage abgefahren werden kann. Andererseits muss der Riss auch unter den maximal anzunehmenden Störfalllasten einen ausreichenden Abstand zu der kritischen Risslänge behalten, um ein rechtzeitiges Abfahren auch in diesen Fällen zu gewährleisten.

Diese Grundanforderungen und der Nachweisweg für das Leck-vor-Bruch-Verhalten wurden auch bei der Aktualisierung des Kerntechnischen Regelwerks /KTR 06/ in Modul 4 „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an die Ausführung der Druckführenden Umschließung, der drucktragenden Wandung der Äußeren Systeme sowie des Sicherheitseinschlusses“ festgelegt. Konkretisierungen werden im Standard Review Plan der US NRC, Kapitel 3.6.3 /NRC 87/ angegeben.

2.2 Bewertungsmerkmale

Aus dem in Abschnitt 2.1.3 beschriebenen Nachweisweg wurden die folgenden Bewertungsmerkmale abgeleitet:

1. Anwendungsbereich Bruchausschluss

2. Nachweis der gefertigten Qualität für Rohrleitungen

- 2.1 Auslegung
  - 2.1.1 Belastungen
  - 2.1.2 Dimensionierung
  - 2.1.3 Spannungsanalysen
  - 2.1.4 Ermüdungsanalysen
- 2.2 Werkstofftechnische Gegebenheiten
- 2.3 Konstruktive Gegebenheiten
- 2.4 Fertigung

3. Absicherung der Qualität im Betrieb für Rohrleitungen

- 3.1 Konzept der Wiederkehrenden Prüfungen (WKP-Konzept)
- 3.2 Überwachungs-Konzept
- 3.3 Relevante Betriebserfahrung

4. Leck-vor-Bruch-Nachweis

- 4.1 Getroffene Lastannahmen
- 4.2 Rechnerische Nachweise
  - 4.2.1 Ermüdung
  - 4.2.2 Kritische Rissgrößen
  - 4.2.3 Leckraten
- 4.3 Nachweis der ausreichenden Empfindlichkeit der Leckdetektion

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/RWE 01/ RWE Power: PSÜ: KWB Block A, Systembewertung Rohrleitungen der DFU, YA, YP TH (HKL, VAL TH bis Erstabsperrarmatur), Stand: 20.12.2001

/SIE 01/ Siemens: PSÜ-Sicherheitsstatusanalyse (SSA) für die Konvoi Kernkraftwerke: Isar 2 (KKI 2), Emsland (KKE), Neckar Block 2 (GKN II) Kap. 2: Sicherheitsstatusanalyse, Dez. 1998/Juli 2001

/TÜV 98/ Rheinisch Westfälischer Technischer Überwachungsverein, RWTÜV Anlagentechnik GmbH: Sicherheitsgutachten Kernkraftwerk Biblis, Block A: Überprüfung der Basissicherheit der Hauptkühlmittelleitungen, Teile A bis C, erstellt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend Familie und Gesundheit, Essen 18. Februar 1998

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

/TÜV 05a/ TÜV Gutachtergemeinschaft PSÜ KWB-A: Kernkraftwerk Biblis A: Periodische Sicherheitsüberprüfung KWB-A-2002, Gutachten zur periodischen Sicherheitsüberprüfung Kernkraftwerk Biblis, Block A, Teil 3: Zusammenfassende Bewertung, Schreiben an das Hessische Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz vom 08.09.2005

/TÜV 05b/ TÜV Gutachtergemeinschaft PSÜ KWB-A: Kernkraftwerk Biblis A: Periodische Sicherheitsüberprüfung KWB-A-2002, Gutachten zur periodischen Sicherheitsüberprüfung Kernkraftwerk Biblis, Block A, Teil 1 Sicherheitsstatusanalyse (Zusammenfassung) mit Bewertung der Anlagenbeschreibung, der Betriebsführung und der Auswertung der Betriebserfahrung, Juni 2005

- 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.

Bewertungs-merkmal	**KKE**	**KWB-A**	**Ergebnis / Kommentar**
1. Geltungsbereich			
DFU	Reaktordruckbehälter, Druckhalter, Dampferzeuger, Hauptkühlmittelpumpe, Hauptkühlmittelleitung, Volumenausgleichsleitung, Anschlussleitungen bis zur ersten Absperrarmatur	Reaktordruckbehälter, Druckhalter, Dampferzeuger, Hauptkühlmittelpumpe (**HKL**), Hauptkühlmittelleitung, Volumenausgleichsleitung (**VAL**), Anschlussleitungen bis zur ersten Absperrarmatur	Nur zur Information; dies ist kein Bewertungsmerkmal.
Anwendungsbereich Bruchausschluss	HKL, VAL, Anschlussleitungen des Nachkühlsystems bis zur ersten Absperrarmatur	HKL, VAL, Anschlussleitungen des Nachkühlsystems bis zur ersten Absperrarmatur	Der Anwendungsbereich ist in beiden Anlagen gleich.
2. Nachweis der gefertigten Qualität für Rohrleitungen			
2.1 Auslegung			
2.1.1 Belastungen	Die vom Betreiber vorgelegten, aktualisierten Belastungsvorgaben für das nukleare Dampferzeugungssystem werden vom Gutachter bestätigt /TÜV 01/.	Das Lastkollektiv für bestimmungsgemäßen Betrieb und Störfälle wurde spezifiziert /RWE 01/.	Für KWB-A liegt uns keine durch den Gutachter bestätigte Aussage vor. Inwieweit die Spezifikation für das Lastkollektiv alle maßgeblichen Belastungen abdeckt bzw. Konservativitäten enthält, ließe sich nur durch Vergleich mit Betriebserfahrung und detaillierten Analysen bewerten. Daher ist kein direkter Vergleich möglich.
2.1.2 Dimensionierung	Auslegung nach der Konvoispezifikation, die auf der KTA Regeln 3201.2 und den RSK Leitlinien basiert /TÜV	Auslegung unter Verwendung des Spannungsvergleichswertes (**Sm**) nach AD S3.	Der Sm-Wert nach AD S3 erlaubt eine höhere Spannungsausnutzung als KTA 3201.2 für **ferritische** Werk-

	01/. Die Abmessungen der HKL für die Konvoi-Anlagen sind: Innendurchmesser: 750 mm Wanddicke: 52 mm. Eine Nachbewertung der **austenitischen Rohrleitungen** aufgrund einer Änderung der Begrenzung des Sm-Wertes ergab, das die Reduzierung der zulässigen Werte durch die Konservativitäten in der Auslegung und die real vorhandenen Werkstoffkennwerte abgedeckt ist /TÜV 01/.	Die Abmessungen der HKL sind nach /TÜV 98/: Innendurchmesser: 812 mm Wanddicke: 45 mm. Nach /RWE 01/ wurde eine gemäß KTA 3201.2 ausreichende Bemessung der HKL, der VAL und der nachgerüsteten Nachkühlleitungen aus dem austenitischen Werkstoff 1.4550 nachgewiesen. Gegenüber der ursprünglichen Auslegung wurden in KTA 3201.1 die spezifizierten Festigkeitswerte für **1.4541** reduziert. Nach /TÜV 98/ sind dadurch die Nachkühlleitungen aus 1.4541 auf der Basis der reduzierten spezifizierten Werte und der Mindestwerte für die Wanddicke nicht ausreichend bemessen. Nach /RWE 01/ wurde durch eine Nachbewertung der Nachkühlleitungen aus 1.4541 der Nachweis ausreichender Dimensionierung unter Berücksichtigung der reduzierten Festigkeitswerte erbracht.	stoffe, für die die Zugfestigkeit maßgebend ist. Aus dem Vergleich der Abmessungen ergibt sich ein in KWB-A um etwa 25% höheres Membranspannungsniveau. Für die VAL ist wegen des unterschiedlichen Werkstoffkonzeptes (KWB-A: ferritisch, austenitisch plattiert; KKE: austenitisch; siehe unter 2.2) kein direkter Vergleich möglich. Für die **austenitischen Rohrleitungen allgemein** wurden die Sm-Werte nach AD zunächst auch in KTA 3201.2 (Fassungen von 1980 und 1984) in gleicher Art gebildet. Erst in der Fassung von 1990 ergibt sich durch die Einführung eines zusätzlichen Kriteriums ($R_{p1.0T}$/1,5) für die hier eingesetzten Werkstoffe eine Reduktion des Sm-Wertes von etwa 6%, die auch eine Nachbewertung in den Konvoi-Anlagen nach sich zog. Daher ergeben sich hieraus keine Unterschiede zwischen den Anlagen. Für **1.4541** wurde außerdem der spezifizierte Mindestwert für die Streckgrenze von warmgefertigten Rohren in DIN 17440 und 17458 in der Fassung

			von 1985 um 12% reduziert gegenüber DIN 17440 in der Fassung von 1972. Auch in KTA 3201.1 von 1990 finden sich die reduzierten Werte. Diese Reduktion betrifft nur die Nachkühlleitungen von KWB-A (außer kalte Einspeisung Loop 3).
2.1.3 Spannungsanalysen	Auslegung nach der Konvoispezifikation, die auf der KTA Regeln 3201.2 und der RSK Leitlinien basiert /TÜV 01/.	Nach /TÜV 98/ werden für HKL und VAL die zulässigen Spannungen nach AD S3 eingehalten und die konservative Spannungsbegrenzung durch zusätzliche FE-Rechnungen an ausgesuchten Stellen nachgewiesen. Für alle Beanspruchungsstufen wurde nach /RWE 01/ die Einhaltung der Spannungsgrenzen nach KTA 3201.2 nachgewiesen. Für den Primärkreis sind die gegen das Bemessungserdbeben auszulegenden Bereiche detailliert festzulegen und Nachweise in Bezug auf Standsicherheit, Integrität und Funktionsfähigkeit zu führen (SIAN Auflage 13 und 18 aus /SCH 91/, zitiert in /TÜV 05b/). Nach /TÜV 98/ sind Nachweise für den Anwendungsbereich Bruchausschluss schon 1989 geführt und für Erdbebenlasten aktualisiert worden. Der Gutachter hat keine Einwände	Die Unterlagen reichen für eine Bewertung nicht aus: Für KWB-A liegt nur eine summarische Aussage des Betreibers vor, von KKE gibt es gar keine Unterlagen. Ein direkter Vergleich ist daher nicht möglich.

		gegen die Vorgehensweise, aber noch keine zahlenmäßige Überprüfung durchgeführt.	
2.1.4 Ermüdungsanalysen	Auslegung nach der Konvoispezifikation, die auf der KTA Regeln 3201.2 und den RSK Leitlinien basiert /TÜV 01/.	Die auf der Basis der Spannungsanalysen durchgeführten Ermüdungsanalysen ergaben nach /RWE 01/ Ermüdungsgrade, die für die gesamte Betriebszeit eine ausreichende Sicherheit ergaben. Nach /TÜV 98/ liegen Berechnungen des Betreibers mit Stand 1997 vor, die die ausreichende Ermüdungsreserven ausweisen. Begutachtet wurde bisher nur der Stand 1993. Zusätzliche Messungen ergaben nur geringe zusätzliche Beanspruchungen durch Schichtungen. Nach /TÜV 05a/ wird es für erforderlich gehalten, dass die Fortschreibung des Ermüdungszustandes vorgenommen werden soll. Diese Auflage stützt sich auf die SIAN-Auflage Nr. 6 (aus /SCH 91/, zitiert in /TÜV 05b/), die nach /RWE 01/ bereits erfüllt wird.	Die Unterlagen reichen für eine Bewertung nicht aus: Für KWB-A sind die Berechnungen des Betreibers noch nicht begutachtet, von KKE liegen gar keine Unterlagen vor. Ein direkter Vergleich ist daher nicht möglich
2.2 Werkstofftechnische Gegebenheiten	Werkstoffe nach der Konvoispezifikation, die auf der KTA Regeln 3201.1 und den RSK Leitlinien basiert /TÜV 01/, d.h.: • HKL:	Folgende Werkstoffe wurden eingesetzt /TÜV 98/: • HKL und VAL: Rohre, Bögen, Stutzen >DN 50: 22 NiMoCr 3 7, plattiert mit 1.4551.	Unterschiedliche Werkstoffe für die HKL und Nachkühlleitungen. Anderes Werkstoffkonzept für die VAL.

	Rohre, Rohrbogen und Rohrleitungsformstücke >DN 50: 20 MnMoNi 5 5 plattiert mit 1.4551. Schweißen der Verbindungsnähte mit Gegenschweißung von innen. Stutzen ≤ DN 50: 1.4550 • VAL und Nachkühlleitungen: Rohre und Bögen: 1.4550	Schweißen der Verbindungsnähte von außen in „Cardo-Technik“, deren Qualifizierung in /RWE 01/ bestätigt wird. Stutzen ≤ DN 50: 1.4550 • Nachkühlleitungen: Rohre und Bögen: 1.4541 Ausnahme: nachgerüstete Nachkühlleitung für kalte Einspeisung Loop 3: 1.4550. Eine Bewertung der für den Basissicherheitsnachweis relevanten Werkstoffeigenschaften für KWB-A führte nach /RWE 01/ zu folgenden Ergebnissen: Die Spezifikationsvorgaben für die Festigkeitseigenschaften wurden eingehalten. Für alle Erzeugnisformen und Schweißverbindungen wurde ausreichend zähes Werkstoffverhalten nachgewiesen. Für alle austenitischen Erzeugnisformen und Schweißverbindungen sowie für die Plattierung wurde die Korrosionsbeständigkeit nachgewiesen.	Unterschiedliche Schweißtechnik für ferritische Rohrleitungen. Einsatz von 1.4541 für Nachkühlleitungen in Loops 1, 2, und 4 im KWB-A, sonst 1.4550.
2.3 Konstruktive Gegebenheiten	Konstruktion nach der Konvoispezifikation, die auf der KTA Regeln 3201 und den RSK Leitlinien basiert /TÜV 01/, d.h.	• HKL und VAL: Nahtlose Rohre, Bögen aus Halbschalen (Bleche) geschweißt. Schmiedestücke für Stutzen.	In KWB-A sind aus Halbschalen geschweißte Bögen eingesetzt. Die Anzahl der Schweißnähte (Längs- und Umfangsnähte) ist gegenüber KKE

	Hauptbestandteile der Rohrleitungen (einschließlich Bögen, größerer Stutzen) aus nahtlosen Erzeugnisformen, Formstücke mit integrierten Stutzen. .	Meistens keine geraden Abgänge an den Komponentenstutzen. • Nachkühlleitungen: Schalen für Rohre und Bögen; Ausnahme: nachgerüstete Nachkühlleitung kalte Einspeisung Loop 3 aus nahtlosen Erzeugnisformen /TÜV 98/. Die in KTA 3201.2 genannten Empfehlungen zur spannungsgünstigen Gestaltung und die Grenzwerte für Maß- und Formabweichungen wurden eingehalten /TÜV 98/. Die relevanten Anforderungen der KTA 3201 hinsichtlich werkstoff- und fertigungsgerechter, prüfgerechter sowie wartungsgerechter Gestaltung wurden nach /RWE 01/ erfüllt.	deutlich höher. Die Prüfbarkeit der Anschlussnähte an die Komponenten ist in KWB-A teilweise erschwert.
2.4 Fertigung	Fertigung nach der Konvoispezifikation, die auf der KTA Regeln 3201.3 und den RSK Leitlinien basiert /TÜV 01/.	Die Eignung der Anforderungen an die Fertigung der Rohrleitungen wurde nachgewiesen. Die Anforderungen für die Fertigung hinsichtlich Erprobung von Schweißverbindungen, Herstellung der Schweißnähte, begleitende Kontrollen (z.B. zerstörungsfreie Prüfungen) wurden erfüllt /TÜV 98/.	Aufgrund fehlender Unterlagen ist kein Vergleich möglich.
3. Absicherung der Qualität im Betrieb für Rohrleitungen			
3.1 WKP-Konzept	Die wiederkehrenden Prüfungen werden nach KTA 3201.4 durchgeführt.	Art und Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen stehen im Einklang	KWB-A hat aufgrund der konstruktiven Ausführung mehr Schweißnähte

		mit den Anforderungen der KTA 3201.4, der Umfang der Prüfungen geht als kompensatorische Maßnahme für nicht nach KTA ausgelegte Rohrleitungen noch darüber hinaus. Der Prüfzyklus beträgt vier bzw. acht Jahre /TÜV 98/. Nach GB 7-1 in /TÜV 98/ sind alle Schweißnähte mindestens einmal zerstörungsfrei zu prüfen. Über die Umsetzung dieser Empfehlung liegen keine Angaben vor. Bei den zerstörungsfreien Prüfungen wurden die SIAN Auflage Nr.7 (aus /SCH 91/) zur Einbeziehung zusätzlicher Bereiche in das Prüfkonzept berücksichtigt /RWE 01/.	als die Konvoi-Anlagen. Auf der anderen Seite wird in KWB-A eine höhere Prüfdichte als von KTA 3201.4 gefordert umgesetzt. Für KKE liegen keine detaillierten Angaben vor.
3.2 Überwachungs-Konzept	Vorgehen der betrieblichen Überwachung gemäß KTA 3201.4. Gemäß /TÜV 01/ wurde ein Ermüdungsüberwachungssystem nachgerüstet.	Vorgehen der betrieblichen Überwachung gemäß KTA 3201.4. Das Ermüdungsüberwachungssystem wurde 1990 installiert. Das Körperschallüberwachungssystem wurde 1999 umgerüstet /RWE 01/.	Über die installierten Systeme liegen in den zur Verfügung stehenden Unterlagen keine detaillierten Informationen vor. Ein Vergleich ist daher nicht möglich.
3.3 Relevante Betriebserfahrung	Keine betriebsbedingten Schäden an der HKL, VAL und Anschlussleitungen der Nachkühlleitungen	Keine betriebsbedingten Schäden an der HKL, VAL und Anschlussleitungen der Nachkühlleitungen.	Unter „betriebsbedingten Schäden“ werden Schäden verstanden, die im Betrieb neu entstanden sind oder herstellungsbedingte Ungänzen, die im Betrieb gewachsen sind. Es ergibt sich kein Unterschied.

4. Leck-vor-Bruch-Nachweis			
4.1 Getroffene Lastannahmen	Keine Angaben Bei Vorgehen nach RSK Leitlinie ist das Leckpostulat für die HKL 0,1 F. Es liegen jedoch keine Unterlagen hierzu vor.	Keine Angaben Es gibt aber eine Empfehlung, die in /TÜV 05b/ zitiert wird: Das Lastkollektiv für die druckführende Umschließung des Primärkühlmittels ist um die Belastungen aus Strahl- und Reaktionskräften infolge systemeigener Lecks zu ergänzen. Über deren Erfüllung liegen keine Informationen vor. Für die Leckpostulate wird in /TÜV 98/ angegeben: Hauptkühlmittelleitung: 0.048 F Anschlussleitungen: 0,1 F	In den uns vorliegenden Unterlagen finden sich keine Angaben zur Vorgehensweise für den Leck-vor-Bruch-Nachweis. Daher ist kein Vergleich möglich. Das Leckpostulat für die HKL ist in KWB-A kleiner als nach RSK Leitlinie. Da es sich hier um ein Postulat handelt, dass bruchmechanisch berechnete Lecköffnungen für unterkritische Risse abdecken soll und diese nach generischen Untersuchungen eindeutig kleiner als 0,05F sind, ist dies jedoch kein Unterscheidungsmerkmal für den Leck-vor-Bruch- Nachweis. Die diesbezügliche Bewertung der Konsequenzen erfolgt in Bewertungsgegenstand 13.
4.2 Rechnerische Nachweise		Nachweise wurden für den oben genannten Anwendungsbereich schon 1989 geführt und die Lasten für betriebliche Lastfälle und Erdbeben aktualisiert. Der Gutachter hat keine Einwände gegen die Vorgehensweise, aber noch keine zahlenmäßige Überprüfung durchgeführt /TÜV 98/.	Kein direkter Vergleich möglich. Die Angaben für KWB-A sind vermutlich nicht mehr aktuell (siehe unter 4.3).
4.2.1 Ermüdung	Keine Angaben	Keine Angaben	In den uns vorliegenden Unterlagen finden sich keine Angaben zur Vorgehensweise für den Leck-vor-Bruch-Nachweis.
4.2.2 Kritische Rissgrößen	Keine Angaben	Nach /TÜV 98/ wurde von einem postulierten Ausgangsfehler ausgehend	Die Beschreibung in /TÜV 98/ weist auf die „übliche“ Siemens-Methodik

		eine Ermüdungsrissfortschrittsanalyse bis zum Teildurchriss durchgeführt. Der resultierende Riss ist kürzer als die kritische Risslänge.	zur Berechnung eines Teildurchrisses durch eine Extrapolation der Belastungszyklen über mehrere Hundert Jahre hin. Ansonsten liegen uns keine Angaben zur Vorgehensweise vor.
4.2.3 Leckraten	Keine Angaben	Keine Angaben	In den uns vorliegenden Unterlagen finden sich keine Angaben zur Vorgehensweise für die Leckratenbestimmung.
4.3 Nachweis der ausreichenden Empfindlichkeit der Leckdetektion	Keine Angaben	Nach /TÜV 98/ sind die detektierbaren Risslängen weitaus kleiner als die kritischen Risslängen. Das vorhandene Leckerkennungs-System weist keine Defizite auf. Zur Verbesserung der Lokalisierung und Erkennung sind aber vom Betreiber Verbesserungen geplant. Nach /RWE 07/ ist die Ende 2000 genehmigte Ertüchtigung des Leckü berwachungssystems erfolgt. Nach dem in /RWE 07/ zitierten Genehmigungsbescheid wird vom Sachverständigen bestätigt, dass damit 2 mm² Leckagen in der HKL innerhalb von 24h zuverlässig erkannt werden.	In den uns vorliegenden Unterlagen finden sich keine Angaben für KKE. Ein Vergleich ist daher nicht möglich.

5 Bewertung

In den vorliegenden Unterlagen zum KWB-A wird die Auslegung und die Qualität der Rohrleitungen beschrieben bzw. das Ergebnis einer Bewertung dieser Qualität wiedergegeben. Die uns vorliegenden Unterlagen für das KWB-A umfassen einen Zeitraum von 1998 bis 2005. In diesen Unterlagen werden bei erkannten Defiziten gegenüber einer basissicheren Ausführung Maßnahmen empfohlen, über deren Umsetzung nicht immer durch den Gutachter bestätigte Informationen vorliegen.

Für die Anlage KKE liegen uns nur summarische Angaben vor, die im Rahmen der PSÜ herangezogen wurden. Mit der Auslegung und der vorhandenen Qualität werden zwar die wesentlichen Voraussetzungen für einen Nachweis des Bruchausschlusses angesprochen, der Nachweis des Bruchausschlusses selbst, d.h. insbesondere der Nachweis des Leck-vor-Bruch-Verhaltens der Rohrleitungen, wird in diesen Unterlagen jedoch nur am Rande behandelt.

Der folgende Vergleich bezieht sich deshalb im Wesentlichen nur auf Auslegung und Qualität der Komponenten.

5.1 Relevante Unterschiede

5.1.1 Auslegung für ferritische Rohrleitungen (Merkmal 2.1.2)

Der Spannungsvergleichswert nach konventionellem Regelwerk für Druckbehälter (AD-Merkblatt S3) erlaubt für die hier zugrunde gelegten spezifizierten Mindestwerte eine um etwa 17% höhere Spannungsausnutzung als KTA 3201.2 (siehe /TÜV 98/, Tab. 3.3.1-1). Außerdem liegen die spezifizierten Werte für die nach KTA maßgebende Zugfestigkeit für 22 NiMoCr 3 7 um etwa 5% höher als für 20 MnMoNi 5 5. Daraus ergibt sich nach den seinerzeit angewandten Regelwerken für KWB-A gegenüber KKE ein um 23% höheres zulässiges Spannungsniveau für die HKL. Dieses Verhältnis entspricht in etwa dem tatsächlichen Verhältnis der Membranspannungen in der HKL zwischen KWB-A und KKE, wie es sich bei den vorliegenden Abmessungen (siehe Tabelle unter 2.1.2) für reine Innendruckbelastung ergibt.

5.1.2 Auslegung für austenitische Rohrleitungen (Merkmal 2.1.2)

Die Nachkühlleitungen sind im KWB-A bis auf eine Ausnahme (umgerüstete Einspeisung in Loop 3) aus dem austenitischen Werkstoff 1.4541 gefertigt. Für das KKE wird davon ausgegangen, dass alle austenitischen Rohrleitungen, so wie auch die umgerüstete Einspeisung in Loop 3 des KWB-A, aus dem Werkstoff 1.4550 gefertigt wurden und für diese die nach KTA 3201.2 zulässigen Spannungen eingehalten werden. Dies geht jedoch aus den Unterlagen nicht hervor.

Die Nachkühlleitungen aus austenitischen Werkstoffen waren im Hinblick auf die Einhaltung der zulässigen Spannungen Nachbewertungen zu unterziehen:

- Dies betraf einerseits beide eingesetzten Werkstoffe (1.4550 und 1.4541) und damit beide Anlagen aufgrund der um etwa 6% abgesenkten S_m-Werte.
- Zusätzlich waren die Nachkühlleitungen im KWB-A aus dem Werkstoff 1.4541 aufgrund der um etwa 12% abgesenkten spezifizierten Festigkeitskennwerte betroffen.

Eine Differenz zwischen den beiden Anlagen ergibt sich hier aufgrund der Nachkühlleitungen aus 1.4541 im KWB-A. Für diese ist nach Aussage des Gutachters auf der Basis von Mindestwerten für die Festigkeit und die Wanddicken keine ausreichende Bemessung der Rohrleitungen mehr gegeben. Deshalb wurden diese Rohrleitungen einer Nachbewertung unterzogen.

5.1.3 Unterschiedliche ferritische Werkstoffe der HKL (Merkmal 2.2)

Für die HKL wurde im KWB-A der Werkstoff 22 NiMoCr 3 7 verwendet, im KKE der Werkstoff 20 MnMoNi 5 5.

5.1.4 Unterschiedliches Werkstoffkonzept der VAL (Merkmal 2.2)

Im KWB-A ist die VAL, wie die HKL, aus ferritischem Grundwerkstoff 22 NiMoCr 3 7, innen plattiert mit austenitischer Schweißplattierung. Im KKE ist die VAL, wie in allen anderen deutschen Anlagen mit DWR, vollständig austenitisch ausgeführt.

5.1.5 Unterschiedliche Ausführung der Schweißnähte der HKL (Merkmal 2.2)

Die Schweißnähte der HKL der Konvoi-Anlagen sind nach dem Ausfugen der Schweißnahtwurzel von innen gegengeschweißt und plattiert. Die Schweißnähte von HKL und VAL des KWB-A sind nur von außen geschweißt, wobei die Plattierung von beiden Enden verbunden wird und anschließend Zwischenlagen aus Reineisen (sogenannte Cardolagen) gelegt werden, um eine Aufmischung der austenitischen Plattierung mit den ferritischen Fülllagen zu vermeiden.

5.1.6 Unterschiedliche Ausführung der Bögen (Merkmal 2.3)

Die Rohrbögen der HKL sind im KKE aus nahtlosen Schmiedestücken gefertigt. Dagegen wurden für diese Bögen im KWB-A Bleche in Halbschalen gepresst und mit Längsnähten zusammengeschweißt.

5.2 Bewertungsmaßstäbe

Bewertungsmerkmal	Ziele und Kriterien
1. Geltungsbereich	
Anwendungsbereich Bruchausschluss	Sollte entsprechend /RSK 96/ nicht über die Hauptkühlmittelleitung und Anschlussleitungen >DN200 hinaus ausgedehnt werden.
2. Nachweis der gefertigten Qualität für Rohrleitungen	
2.1 Auslegung	
2.1.1 Belastungen	Das Lastkollektiv sollte für den bestimmungsgemäßen Betrieb und Störfälle spezifiziert sein und die maximal möglichen Belastungen einschließlich den Häufigkeiten für ihr Auftreten abdecken.
2.1.2 Dimensionierung	Abstand zu den zulässigen Spannungsgrenzen nach KTA 3201.2, Kap. 6.
2.1.3 Spannungsanalysen	Abstand zu den zulässigen Spannungsgrenzen nach KTA 3201.2, Kap. 7 oder 8 für alle Beanspruchungsstufen.
2.1.4 Ermüdungsanalysen	Sicherheit gegen Ermüdungsschäden für die gesamte Betriebszeit (gemäß Ermüdungsanalysen nach KTA 3201.2, Kap. 7.8).
2.2 Werkstofftechnische Gegebenheiten	Es sind für Rohrleitungen der DfU qualifizierte Werkstoffe einzusetzen. Als solche gelten • die ferritischen Werkstoffe

	20 MnMoNi 5 5 (1.6310) und 22 NiMoCr 3 7 (1.6751) • sowie die austenitischen Werkstoffe X 6 CrNiTi 18 10 S (1.4541) und X 6 CrNiNb 18 10 S (1.4550). Für diese Werkstoffe ist die Einhaltung der Spezifikationen nachzuweisen. Für 22 NiMoCr 3 7 existieren eine Siemens-Spezifikation und VdTÜV Werkstoffblätter, die anderen Werkstoffe sind in KTA 3201.1 spezifiziert.
.3 Konstruktive Gegebenheiten	Es sollen nahtlose Rohre, Bögen und Schmiedestücke für Stutzen eingesetzt werden; plattierte Rohrleitungen sollen von innen gegengeschweißt werden; Schweißnähte sollen außerhalb von Spannungsüberhöhungen liegen.
2.4 Fertigung	Hersteller und Verfahren sind zu qualifizieren, die Qualität der Rohrleitungen durch qualitätssichernde Maßnahmen zu gewährleisten.
3. Absicherung der Qualität im Betrieb für Rohrleitungen	
3.1 WKP-Konzept	Art, Umfang und Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen im Vergleich zu KTA 3201.4.
3.2 Überwachungs-Konzept	Vorgehen der betrieblichen Überwachung im Vergleich zu KTA 3201.4.
3.3 Relevante Betriebserfahrung	Keine betriebsbedingten Schäden
4. Leck-vor-Bruch-Nachweis	
4.1 Getroffene Lastannahmen	Es sind abdeckende Lastannahmen zu treffen.
4.2 Rechnerische Nachweise	Vorgehensweise bei der Ermüdungsanalyse (postulierte Ausgangsrissgröße, zulässiges Risswachstum). Sicherheitsabstände gegen kritische Rissgrößen und Leckerkennung.
4.2.1 Ermüdung	
4.2.2 Kritische Rissgrößen	
4.2.3 Leckraten	
4.3 Nachweis der ausreichenden Empfindlichkeit der Leckdetektion	

Für die Bewertung kompensatorischer Maßnahmen bei Abweichungen von der basissicheren Ausführung wird das Positionspapier des RSK-Ausschusses Druckführende Komponenten und Werkstoffe zum Thema „Bruchausschluss für Rohrleitungen“ /DKW 06/ mit herangezogen.

5.3 Bewertung der relevanten Unterschiede

5.3.1 Auslegung für ferritische Rohrleitungen (Merkmal 2.1.2)

In dem Positionspapier /DKW 06/ wird als „unverzichtbare“ Bedingung für den Nachweis von Bruchausschluss ein „niedriges Membranspannungsniveau“ gefordert. Diese Bedingung wird von uns für die Konvoi-Anlagen für die Hauptkühlmittelleitung (HKL) auf der Basis der vorliegenden Hauptabmessungen als gegeben angesehen, da diese die Spannungsgrenzen für die Dimensionierung nach KTA 3201.2 einhalten. In der HKL des KWB-A liegt ein um etwa 25% höheres Spannungsniveau durch Innendruckbelastung vor. Der Gutachter weist für die HKL und die Volumenausgleichsleitung (VAL) des KWB-A die Einhaltung der Spannungsgrenzen für die Dimensionierung nach AD auf, mit erheblichen Reserven für die Geradrohre (36 / 30%), aber nur geringen Reserven für die Bögen, die die gleichen Wanddicken aufweisen. Wir gehen daher davon aus, dass zumindest auf der Basis der Mindestwerte (spezifizierte Festigkeitswerte, Wanddicke) die Spannungsgrenzen nach KTA 3201.2 in KWB-A nicht eingehalten werden und können daher ein generell niedriges Spannungsniveau für die HKL und die VAL nicht bestätigen.

Ein höheres Spannungsniveau schlägt sich beim Leck-vor-Bruch Nachweis in kleineren kritischen Risslängen nieder und erfordert damit eine höhere Empfindlichkeit der geforderten Leckerkennung von unterkritischen Durchrissen. Außerdem sind die Sicherheitsmargen sowohl gegenüber erhöhten Belastungen als auch unzulässigen Fehlern geringer. Daher liegt in dem unterschiedlichen Spannungsniveau der HKL ein qualitativer Unterschied, der auch durch kompensatorische Maßnahmen (wie die in KWB-A realisierte verstärkte Überwachung der Belastungen und umfangreiche zerstörungsfreie Prüfungen) unseres Erachtens nicht vollständig ausgeglichen werden kann.

5.3.2 Auslegung für austenitische Rohrleitungen (Merkmal 2.1.2)

Bei Nachbewertungen kann auf die in der Regel über den Nennwerten bzw. spezifizierten Werten liegenden Ist-Werte für die Wanddicke bzw. die Werkstoffkennwerte zurückgegriffen werden oder auch die nicht vollständige Ausnutzung der zulässigen

Spannungen genutzt werden. Über die für die Nachbewertung benutzten Werte, Methoden und Randbedingungen liegen jedoch keine detaillierten Informationen vor. Wenn auf der Basis nachgewiesener Ist-Werte die Einhaltung der zulässigen Spannungsgrenzen aufgezeigt werden kann, liegt hier kein Defizit gegenüber den Anforderungen des Regelwerks vor. Da ohne detaillierte Unterlagen auch für das KKE nicht mehr als die Erfüllung des Regelwerks unterstellt wird, ergibt sich aus den vorhandenen Unterlagen kein Unterschied zwischen den Anlagen.

5.3.3 Unterschiedliche Werkstoffe der HKL (Merkmal 2.2)

Der im KWB-A verwendete Werkstoff 22 NiMoCr 3 7 war seinerzeit hinreichend qualifiziert worden und wurde auch noch für fast alle Reaktordruckbehälter (mit Ausnahme von KKI-2 und GKN-2) der deutschen LWR verwendet. Die bisherige Betriebserfahrung ist positiv. Die Werkstoffe 22 NiMoCr 3 7 und 20 MnMoNi 5 5 wurden im Laufe der 70iger Jahre noch im Hinblick auf geringere Verarbeitungsempfindlichkeit und höhere Zähigkeit hin optimiert. Diese Optimierungen sind jedoch im Wesentlichen für dickwandige Behälter relevant. In KTA 3201.1 sind nur die Anforderungen an den optimierten Werkstoff 20 MnMoNi 5 5 spezifiziert. Entsprechend erfüllt der im KWB-A eingesetzte Werkstoff 22 NiMoCr 3 7 nicht die korrespondierenden Anforderungen der KTA 3201.1 an die Begrenzung der Begleitelemente und die Zähigkeit. Die Erfüllung der Anforderungen an die Zähigkeit der derzeit für den Werkstoff 22 NiMoCr 3 7 herangezogenen Spezifikationen gewährleistet jedoch ein zähes Verhalten bei allen möglichen Betriebstemperaturen, wodurch auch die entsprechende Voraussetzung für den Nachweis des Bruchausschlusses erfüllt wird. In /TÜV 98/ wird darüber hinaus für KWB-A noch ein deutlich über den Mindestwerten liegendes Zähigkeitsniveau der meisten Bauteile bestätigt. Konkrete Daten für die hier betrachteten Rohrleitungen beider Anlagen liegen jedoch nicht vor, so dass ein direkter Vergleich nicht möglich ist.

Eine geringere Zähigkeit schlägt sich beim Leck-vor-Bruch Nachweis in kleineren kritischen Risslängen nieder und stellt damit höhere Anforderungen an die Leckerkennung von unterkritischen Durchrissen, die für den Nachweis gefordert wird. Außerdem sind die Sicherheitsmargen gegenüber unzulässigen Fehlern und erhöhten Belastungen kleiner (siehe hierzu auch Abschnitt 5.3.1).

Die ausreichende Stabilität der mechanisch-technologischen Eigenschaften unter den gegebenen Betriebsbedingungen, insbesondere der Zähigkeit, während des langfristigen Betriebes wurde sowohl für den Stahl 22 NiMoCr 3 7 als auch für 20 MnMoNi 5 5 durch Forschungsvorhaben, Prüfung ausgetauschter Komponenten und im Kreislauf ausgelagerte Proben bestätigt. Eine alterungsbedingte Beeinträchtigung der Qualität ist unseres Erachtens für keinen der beiden Werkstoffe zu besorgen. Daher liegt hier kein Nachteil für eine der beiden Anlagen vor.

5.3.4 Unterschiedliches Werkstoffkonzept der VAL (Merkmal 2.2)

Die Ausführung im KWB-A ist wegen der Innenplattierung der ferritischen Rohre aufwändiger in der Herstellung. Einerseits hat diese Ausführung für die durch Temperaturwechsel relativ hoch belastete VAL den Vorteil, dass die dadurch erzeugten Spannungen geringer ausfallen, da

- die Schweißverbindungen mit den Komponenten Druckhalter und HKL als rein ferritische Nähte ausgeführt wurden und keine Mischnähte notwendig sind,
- die thermische Ausdehnung des Rohrleitungswerkstoffes geringer ist.

Andererseits ist die VAL im KWB-A wie die HKL nach AD ausgelegt worden und weist damit ein relativ hohes Membranspannungsniveau auf, was als Nachteil bewertet wird.

Insgesamt können wir aus dem direkten Vergleich keinen eindeutigen Nachteil für eine der beiden Ausführungen ableiten.

5.3.5 Unterschiedliche Ausführung der Schweißnähte der HKL (Merkmal 2.2)

Bei Schweißung von Rohrleitungen treten generell Schweißfehler im Wurzelbereich mit größerer Wahrscheinlichkeit auf. Bei der in den Konvoi-Anlagen praktizierten Technik mit Ausfugen dieses Bereiches und Gegenschweißen von innen wird dieser Bereich eliminiert, was die Fertigungssicherheit erhöht. Mit den im KWB-A eingesetzten Cardolagen wird ein zusätzlicher Werkstoffbereich mit anderem Gefüge und anderen mechanischen Eigenschaften in die Wurzel eingebracht, was bei den zerstörungsfreien Prüfungen und den Leck-vor-Bruch-Nachweisen zu berücksichtigen ist und in beiden Fällen den Aufwand erhöht. Wenn jedoch die vollständige Prüfbarkeit der Schweißnaht

gegeben ist und die Fehlerfreiheit der Schweißverbindung durch zerstörungsfreie Prüfung nachgewiesen wird, kann von einer vergleichbaren Qualität ausgegangen werden. Die Schweißnähte mit Cardolagen werden in diesen Fällen nicht als qualitätsmindernd angesehen.

Tatsächlich sind nach /TÜV 98/ die meisten der Schweißnähte im KWB-A inzwischen geprüft worden und zeigten dabei keine Befunde. Einige wenige Rundnähte waren seinerzeit wegen eingeschränkter Zugänglichkeit noch nicht geprüft worden. Die Prüfungen waren jedoch nach Einschätzung des Gutachters durchführbar und er forderte diese Prüfungen in einer Gutachtensbedingung. Inwieweit und ggf. mit welchem Ergebnis die Prüfungen inzwischen durchgeführt sind, geht aus den uns vorliegenden Unterlagen nicht hervor. Eine abschließende Bewertung ist daher nicht möglich.

5.3.6 Unterschiedliche Ausführung der Bögen (Merkmal 2.3)

Die Ausführung von Bögen im KWB-A aus Halbschalen mit Längsnähten weicht von den Vorgaben der basissicheren Ausführung ab, die nahtlose Bögen vorsieht. Um dennoch die Voraussetzungen für den Bruchausschluss zu erfüllen, werden in /DKW 06/ als Ersatzmaßnahmen die Nachweise verlangt, dass die Schweißnähte mindestens die Qualität des Grundwerkstoffs haben und technisch fehlerfrei sind. Darüber hinaus sind die Längsnähte beim Leck-vor-Bruch-Nachweis zu berücksichtigen.

Für die Längsnähte der HKL im KWB-A wurde eine dem Grundwerkstoff gleichwertige Qualität im Rahmen der Verfahrens- und Arbeitsprüfungen nachgewiesen: Die Werte für die mechanisch-technologischen Kennwerte für die Schweißnähte liegen im Streuband derer für den Grundwerkstoff /TÜV 98/. Daher werden von uns, den Nachweis der Fehlerfreiheit der Längsnähte mit Hilfe der kompensatorischen Maßnahme „vollständige zerstörungsfreie Prüfung“ vorausgesetzt, die oben genannten Ersatzmaßnahmen als erfüllt angesehen.

Tatsächlich sind nach /TÜV 98/ die meisten der Schweißnähte im KWB-A inzwischen geprüft worden und zeigten dabei keine Befunde. Einige wenige Längsnähte waren seinerzeit wegen eingeschränkter Zugänglichkeit noch nicht geprüft worden. Die Prüfungen waren jedoch nach Einschätzung des Gutachters durchführbar und er forderte diese Prüfungen in einer Gutachtensbedingung. Inwieweit und ggf. mit welchem Ergebnis die Prüfungen inzwischen durchgeführt sind, geht aus den uns vorliegenden

Unterlagen nicht hervor. Eine abschließende Bewertung der Prüfergebnisse ist daher nicht möglich.

Eine positive Bewertung der Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen vorausgesetzt werden von uns die mit Längsnähten geschweißten Bögen des KWB-A im Hinblick auf den Nachweis des Bruchausschlusses als nahtlosen Bögen gleichwertig eingestuft. Jedoch sind die Längsnähte beim Leck-vor-Bruch-Nachweis zu berücksichtigen. Für einen direkten Vergleich mit den Bögen des KKE fehlen die entsprechenden Unterlagen für KKE.

5.4 Fazit

Durch die technische Entwicklung der Fertigungstechnologie ergeben sich Unterschiede hinsichtlich der Ausführung der druckführenden Umschließung beider Kernkraftwerke, die jedoch im Hinblick auf den Nachweis des Bruchausschlusses durch zusätzlichen Prüf- und Nachweisaufwand weitgehend kompensiert werden können. Unabhängig davon liegt jedoch ein qualitativer Unterschied in der unterschiedlichen Auslegung der Rohrleitungen vor, die im KWB-A zu einem höheren Spannungsniveau in der Hauptkühlmittelleitung und damit deutlich geringeren kritischen Risslängen führt. Daraus ergeben sich für KWB-A geringere Sicherheitsmargen des Bruchausschlusses gegenüber Abweichungen von den im Nachweis angenommenen Randbedingungen.

6 Literatur

/BIE 01/ Bieniussa, K. W.: Introduction in the German Break Preclusion Concept and Required Leak Postulates; IAEA Workshop on “Application of the Leak-Before-Break Concept”, May 14-17, 2001, Ljubljana / Slovenia

/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 Restrommengenübertragung“, 05.12.2006

/DKW 06/ Untersuchungsvorhaben SR 2360 des BMU „Zentrale Untersuchung und Auswertung von Herstellungsfehlern und Betriebsschäden im Hinblick auf druckführende Anlagenteile von Kernkraftwerken“
Schwerpunktthema: Bruchausschluss für Rohrleitungen
Positionspapier des RSK-Ausschusses Druckführende Komponenten und Werkstoffe, Anlage 1 zum Protokoll der 67. Sitzung, 11.10.2006

/GRS 04/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS):
Basis for GRS Assessments for the Assessment of the Application of Break Preclusion Concept to the NPP FIN5 Design and Questions Connected with Break Assumptions; GRS October 2004

/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

/KUS 84/ Kußmaul, K.: German Basis Safety Concept Rules out Possibility of Catastrophic Failure; Nuclear Engineering International 12 (1984), pp.41/46

/NRC 87/ NUREG-0800, Standard Review Plan:
Section 3.6.3, Leak-Before-Break Evaluation Procedures; Rev. 0, Oct. 1987
U.S. Nuclear Regulatory Commission

/RSK 96/ RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren:
Ursprungsfassung (3. Ausgabe vom 14. Oktober 1981) mit Änderungen vom 15.11.1996 mit den Anhängen:
1. Auflistung der Systeme und Komponenten, auf die die „Rahmenspezifikation Basissicherheit von druckführenden Komponenten“ anzuwenden ist (06.09.1979)
2. Rahmenspezifikation „Basissicherheit von druckführenden Komponenten“ (06.09.1979)

/SCH 91/ Schutzzielorientierte Sicherheitsanalyse zur Neubewertung der Anlagensicherheit des Kernkraftwerkes Biblis Block A, 1991 (wurde nicht direkt zur Bewertung herangezogen, aber mehrfach zitiert in anderen für den Vergleich verwendeten Unterlagen)

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 4:

„Fehlöffnen einer Umleitstation“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 4:
„Fehlöffnen einer Umleitstation“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes 2

2.2 Bewertungsmerkmale 2

3 Verwendete Unterlagen 4

4 Anlagenvergleich 5

5 Bewertung 9

5.1 Relevante Unterschiede 9

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede 10

5.3 Fazit 11

6 Literatur 12

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 4 „Fehlöffnen einer Umleitstation“ behandelt. Dies wird als Ereignis der Sicherheitsebene 2 eingestuft. Die sekundärseitige Wärmeabfuhr in der Sicherheitsebene 3 wird im Bewertungsgegenstand 8 „Ausfall betriebliche Speisewasserversorgung“ bewertet.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes

Beim Ereignis „Fehlöffnen einer Umleitstation“ wird das fehlerhafte Öffnen eines Ventils der Frischdampfumleitstation (FDU) unterstellt. Infolge dieses Fehlöffnens wird durch die Erhöhung des Dampfmassenstromes dem Primärkreis Wärme entzogen. Das führt zu einem Absinken von Frischdampf (FD)-Druck, Kühlmittel (KM)-Temperatur, Druckhalter (DH)-Füllstand und KM-Druck. Durch den Druckabfall im FD-Sammler werden durch die FD-Minimaldruckregelung die Turbinenstellventile angedrosselt, was zu einer Abnahme der Generatorleistung führt. Das Absinken der KM-Temperatur führt in Verbindung mit dem durch die KM-Temperaturregelung verursachten Ausfahren der Steuerstäbe zu einer Erhöhung der Reaktorleistung. Diese wird bei Überschreiten von 103 % P_{th} über die Leistungsbegrenzung L-RELEB durch Einfahrbefehl wieder reduziert. Die Reaktorleistung soll sich bei auslegungsgemäßem Ablauf des Ereignisses in KKE auf ca. 101 % und die Generatorleistung auf ca. 85 % einstellen (in KWB-A stellen sich ähnliche Werte ein). Die Leistungsdifferenz wird über die fehloffene FDU abgeführt. Unter der Annahme, dass sich das FDU-Ventil schnell öffnet, fallen FD-Druck und KM-Temperatur stärker ab und die Generatorleistung wird gegenüber der Reaktorleistung weiter reduziert. Wenn die Leistungsdifferenz zwischen Reaktor und Generator 30% überschreitet und die Reaktorleistung größer als 45% (KKE) bzw. 40% (KWB-A) ist, wird in beiden Anlagen Stabeinwurf ausgelöst /RWE 07/.

2.2 Bewertungsmerkmale

Für die vergleichende Bewertung wurden die folgenden Bewertungsmerkmale herangezogen:

1. Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2

2. Abstand zu den gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 2 geforderten Nachweiskriterien für die Brennstäbe (Nachweisziel uneingeschränkte Weiterverwendbarkeit):
   - $T_{Brennstoff} < T_{schmelz}$;
   - kein kritischer Siedezustand am Hüllrohr

3. Abstand zu dem gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 2 geforderten Nachweiskriterium hinsichtlich Integrität des Primärkreises
   - Druck im Primärkreis < Ansprechdruck der DH-Abblaseventile

4. Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden

5. Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 (nach Übergang des Ereignisses in die Sicherheitsebene 3).

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/PSÜ 01/ Siemens AG
PSÜ-Sicherheitsstatusanalyse für die Konvoi Kernkraftwerke
(Stand Juli 2001)

/TÜV 01/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi
Konvoianlagen: Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse
(September 2001)

/BHB B/ Betriebshandbuch KWB-A, Stand 30.06.2006

/BHB E/ Betriebshandbuch KKE, Stand 31.10.2006

- Kategorie 3

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

4 Anlagenvergleich

Bewertungsgegenstand 4: „Fehlöffnen einer Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
Bewertungsmerkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2		
Leistungsreduzierung/Abschaltung – Nach Fehlöffnen erfolgt Leistungsreduzierung für Reaktor und Generator über betriebliche Regeleinrichtungen	**Leistungsreduzierung/Abschaltung** – Nach Fehlöffnen erfolgt Leistungsreduzierung für Reaktor und Generator über betriebliche Regeleinrichtungen	Kein relevanter Unterschied
Maßnahmen im Sekundärkreislauf – Drosseln der Turbinenstellventile durch FD-Minimaldruckregelung – Dampferzeugerbespeisung mit 2v3 Hauptspeisewasserpumpen	**Maßnahmen im Sekundärkreislauf** – Drosseln der Turbinenstellventile durch FD-Minimaldruckregelung – Dampferzeugerbespeisung mit 2v3 Hauptspeisewasserpumpen	Kein relevanter Unterschied
Angeforderte Regelungen/Begrenzungen – FD-Minimaldruckregelung – KM-Temperaturregelung – L-RELEB	**Angeforderte Regelungen/Begrenzungen** – FD-Minimaldruckregelung – KM-Temperaturregelung – L-RELEB	Kein relevanter Unterschied
Leistungsreduzierung/Abschaltung beim schnellen Öffnen des FDU-Ventils	**Leistungsreduzierung/Abschaltung beim schnellen Öffnen des FDU-Ventils**	Kein relevanter Unterschied

Bewertungsgegenstand 4: „Fehlöffnen einer Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
– Stabeinwurf über das Kriterium: Differenz zwischen Generator und Reaktorleistung >30% UND Pth >45%	– Stabeinwurf über das Kriterium: Differenz zwischen Generator und Reaktorleistung >30% UND Pth >40%	
Bewertungsmerkmal 2: Abstand zu den Nachweiskriterien für die Brennstäbe		
Nachweiskriterien werden eingehalten, aber es werden keine Angaben zum Abstand gemacht./TÜV 01/	Nachweiskriterien werden eingehalten, aber es werden keine Angaben zum Abstand gemacht./TÜV 05/	-
Bewertungsmerkmal 3: Druck im Primärkreis < Ansprechdruck der DH-Abblaseventile		
Nachweiskriterien werden eingehalten, aber es werden keine Angaben zum Abstand gemacht./TÜV 01/	Nachweiskriterien werden eingehalten, aber es werden keine Angaben zum Abstand gemacht./TÜV 05/	-
Bewertungsmerkmal 4: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden		
RESA-Anregung – P_{th} >108%	**RESA-Anregung** – P_{th} >110%	Kein relevanter Unterschied.
Sekundärseitige Wärmeabfuhr – Bei RESA Anregung erfolgt Sekundärkreisabschluss – Auslösung Teilabfahren durch das Reaktorschutzsystem auf 75 $bar_{ü}$ über FD- Abblaseregelventile nach Überschreiten von FD-Druck 85 $bar_{ü}$ mit 1 v 4 FD Abblaseregelventilen	**Sekundärseitige Wärmeabfuhr** – Bei RESA Anregung erfolgt Sekundärkreisabschluss (YZ60-Auslösung) – Auslösung Teilabfahren von Hand auf 73 $bar_{ü}$ nach Rücksetzen YZ60-Signal mit 1 v 2 FD-Abblaseregelventilen	Relevanter Unterschied: In KKE wird Teilabfahren vom Reaktorschutz ausgelöst, in KWB-A muss zunächst das YZ60-Signal rückgesetzt werden und dann das Teilabfahren von Hand aktiviert werden. Bei KKE sind im Unterschied zu KWB-A 4 anstatt 2 Abblaseregelventile vorhanden, von denen jeweils eins für das Teilabfahren benötigt wird.

Bewertungsgegenstand 4: „Fehlöffnen einer Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
– Druckbegrenzung über FD-Sicherheitsventile mit 1 v 4 x 100%-FD-Sicherheitsventilen bis FD-Abblaseregelventile zum Teilabfahren geöffnet haben.	– Druckbegrenzung über FD-Sicherheitsventile mit 1 v 4 x 15%-FD-Sicherheitsventilen bis Teilabfahren von Hand ausgelöst wird und FD-Abblaseregelventile geöffnet haben (frühestens 15 min. nach YZ60-Auslösung).	Anforderung eines Systems der Ebene 3 in der Ebene 2 in beiden Anlagen. Die unterschiedlichen Abblasekapazitäten der angeforderten Sicherheitsventile von KKE und KWB-A wirken sich nur auf deren Öffnungsdauer aus und sind für die Bewertung unerheblich. Für das Bewertungsmerkmal 1 kein relevanter Unterschied (siehe aber unter Bewertungsmerkmal 5)
– Bespeisung der Dampferzeuger: – 1 Hauptspeisewasserpumpe – 2 v 2 An- und Abfahrpumpen	– Bespeisung der Dampferzeuger – 1 Hauptspeisewasserpumpe – 2 v 2 betrieblich angesteuerte elektrisch betriebene Notspeisewasserpumpen	Relevanter Unterschied: Die verfahrenstechnische Ausführung der betrieblich angesteuerten elektrisch betriebenen Notspeisepumpen in KWB-A entspricht den Anforderungen der Sicherheitsebene 3. Die An- und Abfahrpumpen in KKE entsprechen den Anforderungen der Sicherheitsebene 2, sind aber zusätzlich notstromgesichert.
Bewertungsmerkmal 5: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3		
– Keine Verknüpfung des An- und Abfahrsystems mit dem Notspeisesystem	– Die verfahrenstechnischen Komponenten der elektrisch angetriebenen Stränge des Notspeisesystems werden sowohl betrieblich als auch auf der Sicherheitsebene 3 eingesetzt	Relevanter Unterschied: In KKE ist ein vom Notspeisesystem unabhängiges An- und Abfahrsystem vorhanden, mit dem Ausfälle der Hauptspeisewasserversorgung beherrscht werden können. Der Einsatz von Sicher-

Bewertungsgegenstand 4: „Fehlöffnen einer Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
		heitssystemen, bzw. Komponenten von Sicherheitssystemen ist daher zur Beherrschung dieser Ereignisse (Sicherheitsebene 2) nicht erforderlich. Bei zusätzlichem unterstelltem Ausfall des An- und Abfahrsystems ergeben sich keine Rückwirkungen auf das Notspeisesystem, das als Sicherheitssystem bei Anstehen der entsprechenden Kriterien unabhängig vom An- und Abfahrsystem angefordert und betrieben wird. In KWB-A ist beim Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung unmittelbar der Einsatz der E-Notspeisepumpen (Sicherheitssystem) vorgesehen. Die Ansteuerung dieser Notspeisepumpen erfolgt zunächst betrieblich. In KWB-A stehen daher bei Ausfall der verfahrenstechnischen Komponenten der elektrisch angetriebenen Stränge des Notspeisesystems nach Anforderung durch ein Ereignis der Sicherheitsebene 2 diese Stränge auch auf der Sicherheitsebene 3 nicht zur Verfügung.

5 Bewertung

5.1 Relevante Unterschiede

Hinsichtlich des Bewertungsgegenstandes „Fehlöffnen einer Umleitstation“ bestehen u. E. die folgenden relevanten Unterschiede:

Zu Merkmal 4: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden:

In KKE wird Teilabfahren vom Reaktorschutz ausgelöst, in KWB-A muss zunächst das YZ60-Signal rückgesetzt werden und dann das Teilabfahren von Hand aktiviert werden.

Bei KKE sind im Unterschied zu KWB-A 4 anstatt 2 Abblaseregelventile vorhanden, von denen jeweils eins für das Teilabfahren benötigt wird.

Die verfahrenstechnische Ausführung der betrieblich angesteuerten elektrisch betriebenen Notspeisepumpen in KWB-A entspricht den Anforderungen der Sicherheitsebene 3. Die An- und Abfahrsysteme in KKE entsprechen den Anforderungen der Sicherheitsebene 2 und sind notstromgesichert.

Zu Merkmal 5: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3:

In KWB-A stehen bei Ausfall der verfahrenstechnischen Komponenten der elektrisch angetriebenen Stränge des Notspeisesystems auf der Sicherheitsebene 2 diese Stränge auch auf der Sicherheitsebene 3 nicht zur Verfügung.

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Zu Merkmal 4: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden:

Das Teilabfahren in KKE wird über den Reaktorschutz ausgelöst. In KWB-A wird das Teilabfahren per Hand ausgelöst. Da die Auslösung des Teilabfahrens in beiden Fällen (Hand und Automatik) auf Grund des langen dafür zur Verfügung stehenden Zeitraums als gleichwertig betrachtet werden kann und das Teilabfahren unabhängig von der Art der Auslösung sicher durchgeführt wird, kann hier kein Unterschied abgeleitet werden.

Die Reserven zur Wärmeabfuhr aus dem Dampferzeuger über Teilabfahren sind in KKE (3 Abblaseregelventile) größer als in KWB-A (1 Abblaseregelventil). Die größere Anzahl und Kapazität der Abblaseregelventile führen zu Vorteilen in KKE.

Die Bespeisung der Dampferzeuger erfolgt in KKE über das An- und Abfahrsystem (System der Sicherheitsebene 2), welches aber zusätzlich notstromgesichert ist. In KWB-A erfolgt die Dampferzeugerbespeisung mit dem betrieblich angesteuerten, elektrisch angetriebenen Notspeisesystem (verfahrenstechnische Ausführung entsprechend der Sicherheitsebene 3). Aufgrund der betrieblichen Ansteuerung des Notspeisesystems in KWB-A ergeben sich keine sicherheitstechnischen Unterschiede.

Zu Merkmal 5: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3

In KWB-A wird der verfahrenstechnische Teil des Notspeisewassersystems sowohl für die betriebliche Bespeisung in den Sicherheitsebenen 1 und 2 als auch für die Notbespeisung in der Sicherheitsebene 3 benutzt. Da Ausfälle im verfahrenstechnischen Bereich des Notspeisesystems in der Sicherheitsebene 2 automatisch zur Nichtverfügbarkeit in der Sicherheitsebene 3 führen, ist diese Ausführung des Notspeisesystems in KWB-A ungünstiger als in KKE.

5.3 Fazit

KKE verfügt über größere Reserven zur Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger bei Teilabfahren auf der Sicherheitsebene 2. Zudem besteht in KKE aufgrund des Vorhandenseins des An- und Abfahrsystems kein Erfordernis zur Anforderung eines Sicherheitssystems (Notspeisepumpen).

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

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 5:

„Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 5: „Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes 2

2.2 Bewertungsmerkmale 2

3 Verwendete Unterlagen 4

4 Anlagenvergleich 5

5 Bewertung 10

5.1 Relevante Unterschiede 10

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede 11

5.3 Fazit 12

6 Literatur 13

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 5 „Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“ behandelt. Dies wird als Ereignis der Sicherheitsebene 2 eingestuft. Die sekundärseitige Wärmeabfuhr in der Sicherheitsebene 3 wird im Bewertungsgegenstand 8 „Ausfall betriebliche Speisewasserversorgung“ bewertet.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes

Nach Auslösung eines Turbinenschnellschlusses (TUSA) erfolgt über den Rückleistungsschutz das Öffnen des Generatorschalters. Durch die Leistungsbegrenzungsmaßnahme Stabeinwurf wird die Reaktorleistung auf ca. 40 % abgesenkt. Die bei diesem Bewertungsgegenstand unterstellte Ereignisrandbedingung „Nichtöffnen der Frischdampfumleitstation (FDU)“ führt zu einem schnellen Druckanstieg sowohl primär- als auch sekundärseitig. Bei Erreichen der Grenzwerte Frischdampf (FD)- Druck > 85 $bar_ü$ (KKE) bzw. Kühlmittel (KM)-Druck > 163 $bar_ü$ (KWB-A) wird Reaktorschnellabschaltung (RESA) ausgelöst. Gleichzeitig mit der RESA wird in KKE bei FD-Druck > 85 $bar_ü$ Teilabfahren über die FD-Abblasestation ausgelöst. In KWB-A wird nach erfolgter RESA bei einem FD-Druck von 75 $bar_ü$ Teilabfahren ausgelöst. Wegen der relativ langen Öffnungszeit der FD-Abblaseregelventile kommt es zu einem „Drucküberschwinger“ und alle 100%-FD-Sicherheitsventile in KKE und alle 15%-Sicherheitsventile in KWB-A öffnen kurzzeitig. Der abgeblasene Frischdampf muss durch Nachspeisen der Dampferzeuger ergänzt werden. Im Primärkreis kommt es vor Anregung des Teilabfahrens zu einem Druckanstieg, der durch die KM-Druckregelung mit Druckhalter (DH)-Sprühen begrenzt wird. Nach Start des Teilabfahrens sinkt der Druck im Primärkreis entsprechend des Wärmeübertrags an die Sekundärseite.

2.2 Bewertungsmerkmale

Für die vergleichende Bewertung wurden die folgenden Bewertungsmerkmale herangezogen:

1. Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2

2. Abstand zu den gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 2 geforderten Nachweiskriterien für die Brennstäbe (Nachweisziel uneingeschränkte Weiterverwendbarkeit):
   - $T_{Brennstoff} < T_{schmelz}$;
   - kein kritischer Siedezustand am Hüllrohr

3. Abstand zu dem gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 2 geforderten Nachweiskriterium hinsichtlich Integrität des Primärkreises
   - Druck im Primärkreis < Ansprechdruck der DH-Abblaseventile

4. Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden

5. Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 (nach Übergang des Ereignisses in die Sicherheitsebene 3)

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/PSÜ 01/ Siemens AG
PSÜ-Sicherheitsstatusanalyse für die Konvoi Kernkraftwerke
(Stand Juli 2001)

/PSÜ 03/ RWE Power AG
Kernkraftwerk Biblis, Block A
Periodische Sicherheitsüberprüfung
(Stand April 2003)

/TÜV 01/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi
Konvoianlagen: Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse
(September 2001)

/TÜV 05/ TÜV Gutachtergemeinschaft PSÜ KWB-A:
Gutachten zur PSÜ KWB-A Teil 1 SSA
(Juni 2005)

/BHB A/ Betriebshandbuch KWB-A, Stand 30.06.2006

/BHB E/ Betriebshandbuch KKE, Stand 31.10.2006

- Kategorie 3

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

4 Anlagenvergleich

Bewertungsgegenstand 5: „Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
Bewertungsmerkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2		
Leistungsreduzierung/Abschaltung – Durch Kriterien Differenz P_{th}/P_{el}>30% UND Reaktorleistung P_{th}>45% erfolgt Leistungsabsenkung auf ca. 40% durch Stabeinwurf – Weitere Leistungsabsenkung durch Kühlmittteltemperaturregelung (Anpassung der Reaktorleistung an die Kapazität der FDU) – RESA-Anregung – 1. Anregung: Druck in FD-Leitung > 85 $bar_ü$ – 2. Anregung: Druck im PKL > 166 $bar_ü$	**Leistungsreduzierung/Abschaltung** – Durch Kriterien Differenz P_{th}/P_{el}>30% UND Reaktorleistung P_{th}>40% erfolgt Leistungsabsenkung auf ca. 40% durch Stabeinwurf – Weitere Leistungsabsenkung durch Kühlmittteltemperaturregelung (Anpassung der Reaktorleistung an die Kapazität der FDU) – RESA-Anregung – 1. Anregung: Kühlmitteldruck > 163 $bar_ü$ – 2. Anregung: Speisewasserdruck > 78 $bar_ü$	Kein relevanter Unterschied RESA-Anregung erfolgt durch unterschiedliche Anregekriterien. Der hier ermittelte Unterschied für die Bewertung ist unerheblich, da die 1. und 2. Anregung jeweils nahezu gleichzeitig erfolgen.
Auswirkung im Primärkreis – Wegen der gestörten Wärmeabfuhr steigen Temperatur und Druck im Kühlmittel und der Füllstand im Druckhalter	**Auswirkung im Primärkreis** – Wegen der gestörten Wärmeabfuhr steigen Temperatur und Druck im Kühlmittel und der Füllstand im Druckhalter	Kein relevanter Unterschied

Bewertungsgegenstand 5: „Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
– Durch die Kühlmitteldruck-Regelung und -Begrenzung wird Druckhaltersprühen ausgelöst (Kreislaufsprühen evtl. auch Hilfssprühen)	– Durch die Kühlmitteldruck-Regelung und -Begrenzung wird Druckhaltersprühen ausgelöst (Kreislaufsprühen evtl. auch Hilfssprühen)	
Sekundärseitige Wärmeabfuhr – Auslösung Teilabfahren auf 75 $bar_ü$ über FD-Druck > 85 $bar_ü$ durch das Reaktorschutzsystem. Dabei werden 1 v 4 FD-Abblaseregelventile benötigt.	**Sekundärseitige Wärmeabfuhr** – Auslösung Teilabfahren auf 73 $bar_ü$ bei RESA UND FD-Druck > 75 $bar_ü$. Dabei werden 1 v 2 FD-Abblaseregelventile benötigt.	Relevante Unterschiede Teilabfahren wird in KKE über den Reaktorschutz ausgelöst, in KWB-A über eine betriebliche Regelung.. KWB-A besitzt 2 FD-Abblaseregelventile, KKE dagegen 4 FD-Abblaseregelventile. Für das Bewertungsmerkmal 1 ist die geringere Anzahl von FD-Abblaseregelventilen kein relevanter Unterschied (siehe aber unter Bewertungsmerkmal 4)
– Druckbegrenzung über FD- Sicherheitsventile mit 1 v 4 x 100%-FD-Sicherheitsventilen	– Druckbegrenzung über FD- Sicherheitsventile mit 1 v 4 x 15%-FD-Sicherheitsventilen	Anforderung eines Systems der Ebene 3 in der Ebene 2 in beiden Anlagen. Die unterschiedlichen Abblasekapazitäten der angeforderten Sicherheitsventile von KKE und KWB-A wirken sich nur auf deren Öffnungsdauer aus und sind für die Bewertung unerheblich. Für das Bewertungsmerkmal 1 kein relevanter Unterschied (siehe aber unter Bewertungsmerkmal 5)
– Bespeisung der Dampferzeuger über Hauptspeisewasserpumpen mit mindestens 1 v 3 Hauptspeisewasserpumpen	– Bespeisung der Dampferzeuger über Hauptspeisewasserpumpen mit mindestens 1 v 3 Hauptspeisewasserpumpen	Kein relevanter Unterschied

Bewertungsgegenstand 5: „Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
Bewertungsmerkmal 2: Abstand zu den Nachweiskriterien für die Brennstäbe		
Nachweiskriterien werden eingehalten, aber es werden keine Angaben zum Abstand gemacht./TÜV 01/	Nachweiskriterien werden eingehalten, aber es werden keine Angaben zum Abstand gemacht./PSÜ 01/	
Bewertungsmerkmal 3: Druck im Primärkreis < Ansprechdruck der DH-Abblaseventile		
Nachweiskriterien werden eingehalten, aber es werden keine Angaben zum Abstand gemacht./TÜV 01/	Nachweiskriterien werden eingehalten, aber es werden keine Angaben zum Abstand gemacht./PSÜ 01/.	
Bewertungsmerkmal 4: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden		
– Diversitäre Kriterien Für RESA: – Druck im PKL > 166 $bar_ü$ oder – Füllstand im Druckhalter > 9,5 m	– Diversitäre Kriterien für RESA: – Speisewasserdruck > 78 $bar_ü$ oder – Füllstand im Druckhalter > 8,5 m	Kein relevanter Unterschied
Sekundärseitige Wärmeabfuhr – Zusätzlich zu o. g. 1 v 4 FD- Abblaseregelventil stehen mit gleicher Kapazität 3 FD-Abblaseregelventile zur Verfügung:	**Sekundärseitige Wärmeabfuhr** – Zusätzlich zu o. g. 1 v 2 FD- Abblaseregelventil steht mit gleicher Kapazität 1 FD Abblaseregelventil zur Verfügung:	Relevanter Unterschied Im Bereich der Einrichtungen der Sicherheitsebene 2 stehen zur sekundärseitigen Wärmeabfuhr in KKE weitere 3 Redundanzen zur Verfügung, in KWB-A 1 weitere Redundanz
Dampferzeugerbespeisung	**Dampferzeugerbespeisung**	

Bewertungsgegenstand 5: „Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
– Zusätzlich zur o .g. 1 v 3 Hauptspeisewasserpumpe stehen mit gleicher Kapazität 2 Hauptspeisewasserpumpen zur Verfügung: Zusätzlich stehen zur Verfügung: – 2 v 2 An-/Abfahrpumpen	– Zusätzlich zur o .g. 1 v 3 Hauptspeisewasserpumpe stehen mit gleicher Kapazität 2 Hauptspeisewasserpumpen zur Verfügung: Zusätzlich stehen zur Verfügung: – 2 v 2 betrieblich angesteuerte elektrisch betriebene Notspeisewasserpumpen	Relevanter Unterschied Die verfahrenstechnische Ausführung der betrieblich angesteuerten elektrisch betriebenen Notspeisepumpen in KWB-A entspricht den Anforderungen der Sicherheitsebene 3. Die An- und Abfahrpumpen in KKE entsprechen den Anforderungen der Sicherheitsebene 2, sind aber zusätzlich notstromgesichert.
Bewertungsmerkmal 5: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3		
– Bei Ausfall der Öffnungsfunktion von 100%-FD-Sicherheitsventilen stehen diese Einrichtungen für die Druckbegrenzung der Dampferzeuger in der Sicherheitsebene 3 nicht mehr zur Verfügung	– Bei Ausfall der Öffnungsfunktion von 15%-FD-Sicherheitsventilen stehen diese Einrichtungen für die Druckbegrenzung der Dampferzeuger in der Sicherheitsebene 3 nicht mehr zur Verfügung. In KWB-A stehen zusätzlich 4 x 100%-FD-Sicherheitsventile zur Verfügung, die in diesem Fall nicht angefordert werden.	Relevanter Unterschied Bei Ausfall der Öffnungsfunktion von FD-Sicherheitsventilen stehen für die Druckbegrenzung der Dampferzeuger in der Sicherheitsebene 3 in KWB-A 4 zusätzliche Redundanzen für die Druckbegrenzung der Dampferzeuger zur Verfügung
– Keine Verknüpfung des An- und Abfahrsystems mit dem Notspeisesystem	– Die verfahrenstechnischen Komponenten der elektrisch angetriebenen Stränge des Notspeisesystems werden sowohl betrieblich als auch auf der Sicherheitsebene 3 eingesetzt	Relevanter Unterschied: In KKE ist ein vom Notspeisesystem unabhängiges An- und Abfahrsystem vorhanden, mit dem Ausfälle der Hauptspeisewasserversorgung beherrscht werden können. Der Einsatz von Sicherheitssystemen, bzw. Komponenten von Si-

Bewertungsgegenstand 5: „Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
		cherheitssystemen ist daher zur Beherrschung dieses Ereignisses (Sicherheitsebene 2) nicht erforderlich. Bei zusätzlichem unterstelltem Ausfall des An- und Abfahrsystems ergeben sich keine Rückwirkungen auf das Notspeisesystem, das als Sicherheitssystem bei Anstehen der entsprechenden Kriterien unabhängig vom An- und Abfahrsystem angefordert und betrieben wird. In KWB-A ist beim Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung unmittelbar der Einsatz der E-Notspeisepumpen (Sicherheitssystem) vorgesehen. Die Ansteuerung dieser erfolgt zunächst betrieblich. In KWB-A stehen daher bei Ausfall der verfahrenstechnischen Komponenten der elektrisch angetriebenen Stränge des Notspeisesystems nach Anforderung durch ein Ereignis der Sicherheitsebene 2 diese Stränge auch auf der Sicherheitsebene 3 nicht zur Verfügung.

5 Bewertung

5.1 Relevante Unterschiede

Hinsichtlich des Bewertungsgegenstandes „Turbinenschnellschluss ohne Öffnen der Umleitstation“ bestehen u. E. die folgenden relevanten Unterschiede:

Zu Merkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung erforderliche Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2

In KKE wird Teilabfahren vom Reaktorschutz ausgelöst, in KWB-A über eine betriebliche Regelung.

Zu Merkmal 4: Zusätzliche Systeme der Sicherheitsebene 2, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden.

Bezüglich der sekundärseitigen Wärmeabfuhr (Frischdampf-Abblasekapazitäten) sind in KKE im Unterschied zu KWB-A 4 anstatt 2 Abblaseregelventile vorhanden, von denen jeweils eins für das Teilabfahren benötigt wird.

Die verfahrenstechnische Ausführung der betrieblich angesteuerten elektrisch betriebenen Notspeisepumpen in KWB-A entspricht den Anforderungen der Sicherheitsebene 3. Die An- und Abfahrsysteme in KKE entsprechen den Anforderungen der Sicherheitsebene 2 und sind notstromgesichert.

Zu Merkmal 5: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3

Bei Ausfall der Öffnungsfunktion von FD-Sicherheitsventilen stehen für die Druckbegrenzung der Dampferzeuger in der Sicherheitsebene 3 in KWB-A 4 zusätzliche Redundanzen zur Verfügung.

In KWB-A stehen bei Ausfall der verfahrenstechnischen Komponenten der elektrisch angetriebenen Stränge des Notspeisesystems auf der Sicherheitsebene 2 diese Stränge auch auf der Sicherheitsebene 3 nicht zur Verfügung.

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Zu Merkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehenen Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2

Aus der unterschiedlichen Qualität der Anregung des Teilabfahrens in KKE (Auslösen über den Reaktorschutz) gegenüber KWB-A (Auslösen über betriebliche Leittechnik) kann für dieses Ereignis kein relevanter Unterschied abgeleitet werden, da die Ereignisbeherrschung auch ohne Teilabfahren gegeben ist.

Zu Merkmal 4: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 2, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden.

Die Reserven zur Wärmeabfuhr aus dem Dampferzeuger über Teilabfahren sind in KKE (3 Abblaseregelventile) größer als in KWB-A (1 Abblaseregelventil). Die größere Anzahl und Kapazität der Abblaseregelventile führen zu Vorteilen in KKE.

Die Bespeisung der Dampferzeuger erfolgt in KKE über das An- und Abfahrsystem (System der Sicherheitsebene 2). In KWB-A erfolgt die Dampferzeugerbespeisung mit den betrieblich angesteuerten, elektrisch angetriebenen Notspeisesystems (verfahrenstechnische Ausführung entsprechend der Sicherheitsebene 3). Aufgrund der betrieblichen Ansteuerung des Notspeisesystems in KWB-A ergeben sich keine sicherheitstechnischen Unterschiede.

Zu Merkmal 5: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3

Bezüglich der Druckbegrenzung der Dampferzeuger (Sicherheitsventile) in der Sicherheitsebene 3 bzw. der langfristigen Frischdampfabgabe bei Ausfall der Abblaseregelventile stehen in KWB-A 8 FD-Sicherheitsventile (4 x 15%-FD-Sicherheitsventile und 4 x 100%-FD-Sicherheitsventile) zur Verfügung. In KKE stehen dagegen nur 4 x 100%-

FD-Sicherheitsventile zur Verfügung. Die höhere Anzahl an Redundanzen und Kapazitäten der FD-Sicherheitsventile führen zu Vorteilen in KWB-A.

In KWB-A wird der verfahrenstechnische Teil des Notspeisewassersystems sowohl für die betriebliche Bespeisung in den Sicherheitsebenen 1 und 2 als auch für die Notbespeisung in der Sicherheitsebene 3 benutzt. Da Ausfälle im verfahrenstechnischen Bereich des Notspeisesystems in der Sicherheitsebene 2 automatisch zur Nichtverfügbarkeit in der Sicherheitsebene 3 führen, ist diese Ausführung des Notspeisesystems in KWB-A ungünstiger als in KKE.

5.3 Fazit

KKE verfügt über größere Reserven zur Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger bei Teilabfahren auf der Sicherheitsebene 2. Zudem besteht in KKE aufgrund des Vorhandenseins des An- und Abfahrsystems keine Erfordernis zur Anforderung eines Sicherheitssystems (Notspeisepumpen). In KWB-A stehen mehr FD-Sicherheitsventile (Einrichtungen der Sicherheitsebene 3) zur kurzeitig angeforderten Druckbegrenzung der Dampferzeuger oder bei Ausfall der Abblaseregelventile zur langfristigen Frischdampfabgabe zur Verfügung.

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

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 6:

„Fehlerhafte Einspeisung aus einem System, das Deionat oder minderboriertes Kühlmittel führt“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 6: „Fehlerhafte Einspeisung aus einem System, das Deionat oder minderboriertes Kühlmittel führt“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Ereignisablauf 2

2.1.1 Homogene Deborierung 3

2.1.2 Heterogene Deborierung 4

2.2 Bewertungsmerkmale 5

3 Verwendete Unterlagen 7

4 Anlagenvergleich 7

5 Bewertung 14

5.1 Zusammenfassung des Anlagenvergleichs 14

5.2 Relevante Unterschiede 15

5.3 Fazit 15

6 Literatur 16

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 6 „Fehlerhafte Einspeisung aus einem System, das Deionat oder minderboriertes Kühlmittel führt“ (Externe Deborierung; homogen und heterogen) behandelt. Dies ist ein Ereignis der Sicherheitsebenen 2 bzw. 3.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Ereignisablauf

Sicherheitstechnische Bedeutung: Fälschliche Deionateinspeisungen in den Reaktorkühlkreislauf (RKL) führen zu einer Verringerung der Borkonzentration des Primärkühlmittels und damit zu einer Erhöhung der Reaktivität. Der damit ggf. verbundene Leistungsanstieg kann bei Versagen der Vorkehrungen zur Verhinderung bzw. rechtzeitigen Erkennung solcher Deionateinspeisungen zu Kernschäden führen.

Durch fälschliche Deionateinspeisungen sind homogene oder heterogene Deborierungen des Kühlmittels im RKL möglich. Zu einer homogenen Deborierung kommt es, wenn das eingespeiste Deionat durch laufende Hauptkühlmittelpumpen oder Nachkühlpumpen mit dem Primärkühlmittel vermischt wird. Die Borkonzentration im RKL verringert sich dann gleichmäßig und kontinuierlich. Eine heterogene Deborierung des Primärkühlmittels tritt ein, wenn Deionat in bestimmte nicht durchströmte Rohrleitungsabschnitte des Primärkreises oder anschließender Rohrleitungen eingespeist wird und sich dort ansammelt. Solche Bereiche sind beispielsweise der Pumpenbogen einer Hauptkühlmittelleitung oder eine Nachkühlleitung. Ein solcher Deionatpfropfen kann dann durch Einschalten der entsprechenden Hauptkühlmittelpumpe bzw. der Nachkühlpumpe mobilisiert und in den Reaktorkern eingetragen werden.

Eine Vielzahl von Szenarien kann im Nichtleistungsbetrieb zum Eintrag von Deionat oder minderboriertem Kühlmittel in den RKL führen. In /GRS 03/ wurden systematisch die Möglichkeiten für einen Deionateintrag in den RKL während des Nichtleistungsbetriebs untersucht. Aus der Vielzahl der in /GRS 03/ untersuchten Szenarien sollen im Rahmen dieses Anlagenvergleiches nur die dominierenden Szenarien betrachtet werden. Das sind für den Nichtleistungsbetrieb aus unserer Sicht solche Deborierungsszenarien, die eines der folgenden Kriterien erfüllen:

- Der Ereignisablauf führt zum Eintrag großer (> 10 m³) Deionatmengen in den RKL. Zu diesem Kriterium werden die fälschliche Deionateinspeisung in den RKL beim Wiederauffüllen nach ¾-Loop-Betrieb (Fall 2), die Deionateinspeisung in den RKL über den Abblasebehälter (Fall 3) und das fälschliche Befüllen von Flutbehältern mit Deionat (Fall 4) betrachtet.

- Der Ereignisablauf lieferte in /GRS 03/ einen dominierenden Beitrag zur Gesamthäufigkeit von „Schadenszuständen der Deborierung“.
  Zu diesem Kriterium wird das Auffüllen einer Nachkühlleitung mit Deionat aus dem Sperrwassersystem über eine undichte Gleitringdichtung einer Nachkühlpumpe betrachtet (Fall 5).

Für den Leistungsbetrieb ist aus unserer Sicht das folgende Deborierungsszenarium zu untersuchen: Fälschliche Deionateinspeisung in den RKL aus dem Volumenregelsystem bei Leistungsbetrieb (Fall 1). Dieser Ereignisablauf ist entsprechend „Merkpostenaufstellung … für einen Standardsicherheitsbericht …“ im Sicherheitsbericht zu behandeln.

Im Folgenden werden die fünf ausgewählten Deborierungsszenarien kurz beschrieben.

2.1.1 Homogene Deborierung

1. Fälschliche Deionateinspeisung in den RKL aus dem Volumenregelsystem bei Leistungsbetrieb:
   Fehler im Volumenregelsystem (bzw. im Borsäure- und Deionateinspeisesystem) können zur Einspeisung von Deionat in den RKL führen. Die Verdünnung der Borkonzentration führt zum Anstieg der Reaktorleistung. Der Leistungsregler fährt daraufhin die Steuerelementbänke in den Reaktorkern ein, bis die Steuerstab-Einfahrbegrenzungen ansprechen. Diese führen zu einer Sperre der Deionateinspeisung und zu einer Borsäureeinspeisung über das Volumenregelsystem. Sind diese Maßnahmen ohne Erfolg, steigt die Reaktorleistung bis zum Ansprechen der Reaktorleistungsbegrenzung (L-RELEB), die ebenfalls zur Sperre der Deionateinspeisung und zur Borsäureeinspeisung führt. In KKE wird zusätzlich eine Borsäureeinspeisung mit dem Zusatzboriersystem angeregt. Ein weiterer Leistungsanstieg würde in beiden Anlagen zur Reaktorschnellabschaltung führen.

2. Fälschliche Deionateinspeisung in den RKL aus dem Volumenregelsystem beim Wiederauffüllen des RKL nach ¾-Loop-Betrieb:
   Nachdem der RKL nach dem Brennelement (BE)-Wechsel wieder druckdicht verschlossen wurde, wird er vom ¾-Loop-Niveau aus mit dem Volumenregelsystem wieder aufgefüllt. Bei der Befüllung wird durch die Überwachung der Einspeisekonzentration (EIKO) in der Steuerstab-Einfahrbegrenzung sichergestellt, dass aus dem

Borsäure-/ Deionateinspeisesystem Borsäure mit der Konzentration c-Brennelementwechsel (BW) eingespeist wird. Bei einem Fehler in der EIKO kann es im ungünstigen Fall zu einer reinen Deionateinspeisung und damit zu einer Abnahme der Borkonzentration im Primärkreis kommen.

Bei ¾-Loop-Betrieb befinden sich noch ca. 210 m^3 Kühlmittel mit der Borkonzentration C-BW im Primärkreis und es müssen weitere ca. 190 m^3 bis zu einem Druckhalter-Füllstand von > 4 m eingespeist werden.

Um eine mögliche Deborierung zu verhindern werden entsprechende Vorkehrungen getroffen. Während des Wiederauffüllens sind aus dem Primärkreis kontinuierlich Proben zu entnehmen. Dazu wird das Borsäuremessgerät zu einem der laufenden Nachkühlstränge durchgeschaltet. Eine fehlerhafte Deionateinspeisung kann so erkannt werden. Zusätzlich ist während des Auffüllvorganges die Impulsbereichsanzeige (Neutronenflussmessung) zu beobachten. Bei einem Anstieg der Impulsrate ist die Kühlmitteleinspeisung zu unterbrechen und die Ursache dafür festzustellen. Als weitere Vorkehrung ist nach Betriebshandbuch (BHB) eine Handmessung der Einspeiseborkonzentration durchzuführen. Dazu wird eine Probe aus dem Einspeisestrang des Volumenregelsystems entnommen.

3. Deionateinspeisung in den RKL über den Abblasebehälter im Nichtleistungsbetrieb:
   Durch ein Versagen der Füllstandsregelung des Abblasebehälters kann es zu einer kontinuierlichen Einspeisung von Deionat aus dem Deionatsystem in den Abblasebehälter kommen. Bei einem vollständigen Auffüllen des Abblasebehälters kann im Nichtleistungsbetrieb (druckloser RKL) das Deionat rückwärts durch die Abblaseleitung des Druckhalter (DH)-Sicherheitsventils strömen, den Ventilteller anheben und über das Sicherheitsventil in den Druckhalter strömen. Von dort würde das Deionat in den RKL gelangen und diesen kontinuierlich deborieren.
   Das Problem kann durch die Füllstands- und Drucküberwachung des Abblasebehälters erkannt werden. Ferner ist die Deborierung durch einen Anstieg der Impulsrate (Neutronenflussmessung) erkennbar.

2.1.2 Heterogene Deborierung

Folgende Deborierungsszenarien werden betrachtet:

4. Fälschliches Befüllen von Flutbehältern mit Deionat:
   Im Zuge einer Neubefüllung eines Flutbehälters oder einer Nachfüllung könnte dieser durch Fehler im Borsäure- und Deionateinspeisesystem fälschlich mit Deionat

befüllt werden.

Für den BE-Wechsel werden nach dem Abnehmen des Reaktordruckbehälter (RDB)-Deckels 2 Flutbehälter in den Flutraum eingespeist, um das Niveau im Flutraum mit dem des BE-Lagerbeckens anzugleichen. Das Inventar eines fälschlich mit Deionat befüllten Flutbehälters würde dabei in den Kern eingespeist werden.

Um solche Fehlbefüllungen zu verhindern ist nach der Befüllung der befüllte Behälter umzuwälzen und die Borsäurekonzentration ist zu bestimmen. Ferner ist alle drei Monate im Rahmen einer wiederkehrenden Prüfung (WKP) die Borsäurekonzentration in den Flutbehältern zu bestimmen.

5. Auffüllen einer Nachkühlleitung mit Deionat aus dem Sperrwassersystem über eine undichte Gleitringdichtung einer Nachkühlpumpe im Nichtleistungsbetrieb:

   Durch eine undichte Gleitringdichtung einer Nachkühlpumpe kann während des Anlagenstillstandes (Revision) Deionat aus der Sperrwasserversorgung in die Nachkühlpumpe gelangen. Dies könnte zur Ausbildung eines Deionatpfropfens in der entsprechenden Nachkühlleitung führen. Bei Inbetriebnahme des betreffenden Nachkühlstranges würde dieser Deionatpfropfen in den Kern transportiert werden. Undichte Gleitringdichtungen an Nachkühlpumpen sind durch die Meldung „Sperrwasserdruck tief“ erkennbar.

2.2 Bewertungsmerkmale

Die von der GRS im Auftrag des BMU durchgeführten Untersuchungen zum Nichtleistungsbetrieb der Anlagen GKN-2 /GRS 03/ und KWB-B /GRS 96/ zeigten u. a., dass folgende Randbedingungen einen entscheidenden Einfluss auf die zu erwartenden Eintrittshäufigkeiten von Schadenszuständen bei Ereignisabläufen mit Primärkühlmitteldeborierung haben:

- Vorkehrungen, die den Deionateintrag in den Primärkreis oder angeschlossene Systeme verhindern sollen (z. B. Sicherung von Armaturen des Deionatsystems)
- Möglichkeiten zur Erkennung einer fälschlichen Deionateinspeisung in den Primärkreis oder angeschlossene Systeme
- Vorkehrungen zur Verhinderung von Auswirkungen einer fälschlichen Deionateinspeisung bzw. zur Begrenzung der Auswirkungen

Aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Untersuchungen /GRS 96/ und /GRS 03/ wurden die folgenden Bewertungsmerkmale abgeleitet:

Merkmal 1: Maßnahmen und Einrichtungen zur Verhinderung eines fälschlichen Deionateintrags in den Primärkreis oder angeschlossene Systeme
Dieses Merkmal wird aufgeteilt in:

1a: Vorkehrungen zur Verhinderung von fälschlichen Deionateinspeisungen in den Primärkreis oder angeschlossene Systeme

1b: Vorgehensweise bei der Befüllung des RKL bzw. sicherheitstechnisch wichtiger Behälter (Personalhandlungen, Überwachungsaufgaben des Personals)

Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung von fälschlichen Deionateinspeisungen in den Primärkreis oder angeschlossene Systeme
Dieses Merkmal wird aufgeteilt in:

2a: Maßnahmen und Einrichtungen zur Erkennung von fälschlichen Deionateinspeisungen

2b: Systemfunktionen zur Beherrschung des Ereignisablaufs

Diese Merkmale sind nicht immer vollständig auf jeden der 5 Fälle anwendbar. In den Fällen 1 und 5 wird ein Einzelfehler unterstellt, der zu einer Deionateinspeisung führt. In diesen Fällen wird nur das Merkmal 2 „Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung von fälschlichen Deionateinspeisungen“ betrachtet. In den Fällen 2 bis 5 sind keine Systemfunktionen zur Beherrschung des Ereignisablaufs vorgesehen, d.h., Merkmal 2b ist nicht anwendbar. In diesen Fällen kann die Deionateinspeisung durch Prüfungen oder Meldungen erkannt werden (Merkmal 2a).

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

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

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

/SYS 03/ Systembeschreibung Borsäure- und Deionateinspeisung Kernkraftwerk Emsland, Stand 25.08.2003

/GRS 03/ Untersuchungen zum Nichtleistungsbetrieb einer modernen DWR-Anlage, GRS-A-3114

/GRS 95/ Untersuchungen zu lokalen Entborierungsvorgängen GRS-A-2305

- 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: Zu Fall 1: Fälschliche Deionateinspeisung in den RKL aus dem Volumenregelsystem bei Leistungsbetrieb

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung von fälschlichen Deionateinspeisungen			
2b: Systemfunktionen zur Beherrschung des Ereignisablaufs	**Steuerstabfahrbegrenzung (STAFAB)** 3 gestaffelte Grenzwerte (GW) entsprechend Eintauchtiefe der L- und der D-Bank: GW35 (für L-Bank) /GW30: Einspeisung nur noch mit Borkonzentration C-H zulässig RMA-Meldung JTE 72 EX 030 XR24 „Begr Deionateinspeisesperre angespr“ GW20: Borsäureeinspeisung aus dem Borsäureeinspeisesystem KBC, Start einer zweiten HD-Förderpumpe, RMA-Meldung JTE 72 EX 020 XR24 „Begr Borsäureeinspeisen angespr“ GW10: **Borieren mit dem Zusatzboriersystem**, RMA-Meldung JTE 75 EX 001 XR71 „Begr Zus-Bors-Sys Pumpe Ein angespr“ **Reaktorleistungsbegrenzung (L-RELEB)** gestaffelte Grenzwerte je nach Reaktorleistung RMA-Meldung JTE 91 EX 110 XR99 „RELEB-L angespr“: GW12 (>1,5%), GW13 (>2,5%), GW14 (>3%) führen zum Einfahren der D-Bank GW14 (>3%) und GW15 (>4,5%) führen zum Einfahren der L-Bank GW18 (>8%) **Borieren mit dem Zusatzboriersystem** **Reaktorschnellabschaltung** thermische Reaktorleistung > 112%, Kühlmitteltemperatur > 318°C, u. a.	**Steuerstabeinfahrbegrenzung (STEB)** 2 gestaffelte (leistungsabhängige) Grenzwerte entsprechend Eintauchtiefe der L- und der D-Bank: V-L-STEB, V-D-STEB: PRA-Meldungen YR61C110/120 „L-Bank zu tief (V-L-STEB)“, „D-Bank zu tief (V-D-STEB)“ Sperren von Einfahrbefehlen von der Regelung und von Hand, sperren der Deionateinspeisung L-STEB, D-STEB: NOGEMA-Meldungen YR61C110/120 „L-Bank zu tief“, „D-Bank zu tief“ Borsäureeinspeisung aus dem Borsäureeinspeisesystem TB, Start einer zweiten HD-Förderpumpe, Leistungsabsenkung **Gesamtleistungsbegrenzung (L-RELEB)** PRA-Meldung 10YR50C100 „RELEB Reaktorleistg angespr“: Lastabsenkung, Sperren der Deionateinspeisung **Reaktorschnellabschaltung** thermische Reaktorleistung > 110%, Kühlmitteltemperatur > 307,5°C, u. a.	In beiden Anlagen ist ein konzeptionell vergleichbares System für die Steuerstabfahrbegrenzung und die Reaktorleistungsbegrenzung vorhanden, welches gestaffelte Maßnahmen zur Begrenzung der Folgen einer unkontrollierten Deionateinspeisung vornimmt. Im Unterschied zu Anlage KWB-A ist in KKE ein Zusatzboriersystem vorhanden, welches automatisch bei Erreichen von Grenzwerten einspeist. Bezüglich der Anregung einer Reaktorschnellabschaltung besteht kein relevanter Unterschied.

Tabelle 4.2: Zu Fall 2: Fälschliche Deionateinspeisung in den RKL beim Wiederauffüllen des RKL nach ¾-Loop-Betrieb

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Merkmal 1: Maßnahmen und Einrichtungen zur Verhinderung eines fälschlichen Deionateintrags			
1b: Vorgehensweise bei der Befüllung des RKL bzw. sicherheitstechnisch wichtiger Behälter	Der RKL wird über die DH-Hilfssprühleitung gefüllt. Die Regelventile für Borsäureeinspeisung KBC21/22AA503 und Deionateinspeisung KBC31/32AA503 werden auf “regeln” gestellt. BHB T2, Kap. 3.1.1, Abs. 4 Das Füllen des RKL wird durch die Einspeisekonzentrationsüberwachung (EIKO) in der STAFAB und D-Bank-Regelung überwacht, so dass das Chemikalieneinspeisesystem KBC/KBD mit der Einspeisekonzentration „C-BW“ (C ohne HKMP) einspeist. BHB T2, Kap. 3.1.1, Abs. 4 Die EIKO darf nur außer Betrieb genommen werden, wenn die Deionatpumpen KBC31/32AP001 freigeschaltet sind. BHB T4, Kap. 1.14 Abs. 5	Der RKL wird über die DH-Hilfssprühleitung gefüllt. Das Kühlmittel wird zunächst aus dem Volumenausgleichsbehälter entnommen. Anschließend erfolgt Kühlmittelergänzung aus dem TB-System. Die Regelventile für Borsäureeinspeisung 10TB21/22 S008 und Deionateinspeisung 10TB31/32S005 werden auf “regeln” gestellt und die zugehörigen Teilsteuerungen in Betrieb genommen. BHB 01.01.02, 03.02.04.01 Der Sollwert für die Mischungskonzentration bei der Kühlmittelergänzung wird bei stehenden Hauptkühlmittelpumpen automatisch auf 2600 ppm (C-BW) gestellt. BHB04.04.03.01	In KKE lässt die EIKO beim Wiederauffüllen nur die Borkonzentration C-BW zu. In KWB-A wird bei stehenden Hauptkühlmittelpumpen automatisch der Sollwert C-BW vorgegeben. Es ist kein sicherheitstechnisch relevanter Unterschied ableitbar.

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung von fälschlichen Deionateinspeisungen			
2a: Maßnahmen und Einrichtungen zur Erkennung von fälschlichen Deionateinspeisungen	Das Borsäuremessgerät KUA 15 CQ 001 ist auf einen der laufenden Nachkühlstränge durchzuschalten und die Borsäurekonzentration im RKL ist laufend zu überwachen, BHB T2, Kap. 3.1.1, Abs. 4. Die Impulsbereichsanzeige (Neutronenflussmessung) ist laufend zu beobachten, bei einem Anstieg der Impulsrate ist die Kühlmitteleinspeisung zu beenden, BHB T2, Kap. 3.1.1, Abs. 7. Handmessung der Borsäurekonzentration zur Kontrolle des Borsäuremessgeräts und des eingespeisten Kühlmittels. (Dazu kurzzeitige Umschaltung des Borsäuremessgeräts von JNA auf KBA und parallel Handmessung. Die maximale Abweichung darf nicht mehr als ± 1% betragen.) BHB T2, Kap. 3.1.1, Abs. 7	Das Borsäuremessgerät wird auf das Volumenregelsystem (TA)-System geschaltet. Es ist zu kontrollieren, dass die Borsäurekonzentration hinter den TA-Pumpen > 2550 ppm (C-BW) beträgt. BHB 01.01.02 Während des Füllens ist die Impulsbereichsanzeige zu beachten. BHB 01.01.02 Während des Füllens ist eine Handmessung der Borkonzentration zur Kontrolle des Borsäuremessgeräts vorzunehmen. BHB 01.01.02	Die Erkennungsmöglichkeiten für eine Einspeisung von minderboriertem Kühlmittel in den RKL beim Wiederauffüllen sind in beiden Anlagen vergleichbar.

Tabelle 4.3: Zu Fall 3: Deionateinspeisung in den RKL über den Abblasebehälter

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Merkmal 1: Maßnahmen und Einrichtungen zur Verhinderung eines fälschlichen Deionateintrags			
1a: Vorkehrungen zur Verhinderung von fälschlichen Deionateinspeisungen in den Primärkreis oder angeschlossene Systeme	Die Motorarmatur JEG10 AA206 (Deionateinspeisung in den Abblasebehälter) ist entsprechend BHB T2, Kap 3.2.4, Abs. 7 durch Sicherheitsfreischaltung zu schließen, sobald der Anlagenzustand „unterkritisch, kalt, drucklos, abgesenkter Füllstand" erreicht ist.	Die Deionateinspeisearmaturen 10RY31 S012 (Motorarmatur) und 10RY31 S013 (Handarmatur) sind im Anlagenzustand „unterkritisch, kalt, drucklos, Deckel geöffnet oder geschlossen" im geschlossenen Zustand zu sichern. BHB 04.04.02.01, BHB 01.02.11 und 12	In beiden Anlagen sind die Deionateinspeisearmaturen in den Abblasebehälter gemäß BHB zu schließen. In KWB-A sind die Armaturen bereits vor Absenken auf ¾-Loop zu schließen.
Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung von fälschlichen Deionateinspeisungen			
2a: Maßnahmen und Einrichtungen zur Erkennung von fälschlichen Deionateinspeisungen	Bei einem Abblasebehälter-Füllstand > 3,2 m öffnet automatisch das Ablassventil KTA06 AA407 Bei einem Abblasebehälter-Füllstand > 3,4 m erscheint die KMA-Meldung „Abblasebehälter L hoch". Bei einem Abblasebehälter-Druck > 1 bar erscheint die Rechnermeldung „Abblasebehälter P hoch 1"	Bei einem Abblasebehälter-Füllstand > 4,7 m öffnet automatisch das Ausspeiseventil 10TY06 S003 Bei einem Abblasebehälter-Füllstand > 5 m erscheint die NOGEMA-Meldung „Niveau Abblasebehälter hoch". Bei einem Abblasebehälter-Druck > 1 bar erscheint die Rechnermeldung „Druck Abblasebehälter hoch"	Die Überwachung der Abblasebehälter ist in beiden Anlagen vergleichbar.

Tabelle 4.4: Zu Fall 4: Fälschliches Befüllen von Flutbehältern mit Deionat

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Merkmal 1: Maßnahmen und Einrichtungen zur Verhinderung eines fälschlichen Deionateintrags			
1b: Vorgehensweise bei der Befüllung des RKL bzw. sicherheitstechnisch wichtiger Behälter Personalhandlungen, Überwachungsaufgaben des Personals	Vorgehen entsprechend Prozedur BHB T4, Kap. 2.4, Abs. 9, von Hand wird ein Mischungsverhältnis Deionat-/Borsäure von ca. 2,2 eingestellt. Während der Befüllung sind über die Probenahmearmatur KBC10AA601 Proben zu ziehen und die Borkonzentration zu kontrollieren. Nach dem Befüllen sind die Borkonzentration und der Bor-10 Gehalt des Flutbehälters gemäß BHB T4, Kap. 2.17, Abs. 8 zu kontrollieren.	Vorgehen entsprechend Prozedur BHB 03.09.17.02, der Sollwert für die Borkontentration wird am Deionat-/Bor-Verhältnissollwertsteller auf 2600 ppm eingestellt. Beim Befüllen ist: - der Borsäuredurchfluss zu kontrollieren - das Durchflussverhältnis Deionat/Borsäure zu protokollieren und - das Sinken des Niveaus im Borsäureansetzbehälter zu kontrollieren. Nach dem Befüllen ist der Flutbehälter gemäß BHB 03.09.31 umzuwälzen (> 8 h) und die Borkonzentration im Behälter ist durch Organisationseinheit Chemie (OE DC) zu überprüfen.	In KKE wird bereits während bei der Befüllung die Borkonzentration durch Proben bestimmt. Dies stellt keinen wesentlichen Unterschied dar, da die Messung der Borsäurekonzentration nach der Befüllung der Flutbehälter gleichwertig ist.
Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung von fälschlichen Deionateinspeisungen			
2a: Maßnahmen und Einrichtungen zur Erkennung von fälschlichen Deionateinspeisungen Wiederkehrende Prüfung	Entsprechend BHB T4, Kap. 2.17, Abs. 8 ist die Borkonzentration zu überprüfen: - vor jeden BE-Wechsel - ¼-jährlich - nach jeder Füllstandsergänzung - nach jeder Bor-Nachdosierung - nach Entleeren des Flutraumes Der Bor-10 Gehalt ist nach einer minimalen Umwälzzeit von 6,5 h zu überprüfen: - ½-jährlich - nach jeder Anhebung des Bor-10 Gehalts	Es ist uns derzeit nicht bekannt wie häufig die Borkonzentration in den Flutbehältern im Rahmen von wiederkehrenden Prüfungen überprüft wird (Prüfhandbuch liegt nicht vor).	

Tabelle 4.5: Zu Fall 5: Auffüllen einer Nachkühlleitung mit Deionat über eine undichte Gleitringdichtung einer Nachkühlpumpe

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung von fälschlichen Deionateinspeisungen			
2a: Maßnahmen und Einrichtungen zur Erkennung von fälschlichen Deionateinspeisungen Wartenmeldungen	Überwachung des Sperrwasserdrucks der Nachkühlpumpen: RMA-Meldung JNA10EG001 „Hi Sperrw Dr-Erh-Pp (JNA10CP007) P tief“, BHB T5, Kap. JNA, Abs. 3	Überwachung des Sperrwasserdrucks der Nachkühlpumpen: PRA-Meldung 10TH10P005: „Sperrwasserdruck 13TH10D001tief“, BHB 12.01.01.01, allerdings befindet sich an dieser Stelle im BHB kein Hinweis auf eine mögliche defekte Gleitringdichtung der Nachkühlpumpe.	In beiden Anlagen kann diese mögliche Deborierung durch eine Meldung über den niedrigen Sperrwasserdruck erkannt werden. Im BHB der Anlage KKE wird auf eine mögliche defekte Gleitringdichtung hingewiesen.

5 Bewertung

5.1 Zusammenfassung des Anlagenvergleichs

Die folgende Zusammenfassung des Anlagenvergleichs gliedert sich nach den in Abschnitt 2.1 aufgelisteten Fällen.

1. Fälschliche Deionateinspeisung in den RKL aus dem Volumenregelsystem bei Leistungsbetrieb:
   In beiden Anlagen ist ein Begrenzungssystem vorhanden, welches gestaffelte Maßnahmen zur Begrenzung der Folgen einer unkontrollierten Deionateinspeisung vornimmt. In beiden Anlagen wird dabei u. a. zunächst die Deionateinspeisung gesperrt und über das Volumenregelsystem Borsäure eingespeist.
   Im Unterschied zur Anlage KWB-A gibt es in KKE zusätzlich zur Boreinspeisung durch das Volumenregelsystem ein Zusatzboriersystem, welches automatisch bei Erreichen von Grenzwerten Borsäure einspeist.

2. Fälschliche Deionateinspeisung in den RKL aus dem Volumenregelsystem beim Wiederauffüllen des RKL nach ¾-Loop-Betrieb:
   In KKE ist eine Einspeisekonzentrationsüberwachung vorhanden. Diese lässt beim Wiederauffüllen nur die Borkonzentration „C-BW“ zu. In KWB-A wird bei abgeschalteten Hauptkühlmittelpumpen am Sollwertsteller für die Einspeisekonzentration automatisch der Sollwert C-BW vorgegeben. Ein sicherheitstechnisch relevanter Unterschied ist hier nicht ableitbar.
   Während der Auffüllphase sind die Erkennungsmöglichkeiten für eine Einspeisung von minderboriertem Kühlmittel in den RKL in den beiden Anlagen vergleichbar.

3. Deionateinspeisung in den RKL über den Abblasebehälter:
   In beiden Anlagen sind die Deionateinspeisearmaturen in den Abblasebehälter gemäß BHB zu schließen, in KWB-A bereits vor dem Absenken auf ¾-Loop. Ein sicherheitstechnisch relevanter Unterschied ist hier nicht ableitbar.
   Die Überwachung der Abblasebehälter ist in Bezug auf diesen Ereignisablauf in beiden Anlagen vergleichbar.

4. Fälschliches Befüllen von Flutbehältern mit Deionat:
   In beiden Anlagen werden bei der Befüllung von Flutbehältern Vorkehrungen gegen Bespeisung mit falscher Borkonzentration getroffen. Ein sicherheitstechnisch relevanter Unterschied ist hier nicht ableitbar.
   In beiden Anlagen wird die Borsäurekonzentration in den Flutbehälter wiederkehrend geprüft. Häufigkeit und Umfang der wiederkehrenden Prüfungen in der Anlage KWB-A sind uns derzeit nicht bekannt, da uns das Prüfhandbuch nicht vorliegt. Eine Bewertung hinsichtlich der wiederkehrenden Prüfungen der Borsäurekonzentration in den Flutbehältern kann daher nicht vorgenommen werden.

5. Auffüllen einer Nachkühlleitung mit Deionat aus dem Sperrwassersystem über eine undichte Gleitringdichtung einer Nachkühlpumpe:
   In beiden Anlagen kann diese mögliche Deborierung durch eine Meldung über den niedrigen Sperrwasserdruck erkannt werden. Im Unterschied zu KWB-A wird im BHB KKE auch auf eine mögliche defekte Gleitringdichtung hingewiesen. Ein sicherheitstechnisch relevanter Unterschied ist hier nicht ableitbar.

5.2 Relevante Unterschiede

Die Vorkehrungen gegen externe Deborierungen bzw. die Möglichkeiten zur Erkennung von Kühlmitteldeborierungen sind in beiden Anlagen im Wesentlichen vergleichbar. Aus unserer Sicht besteht jedoch der sicherheitstechnisch relevante Unterschied, dass die Anlage KKE zusätzlich zur Boreinspeisung durch das Volumenregelsystem über ein viersträngiges Zusatzboriersystem verfügt, welches im Leistungsbetrieb automatisch durch Begrenzungseinrichtungen zur Boreinspeisung angefordert wird.

5.3 Fazit

Bezüglich der Maßnahmen und Einrichtungen zur Verhinderung eines fälschlichen Deionateintrags in den Primärkreis ist die Situation in beiden Anlagen gleichwertig. Bezüglich der Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung von fälschlichen Deionateinspeisungen in den Primärkreis ist die Situation in der Anlage KKE günstiger einzuschätzen als in KWB-A. Die Anlage KKE verfügt über ein viersträngiges Zusatzboriersystem, welches im Leistungsbetrieb automatisch durch Begrenzungseinrichtungen zur Boreinspeisung angefordert wird und dadurch fälschlichen Deionateinspeisungen entgegenwirkt.

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 95/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Reaktivitätsverhalten lokaler Entborierungsvorgänge im Reaktorkern und Berechnung ausgewählter Transienten. GRS-A-2305, April 1995

/GRS 96/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Untersuchung von Ereignisabläufen bei abgeschalteter Anlage. GRS-A-2336, Juni 1996

/GRS 03/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Sicherheitstechnische Bedeutung von Zuständen bei Nicht-Leistungsbetrieb eines DWR. GRS-A-3114, Mai 2003

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 7:

„Notstromfall kürzer als zwei Stunden“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 7: „Notstromfall kürzer als zwei Stunden“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Bewertungsgegenstand 2

2.1.1 Aufbau der elektrischen Energieversorgung im Kernkraftwerk Biblis A 2

2.1.2 Aufbau der elektrische Energieversorgung im Kernkraftwerk Emsland 5

2.2 Bewertungsmerkmale 6

2.2.1 Bewertungsmerkmal 1: Aufbau und Erfüllung grundlegender Anforderungen der elektrischen Energieversorgung 6

2.2.2 Bewertungsmerkmal 2: Art und Umfang der vorgelagerten Maßnahmen zur Vermeidung eines Notstromfalls 7

2.2.3 Bewertungsmerkmal 3: Beherrschung des Notstromfalls 7

2.2.4 Bewertungsmerkmal 4: Beherrschung des Ausfalls aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen 8

2.2.5 Bewertungsmerkmal 5: Beherrschung des station blackout 8

3 Verwendete Unterlagen 9

4 Anlagenvergleich und Bewertung 12

4.1 Bewertungsmerkmal 1: Aufbau und Erfüllung grundlegender Anforderungen der elektrischen Energieversorgung 12

4.1.1 Energieversorgung im Kernkraftwerk Biblis A 12

4.1.2 Energieversorgung im Kernkraftwerk Emsland 12

4.1.3 Bewertung 13

4.2 Bewertungsmerkmal 2: Art und Umfang der vorgelagerten Maßnahmen zur Vermeidung eines Notstromfalls 13

4.2.1 Ereignis „Ausfall des Hauptnetzes“ 14

4.2.2 Ereignis „Ausfall der Blockeinspeisung“ 15

4.3 Bewertungsmerkmal 3: Beherrschung des Notstromfalls 16

4.3.1	Ereignisablauf Notstromfall im Kernkraftwerk Biblis A	16
4.3.2	Ereignisablauf Notstromfall im Kernkraftwerk Emsland	17
4.3.3	Bewertung	17
4.4	Bewertungsmerkmal 4: Beherrschung des Ausfalls aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen	17
4.4.1	Ereignisablauf „Ausfall aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen“ im Kernkraftwerk Biblis A	18
4.4.2	Ereignisablauf „Ausfall aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen“ im Kernkraftwerk Emsland	18
4.4.3	Bewertung	19
4.5	Bewertungsmerkmal 5: Beherrschung des Ereignisses station blackout	20
4.5.1	Ereignisablauf station blackout im Kernkraftwerk Biblis A	20
4.5.2	Ereignisablauf station blackout im Kernkraftwerk Emsland	21
4.5.3	Bewertung	22
5	**Gesamtbewertung**	**24**
6	**Fazit**	**26**
7	**Literatur**	**27**

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 7 „Notstromfall kürzer als zwei Stunden“ behandelt. Dies ist ein Ereignis der Sicherheitsebene 2. Aufgrund der schutzzielübergreifenden Bedeutung der Stromversorgung werden darüber hinaus auch Maßnahmen und Einrichtungen betrachtet, die den Sicherheitsebenen 1, 3 und 4 zugeordnet werden.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Bewertungsgegenstand

Entsprechend der Aufgabenstellung sollen die anlagenspezifischen Unterschiede zwischen den Kernkraftwerken Biblis A und Emsland bei der Beherrschung des Ereignisses der Sicherheitsebene 2 „Notstromfall kürzer als zwei Stunden“ ermittelt werden. Anschließend sollen die anlagenspezifischen Unterschiede einer Bewertung hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung unterzogen werden.

Bei einem Notstromfall kommt es aufgrund einer Störung außerhalb oder innerhalb des Kraftwerkgeländes zum Ausfall der Eigenbedarfsversorgung. Damit werden auch die unterlagerten Schienen der Notstromversorgung, von denen die sicherheitstechnisch wichtigen elektrischen Verbraucher gespeist werden, spannungslos. Für diesen Fall sind die sogenannten Notstromdieselaggregate vorhanden, um eine Versorgung der sicherheitstechnisch wichtigen elektrischen Verbraucher zu gewährleisten. Insofern führen die Einrichtungen der Notstromversorgung eine schutzzielübergreifende Systemfunktion aus, die zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von sicherheitstechnisch wichtigen Systemfunktionen dient.

Im Folgenden wird der Aufbau der elektrischen Energieversorgung in den Kernkraftwerken Biblis A und Emsland dargestellt.

Da in den einzelnen Unterlagen die gleichen Sachverhalte mit unterschiedlichen Begriffen belegt werden, wird in dieser Ausarbeitung zum Zweck einer einheitlichen Darstellung durchgehend der Begriff Schiene (z. B. 10-kV-Notstromschiene) an Stelle der ebenfalls üblichen Begriffe Verteilung und Schaltanlage (z. B. 10-kV-Notstromverteilung, 10-kV-Notstromschaltanlage) verwendet. Ebenso wird durchgehend von 380-V-Schienen an statt von 0,4-kV-Schienen gesprochen.

2.1.1 Aufbau der elektrischen Energieversorgung im Kernkraftwerk Biblis A

Die elektrische Energieversorgung im Kernkraftwerk Biblis A ist in die Eigenbedarfs- und Notstromversorgung unterteilt. Die sicherheitstechnisch wichtigen elektrischen Verbraucher sind der Notstromversorgung zugeordnet. Eigenbedarfs- und Notstromanlage sind, mit Ausnahme der ±24-V-Gleichstromschienen, viersträngig aufgebaut /1/,

/2/. Im bestimmungsgemäßen Betrieb werden die elektrischen Verbraucher von den vier übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen und deren untergeordneten Schienen der Eigenbedarfs- und Notstromversorgung gespeist. Zur Stromversorgung werden die folgenden Einrichtungen benutzt /1/, /2/, /3/:

- Die vier 10-kV-Eigenbedarfsschienen werden vom Blockgenerator oder aus dem 380-kV-Verbundnetz über die Eigenbedarfstransformatoren versorgt.
- Neben dem 380-kV-Hauptnetzanschluss ist ein 220-kV-Reservenetzanschluss für die Reservenetzeinspeisung vorhanden. Der Reservenetzanschluss wird von den Blöcken A und B gemeinsam genutzt. Damit können ebenfalls die vier 10-kV-Eigenbedarfsschienen versorgt werden.
- Außerdem können die 10-kV-Eigenbedarfsschienen über eine Querverbindung von den 10-kV-Eigenbedarfsschienen des Blockes B versorgt werden (10-kV-Querverbindung).
- Neben diesen Versorgungsmöglichkeiten kann der 20-kV-Netzanschluss von Block B (Ersatznotstromversorgung) über die 10-kV-Querverbindung auf die 10-kV-Eigenbedarfsschienen von Block A durchgeschaltet werden.

Den vier 10-kV-Eigenbedarfsschienen sind die vier redundanten 10-kV-Notstromschienen der Notstromversorgung strangweise zugeordnet. Jede der vier 10-kV-Notstromschienen verfügt über ein fest zugeordnetes Notstromdieselaggregat. Jeder 10-kV-Notstromschiene sind zwei 380-V-Notstromschienen unterlagert. Je eine der beiden 380-V-Notstromschienen ist mit einer 380-V-Notstromschiene des benachbarten Stranges kuppelbar /1/.

Für die unterbrechungslose Gleichspannungsversorgung sind in der Notstromanlage vier 220-V-Gleichspannungsanlagen und zwei ±24-V-Gleichspannungsanlagen vorhanden. Die 220-V-Gleichspannungsanlagen sind strangweise den kuppelbaren 380-V-Notstromschienen zugeordnet und werden über Gleichrichter von diesen versorgt. Die ±24-V-Gleichspannungsanlagen werden über Gleichrichter von den stranggebundenen 380-V-Notstromschienen aus jeweils zwei Strängen gespeist. In jeder 220-V- und ±24-V-Gleichspannungsanlage sind entsprechende Batterieanlagen zur Versorgung der Gleichspannungsanlage bei Spannungsausfall oder Störung der Gleichrichter vorhanden /1/, /2/.

Zusätzlich ist in den Strängen 2 und 3 je eine weitere ±24-V-Gleichspannungsanlage vorhanden. Die ±24-V-Gleichspannungsanlagen werden über Gleichrichter von den kuppelbaren 380-V-Notstromschienen der Stränge 2 bzw. 3 gespeist. In jeder ±24-V-Gleichspannungsanlage sind entsprechende Batterieanlagen zur Versorgung der Gleichspannungsanlage bei Spannungsausfall oder Störung der Gleichrichter vorhanden /3/, /1/.

Die unterbrechungslose Wechselspannungsversorgung erfolgt über drei gesicherte 380-V-Schienen. Die gesicherten 380-V-Schienen werden mittels rotierender Umformer gespeist, die jeweils an die 220-V-Gleichspannungsschienen zweier Strängen angeschlossen sind. Beim Ausfall eines Umformers besteht eine Versorgungsmöglichkeit der gesicherten 380-V-Schiene über die strangzugehörige, kuppelbare 380-V-Notstromschiene. Außerdem ist eine Reserveanlage mit rotierendem Umformer vorhanden, die jede der drei gesicherten 380-V-Schienen versorgen kann. Die unterbrechungslose Wechselspannungsversorgung des Prozessrechners wird über einen Wechselrichter sichergestellt, der an die 220-V-Gleichspannungsschienen zweier Stränge angeschlossen ist /1/, /2/.

Für die Beherrschung eines sogenannten Notstandfalls, d. h. eines Ereignisses mit Zerstörung eines größeren Anlagenbereichs durch bestimmte, sehr seltene Einwirkung von außen (Sicherheitsebene 4a) mit totalem Ausfall der Energie- und Speisewasserversorgung bei gleichzeitigem Notstromfall im Nachbarblock, ist das so genannte blockgemeinsame Notstandssystem vorhanden. Die Komponenten des Notstandssystems, die zur Beherrschung des Notstandfalls erforderlich sind, werden von den Schienen der Notstandsversorgung mit elektrischer Energie versorgt. Die Notstandsversorgung in Biblis A besteht aus sechs 380-V-Notstandsschienen und zwei ±24-V-Gleichspannungsanlagen (zusätzlich zu den vier ±24-V-Gleichspannungsanlagen in der Notstromversorgung). Im bestimmungsgemäßen Betrieb werden vier der sechs 380-V-Notstandsschienen von den zugehörigen 380-V-Notstromschienen gespeist, die übrigen zwei 380-V-Notstandsschienen sind an die zugehörigen gesicherten 380-V-Schienen angeschlossen. Beim Ausfall der Einspeisung von den 380-V-Notstromschienen besteht für die sechs 380-V-Notstandsschienen in Biblis A eine Umschaltmöglichkeit auf die Einspeisung vom Nachbarblock Biblis B (380-V-Blockstützung). Die ±24-V-Gleichstromanlagen werden über Gleichrichter aus den 380-V-Notstandsschienen versorgt. In jeder ±24-V-Gleichspannungsanlage sind entsprechende Batterieanlagen zur Versorgung der Gleichspannungsanlage bei Spannungsausfall oder Störung der Gleichrichter vorhanden /1/, /4/.

2.1.2 Aufbau der elektrische Energieversorgung im Kernkraftwerk Emsland

Die elektrische Energieversorgung im Kernkraftwerk Emsland ist in die Eigenbedarfs- und Notstromversorgung unterteilt. Die sicherheitstechnisch wichtigen elektrischen Verbraucher sind der Notstromversorgung zugeordnet. Eigenbedarfs- und Notstromversorgung sind viersträngig aufgebaut. Die Notstromversorgung ist in die Notstromerzeugungsanlage 1 und das Notstromnetz 1 sowie die Notstromerzeugungsanlage 2 und das Notstromnetz 2 untergliedert /6/, /7/. Im bestimmungsgemäßen Betrieb werden die elektrischen Verbraucher von den vier übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen und deren untergeordneten Schienen der Eigenbedarfs- und Notstromversorgung gespeist. Zur Stromversorgung werden die folgenden Einrichtungen benutzt /6/, /7/:

- Die vier 10-kV-Eigenbedarfsschienen werden vom Blockgenerator oder aus dem 380-kV-Verbundnetz über die Eigenbedarfstransformatoren versorgt.
- Neben dem 380-kV-Hauptnetzanschluss ist ein 110-kV-Reservenetzanschluss für die Reservenetzeinspeisung vorhanden.
- Neben diesen Versorgungsmöglichkeiten kann ein 30-kV-Netzanschluss (Drittnetzanschluss) über entsprechende Transformatoren auf die 10-kV-Notstromschienen des Notstromnetzes 1 bzw. die 380-V-Notstromschienen des Notstromnetzes 2 zugeschaltet werden.

Den vier 10-kV-Eigenbedarfsschienen sind die vier redundanten 10-kV-Notstromschienen des Notstromnetzes 1 strangweise zugeordnet. Jede der vier 10-kV-Notstromschienen verfügt über ein fest zugeordnetes Notstromdieselaggregat (Notstromerzeugungsanlage 1). Jeder 10-kV-Notstromschiene sind die 660-V und 380/220-V-Notstromschienen des Notstromnetzes 1 sowie die 380/220-V-Notstromschienen des Notstromnetzes 2 unterlagert. Die Schienen sind den jeweiligen Strängen fest zugeordnet /6/.

Für die unterbrechungslose Gleichspannungsversorgung sind in der Notstromversorgung vier 220-V-Gleichspannungsanlagen und vier ±24-V-Gleichspannungsanlagen im Notstromnetz 1 sowie vier ±24-Gleichspannungsanlagen im Notstromnetz 2 vorhanden. Die 220-V-Gleichspannungsanlagen bzw. die ±24-V-Gleichspannungsanlagen im Notstromnetz 1 sind strangweise den 660-V-Notstromschienen bzw. den 380-V-Notstromschienen im Notstromnetz 1 zugeordnet und werden über Gleichrichter von die-

sen versorgt. Die ±24-V-Gleichspannungsanlagen im Notstromnetz 2 sind strangweise den 380-V-Notstromschienen im Notstromnetz 2 zugeordnet und werden über Gleichrichter von diesen versorgt. In jeder 220-V- und ±24-V-Gleichspannungsanlage sind entsprechende Batterieanlagen zur Versorgung der Gleichspannungsanlage bei Spannungsausfall oder Störung der Gleichrichter vorhanden /7/, /6/.

Die unterbrechungslose Wechselspannungsversorgung erfolgt über vier gesicherte 380-V-Schienen. Die gesicherten 380-V-Schienen werden mittels rotierenden Umformern gespeist; die jeweils an die 220-V-Gleichspannungsschiene des zugehörigen Stranges angeschlossen sind. Beim Ausfall eines Umformers besteht eine Versorgungsmöglichkeit der gesicherten 380-V-Schiene über die strangzugehörige 380-V-Notstromschiene. Außerdem ist eine Reserveanlage mit rotierendem Umformer vorhanden, die jede der vier gesicherten 380-V-Schienen versorgen kann. Die unterbrechungslose Wechselspannungsversorgung des Prozessrechners wird über drei Wechselrichter sichergestellt, die jeweils an die 220-V-Gleichspannungsschiene eines Stranges angeschlossen sind /8/, /9/, /7/.

Jede der vier 380/220-V-Notstromschienen im Notstromnetz 2 verfügt über einen fest zugeordneten Notspeisediesel mit angekuppelter Pumpe zur Speisung der Dampferzeuger (Notstromerzeugungsanlage 2) /7/.

2.2 Bewertungsmerkmale

Zur Identifizierung und Bewertung anlagenspezifischer Unterschiede wurden die folgenden Bewertungsmerkmale herangezogen:

2.2.1 Bewertungsmerkmal 1: Aufbau und Erfüllung grundlegender Anforderungen der elektrischen Energieversorgung

Hierbei wird untersucht, inwieweit die Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung der Kernkraftwerke Biblis A und Emsland hinsichtlich Aufbau und den im Folgenden angeführten grundlegenden Anforderungen gemäß KTA-3701 /KTA 99/ und den spätestens mit dem Protokoll zur 218. Sitzung der Reaktorsicherheitskommission dokumentierten Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission /RSK 88/ entsprechen. Danach werden an die Einrichtungen zur elektrischen Energieversorgung folgende grundlegende Anforderungen gestellt:

- Ein Blockgenerator sowie ein Haupt- und Reservenetzanschluss zur Versorgung der Eigenbedarfsanlage. Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sind Haupt- und Reservenetzanschluss an unterschiedlichen Spannungsebenen anzubinden. (Einrichtungen der Sicherheitsebene 1 und 2)

- Um die Anforderungshäufigkeit der Notstromerzeugungsanlagen zu minimieren sind als vorgelagerte automatische Maßnahmen der Lastabwurf auf Eigenbedarf und eine Umschaltung auf das Reservenetz vorzusehen. (Maßnahmen der Sicherheitsebene 2)

- Notstromanlagen zur Versorgung der Notstromverbraucher bei Unverfügbarkeit der Eigenbedarfsanlagen, deren Inbetriebnahme und Zuschaltung im Anforderungsfall automatisch erfolgt. (Einrichtungen der Sicherheitsebenen 2 und 3)

- Mindestens eine weitere Einspeisemöglichkeit über ein erdverlegtes Kabel sowie die Vorhaltung von Energiespeichern zur Sicherstellung der Gleichstromversorgung über mindestens zwei Stunden, um den Ausfall der elektrischen Energieversorgung einschließlich der Notstromerzeugungsanlagen (station blackout) zu beherrschen. (Einrichtungen der Sicherheitsebene 4)

2.2.2 Bewertungsmerkmal 2: Art und Umfang der vorgelagerten Maßnahmen zur Vermeidung eines Notstromfalls

Als Ergänzung zum Bewertungsmerkmal 1, in dem nur das Vorhandensein der vorgelagerten Maßnahmen Lastabwurf auf Eigenbedarf und Reservenetzumschaltung überprüft wird, werden in diesem Bewertungsmerkmal Art und Umfang der in beiden Anlagen vorhandenen vorgelagerten Maßnahmen zur Vermeidung eines Notstromfalls bei einer Störung des Hauptnetzes bzw. beim Ausfall der Blockeinspeisung (Ereignisse der Sicherheitsebene 2) betrachtet. Die Betrachtung erfolgt ausgehend vom ungestörten Leistungsbetrieb der Anlage.

2.2.3 Bewertungsmerkmal 3: Beherrschung des Notstromfalls

Die Aufgabe der Notstromversorgung ist die Sicherstellung der elektrischen Energieversorgung der sicherheitstechnisch wichtigen elektrischen Verbraucher. Wird diese Aufgabe auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 durch die dafür vorgesehenen Einrichtun-

gen (Blockgenerator, Haupt-/Reservenetz) nicht mehr erfüllt, werden die Notstromdieselaggregate angefordert. In diesem Bewertungsmerkmal werden Art und Umfang der Maßnahmen zur Beherrschung eines Notstromfalls betrachtet. Die Betrachtung erfolgt ausgehend vom ungestörten Leistungsbetrieb der Anlage.

2.2.4 Bewertungsmerkmal 4: Beherrschung des Ausfalls aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen

Wird die Notstromversorgung durch die Notstromdieselaggregate bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen aufgrund eines postulierten Ausfalls aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen (Ereignis der Sicherheitsebene 4) nicht mehr sichergestellt kann dies die Verletzung von Schutzzielen zur Folge haben. Deshalb werden von uns zur Auslotung der anlagenspezifisch vorhandenen Reserven im Rahmen dieses Bewertungsmerkmals die anlagenspezifisch vorhandenen Reserven und Ersatzmaßnahmen beim Ausfall aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen analysiert.

2.2.5 Bewertungsmerkmal 5: Beherrschung des station blackout

Ebenso wird als weiteres Bewertungsmerkmal das postulierte Ereignis der Sicherheitsebene 4 station blackout betrachtet, um die anlagenspezifischen Unterschiede bei der Beherrschung des station blackout zu analysieren. Beim station blackout sind definitionsgemäß alle nicht batterieversorgten Schienen des jeweils betrachteten Blockes für bis zu zwei Stunden ausgefallen.

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/1/ Kernkraftwerk Biblis Block A, PSÜ, Anlagenbeschreibung, Band 3, Kapitel 5 „Elektrotechnische Anlagen“, PSÜ-Nr. I, Stand: Rev. a 13.03.2003

/2/ Kernkraftwerk Biblis Block A, PSA, Systemfehlerbäume Energieversorgung, Kapitel 1 „Aufgaben und Anforderungen“, PSA-Nr. III.3/3-EB, Stand: 06.12.2001

/3/ Kernkraftwerk Biblis Block A, PSÜ, Systembewertung Elektrischer Eigenbedarf/Notstromversorgung, PSÜ-Nr. III.1/2/EB, Stand: 01.12.2001

/4/ Kernkraftwerk Biblis Block A, PSÜ, Systembewertung Notstandssystem RX und Zusätzliches Sekundäreinspeisesystem RZ, PSÜ-Nr. III.1/2/RXRZ, Stand: 13.12.2001

/5/ Kernkraftwerk Biblis Block A, PSÜ, Störfallablaufbewertung Ausfall Eigenbedarf (Notstromfall), PSÜ-Nr. III.1/1/1.4, Stand: 23.11.2001

/6/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi, Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, Kapitel 5.4.12 „Elektrische Energieversorgung“, PSÜ Konvoi 09/2001, September 2001

/7/ GKN II, Periodische Sicherheitsüberprüfung 1989 – 1998, Kapitel 2.5.1.16 „Sicherheitsstatusanalyse: Stromversorgung“, Bericht-Nr. KWU NDS4/97/001, 1998/2001

/8/ Kernkraftwerk Emsland, Betriebshandbuch Teil 5 „KMA/RMA-Störungsmeldungen: BRT Umformer (rotierend)“, Stand: Index a

/9/ Kernkraftwerk Emsland, Betriebshandbuch Teil 5 „KMA/RMA-Störungsmeldungen: BRU Umformer (statisch), Wechselrichter“, Stand: Index a

/10/ Kernkraftwerk Emsland, Betriebshandbuch Teil 2, Kapitel 4.4 „Betrieb der Gesamtanlage: Notstromfall“, Stand: Index c

/11/ Kernkraftwerk Emsland, Betriebshandbuch Teil 2, Kapitel 4.1 „Betrieb der Gesamtanlage: Lastabwurf auf Eigenbedarf“, Stand: Index j

/12/ Kernkraftwerk Emsland, Betriebshandbuch Teil 2, Kapitel 4.3 „Betrieb der Gesamtanlage: Ausfall der Blockeinspeisung“, Stand: Index b

/13/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi; Konvoi Anlagen – Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, Kapitel 5.3.4.1 „Station Blackout“, September 2001

/14/ GKN II; Periodische Sicherheitsüberprüfung 1989 – 1998; Kapitel 2 „Sicherheitsstatusanalyse“, Abschnitt 2.4.4 „Schutzzielübergreifende Sicherheitsfunktion“, Bericht-Nr. KWU NDS4/97/001, 1998/2001

/15/ Kernkraftwerk Emsland, Notfallhandbuch, Kapitel 4.1 „Herstellung der 3. Netzeinspeisung“, Stand: Index 0

/16/ Kernkraftwerk Biblis A, Betriebshandbuch Kapitel 12.02.09 „Betriebliche Störungen und Störfälle: Ausfall Blockeinspeisung (Reservenetzumschaltung)“, Stand: 28.06.1999

/17/ Kernkraftwerk Biblis A, Betriebshandbuch Kapitel 12.02.01.01 „Betriebliche Störungen und Störfälle: Eigenbedarf (Notstrom)“, Stand: 04.05.1999

/18/ Kernkraftwerk Biblis A, Betriebshandbuch Kapitel 12.02.01.02 „Betriebliche Störungen und Störfälle: Maßnahmen zur Aktivierung von Ersatznotstromeinspeisung“, Stand: 08.12.2000

/19/ GKN II; Periodische Sicherheitsüberprüfung 1989 – 1998; Kapitel 2.3.2.6.1 „Sicherheitsstatusanalyse: Notstromfall“, Bericht-Nr. KWU NDS4/97/001, 1998/2001

/20/ Kernkraftwerk Biblis Block A, PSÜ, Auslegungsüberschreitende Anlagenzustände, Kapitel 3.3 „Ausfall der gesamten Drehstromversorgung soweit nicht batterieversorgt für eine Zeitdauer bis zu 2 Stunden“, PSÜ-Nr. III.1/4, Stand: 29.06.2001

/21/ Kernkraftwerk Emsland, Betriebshandbuch Teil 3, Kapitel 2.3 „Störfallleitschema Schutzzielkontrolle“, Stand: Index c

/22/ Kernkraftwerk Biblis A, Betriebshandbuch Kapitel 12.02.17 „10BD - Umschalten von EB-Trafo auf Block B Einspeisung“, Stand: 02.05.1995

/23/ Kernkraftwerk Biblis A, Betriebshandbuch Kapitel 12.02.17 „10BA - Umschalten von EB-Trafo auf Block B Einspeisung“, Stand: 22.05.1995

/24/ Kernkraftwerk Biblis A, Betriebshandbuch Kapitel 12.02.17 „10BB - Umschalten von EB-Trafo auf Block B Einspeisung“, Stand: 22.05.1995

/25/ Kernkraftwerk Biblis A, Betriebshandbuch Kapitel 12.02.17 „10BC - Umschalten von EB-Trafo auf Block B Einspeisung“, Stand: 22.05.1995

- Kategorie 3

/26/ RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007

4 Anlagenvergleich und Bewertung

4.1 Bewertungsmerkmal 1: Aufbau und Erfüllung grundlegender Anforderungen der elektrischen Energieversorgung

4.1.1 Energieversorgung im Kernkraftwerk Biblis A

Im Kernkraftwerk Biblis A erfolgt im Normalfall die Versorgung der übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen und der unterlagerten Eigenbedarfs- und Notstromschienen über den Blockgenerator. Der Hauptnetzanschluss bindet die Anlage in das 380-kV-Verbundnetz ein. Daneben ist im Kernkraftwerk Biblis A ein 220-kV-Reservenetzanschluss vorhanden, über den im Bedarfsfall eine Einspeisung auf die übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen erfolgt. Die Leistung des Reservenetzanschlusses ist so ausgelegt, dass darüber das Abfahren unter Erhaltung der Hauptwärmesenke möglich ist /3/.

Zur Umschaltung auf den Reservenetzanschluss bzw. zum Lastabwurf auf Eigenbedarf sind im Kernkraftwerk Biblis A entsprechende Automatiken vorhanden /3/.

Im Notstromfall werden die Notstromdiesel über das Kriterium Unterspannung bzw. Unterfrequenz auf den 10-kV-Notstromschienen automatisch gestartet und zugeschaltet. Zur Versorgung der erforderlichen sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher sind zwei Notstromdieselaggregate ausreichend (vorhandene Einrichtungen: 4×50%) /3/.

Über den 20-kV-Netzanschluss von Block B ist eine weitere Einspeisemöglichkeit über ein im Nahbereich unterirdisch verlegtes Kabel gegeben. Dieser ist so dimensioniert, dass zwei für die Nachwärmeabfuhr von Biblis A erforderliche Nachkühlstränge betrieben werden können. Die Batteriekapazität beträgt für anlageninterne Notfallmaßnahmen zwei bis drei Stunden /3/.

4.1.2 Energieversorgung im Kernkraftwerk Emsland

Im Kernkraftwerk Emsland erfolgt im Normalfall die Versorgung der übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen und der unterlagerten Eigenbedarfs- und Notstromschienen über den Blockgenerator. Der Hauptnetzanschluss bindet die Anlage in das 380-kV-Verbundnetz ein. Daneben ist im Kernkraftwerk Emsland ein 110-kV-Reservenetz-

anschluss vorhanden, über den im Bedarfsfall über die Reservetransformatoren eine Einspeisung auf die übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen erfolgt. Dieser ist so dimensioniert, dass darüber das Abfahren der Anlage unter Erhaltung der Hauptwärmesenke möglich ist /7/.

Zur Umschaltung auf den Reservenetzanschluss bzw. zum Lastabwurf auf Eigenbedarf sind im Kernkraftwerk Emsland entsprechende Automatiken vorhanden /7/.

Im Notstromfall werden die Notstromdiesel über das Kriterium Unterspannung bzw. Unterfrequenz auf den 10-kV-Notstromschienen automatisch gestartet und zugeschaltet. Zur Versorgung der erforderlichen sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher sind zwei Notstromdieselaggregate ausreichend (vorhandene Einrichtungen: 4×50%) /6/, /7/.

Über den 30-kV-Netzanschluss ist eine weitere Einspeisemöglichkeit über eine Kabelverbindung gegeben. Dessen Leistung ist für die Durchschaltung von maximal zwei Strängen der Notstromversorgung dimensioniert. Die Batterien der Notstromversorgung sind für eine Entladezeit von mindestens zwei Stunden ausgelegt /6/, /14/, /15/.

4.1.3 Bewertung

Beide Anlagen weisen die nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen grundlegenden Versorgungsmöglichkeiten und Automatiken auf. Hinsichtlich des Aufbaus und der Erfüllung grundlegender Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in den Kernkraftwerken Biblis A und Emsland ergeben sich keine relevanten Unterschiede.

4.2 Bewertungsmerkmal 2: Art und Umfang der vorgelagerten Maßnahmen zur Vermeidung eines Notstromfalls

Zur Vermeidung eines Notstromfalls bei den postulierten Ereignissen „Ausfall des Hauptnetzes“ und „Ausfall der Blockeinspeisung“ sind in beiden Anlagen als automatische Maßnahmen der Lastabwurf auf Eigenbedarf bzw. eine Umschaltung auf das Reservenetz vorgesehen. Zur Ermittlung der anlagenspezifischen Unterschiede bezüglich Art und Umfang dieser vorgelagerten Maßnahmen werden in diesem Abschnitt ausge-

hend vom Ereignis „Ausfall des Hauptnetzes“ bzw. „Ausfall der Blockeinspeisung“ die jeweiligen Ereignisabläufe gegenübergestellt und anschließend bewertet.

4.2.1 Ereignis „Ausfall des Hauptnetzes“

Durch das postulierte Ereignis „Ausfall des Hauptnetzes“ ist das Hauptnetz nicht mehr verfügbar (Ereignis der Sicherheitsebene 2).

4.2.1.1 Ereignisablauf „Ausfall des Hauptnetzes“ im Kernkraftwerk Biblis A

Durch den Ausfall des Hauptnetzes wird automatisch eine Leistungsreduzierung, der sogenannte Lastabwurf auf Eigenbedarf, vorgenommen. Die Versorgung der übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen, und damit auch die Versorgung der unterlagerten Eigenbedarfs- und Notstromschienen, erfolgt während des gesamten Ereignisverlaufs über den Blockgenerator /1/.

4.2.1.2 Ereignisablauf „Ausfall des Hauptnetzes“ im Kernkraftwerk Emsland

Durch den Ausfall des Hauptnetzes wird automatisch eine Leistungsreduzierung, der sogenannte Lastabwurf auf Eigenbedarf, vorgenommen. Die Versorgung der übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen, und damit auch die Versorgung der unterlagerten Eigenbedarfs- und Notstromschienen, erfolgt während des gesamten Ereignisverlaufs über den Blockgenerator /11/.

4.2.1.3 Bewertung

In beiden Anlagen wird beim Ausfall des Hauptnetzes automatisch ein Lastabwurf auf Eigenbedarf durchgeführt. Aus den der Bewertung zu Grunde liegenden Unterlagen ergeben sich keine anlagenspezifischen Unterschiede. Vorhandene anlagenspezifische Unterschiede könnten nur durch eine detaillierte Analyse weiterer Unterlagen (z. B. Funktionsschaltpläne, Abzweigkennblätter) ermittelt werden.

4.2.2 Ereignis „Ausfall der Blockeinspeisung“

Beim Ausfall der Blockeinspeisung sind Hauptnetz und Blockgenerator nicht mehr verfügbar (Ereignis der Sicherheitsebene 2).

4.2.2.1 Ereignisablauf „Ausfall der Blockeinspeisung“ im Kernkraftwerk Biblis A

Durch den Ausfall der Blockeinspeisung wird automatisch eine Umschaltung der 10-kV-Eigenbedarfsschienen auf die Einspeisung vom 220-kV-Reservenetzanschluss durchgeführt. In Abhängigkeit der Phasenlage erfolgt die Umschaltung auf das Reservenetz in Kurz- oder Langzeit. Erfolgt die Umschaltung in Kurzzeit, werden automatisch eine Leistungsreduzierung und die Abschaltung bestimmter Verbraucher durchgeführt. Wird die Umschaltung in Langzeit durchgeführt, erfolgt bis auf wenige Ausnahmen die automatische Abschaltung aller 10-kV- und 380-V-Verbraucher und nach der Umschaltung die automatische Wiederzuschaltung der 380-V-Verbraucher. Von den 10-kV-Verbrauchern müssen eine Hauptkühlmittelpumpe und eine Volumenregelsystempumpe nach der Umschaltung von Hand in Betrieb genommen werden. Außerdem hat der Spannungsabfall auf den Eigenbedarfsschienen bis zur Durchführung der Langzeitumschaltung den Drehzahlabfall der Hauptkühlmittelpumpen zur Folge, wodurch über das Kriterium „Drehzahl Hauptkühlmittelpumpen < MIN“ die Reaktorschnellabschaltung durch das Reaktorschutzsystem ausgelöst wird /16/.

4.2.2.2 Ereignisablauf „Ausfall der Blockeinspeisung“ im Kernkraftwerk Emsland

Durch den Ausfall der Blockeinspeisung wird automatisch eine Umschaltung der 10-kV-Eigenbedarfsschienen auf die Einspeisung vom 110-kV-Reservenetzanschluss durchgeführt. In Abhängigkeit der Phasenlage erfolgt die Umschaltung auf das Reservenetz in Kurz- oder Langzeit. Erfolgt die Umschaltung in Kurzzeit, werden automatisch eine Leistungsreduzierung und die Abschaltung bestimmter Verbraucher durchgeführt. Wird die Umschaltung in Langzeit durchgeführt, werden durch betriebliche Automatiken bis auf wenige Ausnahmen alle Wechselstromverbraucher abgeschaltet und nach der Umschaltung gestaffelt wieder zugeschaltet. Außerdem hat der Spannungsabfall auf den Eigenbedarfsschienen bis zur Durchführung der Langzeitumschaltung den Drehzahlabfall der Hauptkühlmittelpumpen zur Folge, wodurch über das Kriterium „Drehzahl

Hauptkühlmittelpumpen < MIN“ die Reaktorschnellabschaltung durch das Reaktorschutzsystem ausgelöst wird /12/.

4.2.2.3 Bewertung

In beiden Anlagen erfolgt beim Ausfall der Blockeinspeisung eine automatische Umschaltung auf den Reservenetzanschluss. Die Umschaltung wird dabei in Abhängigkeit der Phasenlage als Kurz- bzw. Langzeitumschaltung ausgeführt. Hieraus ergeben sich keine Unterschiede.

Anlagenspezifische Unterschiede ergeben sich hinsichtlich der Ab- und Zuschaltung von Verbrauchern im Rahmen der Reservenetzumschaltung (Handzuschaltung der benötigten 10-kV-Verbraucher in KWB-A; automatische Zuschaltung der benötigten 10-kV-Verbraucher in KKE). Diese Unterschiede haben keinen Einfluss auf die Vermeidung eines Notstromfalls. Eine Bewertung der vorhanden anlagenspezifischen Unterschiede hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den verfahrenstechnischen Ablauf ist nur durch eine detaillierte Untersuchung der Zuverlässigkeit der jeweiligen Umschalteinrichtung möglich.

4.3 Bewertungsmerkmal 3: Beherrschung des Notstromfalls

Zur Beherrschung des postulierten Ereignisses Notstromfall sind in beiden Anlagen die Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen vorhanden. Werden die Notstromdieselaggregate aufgrund der Spannungslosigkeit auf 10-kV-Notstromschienen angefordert, befindet sich die Anlage im Notstromfall.

Ein Notstromfall könnte beispielsweise durch eine Turbinenschnellabschaltung bei gleichzeitig fehlgeschlagener Reservenetzumschaltung eintreten.

4.3.1 Ereignisablauf Notstromfall im Kernkraftwerk Biblis A

Im Kernkraftwerk Biblis A werden im Notstromfall, d. h. bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen, über Unterspannung bzw. Unterfrequenz auf den 10-kV-Notstromschienen vom Reaktorschutz automatisch die 10-kV-Verbraucher der Notstromschienen abgeschaltet, die 10-kV-Notstromschienen ober- und unterspannungsseitig abgetrennt und die Notstromdieselaggregate gestartet und zugeschaltet. Nach

der Spannungswiederkehr auf den 10-kV-Notstromschienen werden die Notstromverbraucher durch ein Wiederzuschaltprogramm gestartet /1/, /5/.

4.3.2 Ereignisablauf Notstromfall im Kernkraftwerk Emsland

Im Kernkraftwerk Emsland werden im Notstromfall, d. h. bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen, über Unterspannung bzw. Unterfrequenz auf den 10-kV-Notstromschienen vom Reaktorschutz automatisch die 10-kV-Verbraucher der Notstromschienen abgeschaltet, die 10-kV-Notstromschienen ober- und unterspannungsseitig abgetrennt und die Notstromdieselaggregate gestartet und zugeschaltet. Nach dem Anlaufen der Notstromdieselaggregate werden die Notstromverbraucher über ein Belastungsprogramm gestaffelt freigegeben und zugeschaltet, wenn die jeweiligen Verbraucher vor Ereigniseintritt zugeschaltet waren oder während des Ereignisablaufs angefordert werden /10/.

4.3.3 Bewertung

In beiden Anlagen erfolgt im Notstromfall eine automatische Abschaltung der von den 10-kV-Notstromschienen versorgten 10-kV-Verbraucher, sowie eine Abtrennung der 10-kV-Notstromschienen. Inwieweit anlagenspezifische Unterschiede hinsichtlich der Wiederzuschaltung der Notstromverbraucher nach dem automatischen Start und der Zuschaltung der 10-kV-Notstromdieselaggregate bestehen, kann an Hand der vorliegenden Unterlagen nicht bewertet werden.

4.4 Bewertungsmerkmal 4: Beherrschung des Ausfalls aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen

Durch das postulierte Ereignis „Ausfall aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen“ erfolgt im Notstromfall, d. h. bei Unterspannung bzw. Unterfrequenz auf den 10-kV-Notstromschienen, aufgrund unterstellter Ausfälle keine Zuschaltung der Notstromdieselaggregate (Ereignis der Sicherheitsebene 4). Damit bleiben die 10-kV-Notstromschienen nach Ereigniseintritt spannungslos.

Ein solches Ereignis könnte beispielsweise durch eine übergreifende Einwirkung von außen oder einen gemeinsam verursachten Ausfall verursacht werden.

4.4.1 Ereignisablauf „Ausfall aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen“ im Kernkraftwerk Biblis A

Durch den Ausfall der Notstromdieselaggregate im Anforderungsfall sind nach Ereigniseintritt in der Notstromversorgung alle Schienen bis auf die gesicherten 380-V-Schienen und die Gleichspannungsschienen spannungslos. In der Notstandsversorgung erfolgt aufgrund der Spannungslosigkeit eine automatische Umschaltung der vier 380-V-Notstandsschienen, die im bestimmungsgemäßen Betrieb von den 380-V-Notstromschienen gespeist werden, auf die Versorgung vom Nachbarblock Biblis B (380-V-Blockstützung). Die zwei 380-V-Notstandsschienen, die von gesicherten 380-V-Schienen gespeist werden, sind ununterbrochen verfügbar. Ebenso sind die Gleichspannungsschienen der Notstandsversorgung ununterbrochen verfügbar.

In dem vorliegenden Anlagenzustand ist aufgrund des Kriteriums „Mehr als zwei Stränge der Notstromversorgung ausgefallen“ gemäß dem Betriebshandbuch ein Einspeisepfad über die strangzugehörigen 10-kV-Schienen der Eigenbedarfsversorgung herzustellen. Dazu ist je nach Verfügbarkeit, das Haupt-, das Reservenetz oder die 10-kV-Querverbindung vom Nachbarblock manuell auf die 10-kV-Eigenbedarfsschienen durchzuschalten /17/, /18/.

4.4.2 Ereignisablauf „Ausfall aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen“ im Kernkraftwerk Emsland

Durch den Ausfall der Notstromdieselaggregate im Anforderungsfall sind nach Ereigniseintritt im Notstromnetz 1 nur die gesicherten 380-V-Schienen sowie die 220-V- und ±24-V-Gleichspannungsschienen verfügbar.

Auf den 380/220-V-Notstromschienen des Notstromnetzes 2 stehen nach Ereigniseintritt aufgrund der Spannungslosigkeit im Notstromnetz 1 weiterhin die Notstromkriterien Unterspannung bzw. Unterfrequenz an. Dadurch werden vom Reaktorschutz automatisch die elektrischen Verbraucher der 380/220-V-Notstromschienen im Notstromnetz 2

abgeschaltet, die 380/220-V-Notstromschienen ober- und unterspannungsseitig abgetrennt und die Notspeisediesel gestartet und zugeschaltet. Nach dem Anlaufen der Notspeisediesel werden die Verbraucher über ein Belastungsprogramm gestaffelt freigegeben und zugeschaltet, wenn die jeweiligen Verbraucher vor Ereigniseintritt zugeschaltet waren oder während des Ereignisablaufs angefordert werden /7/.

Somit übernimmt beim Ausfall der Versorgung einer 380/220-V-Notstromverteilung im Notstromnetz 2 der zugehörige Notspeisediesel ersatzweise die Stromversorgung für den betroffenen Strang des Notstromnetzes 2. Dadurch sind sicherheitstechnisch wichtige elektrische Verbraucher, die an das Notstromnetz 2 angeschlossen sind, verfügbar /19/.

4.4.3 Bewertung

In beiden Anlagen sind Einrichtungen und Maßnahmen zur Beherrschung des postulierten Ereignisses „Ausfall der Notstromdieselaggregate im Anforderungsfall“ vorhanden.

Im Kernkraftwerk Biblis A ist gemäß Betriebshandbuch von Hand eine Ersatzeinspeisung auf die übergeordneten 10-kV-Eigenbedarfsschienen vom Haupt- bzw. Reservenetz oder von den 10-kV-Eigenbedarfsschienen vom Nachbarblock Biblis B (10-kV-Querverbindung) durchzuschalten. Damit können bei Bedarf grundsätzlich alle Verbraucher bis auf die Hauptspeisewasserpumpen /22, 23, 24, 25/ wieder in Betrieb genommen werden und es stehen je nach Ereignisablauf die verschiedenen erforderlichen Systeme zur Verfügung. Es besteht u. a. die Möglichkeit die Hauptwärmesenke wieder in Betrieb zu nehmen. Die Dampferzeugerspeisung ist über die beiden Notspeisepumpen mit Elektroantrieb sichergestellt.

Im Kernkraftwerk Emsland werden automatisch die Notspeisediesel gestartet, wodurch die Versorgung der elektrischen Verbraucher des Notstromnetzes 2 gewährleistet wird. In diesem Fall stehen neben den dieselgetriebenen Notspeisepumpen nur die Einrichtungen des Notstandssystem zur Verfügung.

Damit bestehen zwischen den beiden Anlagen Unterschiede in der Art der Zuschaltung und der Verfügbarkeit der verfahrenstechnischen Systeme. Eine Abwägung dieser Unterschiede ist im Rahmen dieser deterministischen Untersuchung nicht möglich.

4.5 Bewertungsmerkmal 5: Beherrschung des Ereignisses station blackout

Beim postulierten Ereignis station blackout sind definitionsgemäß alle nicht batterieversorgten Schienen des jeweils betrachteten Blockes für bis zu zwei Stunden ausgefallen (Ereignis der Sicherheitsebene 4). Dazu müssen im Vorfeld der Lastabwurf auf Eigenbedarf und die Reservenetzumschaltung als Maßnahmen zur Vermeidung eines Notstromfalls fehlgeschlagen sein. Außerdem müssen alle vier Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen ausgefallen sein. Die weiterhin postulierten Ausfälle bzw. Unverfügbarkeiten sind, ebenso wie die vorgesehenen Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung des station blackout, anlagenspezifisch stark unterschiedlich.

So sind im Kernkraftwerk Biblis A die 10-kV-Querverbindung zum Nachbarblock und die Ersatznotstromversorgung über den 20-kV-Netzanschluss von Block B definitionsgemäß nicht verfügbar. Die Wiederherstellung der Energieversorgung erfolgt gemäß den vorgesehenen Maßnahmen zur Ereignisbeherrschung, indem innerhalb von zwei Stunden der 380-kV-Hauptnetzanschluss, auf den u. a. ein Pumpspeicherkraftwerk von der Hauptschaltleitung Brauweiler geschaltet werden kann, wieder verfügbar ist und zugeschaltet wird.

Dagegen sind im Kernkraftwerk Emsland Haupt- und Reservenetzanschluss definitionsgemäß nicht verfügbar. Außerdem sind alle vier Notspeisediesel (Notstromerzeugungsanlage 2) ausgefallen. Die Wiederherstellung der Energieversorgung erfolgt gemäß den vorgesehenen Maßnahmen zur Ereignisbeherrschung über die Zuschaltung des 30-kV-Netzanschlusses.

4.5.1 Ereignisablauf station blackout im Kernkraftwerk Biblis A

Nach Ereigniseintritt sind in der Eigenbedarfs- und Notstromversorgung alle Schienen bis auf die gesicherten 380-V-Schienen und die Gleichspannungsschienen spannungslos. In der Notstandsversorgung erfolgt aufgrund der Spannungslosigkeit eine automatische Umschaltung der vier 380-V-Notstandsschienen, die im Normalbetrieb von den 380-V-Notstromschienen gespeist werden, auf die Versorgung vom Nachbarblock Biblis B (380-V-Blockstützung). Die zwei 380-V-Notstandsschienen, die von gesicherten 380-V-Schienen gespeist werden, sind ununterbrochen verfügbar. Ebenso sind die Gleichspannungsschienen der Notstandsversorgung ununterbrochen verfügbar. Damit

bleiben die Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen für das Reaktorschutzsystem funktionsfähig /20/.

Über das weiterhin verfügbare sekundäre Einspeisesystem RZ ist die Bespeisung von zwei Dampferzeugern sichergestellt. Das verfügbare Notstandssystem RX ist ebenfalls in der Lage, die für die autarke Nachzerfallswärmeabfuhr ≤ 10 Stunden und die für das Abfahren erforderliche Bespeisung von zwei Dampferzeugern zu übernehmen. Ebenso ist die Füllstandshaltung und Aufborierung des Reaktorkühlsystems sowie die Stromversorgung der benötigten elektrischen Verbraucher über das Notstandssystem RX gewährleistet /4/.

Da der Schutzzielparameter „Mindestens eine von vier Notstromschienen < 0,8 Nennspannung“ verletzt ist, wird in das Kapitel „Maßnahmen zur Sicherstellung schutzzielübergreifender Versorgungsfunktionen“ des Betriebshandbuchs übergangen. Die darin angeführten Maßnahmen zur Wiederherstellung der elektrischen Energieversorgung (Überprüfung, ob alle Notstromschienen spannungslos bleiben; Wiederherstellung der 10-kV-Querverbindung zum Nachbarblock Biblis B; Ersatznotstromversorgung über 20-kV-Netzanschluss) sind definitionsgemäß nicht erfolgreich. Damit erfolgt der Einstieg in das Kapitel „Aufbau der Eigenbedarfsversorgung nach einer Netzstörung“ des Notfallhandbuchs. Da darin aufgeführten Maßnahmen haben die Wiederherstellung der Versorgung der Eigenbedarfs- und Notstromschienen und die Versorgung der Gleichstromschienen aus dem 380-kV-Netz über einen Maschinentransformator zum Ziel. Die Notfallmaßnahme ist wirksam, wenn innerhalb von zwei Stunden mindestens zwei Notstromschienen wieder unter Spannung stehen /20/.

Nach Wiederherstellung der Energieversorgung über einen Maschinentransformator können grundsätzlich alle Verbraucher wieder in Betrieb genommen werden und es stehen je nach Ereignisablauf die verschiedenen erforderlichen Systeme zur Verfügung.

4.5.2 Ereignisablauf station blackout im Kernkraftwerk Emsland

Nach Ereigniseintritt sind mit Ausnahme der gesicherten 380-V-Schienen und der Gleichstromschienen alle Schienen der Eigenbedarfs- und Notstromversorgung spannungslos. Damit bleiben die Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen für das Reaktorschutzsystem funktionsfähig, die Dampferzeugerbespeisung ist ausgefallen /13/.

Über den Schutzzielparameter „Notstromnetz 1 und 2 sowie Eigenbedarfsversorgung länger als 20 min nicht verfügbar“ erfolgt der Einsteig in das Kapitel „Herstellung der 3. Netzeinspeisung“ des Notfallhandbuchs. Die darin aufgeführten Maßnahmen haben die Durchschaltung der 3. Netzeinspeisung auf zwei Stränge der Notstromversorgung zum Ziel. Dabei ist aufgrund der begrenzten Leistung der Drittnetzeinspeisung ein Strang für die verfahrenstechnische Nutzung (eine Notspeisepumpe und eine Sicherheitseinspeisepumpe) zu verwenden, der zweite Strang zur Versorgung der elektro- und leittechnischen Einrichtungen /15/, /21/.

4.5.3 Bewertung

Die Voraussetzungen zum station blackout sind in beiden Anlagen unterschiedlich, so sind in Biblis A die 10-kV-Querverbindung zum Nachbarblock und die Ersatznotstromversorgung über den 20-kV-Netzanschluss von Block B definitionsgemäß nicht verfügbar. Ebenso sind die 10-kV-Notstromdiesel nicht verfügbar. Demgegenüber gelten in Emsland der Haupt- und Reservenetzanschluss als nicht verfügbar. Ebenso sind die 10-kV-Notstromdiesel und die Notspeisediesel nicht verfügbar.

In beiden Anlagen sind Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung des Ereignisses station blackout vorhanden. Im Kernkraftwerk Biblis A sind mit dem blockgemeinsamen Notstandssystem Einrichtungen zur Beherrschung des Ausfalls der Energie- und Speisewasserversorgung vorhanden, die beim station blackout vom Nachbarblock mit elektrischer Energie versorgt werden (380-V-Blockstützung).

Im Folgenden wird für beide Anlagen keine Bewertung der Handmaßnahmen, die zur Wiederherstellung der Energieversorgung notwendig sind, vorgenommen. Hierzu sind umfassende Analysen notwendig, die den Rahmen dieses Vorhabens sprengen. Ebenso kann für beide Anlagen der Ablauf nicht bewertet werden, der sich verfahrenstechnisch für den Zeitraum zwischen Ereigniseintritt und Wiederherstellung der Energieversorgung einstellt. Hierzu sind anlagenspezifische verfahrenstechnische und thermohydraulische Analysen notwendig, die den Rahmen dieses Vorhabens überschreiten.

Nach Wiederherstellung der Energieversorgung können in Biblis A grundsätzlich alle Verbraucher wieder in Betrieb genommen werden und es stehen je nach Ereignisablauf die verschiedenen erforderlichen Systeme zur Verfügung. In Emsland ist nur ein Strang der Notstromversorgung für die verfahrenstechnische Nutzung (Notspeisepum-

pe/Sicherheitseinspeisepumpe) verfügbar, ein zweiter Strang der Notstromversorgung wird zur Versorgung der elektro- und leittechnischen Einrichtungen verwendet.

Die Anlage Biblis A hat wegen der breiten Verfügbarkeit der verfahrenstechnischen Systeme nach Wiederherstellung der Energieversorgung sicherheitstechnische Vorteile.

5 Gesamtbewertung

Die grundlegenden Anforderungen an die elektrischen Einrichtungen eines Kernkraftwerkes nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik wurden aus der KTA-Regel 3701 /KTA 99/ und den spätestens mit dem Protokoll zur 218. Sitzung der Reaktorsicherheitskommission dokumentierten Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission /RSK 88/ entnommen. Neben dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik wurden als weitere Bewertungsmerkmale die anlagenspezifisch vorhandenen vorgelagerten Maßnahmen zur Vermeidung eines Notstromfalls sowie die anlagenspezifischen Unterschiede bei der Beherrschung ausgewählter Ereignisse verwendet. Die Identifizierung und Bewertung anlagenspezifischer Unterschiede und Reserven erfolgte anhand der in Kapitel 2 aufgeführten Bewertungsmerkmale.

Eine Bewertung der im Rahmen der Untersuchung festgestellten anlagenspezifischen Unterschiede in den vorgesehenen Maßnahmen sowie verfahrens- und elektrotechnischen Einrichtungen und Reserven hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau der jeweiligen Anlage ist aus unserer Sicht im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nur eingeschränkt möglich.

Wesentliche anlagenspezifische Unterschiede sind das Notstromnetz 2 mit den zugehörigen Notspeisedieseln im Kernkraftwerk Emsland sowie die Möglichkeit der 380-V-Blockstützung im Kernkraftwerk Biblis A. Die Möglichkeit der 380-V-Blockstützung ist im Kernkraftwerk Emsland, da dieses im Gegensatz zu Biblis keine Doppelblockanlage ist, nicht vorhanden. Ein weiterer wesentlicher anlagenspezifischer Unterschied ist, dass im Kernkraftwerk Biblis A neben den elektrotechnischen Verbindungen zum Nachbarblock Biblis B auch sicherheitstechnisch wichtige verfahrenstechnischen Systemfunktionen für Biblis A vom Nachbarblock Biblis B ausgeführt werden können. Darüber hinaus ergeben sich, insbesondere aufgrund der im Kernkraftwerk Biblis A durchgeführten Nachrüstprogramme, Unterschiede hinsichtlich der Diversität von sicherheitstechnisch wichtigen elektro- und verfahrenstechnischen Einrichtungen.

Bei der Beherrschung des postulierten Ereignisses „Ausfall aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen“ wurden anlagenspezifische Unterschiede bezüglich der Art der Zuschaltung und der Verfügbarkeit der verfahrenstechnischen Systeme festgestellt. Im Kernkraft-

werk Biblis A ist eine breitere Verfügbarkeit verfahrenstechnischer Systeme als im Kernkraftwerk Emsland gegeben. Eine Abwägung dieser Unterschiede ist im Rahmen dieser deterministischen Untersuchung nicht möglich.

Für das postulierte Ereignis der Sicherheitsebene 4 station blackout hat die Anlage Biblis A wegen der breiten Verfügbarkeit der verfahrenstechnischen Systeme nach Wiederherstellung der Energieversorgung sicherheitstechnische Vorteile.

Eine Bewertung der anlagenspezifischen Unterschiede unter Berücksichtigung vorhandener verfahrenstechnischer Zusammenhänge, eventuell vorhandener Diversität in den verfahrens- und elektrotechnischen Einrichtungen sowie der Zuverlässigkeit von Handmaßnahmen konnte im Rahmen dieses Anlagenvergleichs nicht durchgeführt werden.

6 Fazit

Bei der Beherrschung des postulierten Ereignisses „Ausfall aller Notstromdieselaggregate auf den 10-kV-Notstromschienen bei Spannungslosigkeit auf den 10-kV-Notstromschienen“ kann bezüglich der anlagenspezifischen Unterschiede in der Art der Zuschaltung der Verbraucher (Automatik vs. Hand) deterministisch keine Aussage getroffen werden. Es ist allerdings festzustellen, dass im Kernkraftwerk Biblis A bei der Beherrschung dieses Ereignisses grundsätzlich eine breitere Verfügbarkeit verfahrenstechnischer Systeme als im Kernkraftwerk Emsland gegeben ist. Eine Abwägung dieser Unterschiede ist im Rahmen dieser deterministischen Untersuchung nicht möglich.

Für das postulierte Ereignis der Sicherheitsebene 4 station blackout hat die Anlage Biblis A wegen der breiten Verfügbarkeit der verfahrenstechnischen Systeme nach Wiederherstellung der Energieversorgung sicherheitstechnische Vorteile.

7 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

/KTA 99/ KTA-Regel 3701, Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken, Fassung 6/99

/RSK 88/ Protokoll zur 238. Sitzung der Reaktorsicherheitskommission am 23.11.1988

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 8:

„Ausfall der betrieblichen Speisewasserversorgung“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 8:
„Ausfall der betrieblichen Speisewasserversorgung“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes 2

2.1.1 Ereignisablauf in KWB-A 2

2.1.2 Ereignisablauf in KKE 5

2.2 Bewertungsmerkmale 6

3 Verwendete Unterlagen 7

4 Anlagenvergleich 9

5 Darstellung und Bewertung relevanter Unterschiede 21

5.1 Darstellung relevanter Unterschiede 21

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede 25

5.3 Fazit 27

6 Literatur 28

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 8 „Ausfall der betrieblichen Speisewasserversorgung“ behandelt. Dies wird als Ereignis der Sicherheitsebene 3 eingestuft. Die sekundärseitige Wärmeabfuhr in der Sicherheitsebene 2 beim „Fehlöffnen einer Umleitstation“ wird im Bewertungsgegenstand 4 bewertet. Der „Ausfall der gesamten Dampferzeuger-Bespeisung mit der Tendenz zur völligen Ausdampfung der Sekundärseite“ wird als Ereignis der Sicherheitsebene 4 im Bewertungsgegenstand 18 behandelt.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes

Randbedingungen

Beim Ereignis „Ausfall der betrieblichen Speisewasserversorgung“ wird unterstellt, dass sowohl die Hauptspeisewasserpumpen als auch weitere betriebliche Bespeisungen (KKE: An- und Abfahrpumpen; KWB-A: betriebliche Ansteuerung der Notspeisepumpen) nicht verfügbar sind.

Sicherheitstechnische Bedeutung

Vorrangig für die Beherrschung des Ausfalls der betrieblichen Speisewasserversorgung ist die Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktor über den sekundären Wasser-Dampf-Kreislauf. Gelingt dies nicht, kann es längerfristig zu einem Überhitzen des Reaktorkerns und Integritätsverlust der Brennelemente kommen.

Sicherheitstechnisches Ziel bei der Ereignisbeherrschung ist die Sicherstellung der Integrität der Brennstabhüllrohre.

Die Schilderung des Ereignisablaufs wird nachfolgend für KWB-A und KKE jeweils einzeln ausgeführt, da sich aufgrund der vorhandenen Systemtechnik Unterschiede im Ablauf der Maßnahmen zur Störfallbeherrschung ergeben.

2.1.1 Ereignisablauf in KWB-A

Bei einem Ausfall der betrieblichen Hauptspeisewasserversorgung einschließlich der dritten Ersatzhauptspeisewasserpumpe fallen aufgrund der fehlenden Speisewasserzufuhr zunächst die Füllstände in den vier Dampferzeugern (DE) ab, der Frischdampfdruck und die sekundärseitige Temperatur steigen an und als Folge des schlechteren Wärmeübergangs auch die primärseitige Kühlmitteltemperatur, der Druckhalter-Füllstand und der Kühlmitteldruck. Bei Anstieg der Kühlmitteltemperatur über einen bestimmten Wert bzw. bei Ansprechen der Reaktorleistungsbegrenzung werden zur Senkung der Reaktorleistung die Steuerstäbe eingefahren. Bei Anstieg des Kühlmittel-

drucks spricht die Kühlmitteldruckregelung an und hält den Druck im betrieblich zulässigen Bereich.

Nach „Aus“- Befehl oder Schalterfall aller drei Hauptspeisepumpen gleichzeitig werden zwei elektrisch betriebene Notspeisepumpen durch die betriebliche Anregung automatisch eingeschaltet.

Das Zuschalten der Notspeisewasserpumpen erfolgt mit einer Fördermenge von jeweils 110 t/h. Da diese Menge im Volllastbetrieb nicht ausreicht, die Hauptspeisewasserversorgung zu gewährleisten, sinken die Dampferzeugerfüllstände weiter ab. Es erfolgt nach dem Erreichen des Kriteriums „mindestens 2 von 4 Dampferzeugerfüllständen < 8,70 m“ (oder 1 v 4 < 6,5 m, wenn das 2 v 4 Signal nicht verfügbar ist) automatisch die Reaktorschnellabschaltung (RESA), um die Reaktorleistung auf Nachwärmeniveau zu begrenzen. Durch RESA wird auch die Turbinenschnellabschaltung (TUSA) ausgelöst, in deren Folge der Frischdampf (FD) in die Frischdampfumleitstation (FDU) geleitet wird.

Durch das Reaktorschutzsystem stehen darüber hinaus folgende diversitäre Anregekriterien für die RESA zur Verfügung:

- mittlere Kühlmitteltemperatur > 307,5 °C,
- Primärkreisdruck > 163 bar,
- Druckhalterfüllstand > 8,50 m.

Bei einem weiteren Absinken eines der vier Dampferzeugerfüllstände auf < 6,5 m (MIN 3) erfolgt über ein zweites RESA-Signal und das Notspeisezuschaltsignal (YZ51) die strangzugeordnete Zuschaltung aller vier Notspeisepumpen zu den vier Dampferzeugern. Die strangweise Durchschaltung der Notspeisedruckleitungen erfolgt über die Signale YZ52 bis 55.

Eine unzulässige Unterkühlung des Primärkühlmittels infolge der Dampferzeugernotbespeisung soll dadurch ausgeschlossen werden, dass das Reaktorschutzsignal abgesteuert wird, wenn der Füllstand im Dampferzeuger den MIN3-Grenzwert wieder übersteigt. Damit wird die Niveauregelung wieder wirksam, wobei die Notspeiseregelventile die Niveauregelung der Dampferzeuger übernehmen und das Aufspeisen der Dampferzeuger im Bereich von 7,5 m bis 10,5 m geregelt mit einem Füllstandsgradienten von 9 m/h erfolgt.

Der Dampf wird über die Frischdampfumleitung als Hauptwärmesenke zum Kondensator geführt bei einem geregelten Frischdampfdruck von 69 $bar_ü$. So ist gewährleistet, dass kein Speisewasser verloren geht.

Die Anlage kann vom Notspeisewassersystem selbständig im Zustand „unterkritisch heiß“ gehalten oder abgefahren werden.

Steht die Notspeisewasserversorgung nicht zur Verfügung, so wird die Dampferzeugerbespeisung über das Zusätzliche Sekundäreinspeisesystem RZ bei Erreichen entsprechender Niveaugrenzwerte in den Dampferzeugern ausgelöst.

Die Bespeisung über das Notstandssystem RX steht als weitere Maßnahme zur Verfügung. Steht auf der Notstandstafel des Blocks B das Signal "DE-Füllstand tief in Block A" an, wird die Speisewasserversorgung der DE, Block A durch das RX-System über Handmaßnahmen vom Betriebspersonal des Blocks B eingeleitet /1/, /2/, /5/.

Überlagerung mit dem Notstromfall

Im Notstromfall steht die Frischdampfumleitung (FDU) als Hauptwärmesenke nicht zur Verfügung. Die Wärmeabfuhr wird durch die Frischdampf-Abblasestation (FDA) mit ihren insgesamt zwei Abblaseregelventilen sichergestellt, die auch im Notstromfall unterbrechungslos versorgt werden und einen Abkühlgradienten von jeweils 50 K/h gewährleisten.

Zusätzlich ist jedem der vier Dampferzeuger ein absperrbares 15 %-Sicherheitsventil und ein nicht absperrbares 100 %-Sicherheitsventil zugeordnet. Die Bespeisung der Dampferzeuger erfolgt durch das notstromgesicherte Notspeisesystem.

Die Deionatreserven können im Notstromfall nicht ergänzt werden. Aus diesem Grund legt der Deionatmindestvorrat in Abhängigkeit vom Zustand des Blockes und des Nachbarblockes den Zeitpunkt des Abfahrbeginns fest (gemäß BHB 12.2.1.3), um mit den vorhandenen Deionatvorräten in den gesicherten Nachkühlbetrieb zu gelangen. Dazu müssen die vorhandenen Deionatvorräte die Abfuhr der noch anfallenden Nachzerfalls- und Speicherwärme bis zur Übernahme durch das Not- und Nachkühlsystem sicherstellen /5/.

2.1.2 Ereignisablauf in KKE

Wegen der im Vergleich zur Reaktorleistung zu niedrigen Bespeisung wird die Speise-Reaktorleistungsbegrenzung (RELEB) angeregt und Stabeinwurf ausgelöst. Da die Generatorleistung schneller als die Reaktorleistung reduziert wird, kommt es zum Anstieg des Frischdampf-Drucks und die FDU öffnet bei Überschreiten des Maximaldrucksollwertes. Durch den Stabeinwurf wird die Reaktorleistung zunächst auf 10 % und durch Einwurf weiterer Stabpaare bis zum Einwurf aller Steuerstäbe über die Begrenzung Stabeinwurf-Reaktorschnellabschaltung (STEW-RESA) zusätzlich reduziert. Infolge des Ansprechens des Signals „Dampferzeuger-Füllstand < 9 m“ wird bei Ausfall beider Hauptspeisewasserpumpen und Nichtverfügbarkeit der Reservehauptspeisewasserpumpe RESA ausgelöst. Die betrieblichen An- und Abfahrpumpen starten bei einem DE-Füllstand von < 10,2 m automatisch. Damit kann die automatische Auslösung des Starts der Notspeisepumpen, die bei einem Dampferzeuger-Füllstand von 6,5 m erfolgen würde, vermieden werden. Die betriebliche Bespeisung einschließlich der Reservehauptspeisewasserpumpe und dem An- und Abfahrsystem wird jedoch hier, beim „Ausfall der betrieblichen Speisewasserversorgung“, per Definition als nicht verfügbar angenommen.

Nach Erreichen des Notspeise-Regelwasserstandes im Dampferzeuger (ca. 11,6 m) wird die Förderrate der Notspeisepumpe in Abhängigkeit von der Höhe des Wasserstandes im Dampferzeuger geregelt.

Liegt als Ursache für den Speisepumpenausfall kein Notstromfall vor, kann die Nachwärme über die Frischdampfumleitung abgeführt und die Anlage in den Zustand „unterkritisch heiß“ überführt werden. Sofern keine Maßnahmen zur Deionatergänzung durchgeführt werden, muss die Anlage spätestens nach 10 Stunden abgefahren werden, um die Anlage in den gesicherten Nachkühlbetrieb zu überführen.

Überlagerung mit dem Notstromfall

Bei Vorliegen eines Notstromfalls ist die Wärmeabfuhr über die FDU nicht möglich und die Anlage muss über die Frischdampf-Abblaseregelventile (von 86 bar auf 75 bar) und bei verzögertem Ansprechen der Abblaseregelventile gegebenenfalls auch über die Frischdampf-Sicherheitsventile (bei 88,3 bar) abgefahren werden /7/, /8/, um die Anlage in den gesicherten Nachkühlbetrieb zu überführen.

2.2 Bewertungsmerkmale

Für die vergleichende Bewertung wurden die folgenden Bewertungsmerkmale herangezogen:

1. Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 durch Ausfälle nach betrieblichem Einsatz.
2. Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3
   a) ohne Überlagerung des Notstromfalls,
   b) mit Überlagerung des Notstromfalls.
3. Abstand zu den gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 3 geforderten Nachweiskriterien für die Brennstäbe.
4. Auslegung des Notspeisesystems gegen Einwirkungen von innen (EVI) und von außen (EVA).
5. Zusätzliche zur Verfügung stehende Maßnahmen und Einrichtungen.

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/1/ KWB-A: Betriebshandbuch, Stand 30.06.2006

/2/ KWB-A: PSÜ Anlagenbeschreibung

/3/ KWB-A: PSÜ Systemanalyse

/4/ KWB-A: PSÜ Systembewertung

/5/ RWE Power AG Kernkraftwerk Biblis, Block A: Periodische Sicherheitsüberprüfung

/6/ 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

/7/ KKE: Betriebshandbuch, Stand 31.10.2006

/8/ Siemens AG: PSÜ-Sicherheitsstatusanalyse (SSA) für die Konvoi Kernkraftwerke Isar 2 (KKI 2), Emsland (KKE) und Neckar Block 2 (GKN II), Band 1 bis 3, Dez. 1998/Juli 2001

/9/ TÜV Arge Konvoi: Konvoi-Anlagen, Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar, Block II (GKN II), Kernkraftwerk Emsland (KKE), Kernkraftwerk Isar 2 (KKI 2); Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, September 2001

/10/ Kraftwerk Union Aktiengesellschaft: Sicherheitsbericht Kernkraftwerk Emsland mit Druckwasserreaktor, elektrische Leistung 1300 MW, Stand 1978

/11/ KWB-A: SIAN

- Kategorie 3

/12/ 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.

	KWB-A (3517 MW th)	**KKE (3850 MW th)**	**Bemerkung / Ergebnis**
Bewertungsmerkmal 1: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 durch Ausfälle nach betrieblichem Einsatz.			
An- und Abfahrsystem (Sicherheitsebene 2)	Ein vom Notspeisesystem unabhängiges An- und Abfahrsystem ist nicht vorhanden. Das An- und Abfahren wird durch betriebliche Ansteuerung der zwei notstromgesicherten E-Pumpen des Notspeisesystems (RLnot) gewährleistet.	Betriebliches An- und Abfahrsystem mit zwei Pumpensträngen ist vorhanden. Das System ist notstromgesichert und kann die Anlage bei Ausfall der Hauptspeisewasserpumpen betrieblich abfahren.	In KKE ist ein vom Notspeisesystem unabhängiges An- und Abfahrsystem vorhanden, mit dem Ausfälle der Hauptspeisewasserversorgung beherrscht werden können. Der Einsatz von Sicherheitssystemen, bzw. Komponenten von Sicherheitssystemen ist dann nicht erforderlich. Bei zusätzlichem unterstelltem Ausfall des An- und Abfahrsystems ergeben sich keine Rückwirkungen auf das Notspeisesystem, das als Sicherheitssystem bei Anstehen der entsprechenden Kriterien unabhängig vom An- und Abfahrsystem angefordert und betrieben wird. In KWB-A ist beim Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung unmittelbar der Einsatz der E-Notspeisepumpen (Sicherheitssystem) vorgesehen. Dies

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
			erfolgt zuerst aufgrund einer betrieblichen Ansteuerung. In KWB-A stehen daher bei Ausfall der verfahrenstechnischen Komponenten der elektrisch angetriebenen Stränge des Notspeisesystems nach Anforderung durch ein Ereignis der Sicherheitsebene 2 diese Stränge auch auf der Sicherheitsebene 3 nicht zur Verfügung.
Bewertungsmerkmal 2: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen (Notspeisewassersystem) **2a) ohne Überlagerung des Notstromfalls**			
Notspeisepumpen	Notspeisepumpen - 4 x 50 % Notspeisepumpen. - Fördermenge jeweils 110 t/h, entsprechend insgesamt 6,7 % der Förderkapazität der Hauptspeisepumpen. - Zwei Pumpen sind zum 100 K/h-Abfahren bei Ausfall Hauptspeisewasser nötig. - 4 baugleiche Pumpen, davon 2 mit E-Motor (notstromgesichert) und 2 mit Dampfantrieb über Untersetzungsgetriebe. Der Antriebsdampf der Turbopumpen wird abgeblasen und steht dem System nicht mehr	Notspeisepumpen - 4 x 50 % Notspeisepumpen. - Fördermenge jeweils 130 t/h, entsprechend insgesamt 6,4 % der Förderkapazität der Hauptspeisepumpen. - Zwei Pumpen sind zum 100 K/h-Abfahren bei Ausfall Hauptspeisewasser nötig. - 4 baugleiche Pumpen, die jeweils mit Dieselmotor und mit E-Motor angetrieben werden können. - Automatisch werden zuerst die Dieselmotoren zugeschaltet. Bei Verfügbarkeit der Eigenbedarfsver-	Bezüglich der Dimensionierung der Notspeisepumpen ist kein relevanter Unterschied erkennbar. In KWB-A sind jeweils zwei Pumpen mit diversitären Antrieben (4 Antriebe) vorhanden. In KKE besitzen alle vier Pumpen je zwei diversitäre Antriebe (8 Antriebe). Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache - Bei Ausfall aller gleichartigen Antriebe stehen in KWB-A zwei Notspeisepumpen nicht mehr zur Verfügung. In KKE ist manuelle Umschaltung aller vier Notspeisepumpen auf den E-

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	zur Verfügung. - Die Pumpen mit E-Antrieb werden automatisch zuerst angefordert. Die Umschaltung auf die Turbopumpen erfolgt automatisch. - Die Forderung aus der SIAN /11/, dass für die Notspeisewasserpumpen der Nachweis zu erbringen ist, dass ihre Funktionsfähigkeit auch bei niedrigen Gegendrücken sichergestellt ist (Schutzziel K3) wurde im Rahmen der PSÜ (SSA, TÜV /6/) erneut aufgestellt. - Es ist gemäß TÜV noch nachzuweisen, dass die Saugleitungen der Turbo-Notspeisepumpen für den bei Betrieb der Deionatnachspeisepumpen maximal möglichen Betriebsdruck ausgelegt sind /6/ s. auch /11/.	sorgung können die Notspeisepumpen auf die Elektromotoren umgeschaltet werden. Alternativ ist bei Ausfall der Dieselmotoren die manuelle Zuschaltung von Elektroantrieben möglich.	Antrieb möglich. In KWB-A bestehen gemäß den herangezogenen Unterlagen Nachweisdefizite hinsichtlich der Auslegung der Notspeisepumpen und des Hauptspeisewasserbehälters. In KKE liegen keine Hinweise auf entsprechende Nachweisdefizite vor.
Speisewassermengen	Insgesamt 500 m^3 (Haupt- und Notspeisewasser gemeinsam) aus dem Hauptspeisewasserbehälter (HSPB) für alle vier Notspeisepumpen. 2 x 250 m^3 gesicherter Vorrat der Deionatbehälter bei Nichtverfügbarkeit des HSPB zuschaltbar 1.000 m^3 Speisewasser maximal (ge-	4 x 360 m^3 Notspeisewasser. Strangweise getrennte Deionatbecken für Notspeisepumpen, im Bedarfsfall auf jede andere Notspeisepumpe manuell umschaltbar 1.440 m^3 gesicherter Vorrat	KKE verfügt mit 1440 m^3 über endliche Vorräte für 10 Stunden Notspeisebetrieb, bis das Abfahren erforderlich wird. KWB-A verfügt über geringere gesicherte Deionatvorräte, kann diese jedoch im Kreislauf führen. Wegen der langen abgesicherten Zeiten für die Bespeisung der Dampfer-

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	sicherter Vorrat nicht bekannt). Die dem Notspeisesystem in KWB-A zur Verfügung stehenden Deionatvorräte werden bei Verfügbarkeit der Kondensatpumpen im Wasser-Dampf-Kreislauf geführt.		zeuger ergibt sich kein relevanter Unterschied.
Redundanztrennung	Keine durchgängige Redundanztrennung des Notspeisesystems: - Ein gemeinsamer Behälter mit dem Hauptspeisewassersystem. - Drei Stränge saugseitig. Die beiden Pumpen mit E-Motor haben eine gemeinsame Saugleitung. Vier Stränge druckseitig (bis Armaturenkammer) - Speist in der Armaturenkammer in die Hauptspeisewasserleitungen, nutzt Einspeisestutzen (1 Stutzen je Dampferzeuger) mit RL-System.	Durchgängige Redundanztrennung des Notspeisesystems. - 4 x 50 % autarke Notspeisewasserbehälter (je 360 m^3). - Vier autarke und räumlich getrennte Notspeisescheiben voneinander komplett unabhängig und je einem Dampferzeuger zugeordnet, können bei Bedarf aber jeden Dampferzeugerstrang beliefern - Durchgängig getrennte Leitungen und Stutzen für Haupt- und Notspeisewasser (Notzulaufstutzen) je Dampferzeuger.	Bei KKE sind alle Stränge der Notbespeisung durchgängig getrennt, bei KWB-A wird ein Teil der passiven Systemteile gemeinsam von mehreren vermaschten Strängen genutzt.
Vermaschung mit anderen Systemen	Es bestehen verfahrenstechnische Verknüpfungen zwischen den Strängen des Notspeisesystems und anderen Systemen, z.B. Deionat-System (RY), Frischdampf-System (RA), Hauptspeisewasser-System (RL), zusätzliches Sekundäreinspeisesystem	Die vier autark und redundant den Dampferzeugern zugeordneten Scheiben des Notspeisesystems sind nicht mit anderen Systemen unmittelbar verknüpft.	Das Notspeisesystem in KWB-A ist mit einer Reihe betrieblicher Anlagensysteme unmittelbar vermascht, insbesondere dem Deionat-System und dem Hauptspeisewasser-System. Dadurch können die Verfügbarkeit von Systemfunktionen beeinträchtigt und redun-

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	(RZ) und Notstandssystem (RX), über teilweise gemeinsam genutzte Behälter, Leitungen und Einlaufstutzen in die Dampferzeuger. Alle vier Notspeisepumpen werden über einen Knotenpunkt mit Kühlwasser versorgt. Bei unterstelltem Ausfall der baugleichen Deionatpumpen (11RY21 und 13RY22) können alle vier Notspeisepumpen beeinträchtigt werden.		danzübergreifende Ausfälle ermöglicht werden. Es besteht ein größeres Potential für eine gegenseitige Beeinflussung und Störungen. Ein Ausfall aufgrund gemeinsamer Ursache von zwei Deionatpumpen kann alle vier Notspeisesysteme gleichzeitig beeinträchtigen. In KKE bestehen keine unmittelbaren verfahrenstechnischen Verknüpfungen mit betrieblichen Systemen.
Bewertungsmerkmal 2: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen (Notspeisewassersystem) **2b) mit Überlagerung des Notstromfalls**			
Notstromversorgung	Das Notspeisewassersystem ist gegen den Notstromfall ausgelegt. Nach dem Ausfall der elektrischen Eigenbedarfsversorgung fällt die Frischdampfumleitstation (FDU), auf Grund des Ausfalls der Hauptkondensatpumpen aus. Der Ausfall der nicht notstromgesicherten Hauptkondensatpumpen führt zu Füllstandsabsinken im Hauptspeisewasserbehälter. Der Deionatvorrat wird für die Störfallbeherrschung ent-	Das Notspeisewassersystem ist gegen den Notstromfall ausgelegt. Nach dem Ausfall der elektrischen Eigenbedarfsversorgung fällt die Frischdampfumleitstation (FDU), auf Grund des Ausfalls der Hauptkondensatpumpen aus. Der Ausfall der nicht notstromgesicherten Hauptkondensatpumpen führt zu Füllstandsabsinken im Hauptspeisewasserbehälter. Der Deionatvorrat wird für die Störfallbeherrschung ent-	Keine relevanten Unterschiede.

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	scheidend. Durch Abblasen der DE reduziert sich der Speisewasservorrat.	scheidend. Durch das Abblasen der DE reduziert sich der Speisewasservorrat.	
Frischdampfabblase-ventile	2 x 50 % Abblaseregelventile ausgelegt für insgesamt 28 kg/s Dampf bei 5 bar, und insgesamt 500 kg/s für 82,4 bar. Zum 100 K/h Abfahren sind 2 Ablaserregelventile erforderlich.	4 x 100% Abblaseregelventile ausgelegt für insgesamt 140 kg/s bei 5 bar, und insgesamt 2056 kg/s Dampf bei 85 bar. Zum 100 K/h Abfahren ist ein Abblasestrang erforderlich./7/	In beiden Anlagen ist das Abfahren mit 100 K/h vorgesehen. - Das Abfahren ist in KKE mit 1 v 4 Abblaseregelventilen möglich. - KWB-A benötigt 2 v 2 Abblaseregelventilen.
Deionatvorrat	In den Speisewasserbehälter muss kaltes Deionat aus den Deionatbehältern (max. 500 m^3) nachgespeist werden, da kein Speisewasserzulauf aus dem Kondensator mehr möglich ist. Die verfügbare Deionatmenge liegt dann bei weniger als 1000 m^3.	Der Deionatvorrat bleibt im Notstromfall unverändert, weil das Notspeisewassersystem mit 1440 m^3 nicht aus dem Hauptkondensator bespeist wird.	Das Notspeisewassersystem von KKE verfügt im Notstromfall über größere Deionatmengen als KWB-A.
Notspeisepumpen	Alle vier Notspeisepumpen sind funktionsfähig	Alle vier Notspeisepumpen sind funktionsfähig	Keine relevanten Unterschiede
Bewertungsmerkmal 3: Abstand zu den gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 3 geforderten Nachweiskriterien für die Brennstäbe			
	Keine Unterlagen verfügbar	Keine Unterlagen verfügbar	Kein Vergleich möglich.
Bewertungsmerkmal 4: Auslegung des Notspeisesystems gegen EVI und EVA			
Schutz gegen EVI	Das Notspeisesystem ist nicht vollständig gegen die gemäß Regelwerk zu unterstellenden EVI (Brand, Über-	Das Notspeisesystem in KKE ist gegen die gemäß Regelwerk zu unterstellenden EVI (Brand, Überflutung)	Im Unterschied zu KKE ist KWB-A nicht vollständig gegen EVI ausgelegt.

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	flutung) ausgelegt. Dadurch können mehrere Redundanzen beeinträchtigt werden. Bei bestimmten EVI (Überflutung im „kalten Ohr“ im Hilfsanlagengebäude) ist nicht auszuschließen, dass ein Ausfall aller vier Stränge des Notspeisesystems erfolgt.	ausgelegt.	
Schutz gegen EVA	Eine Reihe von Nachweisen betreffend die Erdbebensicherheit der Haupt- und Notspeisewassersysteme RL, RLnot, RX sowie das Absperrkonzept des RY-Systems und des Deionatsystems RY im Maschinenhaus liegen gemäß /6/ nicht vor. Für den Hauptspeisewasserbehälter ist der Nachweis der Standsicherheit zu erbringen /5/	Das Notspeisesystem ist gegen EVA ausgelegt. Nachgewiesen sind die Beherrschung des Störfalls Erdbeben sowie die Vorkehrungen gegen sehr seltene Ereignisse (Sicherheitsebene 4a: Druckwelle, Flugzeugabsturz)	In KWB-A liegen gemäß /5/ verschiedene Nachweise zum EVA-Schutz (insbesondere Erdbeben) nicht vor. In KKE liegen keine Hinweise auf fehlende Nachweise vor. Bezüglich der Auslegung gegen sehr seltene Ereignisse (Sicherheitsebene 4a, Flugzeugabsturz): siehe Bewertungsgegenstand 17.
Räumliche Trennung und Schottung der Redundanzen (Verfahrenstechnik)	Hauptspeisepumpen und Turbo-Notspeisepumpen sind im Maschinenhaus, E-Notspeise- und Deionatnachspeisepumpen im Hilfsanlagengebäude (HAG) aufgestellt. Je zwei Redundanzen der Haupt- bzw. Notspeisewasserzuleitungen sind ab der Armaturenkammer und im Reaktorgebäude gemeinsam verlegt. Haupt- und Notspeisewassersystem nutzen die gleiche Leitung im Sicher-	Durchgängige räumliche Trennung und Abschottung aller vier Stränge des Notspeisesystems. Alle Teilsysteme sind bis einschließlich druckseitiger Verbindungsleitung im Notspeisegebäude in separaten Räumen angeordnet. Die Notspeisestränge sind druckseitig in räumlich voneinander getrennten, EVA-geschützten Betonkanälen verlegt. Auch die Rohrleitungsabschnitte im	Jeweils zwei Redundanzen von KWB-A sind mit ihrem Leitungssystem und ihren Notspeisepumpen gemeinsam untergebracht und besitzen keine räumliche Trennung und keine Abschottung gegeneinander. Durch die Nutzung gemeinsamer Komponenten mit dem Hauptspeisewassersystem ist in Teilbereichen - anders als in KKE - keine räumliche Trennung und Abschottung vorhanden.

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	heitsbehälter. Die beiden Redundanzgruppen sind räumlich getrennt.. Keine räumliche Trennung zwischen den beiden E-Notspeisepumpen und zwischen den beiden Turbonotspeisepumpen. Die E-Notspeisepumpen sind im Hilfsanlagengebäude mit den Turbo-Notspeisepumpen. über das Deionatsystem (RY-System) verknüpft. Die Deionatpumpen sind räumlich unmittelbar in der Nähe der E-Notspeisepumpen angeordnet. Bei übergreifenden anlageninternen Ereignissen in diesem Raum können neben den zwei E-Notspeisepumpen auch die Turbo-Notspeisepumpen wegen fehlender Zuspeisung über die Deionatnachspeisepumpen bzw. fehlender Kühlung durch die Deionatpumpen ausfallen. Hierdurch ist der gleichzeitige Ausfall aller Redundanzen des Notspeisesystems bei zu unterstellenden Einwirkungen im HAG möglich. Die Zuschaltung des RZ-Systems wird notwendig /5/.	Ringraum mit Notspeiseregelventil und -absperrschieber und in den Dampferzeuger-Räumen sind getrennt geführt.	Hierdurch sind jeweils Beeinflussungen von zwei Notspeisesträngen bzw. Notspeisepumpen bzw. benachbarter Systeme durch Brand, Überflutung, etc. möglich. Deshalb sind bei KWB-A bei bestimmten zu unterstellenden Einwirkungen redundanz- und systemübergreifende Ausfälle möglich. Der gleichzeitige Ausfall aller Redundanzen des Notspeisesystems ist bei EVI im Hilfsanlagengebäude möglich. Die Zuschaltung des RZ-Systems wird auf den Sicherheitsebenen 3 und 4 erforderlich. In /RWE 07/ wird dieses System der Sicherheitsebene 4 zugeordnet. KKE verfügt über eine durchgängige räumliche Trennung und Schottung aller vier Redundanzen seines in einem eigenen Gebäude untergebrachten Notspeisewassersystems. Redundanz- oder systemübergreifende Ausfälle aufgrund von EVA oder EVI werden dadurch weitgehend verhindert.
Räumliche Trennung und Abschottung Mess- und Leittechnik	Keine Angaben.	Die Wirkdruckleitungen, Kabel und Messumformer der Messinstrumentierung der Dampferzeugerfüllstands-	Räumliche Trennung und Abschottung Mess- und Leittechnik in KKE nachgewiesen, zu KWB-A liegen uns keine

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
		überwachung sind auf räumlich getrennten Kabeltrassen verlegt und unvermascht den vier Einspeisesträngen zugeordnet. Durch die räumliche Trennung der vier Einspeisestränge und durch die Baustruktur des Armaturenanbaus des Reaktorgebäudes ist eine gegenseitige Beeinflussung der Einspeisestränge ausgeschlossen.	Angaben vor. Ein Vergleich ist nicht möglich.
Bewertungsmerkmal 5: Zusätzliche, zur Verfügung stehende Maßnahmen und Einrichtungen			
Zusätzliche Dampferzeuger Bespeisungsmöglichkeiten	Die Betreiberin ordnet die zusätzliche sekundärseitige Bespeisung durch das zusätzliche Sekundäreinspeisesystem (RZ-System) und das Notstandssystem (RX-System) der Sicherheitsebene 4 zu /5/ und verweist ergänzend auf die Einhaltung schutzzielorientierter Anforderungen des PSÜ-Leitfadens. RZ/RX wird im Rahmen der PSÜ von der Betreiberin auch für Nachweise zur Beherrschung von Ereignissen der Sicherheitsebene 3 herangezogen. Gemäß TÜV sind RX/RZ hinsichtlich der Beherrschung von Ereignissen der Sicherheitsebene 3 unter Berücksichtigung des bestehenden Anlagenkonzeptes und der deterministi-	In KKE ist kein weiteres sekundärseitiges Einspeisesystem vorhanden. Im schutzzielorientierten BHB sind weitere Möglichkeiten zur Dampferzeugerbespeisung beschrieben, z.B. über das DE-Abschlämmsystem.	KWB-A verfügt zusätzlich über das Sekundäreinspeisesystem RZ und das Notstandssystem RX, die in KKE nicht vorhanden sind. Diese Systeme sind in KWB-A für die Beherrschung von sehr seltenen Ereignissen und auslegungsüberschreitenden Anlagenzustände in der Dampferzeugerbespeisung vorgesehen und erfüllen nach gutachtlicher Aussage die diesbezüglichen Sicherheitsanforderungen. Darüber hinaus wurden diese Systeme im Rahmen der PSÜ von der Betreiberin auch für Nachweise zur Beherrschung von Ereignissen der Sicherheitsebene 3 herangezogen. Die Qualifizierung dieser Systeme als Sicher-

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	schen Auslegungsanforderungen neu zu bewerten /6/ a) RZ-System - RZ-Pumpen: 2 x 50% dieselbetriebene Pumpen, gemeinsam aufgestellt im Gebäude für die zusätzliche Sekundäreinspeisung (EVA-geschützt). - Bespeisung von 2 der 4 Dampferzeuger (DE 1 und 3) bei DE-Füllstand < 3,70m. (Beide Stränge sind zum Abfahren erforderlich.) Die Einspeisung erfolgt über die gleichen Stutzen wie für das Haupt- und das Notspeisewassersystem. - Notbespeisung der und Anforderung durch die Dampferzeuger 2 und 4 ist nicht möglich. - 700 m^3 Rohwasserbehälter (nicht EVA geschützt).Verriegelung zum Notspeisesystem erforderlich. b) RX-System - Notstandssystem (Sicherheitsebene 4a) /5/ - Bei Ausfall der sekundären Nachwärmeabfuhr in KWB-A kann das		heitssysteme ist nach Aussage der Gutachter noch nicht erfolgt, /6/ Das RX-System muss manuell aktiviert werden und verfügt über 200 m^3 Deionat.

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
	RX-System zugeschaltet werden. Hierzu werden zwei der vier E-Notspeisepumpen des Nachbarblocks KWB-B angefordert. Dies soll durch Handmaßnahmen innerhalb von ca. 20 Minuten erfolgen. - Es sind nur die Dampferzeuger 1 und 3 über ein mit dem RZ-System gemeinsam genutztes Leitungssystem zu bespeisen. 200 m^3 verfügbares Speisewasser		
Frischdampfabblaseventile	Als Reserve sind vorhanden: 4 x 15% Sicherheitsventile, können bei Ausfall beider Abblaseregelventile den SKL gemeinsam aus dem oberen Druckbereich bis 16 bar über manuelle Ansteuerung entlasten, danach Abfahren mit einem manuell geöffneten 100% Sicherheitsventil. 4 x 100% Sicherheitsventile, zwei davon sind manuell von der Warte aus zu öffnen./5/	Als Reserve sind vorhanden: 3 x 100% Abblaseregelventile 4 x 100% Sicherheitsventile, alle ansteuerbar und damit alle für das Abfahren geeignet. Der Vorgang erfordert unter anderem Simulationen im Reaktorschutz und ist im schutzzielorientierten BHB beschrieben.	In KKE stehen bei den Abblaseregelventilen zusätzlich drei gleichwertige Redundanzen zur Verfügung. Das Ansprechen von Sicherheitsventilen ist nicht erforderlich. Die Gesamtkapazität der in KWB-A zusätzlich vorhandenen 4 x 15 % Sicherheitsventile (4 v 4) kann den Ausfall eines Abblaseregelventils ersetzen. Bei Ausfall beider Abblaseregelventile ist mit den 15 %-Sicherheitsventilen (4 v 4) ein Teilabfahren bis 16 bar möglich. Zusätzlich ist für eine weitergehende Entlastung das manuelle Öffnen eines 100 % Sicherheitsventils vorgesehen. Hiermit steht in KWB-A eine Redundanz zu den Abblaseregelventilen zur

	KWB-A (3517 MW th)	KKE (3850 MW th)	Bemerkung / Ergebnis
			Verfügung. In KKE können 4 v 4 x 100 %- Sicherheitsventile für das Abfahren angesteuert werden, in KWB-A 2 v 4 x 100 %-Sicherheitsventile.

5 Darstellung und Bewertung relevanter Unterschiede

5.1 Darstellung relevanter Unterschiede

Bewertungsmerkmal 1: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 durch Ausfälle nach betrieblichem Einsatz.

In KKE ist ein vom Notspeisesystem unabhängiges An- und Abfahrsystem vorhanden, mit dem der Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung beherrscht wird. Der Einsatz von Sicherheitssystemen, bzw. Komponenten von Sicherheitssystemen ist dann nicht erforderlich. Bei dem hier zusätzlich unterstellten Ausfall des An- und Abfahrsystems ergeben sich keine Rückwirkungen auf das Notspeisesystem, das als Sicherheitssystem bei Anstehen der entsprechenden Kriterien unabhängig vom An- und Abfahrsystem angefordert und betrieben wird.

In KWB-A ist beim Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung unmittelbar der Einsatz der 2 elektrisch angetriebenen Notspeisepumpen (Sicherheitssystem) vorgesehen. Dies erfolgt zuerst aufgrund einer betrieblichen Ansteuerung.

In KWB-A stehen daher bei Ausfall der verfahrenstechnischen Komponenten der elektrisch angetriebenen Stränge des Notspeisesystems nach Anforderung durch ein Ereignis der Sicherheitsebene 2 diese Stränge auch auf der Sicherheitsebene 3 nicht zur Verfügung.

Bewertungsmerkmal 2: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen (Notspeisewassersystem)

a) ohne Überlagerung des Notstromfalls

<u>Notspeisepumpen</u>

Beide Anlagen verfügen über jeweils vier baugleiche Notspeisepumpen. In KWB-A sind jeweils zwei dieser Notspeisepumpen mit diversitären Antrieben (4 Antriebe) ausgestattet. In KKE besitzen alle vier Notspeisepumpen je zwei diversitäre Antriebe (8 Antriebe). Bei Ausfällen aufgrund gemeinsamer Ursache aller gleichartigen Antriebe ste-

hen in KWB-A zwei Notspeisepumpen nicht mehr zur Verfügung. In KKE fallen zunächst alle vier Notspeisepumpen aus, es ist jedoch die manuelle Umschaltung aller vier Notspeisepumpen auf den elektrischen Antrieb möglich.

Des Weiteren existieren Nachweisdefizite von KWB-A hinsichtlich der Auslegung der Notspeisepumpen und des Hauptspeisewasserbehälters, die zum Teil bereits bei der SIAN /11/ 1990 festgestellt wurden. Für KKE liegen keine Hinweise auf Nachweismängel vor.

Redundanztrennung

Bei KKE sind alle Stränge der Notbespeisung durchgängig getrennt, es findet keine gemeinsame Nutzung passiver oder aktiver Komponenten statt.

In KWB-A werden passive Systemteile gemeinsam von zwei Redundanzen, zum Teil auch von allen vier Redundanzen des Notspeisesystems genutzt.

Vermaschung mit anderen Systemen

In KKE bestehen keine unmittelbaren verfahrenstechnischen Verknüpfungen mit betrieblichen Systemen.

Das Notspeisesystem in KWB-A ist mit einer Reihe betrieblicher Anlagensysteme unmittelbar vermascht, insbesondere dem Deionatsystem und dem Hauptspeisewassersystem. Dadurch können die Verfügbarkeit von Systemfunktionen beeinträchtigt und systemübergreifende Ausfälle ermöglicht werden. Zum Beispiel fördern zwei Deionatpumpen über eine Leitung gleichzeitig Deionat zur Dampfniederschlagung in die Ansaugleitungen der E-Notspeisepumpen und zur Kühlung der Turbonotspeisepumpen. Bei Nichtverfügbarkeit dieser zwei Deionatpumpen sind daher alle vier Notspeisestränge gleichzeitig beeinträchtigt. Es besteht ein größeres Potential für eine gegenseitige Beeinflussung und Störungen.

Bewertungsmerkmal 2: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen (Notspeisewassersystem)

2b) mit Überlagerung des Notstromfalls

Bei Notstromfall ist in beiden Anlagen das Abfahren mit 100 K/h vorgesehen. Das Abfahren ist in KKE mit 1 v 4 Abblaseregelventilen möglich. Zusätzlich stehen drei gleichwertige Redundanzen zur Verfügung. Das Ansprechen von Sicherheitsventilen ist nicht erforderlich.

KWB-A benötigt zum Abfahren 2 v 2 Abblaseregelventilen.

KKE verfügt in diesem Fall über mehr als die doppelte Menge an Deionatvorrat als KWB-A.

Bewertungsmerkmal 4: Auslegung des Notspeisesystems gegen EVI und EVA

KKE verfügt über eine durchgängige räumliche Trennung und Schottung aller vier Redundanzen seines in einem eigenen Gebäude untergebrachten Notspeisewassersystems. Redundanz- oder systemübergreifende Ausfälle aufgrund von EVA oder EVI werden dadurch weitgehend verhindert.

In KWB-A sind jeweils zwei Redundanzen des Notspeisesystems räumlich nicht getrennt oder abgeschottet. Das gleiche gilt für die räumliche Trennung von betrieblichen Systemen wie Deionatsystem oder Hauptspeisewassersystem. Hierdurch sind jeweils Beeinflussungen von zwei Notspeisesträngen bzw. Notspeisepumpen bzw. benachbarter Systeme durch Überflutung, etc. möglich. Deshalb sind bei KWB-A bei bestimmten zu unterstellenden Einwirkungen redundanz- und systemübergreifende Ausfälle möglich. In KWB-A ist der gleichzeitige Ausfall aller vier Redundanzen des Notspeisesystems bei Überflutung im „kalten Ohr“ im Hilfsanlagengebäude gemäß PSÜ /6/ möglich.

In KWB-A liegen gemäß /5/ verschiedene Nachweise zum EVA-Schutz (insbesondere Erdbeben) nicht vor. Bei einem erdbebenbedingten Versagen der RY-Leitungen im Maschinenhaus kann es gemäß /6/ zu einem Totalverlust des Deionatvorrates und in dessen Folge zu einem Verlust der Dampferzeugerbespeisung über die Notspeisewasserpumpen kommen.

Bewertungsmerkmal 5: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung nicht benötigt werden

KWB-A verfügt über das zusätzliche Sekundäreinspeisesystem RZ und das Notstandssystem RX, die in KKE nicht vorhanden sind. Diese Systeme sind in KWB-A für die Beherrschung von sehr seltenen Ereignissen und auslegungsüberschreitenden Anlagenzustände in der Dampferzeugerbespeisung vorgesehen und erfüllen nach gutachtlicher Aussage die diesbezüglichen Sicherheitsanforderungen.

Darüber hinaus wurden diese Systeme im Rahmen der PSÜ von der Betreiberin auch für Nachweise zur Beherrschung von Ereignissen der Sicherheitsebene 3 herangezogen. Hinsichtlich des Einsatzes auf der Sicherheitsebene 3 ist gemäß /6/ eine Neubewertung noch erforderlich. Das automatisch und vorrangig initiierte RZ-System kann nur für die Dampferzeuger 1 und 3 angefordert werden. Der Einsatz dieser zusätzlichen Bespeisungsreserve kann erforderlich werden, wenn bei Nichtverfügbarkeit des Hauptspeisewasserbehälters der Ausfall der Deionatpumpen RY 21 und RY 22 den Ausfall aller vier Notspeisepumpen verursacht.

Das RX-System muss manuell im Nachbarblock aktiviert werden und wird erst bei Ausfall des RZ-Systems in Betrieb genommen. Es verfügt über 200 m^3 Deionatreserven.

Die Gesamtkapazität der in KWB-A zusätzlich vorhandenen 4 x 15 % Sicherheitsventile (4 v 4) kann den Ausfall eines Abblaseregelventils ersetzen. Bei Ausfall beider Abblaseregelventile ist mit den 15 %-Sicherheitsventilen (4 v 4) ein Teilabfahren bis 16 bar möglich. Für eine weitergehende Entlastung ist das manuelle Öffnen eines von zwei 100 % Sicherheitsventilen vorgesehen. Hiermit steht in KWB-A insgesamt 1 zusätzliche Redundanz zur Verfügung.

In KKE stehen bei den Abblaseregelventilen zusätzlich drei gleichwertige Redundanzen zur Verfügung. Das Ansprechen von Sicherheitsventilen ist nicht erforderlich. Weiterhin können 4 v 4 x 100 %-Sicherheitsventilen für das Abfahren angesteuert werden, die Maßnahme erfordert Simulationen im Reaktorschutz und ist im schutzzielorientierten BHB beschrieben, in KWB-A können 2 v 4 x 100 %-Sicherheitsventile durch Handmaßnahmen angesteuert werden.

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Bewertungsmerkmal 1: Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 durch Ausfälle nach betrieblichem Einsatz

In KWB-A muss bei Ausfall der Hauptspeisewasserpumpen unmittelbar das Notspeisesystem (Sicherheitssystem) eingesetzt werden, so dass KWB-A in bestimmten Fällen, wie z.B. dem Ausfall verfahrenstechnischer Systemkomponenten, auf der Sicherheitsebene 3 die beiden Notspeisestränge mit den elektrisch betriebenen Pumpen nicht zur Verfügung stehen. Die Systemfunktion der Notbespeisung kann dadurch erheblich eingeschränkt sein.

In KKE gibt es keine Beeinflussung von Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 durch Ausfälle nach betrieblichem Einsatz.

Bewertungsmerkmal 2: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen (Notspeisewassersystem)

a) ohne Überlagerung des Notstromfalls

Die Antriebe der jeweils baugleichen Notspeisepumpen beider Notspeisesysteme sind diversitär ausgelegt. Bei Ausfall einer Antriebsart durch Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache stehen in KWB-A aufgrund diversitärer Ausführung noch zwei Notspeisepumpen zur Verfügung, in KKE kann der Betrieb aller vier Notspeisepumpen durch manuelle Zuschaltung der elektrischen Pumpenantriebe wieder hergestellt werden. Dem Nachteil der manuellen Zuschaltung in KKE steht in KWB-A der Nachteil einer geringeren Anzahl von Antriebsredundanzen gegenüber. Im Rahmen der hier erfolgten Bearbeitungstiefe ergibt sich hieraus kein Vorteil für die eine oder andere Anlage.

Bei KKE ist günstig, dass alle Stränge der Notbespeisung durchgängig getrennt sind, es findet keine gemeinsame Nutzung passiver oder aktiver Komponenten statt. In KKE besteht zudem der Vorteil, dass keine unmittelbaren verfahrenstechnischen Verknüpfungen des Notspeisesystems mit betrieblichen oder sicherheitstechnischen Systemen vorhanden sind. Demgegenüber besteht in KWB-A aufgrund der nicht vollständigen Redundanztrennung und der Vermaschung mit einer Reihe anderer betrieblicher und sicherheitstechnischer Systeme ein größeres Potential für eine gegenseitige Beeinflussung und Störung (insbesondere Deionatpumpen, Speisewasserbehälter) als bei KKE.

Bewertungsmerkmal 2: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen (Notspeisewassersystem)

b) mit Überlagerung des Notstromfalls

Im Notstromfall ist ein Abblasen von Frischdampf aus den Dampferzeugern erforderlich. KKE verfügt über eine größere Kapazität der Abblaseregelventile als KWB-A. Für das Abfahren im Ereignisfall mit 100 K/h stehen in KKE mehr Redundanzen zur Verfügung als in KWB-A. Zudem verfügt das Notspeisewassersystem in KKE über den größeren Deionatvorrat als KWB-A.

Bewertungsmerkmal 4: Auslegung des Notspeisesystems gegen EVI und EVA

Von Vorteil für KKE ist, dass die räumliche Trennung und Schottung der Redundanzen des Notspeisesystems durchgängig konzipiert worden ist, so dass ein weitergehender Schutz gegen EVI und EVA besteht als in KWB-A.

Bewertungsmerkmal 5: Zusätzliche zur Verfügung stehende Maßnahmen und Einrichtungen

Ein Vorteil für KWB-A ist, dass im Gegensatz zu KKE zusätzlich das RZ- und das RX-System vorhanden sind, mit denen zwei von vier Dampferzeugern (DE 1 und DE 3) bespeist werden können. Diese werden der Sicherheitsebene 4 zugeordnet. Der Einsatz dieser zusätzlichen Bespeisungsreserve kann gemäß /6/ auch zur Beherrschung von Ereignissen auf der Sicherheitsebene 3 erforderlich werden, wenn ein Ausfall des Notspeisesystems unterstellt werden muss. Dies kann bei interner Überflutung des Raums 2101 im Hilfsanlagengebäude der Fall sein sowie bei einem erdbebenbedingten Versagen der RY-Leitungen im Maschinenhaus /6/. Bei dem betrachteten Ereignis „Ausfall der betrieblichen Speisewasserversorgung“ kann bei Nichtverfügbarkeit des Hauptspeisewasserbehälters der Ausfall der Deionatpumpen RY 21 und RY 22 den Ausfall aller vier Notspeisepumpen verursachen. Der in diesen Fällen notwendige Einsatz des zusätzlichen Sekundäreinspeisesystems (RZ –System) und nachgeordnet der manuell aktivierten Blockstützung (RX-System), die beide nach /12/ der Sicherheitsebene 4 zugeordnet sind, ist als Nachteil gegenüber KKE zu bewerten.

Für das 100 K/h-Abfahren in KKE stehen 3 Redundanzen zur Verfügung. Dafür hat KWB-A die Möglichkeit von Hand die 4 x 15%-FD-Sicherheitsventile anzusteuern und

in Verbindung mit 1 x 100% FD-Sicherheitsventilen auf der Sicherheitsebene 3 die Anlage abzufahren. In KWB-A steht zusätzlich 1 weiteres 100% FD-Sicherheitsventil zur Verfügung. Die jeweiligen Einzelredundanzen in KKE führen zu Vorteilen gegenüber KWB-A. In KKE kann zudem durch Simulationen im Reaktorschutz (Sicherheitsebene 4) über 4 Frischdampfsicherheitsventile abgefahren werden, von denen eines ausreichend ist.

Übergreifend über die Bewertungsmerkmale ist festzuhalten, dass KKE über drei Diversitäten zur Frischdampfabfuhr verfügt (FDU, Abblaseregelventile, Frischdampfsicherheitsventile), KWB-A über vier (FDU, Abblaseregelventile, zwei verschiedene Sicherheitsventile). Hinsichtlich der Diversität bestehen daher Vorteile von KWB-A gegenüber KKE.

5.3 Fazit

In KWB-A ist im Gegensatz zu KKE nicht auszuschließen, dass die Systemfunktion der Notbespeisung durch Ausfälle auf der Sicherheitsebene 2 eingeschränkt sein kann.

Bei der Beherrschung des hier betrachteten Störfalls auf der Sicherheitsebene 3 hat KKE Vorteile aufgrund der höheren gesicherten Speisewasserkapazitäten, der höheren Abblasekapazitäten und der durchgängigen Entmaschung der Systeme. Unabhängig davon sind die vorhandenen Schwachstellen der Auslegung der Notspeisesysteme von KWB-A (Sicherheitsebene 3) gegen übergreifende äußere und innere Einwirkungen als Nachteil im Vergleich zu KKE zu werten, der durch die für diese Fälle vorgesehenen Einrichtungen der Sicherheitsebene 4 (RZ, RX) nicht ausgeglichen wird.

Für andere Ereignisse stellt die Verfügbarkeit der zusätzlichen Systeme zur Speisewasserversorgung bei KWB-A (RZ, RX) im Vergleich zu KKE eine weitere Reserve dar.

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

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 9:

„Leck/Bruch im Frischdampf- oder Speisewassersystem außerhalb Reaktorgebäude (nach 1. Absperrarmatur bzw. Festpunkt)“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 9: „Leck/Bruch im Frischdampf- oder Speisewassersystem außerhalb Reaktorgebäude (nach 1. Absperrarmatur bzw. Festpunkt)“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Bewertungsgegenstand 2

2.2 Bewertungsmerkmale 6

3 Verwendete Unterlagen 7

4 Anlagenvergleich 8

5 Bewertung der vertieft betrachteten Bewertungsmerkmale 13

6 Literatur 15

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 9 „Leck/Bruch im Frischdampf- oder Speisewassersystem außerhalb Reaktorgebäude (nach 1. Absperrarmatur bzw. Festpunkt)“ behandelt. Dies ist ein Ereignis der Sicherheitsebene 3.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Bewertungsgegenstand

Frischdampfleitungsleck bzw. -bruch:

Beim Leck bzw. Bruch in der Frischdampf-Leitung (FD-Leitung) nach der FD-Absperrarmatur kommt es zum Druckabfall im FD-Bereich der Sekundärseite. Je nach Leckgröße erfolgt die Erkennung entweder über das Druckabfallsignal (DAF-Signal) des Reaktorschutzes (gilt für große FD-Lecks) oder den Füllstandsabfall von mindestens einem Dampferzeuger (gilt für kleinere FD-Lecks). Bei einem Leck innerhalb der Armaturenkammer erfolgt zusätzlich die Erkennung des Lecks über das dort installierte Lecküberwachungssystem.

Bei großen FD-Lecks (Leckquerschnitt etwa > 700 cm^2 (Volllast) für KKE bzw. etwa > 1000 cm^2 (Volllast) für KWB-A) kommt es zu einem schnellen Abfall des FD-Druckes in den Dampferzeugern, da alle FD-Leitungen über den Sammler verbunden sind, sodass es schließlich zum Ansprechen des Druckabfallsignals kommt. In der Regel ist der Druckabfall in dem Dampferzeuger (DE) mit der defekten FD-Leitung am größten. Der Druckabfall in den anderen Dampferzeugern resultiert dann aus dem Frischdampfausgleichsstrom. Nur im Falle eines Lecks im FD-Sammler ist der Druckabfall in allen vier Dampferzeugern annähernd gleich. Große FD-Leitungslecks führen kurzfristig über die bereits erwähnte Anregung des Druckabfallsignals in den FD-Leitungen zu Reaktorschutzmaßnahmen, die zur automatischen Abtrennung des Lecks sowie zur Sicherstellung der Wärmeabfuhr im Anlagenzustand „unterkritisch heiß“ führen. Durch Auslösen des „DAF 1“-Grenzwertes folgt Reaktorschnellabschaltung (RESA) und Turbinenschnellabschaltung (TUSA). Des Weiteren erfolgt der Sekundärkreisabschluss mit dem Schließen der FD-Abschlussarmaturen, der FD-Abblasestationen sowie des Hauptspeisewasserkopfes. Ferner werden die Hauptspeisewasserpumpen abgeschaltet und die An- und Abfahrpumpen (KKE) bzw. die betrieblich angesteuerten elektrischen Notspeisepumpen (KWB-A) gestartet. Durch den Sekundärkreisabschluss steigen die FD-Drücke in den Dampferzeugern an, bis sich die Sättigungstemperatur in den Dampferzeugern an die Kühlmitteltemperatur des Primärkreises, die aufgrund des erhöhten Wärmeaustrages aus dem Primärkreis abgefallen ist, angleicht. Im weiteren Verlauf heizen sich Primär- und Sekundärkreis auf, bis der Ansprechwert des Teilabfahrens erreicht wird. Mit dem Öffnen der FD-Abblaseregelventile werden die Drücke in den

Dampferzeugern und damit auch die primär- und sekundärseitigen Temperaturen abgesenkt und auf einem definierten Druckwert konstant gehalten. Bis zur vollständigen Wirksamkeit der Druckentlastung über die FD-Abblasestationen kann der FD-Druck kurzfristig bis zum Ansprechdruck der FD-Sicherheitsventile ansteigen, sodass es kurzzeitig zum Abblasen über die Sicherheitsventile kommt. Für den Fall, dass die betriebliche Bespeisung der Dampferzeuger über die An- und Abfahrpumpen (KKE) bzw. die elektrischen Notspeisepumpen (KWB-A) nicht ausreicht, kommt es zu einem weiteren Füllstandsabfall in den Dampferzeugern mit einem möglichen Ansprechen des MIN2-Grenzwertes der Füllstandsmessung, sodass es dampferzeugerbezogen zum Starten der Notbespeisung kommt. Die Anlage befindet sich nach den vorab dargestellten Maßnahmen im Zustand „unterkritisch heiß mit Wärmeabfuhr über die FD-Abblasestation“ (eventuell mit Notbespeisung der Dampferzeuger). Langfristig ist die Anlage abzufahren und das Nachwärmeabfuhrsystem zuzuschalten. Dazu wird im weiteren Verlauf die Anlage über die FD-Abblasestation abgefahren.

Bei kleineren Lecks im FD-System – auch als Unterkühlungstransienten bezeichnet – erfolgt keine Anregung des Druckabfallsignals. Aufgrund des entstehenden Druckabfalls in den FD-Leitungen versucht zuerst die Minimal(MIN)-FD-Druckregelung durch Eindrosseln der Turbinenstellventile den FD-Druckabfall zu begrenzen. Durch den erhöhten Wärmeaustrag aus dem Primärkreis kommt es dort zu einer Temperaturabsenkung, dem die Kühlmitteltemperatur-Regelung (KMT-Regelung) durch Ausfahren von Steuerstäben entgegenzuwirken versucht. Dieses wird bei Erreichen einer Reaktorleistung von 103 % von der Reaktorleistungsbegrenzung gestoppt. Bei Überschreitung einer definierten Abweichung zwischen Reaktor- und Generatorleistung folgt eine Reduzierung der Reaktorleistung. Über die MIN-FD-Druckregelung kann es bei fortdauerndem Druckabfall im weiteren Verlauf zur TUSA-Auslösung kommen. Durch den Leckmassenstrom kommt es letztendlich zum Abfall des Speisewasserbehälter-Füllstands und zur Unterschreitung des Füllstandsgrenzwerts, was zur Abschaltung der Hauptspeisewasserpumpen führt. Die Bespeisung der Dampferzeuger erfolgt dann über die An- und Abfahrpumpen (KKE) bzw. die betrieblich angesteuerten elektrischen Notspeisepumpen (KWB-A).

Die RESA wird bei kleineren Lecks entweder über das Ansprechen des Reaktorschutzgrenzwertes für die Dampferzeugerfüllstände oder den Primärkreisdruckabfall ausgelöst. Durch die RESA wird der Abfall des FD-Druckes, der Kühlmitteltemperatur und des Druckhalterfüllstandes beschleunigt. Bei genügend großen Leckquerschnitten kann es dadurch zum Anregen des „DAF 1“-Signals kommen, wodurch der Sekundär-

kreisabschluss ausgelöst wird. Fällt der Druckhalterfüllstand unter den entsprechenden Reaktorschutzgrenzwert, erfolgt auch der Primärkreisabschluss. Der isolierte Primärkreislauf wird über die Nachzerfallswärme aufgeheizt, wodurch das Dampfpolster des Druckhalters durch das expandierende Kühlmittel komprimiert wird. Da die DH-Sprühung nicht zur Verfügung steht, kommt es zum mehrmaligen Ansprechen des DH-Abblaseventils, bevor der FD-Druckgrenzwert für das Einleiten des Teilabfahrens erreicht wird. Langfristig müssen bei FD-Verlust die zur Verfügung stehenden Deionatvorräte beachtet werden. Die weiteren Maßnahmen hängen davon ab, ob die Leckausströmung beendet werden kann oder nicht. Im ersteren Fall kann die Anlage im Zustand „unterkritisch heiß“ gehalten werden. Im letzteren Fall ist die Anlage über die FD-Abblasestation abzufahren und das Nachwärmeabfuhrsystem zuzuschalten.

Speisewasserleitungsleck bzw. -bruch

Als Auslegungsstörfall wird das nicht durch betriebliche Systeme überspeisbare Speisewasserleck betrachtet. Bei ausreichend großen Leckgrößen kommt es aufgrund des schnellen Druckabfalls zur Auslösung des Sekundärkreisabschluss, wodurch in der Regel das Leck von den Dampferzeugern abgetrennt wird. Bei kleineren Leckgrößen kommt es dagegen nicht zum Sekundärkreisabschluss. Diese Lecks – auch als Unterkühlungstransienten bezeichnet – sind zuerst über den Abfall des Füllstandes im Speisewasserbehälter sowie in Abhängigkeit der Lecklage in mindestens einem Dampferzeuger erkennbar. Das weitere Anlagenverhalten und die daraus im weiteren Verlauf resultierenden Maßnahmen werden von der Lage des Lecks bestimmt. Grob sind die drei Fälle „Leck zwischen Speisekopf und Reaktorgebäude“, „Leck in der Hauptspeisewasser-Leitung zwischen Druckschieber Hauptspeisepumpe und Speisekopf“ sowie „Leck direkt am Speisewasserbehälter“ zu unterscheiden.

Beim Leck zwischen Speisekopf und Reaktorgebäude, wobei auch das Lecküberwachungssystem in der Armaturenkammer anspricht, kommt es zum Füllstandsabfall in dem zu dem Speisewasserkopf gehörenden Dampferzeuger. Mit dem Unterschreiten des „MIN 1“-DE-Füllstandsgrenzwertes kommt es zur Auslösung von RESA und TUSA. Die Wärmeabgabe erfolgt dann über die FD-Umleitstation. Fällt der Füllstand im betroffenen Dampferzeuger im weiteren Störfallablauf unter den „MIN2“-Füllstandsgrenzwert, wird die Zuschaltung des entsprechenden Notspeiseteilsystems durchgeführt. Sollte zwischenzeitlich der Speisewasserbehälter-Füllstand unter den minimalen Füllstandsgrenzwert abgefallen sein, so werden die Hauptspeisewasserpumpen ausgeschaltet und die An- und Abfahrpumpen (KKE) bzw. über ihre betriebliche Anregung die elektri-

schen Notspeisepumpen (KWB-A) zur Dampferzeugerbespeisung zugeschaltet. Nach Identifizierung des Leckortes kann das Leck zwischen Speisekopf und Reaktorgebäude in der Regel durch das Schließen des Speisewasser-Schwachlastschiebers im betroffenen Strang abgesperrt werden.

Durch ein Leck in der Hauptspeisewasser-Leitung zwischen Druckschieber Hauptspeisepumpe und Speisekopf fällt der Speisewasserbehälter-Füllstand unter den minimalen Füllstandsgrenzwert, sodass es zum Abschalten der Hauptspeisewasserpumpen kommt. Die Bespeisung der Dampferzeuger wird dann durch die An- und Abfahrpumpen (KKE) bzw. die betrieblich angeregten elektrischen Notspeispumpen (KWB-A) gewährleistet. Sollten die Dampferzeugerfüllstände weiter abfallen, soll präventiv das rechtzeitige Zuschalten aller Notspeiseteilsysteme von Hand erfolgen, bevor die Dampferzeugerfüllstände den „MIN2“-Grenzwert unterschreiten, und es dadurch zur automatischen Zuschaltung des Notspeisesystems kommt. Das Leck zwischen Druckschieber Hauptspeisepumpe und Speisekopf kann durch Schließen der Druckschieber der Hauptspeisewasserpumpen von den Dampferzeugern abgetrennt werden.

Im Falle eines Lecks am Speisewasserbehälter fallen neben dem Speisewasserbehälter-Füllstand auch gleichzeitig die Füllstände in allen Dampferzeugern. Die Hauptspeisewasserpumpen werden nach Unterschreitung des „MIN1“-Füllstandsgrenzwertes im Speisewasserbehälter ausgeschaltet. Die Bespeisung der Dampferzeuger wird dann durch die An- und Abfahrpumpen (KKE) bzw. die betrieblich angeregten elektrischen Notspeisepumpen (KWB-A) übernommen. Das Notspeisesystem übernimmt die Bespeisung der Dampferzeuger, wenn entweder der Füllstand im Speisewasserbehälter unter den „MIN2“-Grenzwert abfällt oder die Füllstände der Dampferzeuger derart abgefallen sind, dass das Notspeisesignal ansteht. Es ist dann mit einem starken Abfall des FD-Druckes und mit einer Unterkühlungstransiente im Primärkreis zu rechnen, sodass ggf. das Druckabfallsignal (DAF1) mit dem daraus resultierenden Sekundärkreisabschluss sowie die Notkühlkriterien ansprechen können. Da das Notspeisesystem von KWB-A vorrangig aus dem Speisewasserbehälter ansaugt, muss bei einem Speisewasserbehälter-Leck die automatische Umschaltung auf Direktversorgung der Notspeisewasserpumpen aus den Deionatbehältern erfolgen.

Der längerfristig anzustrebende Anlagenzustand im Falle der Speisewasserleitungslecks ist abhängig, ob das Leck im Zustand „heiß, unterkritisch“ bei ausreichenden Deionatvorräten detektiert und repariert bzw. abgesperrt werden kann. Ist eine Reparatur nicht möglich bzw. sind die nutzbaren Deionatvorräte nicht mehr ausreichend, dann

ist die Anlage in einen Zustand abzufahren, der die Wärmeabfuhr durch das Nachkühlsystem ermöglicht.

2.2 Bewertungsmerkmale

Aus den vorab dargestellten allgemeinen Abläufen des FD- bzw. Speisewasserleitungslecks außerhalb des Reaktorgebäudes wurden für den Vergleich der Anlagen KWB-A und KKE die folgenden relevante Bewertungsmerkmale abgeleitet:

- **Merkmal 1:** Leckgrößenannahmen,
- **Merkmal 2:** Redundanztrennung und Komponentenauslegung in der Armaturenkammer,
- **Merkmal 3:** Erkennung des FD-Leitungs- bzw. Speisewasserleitungslecks außerhalb des Reaktorgebäudes,
- **Merkmal 4:** Trennen der Dampferzeuger vom sekundärseitigen Leck,
- **Merkmal 5:** Bereitstellung sekundärseitige Wärmesenke,
- **Merkmal 6:** Sicherstellung Dampferzeugerbespeisung,
- **Merkmal 7:** Reaktivitätsbegrenzung bei der Unterkühlungstransiente sowie
- **Merkmal 8:** thermische Belastung des Kerns.

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/1/ Sicherheitsstatusanalyse Konvoi, Dezember 1998/Juli 2001

/2/ TÜV-Arbeitsgemeinschaft Konvoi: Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse September 2001,

/3/ Betriebshandbuch Kernkraftwerk Emsland (KKE), Stand 31.10.2006

/4/ Periodische Sicherheitsüberprüfung Biblis-A , April 2003

/5/ Gutachten der TÜV-Arbeitsgemeinschaft zur PSÜ Biblis-A, Juni 2005

/6/ Betriebshandbuch Kernkraftwerk Biblis, Block A (KWB-A) einschließlich Systemschaltpläne, Stand 30.06.2006

/7/ Sicherheitsbericht für das Kernkraftwerk Emsland (KKE), 1978

/8/ Anlagenbeschreibung für das Kernkraftwerk Biblis-A (KWB-A), Dezember 1990

- Kategorie 3

/9/ Kraftwerk Union AG: Schulungsunterlagen DWR-Anlagenkurs, 1986

/10/ Siemens: Schulungsunterlagen Reaktorschutzkurs (basiert auf KKE), Mai 1998

/11/ RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007

4 Anlagenvergleich

Die in Kapitel 2.2 genannten, für den Bewertungsgegenstand 9 abgeleiteten Bewertungsmerkmale 2, 5 und 6 werden bereits im Zusammenhang mit den Bewertungsgegenständen 10b (zu Bewertungsmerkmal 2) sowie den Bewertungsgegenständen 4, 5 und 8 (zu den Bewertungsmerkmalen 5 und 6) dieses Anlagenvergleiches detailliert behandelt und bewertet. Die dort erzielten Bewertungsergebnisse sind auf die vorgenannten Bewertungsmerkmale des Bewertungsgegenstandes 9 übertragbar. Im Rahmen der Ausarbeitungen zum Bewertungsgegenstand 9 werden die Bewertungsmerkmale 2, 5 und 6 daher nicht erneut behandelt. Hier wird auf die vorab genannten anderen Bewertungsgegenstände verwiesen.

In der nachfolgenden Tabelle sind für das FD- bzw. Speisewasserleitungsleck außerhalb des Reaktorgebäudes diejenigen anlagenspezifischen Besonderheiten wieder gegeben, die sich aus den verwendeten Unterlagen ergeben und aus denen ggf. signifikante sicherheitsrelevante Unterschiede zwischen den beiden Anlagen für die hier vertieft zu betrachtenden Bewertungsmerkmale 1, 3, 4, 7 und 8 abgeleitet werden können. Die Besonderheiten sind in der folgenden Tabelle für die beiden Anlagen vergleichend gegenübergestellt und den Bewertungsmerkmalen 1, 3, 4, 7 und 8 zugeordnet.

KKE	KWB-A	Ergebnisse
Bewertungsmerkmal 1: „Leckgrößenannahmen“		
Armaturenkammer: Siehe Bewertungsgegenstand 10b **Außerhalb Armaturenkammer:** Bruchannahme im FD- und Speisewassersystem /1/. Als radiologisch repräsentativer Störfall wird der 2F-Bruch in der FD-Leitung hinter der äußeren Absperrarmatur mit gleichzeitigem 2F-Dampferzeuger-Heizrohrbruch untersucht (deckt 2F-Brüche außerhalb des Reaktorgebäudes hinsichtlich thermohydraulischem und reaktorphysikalischem Verhalten mit ab).	**Armaturenkammer:** Siehe Bewertungsgegenstand 10b **Außerhalb Armaturenkammer:** Leckgrößenannahmen im Frischdampf- und Speisewassersystem max. 0,1F /4/. Laut Gutachter kann für das ganze Frischdampf- und Speisewassersystem bei Einhaltung der im Gutachten genannten Empfehlungen der Bruchausschluss angenommen werden (siehe PSÜ-Nr. III.1/2/RA und III.1/2/RL) /4/. Als radiologisch repräsentativer Störfall wird der 2F-Bruch in der FD-Leitung hinter der äußeren Absperrarmatur mit gleichzeitigem 2F-Dampferzeuger-Heizrohrbruch untersucht (deckt 2F-Brüche außerhalb des Reaktorgebäudes hinsichtlich thermohydraulischem und reaktorphysikalischem Verhalten mit ab).	**Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 1:** **KKE:** Rundabriss einer FD- bzw. Speisewasserleitung wird außerhalb der Armaturenkammer unterstellt. **KWB-A**: Außerhalb der Armaturenkammer wird für die FD- bzw. Speisewasserleitungen maximal ein 0,1F-Leck unterstellt.
Bewertungsmerkmal 3: „Erkennung FD-Leitungs- bzw. Speisewasserleitungslecks außerhalb des Reaktorgebäudes“		
DAF1-Signal, Füllstand Dampferzeuger, Füllstand Speisewasserbehälter, Lecküberwachung Armaturenkammer, Armaturenstellungen,	DAF1-Signal, Füllstand Dampferzeuger, Füllstand Speisewasserbehälter, Lecküberwachung Armaturenkammer, Armaturenstellungen,	Keine relevanten Unterschiede.

KKE	KWB-A	Ergebnisse
Feuchtemessungen Maschinenhaus etc.	Feuchtemessungen Maschinenhaus etc.	
Bewertungsmerkmal 4: Trennen der Dampferzeuger vom sekundärseitigen Leck		
Die Abtrennung der Dampferzeuger vom sekundärseitigen Leck erfolgt bei Anregung des „DAF 1“-Signals automatisch bzw. bei Nichtanregung des Signals mittels Handmaßnahmen. Für das Abtrennen wird frischdampfseitig das Schließen der FD-Abschlussarmaturen durchgeführt. Speisewasserseitig werden die Dampferzeuger durch das Schließen der Hauptspeisewasserköpfe abgesperrt. Ein Leerlaufen der Dampferzeuger wird grundsätzlich über die innerhalb des Sicherheitsbehälters angeordneten Rückschlagklappen verhindert.	Die Abtrennung der Dampferzeuger vom sekundärseitigen Leck erfolgt bei Anregung des „DAF 1“-Signals automatisch bzw. bei Nichtanregung des Signals mittels Handmaßnahmen. Für das Abtrennen wird frischdampfseitig das Schließen der FD-Abschlussarmaturen durchgeführt. Speisewasserseitig werden die Dampferzeuger durch das Schließen der Hauptspeisewasserköpfe abgesperrt. Ein Leerlaufen der Dampferzeuger wird grundsätzlich über die innerhalb des Sicherheitsbehälters angeordneten Rückschlagklappen verhindert. Die Absicherung der Notspeisestränge, die in die Hauptspeisewasserstutzen einmünden, gegenüber einem Leck in einer Speisewasserleitung ist durch eine zusätzliche Rückschlagklappe in den Hauptspeisewasserleitungen vor der Einmündung realisiert.	Keine relevanten Unterschiede.
Aufgrund der dampferzeugereigenen FD-Abschlussarmaturen und Hauptspeisewasserabschlussschieber ist die Abtrennung der Dampferzeuger einzelfehlerfest ausgeführt, d.h. es kann maximal zum Ausdampfen eines Dampferzeugers kommen.	Aufgrund der dampferzeugereigenen FD-Abschlussarmaturen und Hauptspeisewasserabschlussschieber ist die Abtrennung der Dampferzeuger einzelfehlerfest ausgeführt, d.h. es kann maximal zum Ausdampfen eines Dampferzeugers kommen.	
Bewertungsmerkmal 7: „Reaktivitätsbegrenzung bei Unterkühlung“		
Die beim analysierten, nicht absperrbaren 0,1F-FD-Leitungsleck innerhalb des SHB auftretende	Die beim analysierten, nicht absperrbaren 0,1F-FD-Leitungsleck innerhalb des SHB auftretende	**Relevante Unterschiede Bewertungsmerkmal 7:**

KKE	KWB-A	Ergebnisse
Unterkühlung, bei dem es zum vollständigen Ausdampfen eines Dampferzeugers kommt, deckt die Unterkühlung bei FD-Leitungs- bzw. Speisewasserleitungslecks außerhalb des Reaktorgebäudes ab. Laut Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse Konvoi /2/ kann der Kern auch beim Ausdampfen von zwei Dampferzeugern (Annahme: Versagen von zwei FD-Abschlussarmaturen am betroffenen DE und an einem weiteren) durch die Aufborierung unterkritisch gehalten werden. **Aufborierung:** Bei Abfall DH-Füllstand unter den Füllstandsgrenzwert (< 2,28 m) erfolgt automatisch ausschließlich die Anregung des Zusatzboriersystems in der Funktion Leckergänzung, d. h. Ansaugung aus den Flutbehältern (2200 ppm). Ansonsten erfolgt die Aufborierung über Handmaßnahmen aus der Borsäure- und Deionateinspeisung (KBC) (Einspeisung mit 7000 ppm). Vor Unterschreiten der KMT von 200 °C muss c_{H-K} erreicht sein. Ziel ist die Aufborierung auf 2200 ppm (c_{BW}) /3/ Boriermöglichkeiten über KBC-System (Borsäure- und Deionateinspeisung) bzw. Zusatzboriersystem (JDH). **Max. Kapazität KBC:**	Unterkühlung, bei dem es zum vollständigen Ausdampfen eines Dampferzeugers kommt, deckt die Unterkühlung bei FD-Leitungs- bzw. Speisewasserleitungslecks außerhalb des Reaktorgebäudes ab. Nach PSÜ-Bericht III.1/1/1.5 /4/ wird bei diesem Ereignis die bis zum vollständigen Ausdampfen des Dampferzeugers auftretende Unterkühlungstransiente durch das Anlagenverhalten sicher beherrscht. **Aufborierung:** Bei Abfall DH-Füllstand unter den Füllstandsgrenzwert (< 3 m) erfolgt automatische Anregung des Chemikalieneinspeisesystems (TB). Ansonsten erfolgt die Aufborierung mit maximaler Borkonzentration über Handmaßnahmen aus dem TB-System (zwei Borsäure-Dosierpumpen in Betrieb). Vor Unterschreiten der KMT von 200 °C muss c_{H-K} erreicht sein. Ziel ist Aufborierung auf 2550 ppm (c_{BW}) /6/. Boriermöglichkeit mit dem Chemikalieneinspeisesystem (TB) über Volumenregelsystem (TA). **Max. Kapazität TB:** 800 ppm/h /4/.	**KKE:** Neben dem KBC-System ist noch das viersträngige Zusatzboriersystem vorhanden. Letzteres wird über DH-Füllstand < 2,28 m zur Leckergänzung (Ansaugen aus Flutbehältern mit 2200 ppm) gestartet. Bei diesem Störfall kommt es nur bei großen Leckquerschnitten, die zu einem großen Füllstandsabfall im Druckhalter führen zum Einsatz. In den anderen Fällen erfolgt die Aufborierung über das KBC-System, welches von Hand von der Warte gestartet wird. Auch beim Ausdampfen von zwei Dampferzeugern kann durch die Aufborierung der Kern unterkritisch gehalten werden. **KWB-A:** Kein Zusatzboriersystem. Aufborierung erfolgt über Chemikalieneinspeisesystem in Verbindung mit Volumenregelsystem. Ein kurzzeitiges Wiederkritischwerden kann laut PSÜ auch für das 0,1F-FD-Leck innerhalb SHB bei konservativen Annahmen nicht ausgeschlossen werden (abdeckend für 0,1F-Lecks außerhalb des Reaktorgebäudes). Hinsichtlich eines möglichen Wiederkritischwerdens beim absperrbaren FD-Leitungsleck kann anhand der vorliegenden Unterlagen keine Aussage getroffen werden.

KKE	KWB-A	Ergebnisse
792 ppm/h bei Ausgangskonzentration von 1475 ppm Bor bzw. 939 ppm/h bei Ausgangskonzentration von 100 ppm Bor (Einspeisung mit zwei Strängen) /9/. **Max. Kapazität JDH:** 548 ppm/h bei Ausgangskonzentration von 1475 ppm Bor bzw. 629 ppm/h bei Ausgangskonzentration von 0 ppm Bor (Einspeisung mit vier Strängen) /9/. Bei großen sekundärseitigen Lecks, die zu einer derart großen Unterkühlung führen, dass es zur Anregung der Notkühlkriterien kommt, wird die Aufborierung durch die Einspeisung der Sicherheitseinspeisepumpen aus den Flutbehältern bestimmt. Anreicherungsgrad B-10 ca. 28 Atomprozente	Bei großen sekundärseitigen Lecks, die zu einer derart großen Unterkühlung führen, dass es zur Anregung der Notkühlkriterien kommt, wird die Aufborierung durch die Einspeisung der Sicherheitseinspeisepumpen aus den Flutbehältern bestimmt. Über den Anreicherungsgrad von B-10 liegen uns keine Angaben vor.	**KKE und KWB-A:** Der Grad der sich beim Leck außerhalb des Reaktorgebäudes jeweils einstellenden Unterkühlung (abhängig vom Leck und der Annahmen im Rahmen des Einzelfehlerkonzeptes) sowie deren Auswirkung auf das Reaktivitätsverhalten sind bei beiden Anlagen ohne Störfall-Analyseergebnisse nicht zu bewerten.
Bewertungsmerkmal 8: „Thermische Belastung des Kerns“		
-	-	Aufgrund fehlender Störfallanalyseergebnisse sind für dieses Merkmal keine Aussagen zu relevanten sicherheitstechnischen Anlagenunterschieden möglich.

5 Bewertung der vertieft betrachteten Bewertungsmerkmale

Nachfolgend werden für diejenigen in Kapitel 2.2 genannten Bewertungsmerkmale, die nicht in anderen Bewertungsgegenständen des Anlagenvergleiches abgehandelt werden und für die gleichzeitig relevante Anlagenunterschiede erkannt wurden, die Ergebnisse des Anlagenvergleichs (wesentlichen Anlagenunterschiede) hinsichtlich sicherheitsrelevanter Vor- und Nachteile bewertet. Die Bewertungen zu den nicht ausgeführten Bewertungsmerkmalen sind Bestandteil der Bewertungsgegenstände 4, 5, 8 und 10b.

Bewertungsmerkmal 1: „Leckgrößenannahmen“

Für beide Anlagen wird als radiologisch repräsentatives Ereignis der 2F-Bruch einer FD-Leitung hinter der äußeren Absperrarmatur mit gleichzeitigem 2F-Dampferzeugerheizrohrbruch analysiert und dessen Beherrschung nachgewiesen. Da durch dieses Ereignis 2F-Brüche im gesamten Bereich außerhalb des Reaktorgebäudes abgedeckt werden, sind trotz der dargestellten Anlagenunterschiede für dieses Bewertungsmerkmal (Leckgrößenannahmen) hinsichtlich des thermohydraulischen und reaktorphysikalischen Verhaltens keine sicherheitstechnisch relevanten Vor- bzw. Nachteile für die eine oder andere Anlage erkennbar.

Eine Bewertung des Bruchausschlusses für den Bereich außerhalb der Armaturenkammer in der Anlage KWB-A erfolgte im Rahmen der Bewertung dieses Auslegungsstörfalles nicht. Für KKE ist wegen der Auslegung für den postulierten sekundärseitigen 2F-Bruch von einer größeren Sicherheitsmarge hinsichtlich der Beherrschung von Störfallfolgewirkungen auszugehen.

Bewertungsmerkmal 7: „Reaktivitätsbegrenzung bei der Unterkühlungstransiente“

Die Aufborierung des Primärkreises wird im Falle des FD- bzw. Speisewasserleitungslecks außerhalb des Reaktorgebäudes bei Nichtanregung der Notkühlkriterien in beiden Anlagen über die an das Volumenregelsystem angeschlossenen Boriersysteme (KBC bei KKE und TB bei KWB-A) sichergestellt, die in diesem Fall per Handmaßnahme gestartet werden. Die gegebenen maximalen Änderungsgeschwindigkeiten der Borkonzentration sind bei beiden Anlagen für diesen Fall gleichwertig. Allerdings liegen uns hinsichtlich der B-10-Anreicherung für KWB-A keine Unterlagen vor.

Bei Unterschreitung des Reaktorschutzgrenzwertes für den Druckhalter-Füllstand erfolgt das Aufborieren bei KKE automatisch über das 4-strängige Zusatzboriersystem (Ansaugen aus den Flutbehältern, da aufgrund des Anregekriteriums die Leckergänzung im Vordergrund steht) und bei KWB-A automatisch durch das TB-System. Die zu erreichenden maximalen Änderungsgeschwindigkeiten der Borkonzentration stellen sich in diesem Fall für KWB-A günstiger dar. Jedoch weist das Zusatzboriersystem von KKE im Gegensatz zum TB-System der Anlage KWB-A als Sicherheitssystem eine höhere Qualifizierung auf und verfügt aufgrund seiner direkten Einspeisung über eine schnellere Wirksamkeit. Ferner nutzt KKE angereichertes B-10. Zur B-10-Anreicherung in KWB-A liegen uns keine Unterlagen vor.

Der Grad der sich jeweils einstellenden Unterkühlung sowie deren Auswirkung auf das Reaktivitätsverhalten bei den Sekundärkreislecks außerhalb des Reaktorgebäudes sind ohne Störfall-Analyseergebnisse nicht zu quantifizieren und somit auch nicht tiefer gehend zu bewerten. Ebenso ist die Auswirkung der in KWB-A vorhandenen Notbespeisung mit heißem Speisewasser auf den Unterkühlungsverlauf nur anhand von Störfallanalysen zu bewerten.

Eine Abwägung der oben genannten Vor- und Nachteile ist ohne weitere Unterlagen und weitere vertiefende Analysen nicht möglich.

Bewertungsmerkmal 8: „Thermische Belastung des Kerns“

Aufgrund fehlender Angaben zur aktuellen Kernauslegung sowie fehlender Störfallanalyseergebnisse sind für dieses Merkmal keine Aussagen zu relevanten sicherheitstechnischen Anlagenunterschieden möglich.

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

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 10a:

„Leck/Bruch im Frischdampf-/ Speisewassersystem oder in der Dampferzeugerabschlämmung innerhalb des Ringraums“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 10a: „Leck/Bruch im Frischdampf-/ Speisewassersystem oder in der Dampferzeugerabschlämmung innerhalb des Ringraums“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes 2

2.2 Bewertungsmerkmale 3

3 Verwendete Unterlagen 4

4 Anlagenvergleich 6

5 Bewertung 9

5.1 Relevante Unterschiede 9

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede 9

5.3 Fazit 10

6 Literatur und Quellen 11

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 10a „Leck / Bruch im Frischdampf- / Speisewassersystem oder in der Dampferzeugerabschlämmung innerhalb des Ringraums“ (Ringraumleck) behandelt. Dies wird als Ereignis der Sicherheitsebene 3 eingestuft.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes

Lecks oder Brüche innerhalb des Ringraumes an heißgehenden Systemen wie Frischdampf-, Speisewassersystem oder Dampferzeugerabschlämmung haben einen Druck- und Temperaturanstieg sowie Feuchteanfall und Strahlkräfte innerhalb des Ringraumes zur Folge. Dort angeordnete sicherheitstechnisch wichtige Komponenten wie Messumformer, Impulsleitungen oder Armaturen können aufgrund dieser Einwirkungen versagen und stünden dann zur Störfallbeherrschung nicht mehr zur Verfügung. Darüber hinaus kann es zur Überflutung des Ringraumes kommen.

Nach den Störfall-Leitlinien werden Lecks an den angesprochenen Rohrleitungen dadurch beherrscht, dass die Rohrleitungen mit einem weiteren Rohr (Doppelrohr) zwischen Sicherheitsbehälter und Reaktorgebäude umgeben sind /BMI 83/. Das Doppelrohr für die Frischdampf- und Speisewasserleitungen ist an der Durchführung des Reaktorgebäudes geschlossen und zum Sicherheitsbehälter (SHB) hin offen ausgeführt. Das Doppelrohr für die Dampferzeugerabschlämmung ist zum Hilfsanlagengebäude hin offen. Im Falle des Versagens einer Frischdampf-, Speisewasser- oder Dampferzeugerabschlämmleitung wird das austretende Medium damit in den Sicherheitsbehälter bzw. ins Hilfsanlagengebäude gelenkt. Dort wird das Leck zunächst mittels der Leckerkennungseinrichtungen (z. B. Druckvergleich zwischen den Dampferzeugern, Druck im SHB, Feuchte, Aktivität, Temperatur, Sumpffüllstände) detektiert. Gemäß Betriebshandbuch (BHB) sind bei kleineren Leckagen Handmaßnahmen zu ergreifen. Lecks führen zur Auslösung von Reaktorschutzaktionen. Durch die Auslösung des Sekundärkreisabschlusses wird u. a. die Speisewasserzufuhr unterbrochen, die Frischdampfleitungen werden isoliert und die Dampferzeugerabschlämmleitungen werden abgesperrt. Der betroffene Dampferzeuger dampft im Falle eines größeren Frischdampflecks ins Innere des Sicherheitsbehälters aus. Im Falle des Speisewasserlecks wird das Entleeren eines Dampferzeugerinventars durch eine Rückschlagarmatur im Inneren des Sicherheitsbehälters verhindert. Die Maßnahmen und Einrichtungen zur Störfallbeherrschung sind in den Betriebshandbüchern detailliert beschrieben. Die Ereignisabläufe sind durch Kühlmittelverluststörfälle bzw. Lecks im Hilfsanlagengebäude abgedeckt. Der Sicherheitsbehälter ist sowohl in KWB-A als auch in KKE für einen Kühlmittelverluststörfall und das gleichzeitige Ausdampfen/Auslaufen eines Dampferzeugers ausgelegt /2/, /12/.

2.2 Bewertungsmerkmale

Lecks bzw. Leckagen im Ringraum mit unzulässigen Folgen für die dort untergebrachten sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen müssen so zuverlässig verhindert werden, dass ein Eintreten eines solchen Ereignisablaufs nicht mehr unterstellt zu werden braucht. Gemäß den Störfall-Leitlinien ist dazu für die Frischdampf-, Speisewasser und Dampferzeugerabschlämmleitungen ein Doppelrohr vorzusehen.

Für die vergleichende Bewertung zwischen KKE und KWB-A wurden die folgenden Merkmale herangezogen:

Merkmal 1: Auslegung der Frischdampf-, Speisewasser- und Dampferzeugerabschlämmleitungen im hier betrachteten Bereich

Merkmal 2: Leckdetektion

Merkmal 3: Schutz vor redundanzübergreifenden Auswirkungen innerhalb des Ringraumes

Merkmal 4: Gefertigte Qualität der Doppelrohre und deren Absicherung im Betrieb

Merkmal 5: Betriebsvorschriften zur Erkennung und Beherrschung des Ereignisses

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/1/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi; Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse. September 2001

/2/ KWU: Sicherheitsstatusanalyse Konvoi, 1998.

/3/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Stöfallablaufbeschreibung und Lecks heißgehender Systeme. PSÜ-Nr.: III.1/1/4.5 RA Rev.a, 11.10.02

/4/ Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlicher Raum und Verbraucherschutz (HMULV): Genehmigung nach §7 Abs. 1 AtG zur Ausführung von Ertüchtigungsmaßnahmen am Speisewassersystem RL und zum Betrieb des Speisewassersystems. Änderungsantrag A 65/02

/5/ Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlicher Raum und Verbraucherschutz (HMULV): Genehmigung nach §7 Abs. 1 AtG zur Ausführung von Ertüchtigungsmaßnahmen am Frischdampfsystem RA und zum Betrieb des Speisewassersystems. Änderungsantrag A 64/02

/6/ Kernkraftwerk Emsland: Betriebshandbuch, Stand 31.10.2006

/7/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Betriebshandbuch einschl. Systemschaltpläne, Stand 30.06.2006

/8/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Systembewertung Speiseswasser PSÜ-Nr.: III.1/2/RA Rev.a, 11.10.02

/9/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Systembewertung Frischdampfsystem PSÜ-Nr.: III.1/2/RA Rev.a, 11.10.02

/10/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Systembewertung Abschlämmsystem PSÜ-Nr.: III.1/1/4.5 RS Rev.a, 11.10.02

/11/ Kernkraftwerk Emsland: Systemplan Dampferzeuger-Abschlämmsystem 694000-U8621-0V-5475 A (1988)

/12/ Kraftwerk Union Aktiengesellschaft: Anlagenbeschreibung (Sicherheitsbericht), Kernkraftwerk BIBLIS / BLOCK A, (5.6-19)

/14/ TÜV Bayern Sachsen
Gutachtliche Stellungnahme zur Ertüchtigung des Leckageüberwachungssystems im Reaktor- und Hilfsanlagengebäude
Änderungsantrag A 37/92 vom 22.12.1992
Januar 1996

- Kategorie 3

/15/ RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007

4 Anlagenvergleich

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
Merkmal 1: **Auslegung der Frischdampf- und Speisewasser- und Dampferzeugerabschlämmleitung im hier betrachteten Bereich**	Werkstoffe und Qualität Frischdampfleitung /1/: 20 MnMoNi 5 5 Bruchausschluss für Frischdampfleitungen. Postulierte maximale Leckgröße 0,1F /2/ Werkstoffe und Qualität Speisewasserleitungen /1/: 20 MnMoNi 5 5 Bruchausschluss für Speisewasserleitungen. Postulierte maximale Leckgröße 0.1F /2/	Werkstoffe und Qualität Frischdampfleitungen /9/:15 NiCuMoNb 5 (WB36) Gemäß Gutachten sind 2F-Brüche auszuschließen und nur unterkritische Risse mit bis zu 0,1F zu unterstellen /3/ /4/ Werkstoffe und Qualität Speisewasserleitungen /8/: Zwischen Rückschlagventil und erster Absperrung: 15 NiCuMoNb 5 (WB36) Abgesichert gegen sprödes Versagen bei niedrigen Temperaturen /8/. Annahme Leckgröße < 0.1 F für Speisewasserleitung /5/	Unterschiedliche Werkstoffe für Frischdampfleitungen. Der in KWB-A eingesetzte Werkstoff 15 NiCuMoNb 5 (WB 36) wurde nach einer Spezifikation gefertigt, die die Anforderungen der heutigen Spezifikation nicht erfüllt. Unterschiedliche Werkstoffe für Speisewasserleitungen. Der in KWB-A eingesetzte Werkstoff 15 NiCuMoNb 5 (WB 36) wurde nach einer Spezifikation gefertigt, die die Anforderungen der heutigen Spezifikation nicht erfüllt.

	Werkstoff und Qualität Abschlämmleitung /11/: 15 MnNi 6 3/ RSt 35.8 III Für DE-Abschlämmsystem sind aufgrund der entsprechenden Qualitätsvorsorge maximale unterkritische Lecks zu unterstellen; abdeckend wird ein 0,1F-Leck angesetzt /11/	Werkstoff und Qualität Abschlämmleitung15 Mo 3, Werkstoffe) /10/ Basissichere Qualität vom Dampferzeuger bis zum Entspanner (Leitungen wurden ausgetauscht), Bruchausschluss, abdeckend wird ein 0,1F-Leck angesetzt /10/ Bestandteil der Werkstoffpalette nach RSK für basissichere	Kein relevanter Unterschied für Dampferzeugerabschlämmleitungen erkennbar
Merkmal 2: Leckdetektion	Leckageüberwachung innerhalb des Sicherheitsbehälters und im Hilfsanlagengebäude /6/: – Lecküberwachungssystem (LÜS) – Systemparameter – Aktivitätsüberwachung – Brandmeldeeinrichtungen Erkennung von Leckagen, bevor Reaktorschutzaktionen ausgelöst bzw. kritische Risslängen erreicht werden /6/	Leckageüberwachung innerhalb des Sicherheitsbehälters und im Hilfsanlagengebäude /7/ /3/ /14/: – Lecküberwachungssystem (LÜS) – Systemparameter – Aktivitätsüberwachung – Brandmeldeeinrichtungen Erkennung von Leckagen, bevor Reaktorschutzaktionen ausgelöst bzw. kritische Risslängen erreicht werden /14/.	Kein relevanter Unterschied erkennbar.

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
Merkmal 3: **Schutz vor redundanzübergreifenden Auswirkungen innerhalb des Ringraumes**	Doppelrohre als Vorsorgemaßnahme gemäß Störfall-Leitlinie	Doppelrohre als Vorsorgemaßnahme gemäß Störfall-Leitlinie	Kein relevanter Unterschied erkennbar.
Merkmal 4: **Gefertigte Qualität der Doppelrohre und deren Absicherung**	Nicht bekannt	Nicht bekannt	Auf Grundlage der verfügbaren Unterlagen kein Vergleich möglich.
Merkmal 5: **Betriebsvorschriften zur Erkennung und Beherrschung des Ereignisses**	BHB Teil 3, Kapitel 3.2 (Titel: Sekundärseitiges kleines Leck innerhalb Sicherheitsbehälter) Automatische und Handmaßnahmen sind im Detail beschrieben.	BHB 13.12 (Titel: Kleines Leck Sekundärseite ohne Ansprechen YZ60/YZ51) Anmerkung: Abfahren der Anlage ohne Notbespeisung und ohne Sekundärkreisabschluss BHB 13.07-13.10 (Titel: Bruch der Speisewasser oder Frischdampfleitung) Anmerkung: Störfall mit Notbespeisung und mit Sekundärkreisabschluss Automatische und Handmaßnahmen sind im Detail beschrieben.	Kein relevanter Unterschied erkennbar.

5 Bewertung

5.1 Relevante Unterschiede

Während der im KKE für die Frischdampf- und Speisewasserleitung im hier betrachteten Bereich (Ringraum) eingesetzte Werkstoff 20 MnMoNi 5 5 eine nach heutigen Maßstäben optimierte Qualität für diesen Einsatzbereich darstellt, entspricht die seinerzeit geltende Spezifikation für den im KWB-A eingesetzten Werkstoff 15 NiCuMoNb 5 (WB 36) nicht mehr der heutigen KTA 3211.1 (Stand 06/2000). Dies hat möglicherweise Auswirkungen auf die Zähigkeit des Werkstoffes und das Auftreten von herstellungsbedingten Rissen.

Inwieweit Unterschiede zwischen den untersuchten Anlagen hinsichtlich der gefertigten Qualität der Doppelrohre und deren Absicherung im Betrieb durch Wiederkehrende Prüfungen bestehen, kann anhand der verfügbaren Unterlagen nicht bewertet werden.

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Der seinerzeit im KWB-A eingesetzte Werkstoff 15 NiCuMoNb 5 wurde im Laufe der 70iger und 80iger Jahre weiter optimiert. Die bei 15 NiCuMoNb 5 durch ungünstige Verarbeitung gegenüber 20 MnMoNi 5 5 mit größerer Wahrscheinlichkeit auftretende Rissbildung kann durch qualitätssichernde Maßnahmen und anschließende zerstörungsfreie Prüfungen vermieden bzw. ausgeschlossen werden. D. h., die entsprechenden Defizite in der Werkstofftechnologie können durch den Nachweis der Rissfreiheit kompensiert werden. Inwieweit dies erfolgt ist, kann an Hand der vorliegenden Unterlagen nicht bewertet werden.

5.3 Fazit

Die geforderte Vorsorgemaßnahme für das Ereignis „Leck/Bruch im Frischdampf-/ Speisewassersystem oder in der Dampferzeugerabschlämmung innerhalb des Ringraums“ (Ringraumleck) in Form eines Doppelrohres ist in beiden Anlagen vorhanden. Zur Qualität dieser Maßnahme kann wegen fehlender Unterlagen keine Aussage gemacht werden. Auch zur Qualität der Frischdampf- und Speisewasserleitungen in diesem Bereich kann aufgrund fehlender Unterlagen keine Aussage getroffen werden. Insgesamt ist für diesen Bewertungsgegenstand nicht bewertbar, inwieweit zwischen den Anlagen signifikante Unterschiede bestehen.

6 Literatur und Quellen

/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

/MEE 06/ Meldepflichtige Ereignisse aus den Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland

/BMI 83 / Bekanntmachung der Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 der Strahlenschutzverordnung - Störfall-Leitlinien -, Oktober 1983

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 10b:

„Leck / Bruch im Frischdampf- oder Speisewassersystem zwischen Ringraum und erster Absperrarmatur“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 10b: „Leck / Bruch im Frischdampf- oder Speisewassersystem zwischen Ringraum und erster Absperrarmatur“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes 2

2.2 Bewertungsmerkmale 3

3 Verwendete Unterlagen 4

4 Anlagenvergleich KKE und KWB-A 6

5 Bewertung 12

5.1 Relevante Unterschiede 12

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede 13

5.3 Fazit 14

6 Literatur und Quellen 15

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 10b „Leck / Bruch im Frischdampf- oder Speisewassersystem zwischen Ringraum und erster Absperrarmatur“ (Leck in der Armaturenkammer) behandelt. Dies wird als Ereignis der Sicherheitsebene 3 eingestuft.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes

Der betroffene Bereich zwischen Ringraum und erster Absperrarmatur im Frischdampf- oder Speisewassersystem befindet sich in beiden Anlagen innerhalb der Armaturenkammer. Der Bereich der Leitungen vom Dampferzeuger bis zum Ausgang Reaktorgebäude ist als Doppelrohr ausgeführt. Am Austritt des Doppelrohres schließt die Frischdampfarmaturenstation bzw. das Frischdampfabsperrventil an.

Lecks im Bereich zwischen Doppelrohr und erster Absperrung könnten die im Armaturenblock angeordneten Steuerarmaturen einschließlich ihrer Antriebe und leittechnischen Einrichtungen durch Druck, Temperatur, Strahlkräfte und schlagende Kleinleitungen unzulässig beschädigen. Die sicherheitstechnisch wichtigen Funktionen der Frischdampfarmaturen, wie Absperren der Frischdampfleitung sowie Druckentlastung und Druckbegrenzung, könnten im Falle externer Steuerleitungen zwischen der Hauptarmatur und den Steuerventilen ganz oder teilweise ausfallen.

Frischdampflecks in diesem Bereich sind zum Dampferzeuger hin nicht absperrbar. Im Falle eines gleichzeitig vorliegenden Dampferzeugerheizrohrschadens kommt es daher zur direkten Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung. Lecks oder Leckagen in dem hier betrachteten Bereich müssen rechtzeitig mittels geeigneter Leckdetektionseinrichtungen erkannt werden, damit kurzfristig Handmaßnahmen oder automatische Maßnahmen durchgeführt werden können, u. a. Reaktorschnellabschaltung (RESA) und Absperrung der Speisewasserzufuhr (Sekundärkreisabschluss).

Unzulässige redundanzübergreifende Auswirkungen müssen vermieden werden. Dazu ist eine räumliche Trennung der Frischdampf- und Speisewasserleitungen vorzusehen.

Nach den Störfallleitlinien sind zur Vermeidung des Ereignisses „Kühlmittelverlust aus dem Sekundärkreislauf mit Betriebsleckagen aus dem Primärkreislauf“ Vorsorgemaßnahmen in Form eines „Kompaktarmaturenblockes“ vorzusehen /BMI 83/. Der Kompaktarmaturenblock, wie er in neueren Anlagen eingebaut ist, umfasst den Bereich der Frischdampfarmaturen.

2.2 Bewertungsmerkmale

Der hier behandelte Bewertungsgegenstand ist ein Ereignis, das keine weiteren Störfallanalysen erfordert, wenn die Vorsorgemaßnahmen gemäß den Störfall-Leitlinien /BMI 83/ getroffen sind. Die Vorsorgemaßnahme gemäß den Störfall-Leitlinien ist der „Kompaktarmaturenblock außerhalb des Sicherheitsbehälters“. Die Anlage KWB-A besitzt keinen Kompaktarmaturenblock. Insofern ist zu untersuchen, inwieweit dort vergleichbare Maßnahmen vorhanden sind.

Für die vergleichende Bewertung zwischen KKE und KWB-A wurden die folgenden Merkmale herangezogen:

Merkmal 1: Auslegung der Frischdampf- und Speisewasserleitungen zwischen Doppelrohr und erster Absperrung

Merkmal 2: Leckpostulate in der Armaturenkammer

Merkmal 3: Leckdetektion in der Armaturenkammer

Merkmal 4: Störfallfestigkeit von Armaturen und leittechnischen Einrichtungen innerhalb der Armaturenkammer

Merkmal 5: Redundanztrennung von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen

Merkmal 6: Überflutungsschutz in der Armaturenkammer

Merkmal 7: Betriebsvorschriften zur Störfallbeherrrschung

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/1/ Kernkraftwerk Emsland: Systembeschreibung Speisewasserleitungssystem LAB. An- und Abfahrsystem LAH, Index: c, 10.11.1999

/2/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Systembewertung Frischdampfsystem. PSÜ-Nr.: III.1/2/RA Rev.a, 11.10.02

/3/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi: Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse, September 2001

/4/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Stöfallablaufbeschreibung und Lecks heißgehender Systeme. PSÜ-Nr.: III.1/1/4.5 RA Rev.a, 11.10.02

/5/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Systembewertung Speiseswasser. PSÜ-Nr.: III.1/2/RA Rev.a, 11.10.02

/6/ TÜV Arbeitsgemeinschaft PSÜ KWB-A: Gutachten zur periodischen Sicherheitsüberprüfung. Kernkraftwerk Biblis-A, Juni 2005

/7/ Kernkraftwerk Emsland: Betriebshandbuch, Stand 31.10.2006

/8/ Siemens Arbeitsbericht. Lecküberwachungssysteme im Reaktor- und Hilfsanlagengebäude. 15.09.1992

/9/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Betriebshandbuch einschl. Systemschaltpläne, Stand 30.06.2006

/10/ Kernkraftwerk Emsland: Sicherheitsbericht, Stand 1978

/11/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Systembewertung Dampferzeuger YB. PSÜ-Nr.: III.1/2/YB, 20.12.2001

/12/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Sicherheitstechnisch wichtige Armaturen
PSÜ-Nr.: III.1/3/4, 28.03.2002

/13/ Sicherheitsstatusanalyse Konvoi, 1998

/14/ Kernkraftwerk Biblis, Block A: Anlagenbeschreibung, Band II
PSÜ-Nr.: I, 13.03.2003

- Kategorie 3

/15/ RWE Power AG: Zur Sicherheit von Biblis A – ein Überblick, 22. / 29. März 2007

4 Anlagenvergleich KKE und KWB-A

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
Merkmal 1: Auslegung der Frischdampf- und Speisewasserleitungen zwischen Doppelrohr und erster Absperrung	Frischdampfleitung: Werkstoff: 20 MnMoNi 5 5 /3/ Bruchausschluss der Frischdampfleitung (Anschlussleitungen im hier betrachteten Bereich entfallen wegen Kompaktarmatur)	Frischdampfleitung und Anschlussleitungen /2/ /5/: Werkstoff: DN ≥ 300: 20 MnMoNi 5 5 DN < 300: 15 MnNi 6 3 Bruchausschluss für Frischdampfleitung und die Zuführungsleitungen für die Sicherheits- und Entlastungsventile und die Entwässerungsleitung bis zur 1. Absperrung (erfüllt Rahmenspezifikation Basissicherheit in vollem Umfang) /5/.	Der Werkstoff 15 MnNi 6 3 ist nach KTA 3211.1 für die Äußeren Systeme qualifiziert und wurde bei Nachrüstungen sowie auch in den Konvoi-Anlagen im Bereich der Speisewasser- und Frischdampfleitungen eingesetzt (siehe Spalte KKE). Gegenüber 20 MnMoNi 5 5 zeichnet er sich einerseits durch einfachere Verarbeitbarkeit und eher höhere Zähigkeit bei tiefen Temperaturen, andererseits durch geringere Festigkeit und Warmfestigkeit aus, die durch entsprechend größere Wanddicken ausgeglichen wird. Für Frischdampfleitung kein relevanter Unterschied erkennbar.

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
	Speisewasserleitungen: Werkstoff: 15 MnNi 6 3 (Ausnahme Durchführung: 20 MnMoNi 5 5) Die heutigen Anforderungen auch unter Berücksichtigung des Ausschlusses eines Rundabrisses werden eingehalten /3/. Frischdampfabsperrarmatur ist Teil des Kompaktarmaturenblocks (FSA), der unmittelbar hinter dem Doppelrohr an ein Formstück als Abschluss der Frischdampfleitung angeschweißt /10/ ist, daher keine freie Rohrlänge zwischen Sicherheitsbehälterdurchführung und erster Absperrung. Ausfall des Überspeisungsschutzes aufgrund räumlicher Anordnung nicht auszuschließen, aber Frischdampfleitung gegen innere Überflutung ausgelegt.	Speisewasserleitungen: Werkstoff: 15 NiCuMoNb 5 (WB 36) Schutzzielorientierte Anforderungen (z.B. ausreichendes Zähigkeitsniveau für die Absicherung gegen sprödes Versagen bei niedrigen Belastungstemperaturen) sind erfüllt /5/. Rohrelement zwischen Doppelrohr und erster Absperrung der Frischdampfleitung. Abzweige zu anderen Armaturen, daher größere Anzahl leckrelevanter Stellen im Frischdampfleitungssystem /9/. Innere Überflutung der Frischdampfleitungen nicht nachgewiesen. Armaturen des Überspeisungsschutzes aber außerhalb der Armaturenkammer angeordnet	Unterschiedliche Werkstoffe für Speisewasserleitungen. Der im KWB-A eingesetzte Werkstoff 15 NiCuMoNb 5 (WB 36) wurde nach einer Spezifikation gefertigt, die die Anforderungen der heutigen Spezifikation nicht erfüllt. KWB-A weist frischdampfseitig eine größere Anzahl von Rohrleitungen, Abzweigungen und zugehörigen Schweißnähten auf als KKE und besitzt damit eine vergleichsweise größere Anzahl leckrelevanter Stellen. Kein relevanter Unterschied

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
		und damit außerhalb des Einflussbereiches möglicher Leckagen / Lecks innerhalb der Armaturenkammer.	
Merkmal 2: Leckpostulate in der Armaturenkammer	Frischdampf /13/ /3/: Abriss einer kleinen Anschlussleitung. Entwässerungsleitungen (DN 25) ist abdeckend. 0,1F-Leck an einer Anwärmleitung (DN 100) zwischen Anwärmabsperrventil und Anwärmregelventil (Ventile während des Leistungsbetriebs geschlossen) Speisewasser: Lecks begrenzt auf 0,1 F hinter dem Hauptspeisewasserabsperrschieber in der Armaturenkammer. Annahme 2F-Leck vor dem Hauptspeisewasserabsperrschieber (DN 450) als abdeckender Lastfall im	Frischdampf und Speisewasser: Zur Ermittlung der Umgebungsbedingungen wird der Abriss einer Leitung DN 50 in der Armaturenkammer /4/ unterstellt. Nach /4/ führen auch größere Lecks wegen der Auslegung der Armaturenkammer nicht zu anderen Umgebungsbedingungen. Für den Störfallablauf und die notwendigen Maßnahmen wird ein Frischdampfleck mit 0,1F unterstellt /4/. Speisewasser: Leckannahme 500 mm^2 für Speisewasserleitungen innerhalb der Armaturenkammer/ 5/.	Unterschied in den postulierten Leckquerschnitten für die FD- und Speisewasserleitungen.

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
	Bereich der Speisewasserleitungen /3/. Diese Leckstelle liegt außerhalb des für diesen Bewertungsgegenstand relevanten Bereiches und ist lediglich für die Armaturenfunktion und Umgebungsbedingungen von Bedeutung.		
Merkmal 3: Leckdetektion innerhalb der Armaturenkammer	Temperaturmessung in jedem Kompartment /7/ Bei größeren Leckagen: DE- Niveau, DE-Druckvergleich, Frischdampf (FD)- Druckabfall, Speisewasservergleich	Taupunktdifferenzmessung zwischen Zu- und Abluft in jedem der beiden Kompartments. Alarm bei Taupunktdifferenz > 5 K. Sicheres Erkennen von Lecks ab 5 mm^2 /5/ /8/ Bei größeren Leckagen: DE- Niveau, DE-Druckvergleich, FD-Druckabfall, Speisewasservergleich	Kein relevanter Unterschied erkennbar.
Merkmal 4: Störfallfestigkeit von Armaturen und leittechnischen Einrichtungen innerhalb der Armaturenkammer	Druck- und Temperaturbegrenzung durch Öffnungen zur Umgebung /3/ Steuerventile und Steuerleitungen der FSA-Station sind gegen Folgewirkungen aus FD- oder	Druck- und Temperaturbegrenzung durch Überströmöffnungen zur Umgebung /4/ Störfallfeste Antriebe in Armaturenkammer /4/ /12/	Kein relevanter Unterschied erkennbar. Aufgrund fehlender Unterlagen ist nicht erkennbar, ob Unterschiede vorhanden sind..

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
	Speisewasser-Leitungsbruch ausgelegt.	Der aktuelle Stand der Nachrüstungen hinsichtlich Störfallfestigkeit von anderen Komponenten in der Armaturenkammer für KWB-A ist uns nicht bekannt.	
	Funktionsverlust von Speisewasserarmaturen in einem Kompartment wird unterstellt. Infolge dessen Überflutung einer Frischdampfleitung durch Versagen des Dampferzeuger- Überspeisungsschutzes. FD-Leitungen sind jedoch gegen Überflutung ausgelegt /13/.	Nach /11/ ist auch bei Ausfall einer kompletten Redundanz im Reaktorschutz oder in der der Verkabelung der DE- Überspeisungsschutzes der 4 DE weiterhin wirksam. Die Armaturen des Überspeisungsschutzes sind teilweise im Maschinenhaus angeordnet und können daher von Einwirkungen innerhalb der Armaturenkammer nicht beeinträchtigt werden.	Kein relevanter Unterschied erkennbar.
Merkmal 5: Redundanztrennung von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen innerhalb der Armaturenkammer	Verlegung der Frischdampf- und Speisewasserleitungen in vier bautechnisch getrennten Kompartments /1/ /3/.	Je zwei Frischdampf- und Speisewasserleitungen sind in einem gemeinsamen Kompartment verlegt /14/.	In KWB-A können Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen der Nachbarredundanz nicht ausgeschlossen werden. Außerdem bestehen unterschiedliche Leckpostulate (s. Bewertungsmerkmal 2). Nach Aussage des Gutachters /6/ sind Auswirkungen von

Merkmal	KKE	KWB-A	Ergebnis
			Strahlkräften, Druckdifferenzen und schlagenden Leitungen in heißgehenden Systemen für KWB-A nicht ausreichend untersucht. Nach /15/ wurden die Genehmigungsbescheide A64/02, A65/02 umgesetzt und damit Vorkehrungen gegen Strahl- und Reaktionskräfte bei Lecks im Frischdampf- und Speisewassersystem getroffen.
Merkmal 6: Überflutungsschutz in der Armaturenkammer	Bauliche Gestaltung und Überströmklappen /3/	Bauliche Gestaltung und Überströmöffnungen /4/	Kein relevanter Unterschied erkennbar.
Merkmal 7: Betriebsvorschriften zur Störfallbeherrschung	Behandlung in BHB Teil 3, Kapitel 3.3 (Leck außerhalb Sicherheitsbehälter)	Behandlung in BHB Kapitel 13.12, (Kleines Leck Sekundärseite ohne Anregung „YZ 60/YZ 51“	Kein relevanter Unterschied erkennbar.

5 Bewertung

5.1 Relevante Unterschiede

Aus unserer Sicht bestehen folgende sicherheitstechnisch relevante Unterschiede bezüglich Vermeidung und Beherrschung des betrachteten Ereignisablaufes:

Zu Merkmal 1: Auslegung der Frischdampf- und Speisewasserleitungen zwischen Doppelrohr und erster Absperrung

Die Anlage KKE besitzt Kompaktarmaturenblöcke, so dass ein Versagen der Frischdampfleitung in dem hier betrachteten Bereich gemäß den Störfall-Leitlinien ausgeschlossen werden kann (Als Schnittstelle zur Frischdampfleitung innerhalb des Ringraumes verbleibt jeweils eine Schweißnaht, externe Steuerleitungen entfallen weitgehend.) In KWB-A sind Einzelarmaturen eingebaut. Die Rohrleitungen und die Frischdampf-Absperrarmaturen innerhalb der Armaturenkammer wurden in KWB-A zwar gegen basissichere ausgetauscht, trotzdem verbleiben konstruktionsbedingt mehr leckrelevante Stellen.

Während der im KKE für die Speisewasserleitung eingesetzte Werkstoff 15 MnNi 6 3 eine nach heutigen Maßstäben optimierte Qualität für diesen Einsatzbereich darstellt, entspricht die seinerzeit geltende Spezifikation für den im KWB-A eingesetzten Werkstoff 15 NiCuMoNb 5 (WB 36) nicht mehr der heutigen KTA 3211.1 (Stand 06/2000). Dies hat möglicherweise Auswirkungen auf die Zähigkeit des Werkstoffes und das Auftreten von herstellungsbedingten Rissen.

Zu Merkmal 2 und 5: Leckpostulate in der Armaturenkammer und Redundanztrennung sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen innerhalb der Armaturenkammer

In beiden Anlagen werden für die untersuchten Rohrleitungsbereiche unterschiedliche Leckpostulate herangezogen. Dies hat zum einen Bedeutung für Strahl- und Reaktionskräfte, für die dynamischen Belastungen von Absperrarmaturen und die aus einem Leck resultierenden Umgebungsbedingungen. Zum anderen hat der Leckquerschnitt

Bedeutung für die Rückwirkung auf den Reaktorkühlkreislauf und einen möglichen Aktivitätsaustrag bei einer gleichzeitig unterstellten betrieblichen Dampferzeugerheizrohrleckage.

In KWB-A sind Frischdampf- und Speisewasserleitungen in den Armaturenkammern paarweise verlegt. In KWB-A können deshalb Auswirkungen eines Lecks auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen der Nachbarredundanz nicht ausgeschlossen werden. Nach Aussage des Gutachters /6/ sind Auswirkungen von Strahlkräften, Druckdifferenzen und schlagenden Leitungen in heißgehenden Systemen für KWB-A nicht ausreichend untersucht. Nach /15/ wurden die Genehmigungsbescheide A64/02, A65/02 umgesetzt und damit Vorkehrungen gegen Strahl- und Reaktionskräfte bei Lecks im Frischdampf- und Speisewassersystem getroffen.

In KKE liegt eine vollständige räumliche Trennung der Leitungen vor.

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Zu Merkmal 1: Auslegung der Frischdampf- und Speisewasserleitungen zwischen Doppelrohr und erster Absperrung

Die Ausführung als Kompaktarmaturenblock in KKE bietet hinsichtlich der Ereignisbeherrschung Vorteile gegenüber den Einzelarmaturen in KWB-A, da damit weniger Rohrleitungen, Abzweigungen und zugehörige Schweißnähte vorhanden sind und somit ein geringeres Potenzial für Lecks und Folgeschäden an Steuerleitungen unterstellt werden kann. Eine gleichwertige Auslegung wie in KKE ist damit in KWB-A nicht gegeben.

Der seinerzeit im KWB-A eingesetzte Werkstoff 15 NiCuMoNb 5 wurde im Laufe der 70iger und 80iger Jahre weiter optimiert. Durch Einschränkungen chemischer Analysewerte für einige Verunreinigungs- und Legierungselemente sowie Optimierung der Wärmebehandlung für die Qualität „15 NiCuMoNb 5 S“ nach KTA 3211.1 wurden eine geringere Verarbeitungsempfindlichkeit beim Schweißen und Wärmebehandeln und ein generell höheres Zähigkeitsniveau erreicht.

Die bei 15 NiCuMoNb 5 durch höhere Verarbeitungsempfindlichkeit gegenüber 15 MnNi 6 3 mit größerer Wahrscheinlichkeit auftretende Rissbildung kann durch qualitätssichernde Maßnahmen und anschließende zerstörungsfreie Prüfungen vermieden

bzw. ausgeschlossen werden. D. h., die entsprechenden Defizite in der Werkstofftechnologie können durch den Nachweis der Rissfreiheit weitgehend kompensiert werden. Dies gilt jedoch nicht für ein möglicherweise niedrigeres Zähigkeitsniveau, das beim Bruchausschluss zu geringeren Sicherheitsmargen gegenüber unzulässigen Fehlern und nicht spezifizierten Belastungen führt.

Inwieweit Unterschiede zwischen den untersuchten Anlagen hinsichtlich der tatsächlich gefertigten Qualität der Rohrleitungen und ihrer Absicherung im Betrieb durch Wiederkehrende Prüfungen bestehen, kann anhand der verfügbaren Unterlagen nicht bewertet werden.

Zu den Merkmalen 2 und 5: Leckpostulate in der Armaturenkammer und Redundanztrennung sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen innerhalb der Armaturenkammer

Die paarweise Verlegung der Speisewasser- bzw. Frischdampfleitungen innerhalb der Armaturenkammer einschließlich der zugehörigen Armaturen sowie die weniger konservativen Leckpostulate in KWB-A bedingen, dass sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen der Nachbarredundanz beeinträchtigt werden könnten.

5.3 Fazit

Die fehlende vollständige räumliche Trennung in der Armaturenkammer von KWB-A ist nachteilig gegenüber der Anlage KKE. Zudem besitzt die Anlage KWB-A im betrachteten Bereich konstruktionsbedingt mehr leckrelevante Stellen als die Anlage KKE. Des Weiteren sind in der Anlage KKE gegenüber KWB-A durchgängig optimierte Werkstoffe eingesetzt. Die Anlage KWB-A weist daher bei dem hier behandelten Bewertungsgegenstand im Vergleich zur Anlage KKE die ungünstigeren Verhältnisse auf.

6 Literatur und Quellen

/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

/BMI 83/ Bekanntmachung der Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 der Strahlenschutzverordnung - Störfall-Leitlinien -, Oktober 1983

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 11:

„Fehlerhafter Füllstand bei Mitte-Loop-Betrieb mit Folgeausfall der Nachkühlpumpen“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 11:
„Fehlerhafter Füllstand bei Mitte-Loop-Betrieb mit Folgeausfall der Nachkühlpumpen“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufs 2

2.2 Bewertungsmerkmale 4

3 Verwendete Unterlagen 5

4 Anlagenvergleich 5

5 Bewertung 12

5.1 Relevante Unterschiede 12

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede 13

5.3 Fazit 15

6 Literatur 16

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 11 „Fehlerhafter Füllstand bei Mitte-Loop-Betrieb mit Folgeausfall der Nachkühlpumpen“ behandelt.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufs

Um den Reaktordeckel abnehmen zu können, senkt man bei DWR-Anlagen den Füllstand im Primärkreis auf ca. ¾ der Hauptkühlmittelleitung ab (Mitte-Loop-Betrieb). Dabei kann unbeabsichtigt der Füllstand zu tief abgesenkt werden. Spätestens wenn der Füllstand auf Unterkante-Loop abgefallen ist, werden die Nachkühlpumpen Stickstoff ansaugen und es kommt zur Schutzabschaltung der Nachkühlpumpen. Auf der Warte erscheint eine Meldung über die Abschaltung der Nachkühlpumpen. Die Nachwärmeabfuhr über das Nachkühlsystem ist damit ausgefallen.

Sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisablaufes:
Bei abgesenktem Füllstand befindet sich nur noch ca. die Hälfte des Primärkühlmittels im Reaktorkühlkreislauf (RKL). Bei Ausfall aller Nachkühlpumpen heizt sich das verbliebene Kühlmittel schnell auf. Nach ca. 15 – 20 min kommt es zum Sieden. Ist der Primärkreis noch geschlossen, kann es zu einem Druckaufbau kommen, welcher die Wiedereinrichtung des Nachkühlbetriebes mit dem Nachkühlsystem verhindert. Bei offenem Reaktordruckbehälter (RDB) dampft das Primärkühlmittel in den Sicherheitsbehälter aus.

Ein Ausfall der Nachwärmeabfuhr durch ungewollten Füllstandsabfall bei der Absenkung auf ¾-Loop ist zum Beispiel möglich durch:

- Ausfall der Füllstandsmessungen in den Hauptkühlmittelleitungen durch Verstopfung der Wirkdruckleitungen,
- Fehlfunktion der Regelung des Füllstands in den Hauptkühlmittelleitungen (z. B. durch Messwertfehler) über die Niederdruck- (ND) Reduzierstation und Offenbleiben der Absperrarmatur nach der ND-Reduzierstation beim ¾-Loop-Betrieb,
- Ausfall der ND-Reduzierstation und des Absperrventils in der Stellung ”AUF” (z. B. durch Ausfall der Energie-Versorgung in zwei Scheiben, Sicherungsfall).

Beim Ausfall der Nachkühlpumpen schließen die Zweitabsperrungen in den Saugleitungen (Rückschlagventile) durch Druckabfall in der Impulsleitung. In modernen Anlagen werden nach der Schutzabschaltung der Nachkühlpumpen über das Stillstands-

programm auch die Absperrarmaturen vor der ND-Reduzierstation automatisch geschlossen. Dadurch ist die Entnahme aus dem RKL beendet. Fallen diese Schließfunktionen aus, hat der Operateur in beiden Anlagen noch die Möglichkeit weitere Armaturen auf dem Weg zur Kühlmittellagerung zu schließen, um den Kühlmittelverlust aus dem RKL zu unterbinden.

Sind die laufenden Nachkühlpumpen ausgefallen, so soll nach BHB der Primärkreis zunächst mit dem in Flutbereitschaft gehaltenen Reservestrang bis auf einen festgelegten Druckhalter-Füllstand aufgefüllt werden. Danach wird der Reservestrang auf Nachkühlfunktion umgeschaltet und das Ereignis ist beherrscht.

Gelingt das Fluten mit dem Reservenachkühlstrang nicht, besteht die Möglichkeit, innerhalb von ca. 2 h einen der schutzabgeschalteten Nachkühlstränge nach Entlüften wieder in Betrieb zu nehmen (Fluten mit dem Nachkühlsystem, dann Nachkühlen). Danach übersteigt der Druck im Primärkreislauf bei geschlossenem RDB die Förderhöhe der Nachkühlpumpen.

Gelingt das Fluten mit dem Nachkühlsystem nicht, kann der RKL mit Druckspeichern wieder aufgefüllt werden, sofern diese zur Verfügung stehen. Zur Nachwärmeabfuhr müsste danach ein ausgefallener Nachkühlstrang entlüftet und für die Nachwärmeabfuhr wieder in Betrieb genommen werden.

Bei Ausfall der primärseitigen Wärmeabfuhr kann die Wärme bei geschlossenem RDB über den in Bereitschaft stehenden Dampferzeuger sekundärseitig abgeführt werden.

Kann die Wärme primär- und sekundärseitig bei geschlossenem RDB nicht abgeführt werden, steigen Druck und Temperatur im Primärkreis bis zum Ansprechgrenzwert des Druckhalter-Abblaseventils an. Das Kühlmittel aus dem RKL würde zunächst in den Abblasebehälter und nach Versagen der Berstscheiben in den SHB ausdampfen. In diesem Fall würde nach ca. 5 h die Kernfreilegung beginnen /GRS 03/.

Wird der Primärkreis nicht aufgefüllt, kommt es bei Funktion des Dampferzeugers zur Deborierung des Primärkühlmittels als Folge des Reflux-Condenser-Betriebs. Die Deborierung kann verhindert werden, wenn innerhalb der ersten 2 h die Einspeisung mit zwei Druckspeichern oder einem Nachkühlstrang aus einem Flutbecken durchgeführt

wird. In diesem Fall würde sich wieder ein Naturumlauf einstellen und angesammeltes Kondensat würde sich mit borhaltigem Kühlmittel vermischen /GRS 03/.

2.2 Bewertungsmerkmale

Die von der GRS im Auftrag des BMU durchgeführten Untersuchungen zum Nichtleistungsbetrieb der Anlagen GKN-2 /GRS 03/ und KWB-B /GRS 96/ zeigten u. a., dass folgende Randbedingungen einen entscheidenden Einfluss auf die zu erwartenden Eintrittshäufigkeiten von Schadenszuständen bei diesem Ereignisablauf haben:

- Aufbau der Füllstandsmessung im Reaktorkühlkreislauf, Zeitpunkt für die Prüfung dieser Messeinrichtung,
- bereitzuhaltende Systemfunktionen zur Beherrschung dieses Ereignisablaufs und
- Vorhandensein von Prozeduren im BHB zur Beherrschung dieses Ereignisablaufs.

Aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Untersuchungen /GRS 96, GRS 03/ wurden die folgenden Bewertungsmerkmale abgeleitet:

Merkmal 1: Maßnahmen und Einrichtungen zur Einhaltung eines anforderungsgerechten Füllstandes bei der Füllstandsabsenkung und bei ¾-Loop-Betrieb

Merkmal 1a: Überwachung des Füllstandes im RKL (Redundanz und Qualität)

Merkmal 1b: Vorgehensweise bei der Füllstandsabsenkung (Überwachungsaufgaben des Personals, Füllstandsregelung)

Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung eines fehlerhaften Füllstandsabfalls

Merkmal 2a: Maßnahmen und Einrichtungen zur Erkennung eines fehlerhaften Füllstandsabfalls

Merkmal 2b: Prozeduren zur Beherrschung des Ereignisablaufs

Merkmal 2c: Systemfunktionen zur Beherrschung des Ereignisablaufs

Merkmal 2d: Karenzzeiten zur Beherrschung des Ereignisablaufs

3 Verwendete Unterlagen

Der Ereignisablauf „Fehlerhafter Füllstandsabfall bei Mitte-Loop-Betrieb mit Folgeausfall der Nachkühlpumpen“ ist entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik neu in das aktualisierte Regelwerk /KTR 05, E3-13/ aufgenommen worden. Für die betrachteten Anlagen liegen uns zu diesem Ereignisablauf keine ins atomrechtliche Verfahren eingebrachten Nachweise vor.

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich verwendet:

- Kategorie 1

/BHB E/ Betriebshandbuch KKE, Stand 31.10.2006

/BHB B/ Betriebshandbuch KWB-A, Stand 30.06.2006

/GRS 03/ Untersuchungen zum Nichtleistungsbetrieb einer modernen DWR-Anlage, GRS-A-3114 (aktueller Stand)

/GRS 96/ Untersuchungen zum Nichtleistungsbetrieb der Anlage KWB-B, GRS-A-2336 (nicht mehr aktuell)

- 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: Fehlerhafter Füllstandsabfall bei Mitte-Loop-Betrieb mit Folgeausfall der Nachkühlpumpen

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Merkmal 1: Maßnahmen und Einrichtungen zur Einhaltung eines anforderungsgerechten Füllstandes			
1a: Überwachung des Füllstandes im RKL Redundanz / Diversität	4 Messstellen vorhanden: JEC10CL005, Loop 1 JEC10CL006, Loop 1, Anzeige Warte JEC30CL005, Loop 3, Anzeige NNS JEC30CL006, Loop 3, Anzeige Warte Dabei sind je 2 Messstellen (Messumformer) an eine Wirkdruckleitung angeschlossen. Alle 4 Messstellen für KMA-Meldung ”L HKML tief” (KBA 20 AA 501 ZV02) und „Schutz-ZU“ der ND-Red. bei 0,48 m (2v4 Auswahl) Fällt der Füllstand 15 cm unter Mitte-Loop, dann geben die RDB-Füllstandssonden eine KMA-Meldung aus. (L<MIN3)	3 Messstellen vorhanden (BHB 02.10.11): 10YC01L002, Loop 1, Schreiber, Warte 10YC01L003, Loop 4, Anzeige, Warte 10YC01L004, (US-Sonde) Loop 4, Anzeige, Warte L002/L003: Rechnermeldungen: - „Niveau Primärkreis tief“ (< 9,2 m) (BHB 02.01.9) - „Niveau Primärkreis zu tief“ (< 9,1 m) und Schließbefehl für Zulaufventil der ND-Red. TA35S005 (1v2 Auswahl) L004: Rechnermeldung „Niveau Mitte-Loop zu tief“ (< 9 m) (BHB 12.01.01.02) Der Grenzwert MIN3 der RDB-Füllstandssonden befindet sich ca. auf Unterkante Loop und ist daher zur Vermeidung dieses Ereignisablaufs nicht wirksam.	In beiden Anlagen sind diversitäre Messungen vorhanden: **KWB-A:** US-Sonde, PRA-Meldung bei einem Loop-Füllstand von ca. 35 cm **KKE:** RDB-Füllstandssonden MIN 3, KMA-Meldung bei einem Loop-Füllstand von ca. 22 cm (nur bis zum Öffnen des RDB verfügbar) D. h., bei Ausfall der RKL-Füllstandsmessungen wird in KWB-A früher eine Meldung abgesetzt. An dieser Stelle ist das meldepflichtige Ereignis 2005/039 vom 08.04.2005 in der Anlage KWB-A zu erwähnen. Dabei wurde vor dem Absenkvorgang die Messung 10YC01L003 nicht in Betrieb genommen. 9,5 h später wurde der Fehler erkannt und korrigiert.
Prüfung der RKL-Füllstandsmessung	Es ist uns derzeit nicht bekannt, wann die Füllstandsmessungen im RKL geprüft und die zugehörigen Wirkdruckleitungen gespült werden.	Es ist der uns derzeit nicht bekannt, wann die Füllstandsmessungen im RKL geprüft und die zugehörigen Wirkdruckleitungen gespült werden.	

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
1b: Vorgehensweise bei der Füllstandsabsenkung Personalhandlungen, Überwachungsaufgaben des Personals	Für die Füllstandsabsenkung wird die ND-Red. von Hand vollständig geöffnet (Entnahmerate: ca. 75 t/h). Das entnommene Kühlmittel wird zu den Kühlmittelbehältern KBB geleitet. Zwischen einem DH-Füllstand von 1,75 m bis zur Oberkante-Loop ist keine kontinuierliche Füllstandsmessung/Anzeige vorhanden. Es sprechen die RDB Füllstandssonden RDB-Füllstand tief 1 (< 10,27 m) und RDB-Füllstand tief 2 (< 9,31 m). Die Kontrolle der Füllstandabsenkung im RKL erfolgt in diesem Bereich anhand einer Mengenbilanz-Abschätzung. Dazu sind die Füllstände der KBB/KBC-Behälter vor sowie während (1/2 stündlich) der Füllstandsabsenkung auf ¾-Loop und die zu erwartenden Füllstände in den KBB/KBC-Behältern in ein Protokoll einzutragen. (BHB T2, Kap. 3.2.4, Abs. 6) Dauer mit KBA-Pumpen ca. 4 h ohne KBA-Pumpen 2,5 h	Die ND-Red. wird von Hand geöffnet. Es wird eine Entnahmerate von maximal 20 t/h eingestellt. Ab einem DH-Füllstand von < 4,5 m zeigen die Loop-Messungen 10YC01L002/003 an. Beim Absenken ist die Übereinstimmung der Messwerte von Loop-Messungen, DH-Füllstandsmessung und RDB-Füllstandssonden mehrfach durch BHB-Schritte zu kontrollieren, BHB 01.02.04. Der Füllstandsverlauf beim Absenken wird protokolliert, BHB 01.02.04. Dauer bei der vorgeschriebenen Entnahmerate von 20 t/h: ca. 9-10 h	In KWB-A ist im Gegensatz zu KKE durch die Überschneidung der Füllstandsanzeigen für DH und Loop der Füllstand im RKL zu jeder Zeit bekannt. In KKE muss der Füllstandsverlauf im Bereich ohne Füllstandmessung durch sekundäre Prozessgrößen (Mengenbilanz) abgeschätzt und protokolliert werden. In beiden Anlagen kann der Füllstandsverlauf beim Absenken auch durch die RDB-Füllstandssonden verfolgt werden (Ansprechen von MIN1 und MIN2). In KWB-A wird der Füllstand mit einer deutlich geringeren Entnahmerate abgesenkt. Dadurch ergeben sich längere Karenzzeiten zur Fehlererkennung und -beseitigung, falls der Füllstand zu weit abgefallen sein sollte. (Diese Aussage gilt nicht, wenn in KWB-A fälschlich eine zu hohe Entnahmerate eingestellt wurde.) In KWB-A wird die Entnahmerate von Hand eingestellt, die systemtechnisch maximal mögliche Entnahmerate ist nicht bekannt.
Füllstandsregelung bei ¾-Loop-Betrieb	Nach dem Erreichen des Füllstandssollwertes wird die ND-Reduzierstation vom Handbetrieb auf automatische Einhaltung des Füllstandes in den Hauptkühlmittelleitungen umgeschaltet.	Es ist keine Füllstandsregelung für den ¾-Loop-Betrieb vorhanden.	Aus unserer Sicht ist hier sicherheitstechnisch kein relevanter Unterschied ableitbar.

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung eines fehlerhaften Füllstandsabfalls			
2a: Maßnahmen und Einrichtungen zur Erkennung eines fehlerhaften Füllstandsabfalls	Bei Ausfall der Loop-Messungen geben die RDB-Füllstandssonden eine KMA-Meldung aus (L<MIN3), wenn der Füllstand im Loop 15 cm unter Mitte-Loop fällt (entspricht ca. 22 cm im Loop). Die RDB-Füllstandssonden stehen allerdings nur bis zum Abbau der Kabelbrücke (vor Öffnen des RDB) zur Verfügung.	Bei Ausfall der RDB-Füllstandsmessung gibt die diversitäre Ultraschall-Messsonde eine PRA-Meldung aus (bei ca. 35 cm im Loop).	Im Gegensatz zu KKE gibt es in KWB-A über den gesamten Zeitraum des ¾-Loop-Betriebs (d. h., bei geschlossenem und offenem RDB) eine diversitäre Messeinrichtung. Diese signalisiert den Füllstandsabfall eher als in KKE.
	Fällt der Füllstand auf Unterkannte Loop ab, so kommt es über das Kriterium „Durchfluss in der Mindestmengenleitung < 28 kg/s“ zur Schutzabschaltung der Nachkühlpumpen. Auf der Warte erscheint die Schalterfallmeldung (KMA-Meldung) der Nachkühlpumpen.	Fällt der Füllstand auf Unterkannte Loop ab, so erhalten die TH-Pumpen einen Schutz-Aus-Befehl wegen Trockenlaufgefahr, NOGEMA-Meldung auf der Warte „Ausfall letztes TH-System“.	In beiden Anlagen ist das Problem spätestens durch die Meldung über die Abschaltung der Nachkühlpumpen erkennbar.
2b: Prozeduren zur Beherrschung des Ereignisablaufs	Das Vorgehen bei dieser Störung wird im BHB Teil 2, Kap. 4.13 „Störung/Ausfall der Nachwärmeabfuhr bei überbrücktem DH-Füllstand“ behandelt.	Das Vorgehen bei dieser Störung wird im BHB 12.02.12 „Ausfall aller TH-Systeme bei Mitte-Loop-Betrieb“ behandelt.	In beiden Anlagen ist eine Prozedur vorhanden, in welcher das Vorgehen zur Beherrschung dieses Ereignisablaufs adäquat vorgeplant wurde.
Wiederinbetriebnahme der abgeschalteten Nachkühlstränge:	Die Nachkühlpumpen sind infolge N_2-Ansaugung ausgefallen. Zur Wiederinbetriebnahme müssen die Nachkühlsysteme zuerst entlüftet werden. Die Vorgehensweise zur Entlüftung und Wiederinbetriebnahme ist in der Prozedur BHB T2, Kap. 4.13, Abs. 5.2 beschrieben.	Die ausgefallenen TH-Stränge sind nach dem Öffnen der Flutschieber TH10-40 S001 und S002 saugseitig und an den Pumpen zu entlüften und für die Nachkühlung wieder in Betrieb zu nehmen (BHB 12.02.12).	In beiden Anlagen ist das Vorgehen zur kurzfristigen Wiederinbetriebnahme von schutzabgeschalteten Nachkühlpumpen im BHB beschrieben. Beim zeitlichen Aufwand für diese Maßnahme bestehen nach unserer Einschätzung keine gravierenden Unterschiede.

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
2c: Systemfunktionen zur Beherrschung des Ereignisablaufs Leckabsperrung	1. Das Rückschlagventil JNA12/32 AA003 in der Saugleitung (Zweitabsperrung) schließt bei Auslaufen der TH-Pumpe durch Druckabfall in der Impulsleitung. Nach Abschalten der Nachkühlpumpe schaltet die UGS in das Programm „Stillstand“. Dadurch werden u. a. Absperrarmaturen vor der ND-Reduzierstation JNA20/30 AA007 geschlossen. 2. Prozedur BHB Teil 2, Kap. 4.13 legt fest, welche Armaturen zu schließen sind, um den Füllstandsabfall zu beenden. U. a. schließen der Absperrarmaturen vor der ND-Reduzierstation JNA20/30 AA007, 3-Wege-Armatur hinter der ND-Reduzierstation KBA20 AA502	1. Rückschlagventil TH22/32 S003 in der Saugleitung (Zweitabsperrung) schließt bei Auslaufen der TH-Pumpe durch Druckabfall in der Impulsleitung. 2. Von der Warte aus lassen sich zusätzlich die folgenden Armaturen schließen, um bei Fehlfunktion der ND-Red. 10TA35 S001/005 einen Kühlmittelabfluss über die ND-Red. in die Kühlmittellagerung zu unterbinden: - 10TA30 S003 - 12TH20 S010 oder 14TH30 S010	In beiden Anlagen kann bei Ausfall der ND-Red. durch schließen von weiteren Armaturen die Kühlmittelentnahme beendet werden. In KKE schließen nach Abschalten der Nachkühlpumpen auch die Armaturen vor der ND-Reduzierstation automatisch. In KWB-A sind die Armaturen von der Warte von Hand zu schließen. Vor dem Hintergrund der hier zu Verfügung stehenden Zeit für die Handmaßnahme (2 h) ergibt sich hieraus kein relevanter Unterschied.

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Reservenachkühlstrang	Ein Nachkühlstrang ist in Flutbereitschaft zu halten (BHB T2, Kap. 1.4, Abs. 7). Mit diesem Reservestrang soll bis auf einen Druckhalter-Füllstand von ca. 3 m aufgefüllt werden. Der Flutstrang soll flutbereit in Mindestmengenbetrieb bleiben, bis die Ursache für den Füllstandsabfall im RKL geklärt ist. BHB T2, Kap. 4.13, Abs. 5.2	Ein TH-Strang ist für Einspeisung in den RKL aus dem Flutbehälter bereitzuhalten (BHB 14.12.02, 01.02.04). Bei Arbeiten am offenen RDB (z.B. Öffnen RDB-Deckel) müssen die Flutschieber in Zu-Stellung elektrisch freigeschaltet werden. Im Anforderungsfall muss diese Freischaltung rückgängig gemacht werden.	In beiden Anlagen ist ein Nachkühlstrang in Flutbereitschaft zu halten, um den RKL im Falle eines ungewollten Füllstandsabfalls schnell wieder auffüllen zu können.
Notstandsnachkühlkette	Beide Notnachkühlketten sind bei abgesenktem RKL-Füllstand bereitzuhalten (BHB T2, Kap. 1.4, Abs. 7). Das Fluten mit einer Notnachkühlpumpe (Beckenkühlpumpe) ist für den EVA-Fall bei abgesenktem RKL-Füllstand vorgesehen (BHB T3, Kap. Kap. 4.2, Abs. 1).	Vor Öffnen des RDB ist die Notstandsnachkühlkette betriebsbereit zu stellen. Misslingt das Fluten mit dem Reservenachkühlstrang, so kann bei offenem RDB auch mit der Notstandsnachkühlpumpe 10TH13D001 geflutet werden. (BHB 12.02.12, BHB 13.24.31)	In KWB-A ist bei einem Füllstandsabfall bei geöffnetem RDB auch das Fluten mit der Notstandsnachkühlpumpe vorgesehen.
Druckspeicher	5 v 8 Druckspeichern sind verfügbar zu halten (BHB T2, Kap. 1.4, Abs. 7). Im Anforderungsfall sind diese gemäß BHB T2, Kap. 4.13, Abs. 5.2 in den RKL einzuspeisen. Es werden die Inventare von 3 Druckspeichern benötigt, um bis auf einen DH-Füllstand von 3 m zu fluten.	Die Druckspeicher können entleert werden, sobald die RKL-Temperatur < 50°C beträgt (Nachkühlbetrieb, Hauptkühlmittelpumpen außer Betrieb). (BHB 14.12.02) Gemäß BHB12.02.12 Schritt 6 ist auch ein Fluten mit den Druckspeichern zu versuchen, wenn das Anheben des Füllstandes mit dem Reservestrang misslingt. Dieser Hinweis gilt nur für den offenen RDB.	In KWB-A sind keine Druckspeicher vorzuhalten. Wenn die Druckspeicher noch verfügbar sind, können sie zum Fluten verwendet werden. Allerdings wird auf diese Einspeisemöglichkeit nur in der Prozedur für den offenen RDB hingewiesen.

Merkmal	KKE	KWB-A	Bemerkungen / Ergebnis
Dampferzeuger	Bis zum Öffnen des RDB ist ein abblasebereiter Dampferzeuger gefüllt zu halten (BHB T2, Kap. 3.2.4, Abs. 5).	Ein Dampferzeuger einschließlich FD-Abblasestation ist bis zum Öffnen des RKL für die Nachwärmeabfuhr betriebsbereit zu halten (BHB 14.12.02). Sollte es durch Ausfall der Nachkühlstränge zur Wärmeabfuhr über den DE kommen (Reflux-Condenser-Betrieb), so soll der sekundärseitige Druck über das Abblaseregelventil RA11/12 S001 bei 2-3 bar (PKL-Druck < 9 bar) gehalten werden, bis das Loop-Niveau auf > 10 m angehoben wurde (BHB 12.02.12).	In beiden Anlagen wird ein Dampferzeuger vorgehalten, um bei Ausfall der Nachkühlstränge die Nachwärme aus dem RKL abführen zu können. Um eine Deborierung des Primärkühlmittels zu verhindern ist es erforderlich, der RKL wieder aufzufüllen, damit sich im Primärkreis ein Naturumlauf ausbildet. Hierfür muss Kühlmittel mit Druckspeichern bzw. durch Fluten mit einem abgeschalteten Nachkühlstrang ergänzt werden. Eine Bewertung, inwieweit im Hinblick auf die Deborierung relevante Unterschiede zwischen KKE und KWB-A vorliegen, ist anhand der uns verfügbaren Unterlagen nicht machbar.
Merkmal 2d: Karenzzeiten zur Beherrschung des Ereignisablaufs	Nach Abschaltung aller Nachkühlpumpen heizt sich das Kühlmittel im RKL mit einer Rate von ca. 4K/min auf, ausgehend vom Kühlmittelinventar bei einem Loop-Füllstand von 0,48 m (Schutz-Zu ND-Red.) BHB T2, Kap. 4.13, Abs. 2.2, Ist der Füllstand bis Unterkante Loop abgefallen, geht die Aufheizung entsprechend schneller.	Die genaue Aufheizrate ist uns derzeit nicht bekannt.	Es ist davon auszugehen, dass in KWB-A aufgrund der geringeren thermischen Leistung etwas längere Karenzzeiten für die Beherrschung dieses Ereignisablaufes zur Verfügung stehen.

5 Bewertung

5.1 Relevante Unterschiede

Aus unserer Sicht bestehen folgende sicherheitstechnisch relevanten Unterschiede bezüglich der Vermeidung und Beherrschung des betrachteten Ereignisablaufes.

Zu Merkmal 1: Maßnahmen und Einrichtungen zur Einhaltung eines anforderungsgerechten Füllstandes bei der Füllstandsabsenkung und bei ¾-Loop-Betrieb

1. Durch den Aufbau der Füllstandsmessung ist der RDB-Füllstand in KWB-A zu jedem Zeitpunkt bekannt. In KKE steht während des Zeitraums der Füllstandsabsenkung zwischen DH Füllstand von 1,75 m bis Oberkante Loop keine direkte Messung zur Verfügung.

2. Mit der Ultraschallmesssonde ist in der Anlage KWB-A über den gesamten Zeitraum (Absenkvorgang und ¾-Loop-Betrieb) eine diversitäre Füllstandsmesseinrichtung vorhanden.
   Im KKE sind als diversitäre Überwachungseinrichtungen die RDB-Füllstandssonden (Grenzwert MIN-3, ca. 22 cm im Loop) so lange verfügbar, bis die Kabelbrücke zum RDB-Deckel demontiert wird.

Zu Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung eines fehlerhaften Füllstandsabfalls

3. In der Anlage KWB-A sind für den Zeitraum der Füllstandsabsenkung und des ¾-Loop-Betriebs keine Druckspeicher vorzuhalten und daher ggf. als redundante Einspeisemöglichkeit nicht verfügbar.

4. In KWB-A ist das Fluten nach einem Füllstandsabfall auch mit der Notstandsnachkühlpumpe vorgesehen, allerdings nur bei geöffnetem RDB.

5. In der Anlage KWB-A stehen längere Karenzzeiten für die Beherrschung dieses Ereignisablaufes zur Verfügung, da der Füllstand mit einer geringeren Ausspeiserate abgesenkt wird und die Anlage im Vergleich zu KKE über eine geringere thermische Leistung verfügt.

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Vor dem Hintergrund der Untersuchungen der GRS /GRS 03, GRS 96/ zur Wahrscheinlichkeit von Schadenszuständen bei Nichtleistungsbetrieb von DWR-Anlagen können die folgenden Bewertungen abgeleitet werden.

Zu Merkmal 1: Maßnahmen und Einrichtungen zur Einhaltung eines anforderungsgerechten Füllstandes bei der Füllstandsabsenkung und bei ¾-Loop-Betrieb

- Füllstandsüberwachung:
  In **KWB-A** ist durch den Aufbau der RDB-Füllstandsmessung der Füllstand zu jedem Zeitpunkt bekannt. Während der Überschneidung der Messbereiche der DH-Füllstandsmessung und der RDB-Füllstandsmessung kann deren Funktion überprüft werden. Mit der Ultraschallmesssonde ist eine weitere diversitäre Messeinrichtung vorhanden, die über den gesamten Zeitraum (Absenkvorgang und ¾-Loop-Betrieb) zur Verfügung steht.
  In **KKE** liegt über einen bestimmten Zeitraum keine direkte Information über den aktuellen Füllstand vor. Der Füllstandsabfall wird hier über eine Mengenbilanz abgeschätzt.
  Bezüglich der Füllstandsüberwachung ist aus unserer Sicht die Situation in der Anlage KWB-A beim Absenken und bei ¾-Loop-Betrieb günstiger zu bewerten als in der Anlage KKE.

Zu Merkmal 2: Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung eines fehlerhaften Füllstandsabfalls

- Maßnahmen und Einrichtungen zur Beherrschung des Ereignisablaufs:
  In beiden Anlagen steht für das Fluten nach einem Füllstandsabfall ein Reservenachkühlstrang in Bereitschaft. Versagt diese Maßnahme, so ist in beiden Anlagen vorgesehen, die schutzabgeschalteten Nachkühlstränge zu entlüften und mit diesen zu fluten. In der Anlage KKE sind darüber hinaus für den Zeitraum der Füllstandsabsenkung und des ¾-Loop-Betriebs auch einspeisebereite Druckspeicher bereitzuhalten. Ihre Inventare sollen in den RKL eingespeist werden, falls das Fluten mit dem Nachkühlsystem nicht gelingt. Das Fluten (Wiederauffüllen) ist zwingend erforderlich, um den Nachkühlbetrieb wieder einrichten zu können und – falls sich der Nachkühlbetrieb nicht einrichten lässt – eine Deborierung des Primär-

kühlmittels zu verhindern. In der Anlage KWB-A sind keine Druckspeicher vorzuhalten. Alternativ ist in KWB-A vorgesehen bei geöffnetem RDB mit der Notstandsnachkühlpumpe zu fluten. In der Anlage KKE steht damit bei geschlossenen RDB mehr Systemtechnik (Druckspeicher) für die Beherrschung des untersuchten Ereignisablaufs zur Verfügung.

Bezüglich der Bereitstellung von Systemtechnik zur Beherrschung eines fälschlichen Füllstandsabfalls ist aus unserer Sicht die Situation in der Anlage KKE bei geschlossenem RDB als günstiger einzuschätzen als in der Anlage KWB-A.

– Karenzzeiten zur Beherrschung des Ereignisablaufs:

Karenzzeiten bei der Füllstandsabsenkung:

Die Entnahmerate bei der Füllstandsabsenkung beträgt in KKE ca. 75 t/h (Kühlmittelreinigung nicht in Betrieb) und in KWB-A ca. 20 t/h. Daraus lassen sich folgende Karenzzeiten abschätzen: In KKE vergehen vom Unterschreiten des Sollwertes (56 cm im Loop) bis zur Abschaltung der Nachkühlpumpen ca. 25 min, in KWB-A (Sollwert: 65 cm im Loop) ca. 1¾ Stunden. D. h., in KWB-A steht deutlich mehr Zeit zur Verfügung um den fehlerhaften Füllstandsabfall zu erkennen.

Karenzzeiten zur Störfallbeherrschung:

Zur Ermittlung der Karenzzeiten für die erforderlichen Handmaßnahmen beim Ausfall der Nachwärmeabfuhr im Mitte-Loop-Betrieb wurden in /GRS 03/ umfangreiche thermohydraulische Analysen für eine Konvoi-Anlage durchgeführt. Als Karenzzeit (Zeit von der Abschaltung der Nachkühlpumpen bis zu nicht mehr als sicher nachgewiesenen Kernzuständen) für den geschlossenen RDB wurden ca. 2 Stunden ermittelt. Innerhalb dieser Zeit muss der RKL wieder aufgefüllt werden, um eine relevante Kühlmitteldeborierung durch den Reflux-Condenser-Betrieb zu verhindern. Für die Anlage KWB-A liegen uns solche Analysen nicht vor. Bei geschlossenem RDB hängt der Verlauf der Parameter (Druck, Temperatur, Füllstand) von verschiedenen Randbedingungen ab (Kühlmittelinventar, Stickstoffinventar, Zustand der Dampferzeuger). Aus diesen Gründen können wir momentan für den geschlossenen RDB keine zuverlässige Aussage zum Unterschied in den Karenzzeiten der beiden Anlagen machen.

Für den geöffneten RDB kann folgendes festgestellt werden: Durch die im Vergleich zu KKE um ca. 10% geringere thermische Leistung der Anlage KWB-A stehen in KWB-A auch ca. 10% längere Karenzzeiten für die Beherrschung dieses Ereignisablaufes zur Verfügung.

Bezüglich der vorhandenen Karenzzeiten ist aus unserer Sicht die Situation in der Anlage KWB-A als etwas günstiger einzuschätzen als in der Anlage KKE.

5.3 Fazit

Die Vorteile in der Anlage KWB-A bei der Füllstandsüberwachung (Vermeidung eines fälschlichen Füllstandsabfalls) sowie hinsichtlich der vorhandenen Karenzzeiten überwiegen den in der Anlage KKE bestehenden Vorteil bei der Bereitstellung von zusätzlicher Systemtechnik zur Beherrschung eines fälschlichen Füllstandsabfalls.

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 03/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH:
Sicherheitstechnische Bedeutung von Zuständen bei Nicht-Leistungsbetrieb eines DWR
GRS-A-3114, Mai 2003

/GRS 96/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH:
Untersuchung von Ereignisabläufen bei abgeschalteter Anlage
GRS-A-2336, Juni 1996

/KTR 05/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Öko-Institut e.V., Physikerbüro Bremen:
Aktualisierung des Kerntechnischen Regelwerks, Module 1 – 11, Revision A, Entwurf Stand: September 2005, BMU-Vorhaben SR 2475

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 12:

„Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“

SR 2569

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

PHYSIKERBÜRO BREMEN

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

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

Teil 1: KWB-A / KKE

Bewertungsgegenstand 12:
„Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“

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 Prüfumfang 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

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes 2

2.2 Bewertungsmerkmale 3

3 Verwendete Unterlagen 4

4 Anlagenvergleich 5

5 Bewertung 16

5.1 Zusammenfassung der relevanten Unterschiede 16

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede 19

5.3 Fazit 22

6 Literatur 23

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 12 „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“ behandelt. Die Bewertung wird anhand eines kleinen Lecks an der Hauptkühlmittelleitung vorgenommen. Dies ist ein Ereignis der Sicherheitsebene 3.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufes

Bei Auftreten eines kleinen Lecks an der Hauptkühlmittelleitung bei Volllast sinken der Druck im Primärkreis und der Füllstand im Druckhalter. Durch den Druckanstieg im Sicherheitsbehälter (SHB) wird über das Kriterium Differenzdruck SHB/Atmosphäre Reaktorschnellabschaltung und Turbinenschnellschluss (RESA/TUSA) ausgelöst. Unterschreitet der Druck im Primärkreis 131 $bar_ü$ und überschreitet der Druck im SHB 30 mbar wird auf der Sekundärseite Abfahren mit 100 K/h ausgelöst (in KKE automatisch, in KWB-A im Rahmen der Nachweisführung nach 30 Minuten von Hand) und die Wärme wird über die Frischdampfumleitstation (FDU) bzw. über Frischdampf (FD)-Abblaseventile (bei zusätzlich unterstelltem Notstromfall) abgeführt. Die Dampferzeuger werden nach RESA über die Schwachlastregelventile der Hauptspeisewasserpumpen bzw. bei Ausfall über An- und Abfahrpumpen oder Notspeisepumpen bespeist. Unterschreitet nach Anstehen von 30 mbar im SHB der Druck im Primärkreis 110 $bar_ü$ oder fällt der Druckhalter (DH)-Füllstand unter 2,28 m stehen Notkühlkriterien an. Es folgt u. a. Durchschalten und Start der Sicherheitseinspeisepumpen, Durchschalten der Druckspeicher, Zuschalten der Nachkühlkette und Abschalten der Hauptkühlmittelpumpen und des Volumenregelsystems. Je nach Leckgröße kann es erforderlich sein, die Sicherheitseinspeisepumpen wieder abzuschalten, damit diese nicht dem Primärkreis ihren Förderdruck aufprägen. Dazu müssen zunächst die Notkühlkriterien überbrückt werden. Bei einem KM-Druck < 9 $bar_ü$ werden die Nachkühlpumpen gestartet und speisen in den Primärkreislauf (PKL) ein. Unterschreitet der Füllstand in den Flutbehältern 0,3 m (in KKE) bzw. 1,4 m (in KWB-A) werden die Stränge auf Saugen aus dem Sumpf umgeschaltet. Die Wärme wird zum einen über die Sekundärseite und zum anderen durch das Fördern des angesaugten Sumpfwassers über die Nachwärmekühler an die Nachkühlkette abgeführt. Somit ist ein stabiler Endzustand erreicht.

2.2 Bewertungsmerkmale

Für die vergleichende Bewertung wurden die folgenden Bewertungsmerkmale herangezogen:

1. Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen
2. Abstand zu den gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 3 geforderten Nachweiskriterien für die Brennstabintegrität
3. Abstand zu dem gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 3 geforderten Nachweiskriterium Druck im SHB < 85% Auslegungsdruck des SHBs
4. Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden.

Zudem werden beim Bewertungsgegenstand „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“ folgende für die Ereignisbeherrschung relevanten Störfallaspekte als gesonderte Bewertungsmerkmale in den Anhängen 1 und 2 diskutiert

5. Sicherstellung der Kernkühlung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial (siehe Anhang 1)
6. Vermeidung von Rekritikalität bei kleinen Lecks mit Reflux-Condenser-Betrieb (siehe Anhang 2)

Hinweis: Ein Bewertungsmerkmal „Maßnahmen zur Vermeidung von kleinen Lecks“ wird nicht in diesem Bewertungsgegenstand behandelt, da dies im Bewertungsgegenstand 3 „Nachweis des Bruchausschlusses für die druckführende Umschließung“ erfolgt.

3 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für den Anlagenvergleich herangezogen:

- Unterlagen der Kategorie 1

/PSÜ 01/ Siemens AG
PSÜ-Sicherheitsstatusanalyse für die Konvoi Kernkraftwerke
(Stand Juli 2001)

/PSÜ 03/ RWE Power AG
Kernkraftwerk Biblis, Block A
Periodische Sicherheitsüberprüfung
(Stand April 2003)

/TÜV 01/ TÜV Arbeitsgemeinschaft Konvoi
Konvoianlagen: Gutachten zur Sicherheitsstatusanalyse
(September 2001)

/TÜV 05/ TÜV Gutachtergemeinschaft PSÜ KWB-A:
Gutachten zur PSÜ KWB-A Teil 1 SSA
(Juni 2005)

/BHB-B/ Betriebshandbuch KWB-A, Stand 30.06.2006

/BHB-E/ Betriebshandbuch KKE, Stand 31.10.2006

- Unterlagen der Kategorie 3

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

4 Anlagenvergleich

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
Bewertungsmerkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen		
Leistungsreduzierung/Abschaltung – RESA/TUSA über den Differenzdruck SHB/Atmosphäre >30 mbar	**Leistungsreduzierung/Abschaltung** – RESA/TUSA über den Differenzdruck SHB/Atmosphäre >30 mbar	Kein relevanter Unterschied
Maßnahmen im Sekundärkreislauf **Ohne zusätzlichen Notstromfall**	**Maßnahmen im Sekundärkreislauf** **Ohne zusätzlichen Notstromfall** – Durch RESA/TUSA steigt der Druck an und FDU öffnet zur Druckbegrenzung automatisch. Bei Ausfall FDU wird bei anstehender RESA und Überschreiten von 75 $bar_ü$ FD-Druck Teilabfahren über die FD-Abblasestation ausgelöst.	
– Durch den Druckabfall im PKL wird bei Unterschreiten von 131$bar_ü$ das 100 K/h-Abfahren über die FDU über Reaktorschutzsignale ausgelöst	– Durch den Druckabfall im Primärkreis bzw. durch den Füllstandsabfall im Druckhalter werden bei anstehendem Differenzdruck SHB/Atmosphäre die 2v3 Notkühlkriterien ausgelöst und die SEP gestartet. Das Startsignal für die SEP ist das Einstiegskriterium für die BHB-Prozedur 13.21 „Mittleres Leck im Reaktorkühlkreislauf-Auslösung HD-Einspeisesignal YZ36“. Es soll unverzüglich	In KKE wird durch den primärseitigen Druckabfall auf 131 $bar_ü$ das 100 K/h-Abfahren ausgelöst, bevor es zu Druckbegrenzungsmaßnahmen auf der Sekundärseite kommt. In KWB-A wird durch die Druckbegrenzungsmaßnahme die Zeit von 30 min überbrückt, in der keine Handmaßnahmen ergriffen werden müssen. Bei anstehenden Notkühlkriterien soll jedoch unverzüglich mit dem Abfahren mit 100 K/h von Hand begon-

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
	100 K/h-Abfahren mit folgenden Prioritäten eingeleitet werden: 1. Abfahren über FDU geregelt 2. Abfahren über Abblasestation geregelt 3. Abfahren über Abblasestation von Hand	nen werden. Hinsichtlich des Einleitens des Abfahrens besteht kein relevanter Unterschied. Die Verzögerung des Abfahrens bei Hand wirkt sich nachteilig auf die Reserven beim Flubehälterinventar aus (s. Bewertungsmerkmal 4).
Benötigte Einrichtungen für die Frischdampfabgabe für das 100 K/h-Abfahren: – Mindestens 3 v 4 FDU Stellventile	**Benötigte Einrichtungen für die Frischdampfabgabe für das 100 K/H-Abfahren**: – Mindestens 1 v 3 FDU-Stellventile (Kapazität: 306 kg/s bei 50 $bar_ü$)	Zum 100 K/h-Abfahren über die FDU sind in KKE 3 v 4 FDU Stellventile nötig, in KWB-A 1 v 3
Mit zusätzlichem Notstromfall	**Mit zusätzlichem Notstromfall** – Durch RESA/TUSA steigt der Druck an. Bei anstehender RESA und Überschreiten von 75 $bar_ü$ FD-Druck wird Teilabfahren über die FD-Abblasestation ausgelöst.	
– Durch den Druckabfall im PKL wird bei Unterschreiten von 131$bar_ü$ das 100.K/h-Abfahren über die FD-Abblaseregelventile über Reaktorschutzsignale ausgelöst	– Durch den Druckabfall im Primärkreis bzw. durch den Füllstandsabfall im Druckhalter werden bei anstehendem Differenzdruck SHB/Atmosphäre die 2v3 Notkühlkriterien ausgelöst und die SEP gestartet. Das Startsignal für die SEP ist das Einstiegskriterium für die BHB-Prozedur 13.21 „Mittleres Leck im Reaktorkühlkreislauf-Auslösung HD-Einspeisesignal YZ36“. Es soll unverzüglich 100 K/h-Abfahren mit folgenden Prioritäten	In KKE wird durch den primärseitigen Druckabfall auf 131 $bar_ü$ das 100 K/h-Abfahren ausgelöst, bevor es zu Druckbegrenzungsmaßnahmen auf der Sekundärseite kommt.

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
	eingeleitet werden: 1. Abfahren über Abblasestation geregelt 2. Abfahren über Abblasestation von Hand	
Benötigte Einrichtungen für die Frischdampfabgabe beim 100 K/h-Abfahren: – Mindestens 1 v 4 Abblaseregelventile (bis 150 °C Kühlmitteltemperatur)	**Benötigte Einrichtungen für die Frischdampfabgabe beim 100 K/h-Abfahren:** – 2 v 2 FD-Abblaseregelventile (Kapazität: je 269 kg/s bei 75 $bar_{ü,}$, 14 kg/s bei 6 $bar_{ü}$)	Zum 100 K/h-Abfahren über die FD-Abblasestation sind in KKE 1 v 4 Abblaseregelventile nötig, in KWB-A 2 v 2
Dampferzeugerbespeisung bei 100K/h Abfahren **Ohne zusätzlichen Notstromfall** **Benötigte Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren:** – Mindestens 1 v 3 Hauptspeisewasserpumpen in Schwachlast	**Dampferzeugerbespeisung bei 100K/h Abfahren** **Ohne zusätzlichen Notstromfall** **Benötigte Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren:** – Mindestens 1 v 3 Hauptspeisewasserpumpen in Schwachlast	
Dampferzeugerbespeisung bei 100K/h Abfahren	**Dampferzeugerbespeisung bei 100K/h Abfahren**	

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
Mit zusätzlichem Notstromfall **Benötigte Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren:** – 2 v 2 An-/Abfahrpumpen (automatisch über DE-Füllstand < 9 m	**Mit zusätzlichem Notstromfall** **Benötigte Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren:** – 2 v 2 elektrisch angetriebene Notspeisewasserpumpen (betriebliche Ansteuerung) .	Die verfahrenstechnische Ausführung der betrieblich angesteuerten elektrisch betriebenen Notspeisepumpen in KWB-A entspricht den Anforderungen der Sicherheitsebene 3. Die An- und Abfahrsysteme in KKE entsprechen den Anforderungen der Sicherheitsebene 2 und sind notstromgesichert.
Maßnahmen im Primärkreislauf Bei DH-Füllstand < 2,28 m und Anstehen von 30 mbar SHB-Druck erfolgt Primärkreis- und SHB-Abschluss. Start der HD-Einspeisung mit 4 Sicherheitseinspeisepumpen. Druckspeicher werden durchgeschaltet Zur Kernkühlung werden benötigt: 1 v 4 Sicherheitseinspeisepumpen	**Maßnahmen im Primärkreislauf** Bei DH-Füllstand < 3,0 m und Anstehen von 30 mbar SHB-Druck erfolgt Primärkreis- und SHB-Abschluss. Start der HD-Einspeisung mit 4 Sicherheitseinspeisepumpen. Druckspeicher werden durchgeschaltet Zur Kernkühlung werden benötigt: 1 v 4 Sicherheitseinspeisepumpen	Kein relevanter Unterschied
1 v 4 ND-Einspeisepumpen (Flutbetrieb) 1 v 4 Flutbecken (je ca. 450 m^3 verfügbar) Bei Unterschreiten von 0,3 m im Flutbecken werden die Saugstränge zu den HD-Pumpen abgesperrt und die 3-Wege-Ventile in den Saugsträngen der ND-Pumpen auf Sumpfansaugung umgeschaltet. 1 v 4 ND-Einspeisepumpen (Sumpfbetrieb)	1 v 4 ND-Einspeisepumpen (Flutbetrieb) 1 v 4 Flutbehälter (je 315 m^3 verfügbar) Bei Unterschreiten von 1,4 m im Flutbehälter werden die Saugstränge zu den HD-Pumpen abgesperrt und die 3-Wege-Ventile in den Saugsträngen der ND-Pumpen auf Sumpfansaugung umgeschaltet. 1 v 4 ND-Einspeisepumpen (Sumpfbetrieb)	Kein relevanter Unterschied Flutbehälterinventare in KKE größer als in KWB-A

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
Primärseitige Wärmeabfuhr – Mindestens 1v4 Nachkühlketten	**Primärseitige Wärmeabfuhr** – Mindestens 1v4 Nachkühlketten	Für KWB-A fehlen die Nachweise, dass ein KMV nicht zum Integritätsverlust des Zwischenkühlsystems TF innerhalb des SHBs mit nachfolgender Beeinträchtigung der Wärmeabfuhr führt. (Gutachterempfehlung E3.1.2.10-5) /TÜV 05/
Bewertungsmerkmal 2: Abstand zu den gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 3 geforderten Nachweiskriterien für die Brennstabintegrität		
Die zulässigen Hüllrohrtemperaturen (<1200 °C) werden auch unter konservativen Randbedingungen eingehalten. Darüber hinaus gibt es keine Angaben zu den Randbedingungen und zu einer maximalen Hüllrohrtemperatur	Bei den unterstellten Randbedingungen: 1 HD-System speist ein (1 System in Instandhaltung, 1 Einzelfehler, 1 System speist in das Leck), P_{th}= 106%, Nachzerfallsleistung nach DIN 25463 +2 sigma erreicht die maximale Hüllrohrtemperatur bei 50 cm^2-Leck 364 °C.	keine vergleichende Bewertung möglich, da zu KKE keine konkreten Angaben vorliegen
Bewertungsmerkmal 3: Abstand zu dem gemäß Regelwerk auf Sicherheitsebene 3 geforderten Nachweiskriterium Druck im SHB < 85% Auslegungsdruck des SHBs		
Keine Angaben verfügbar.	Keine Angaben verfügbar.	
Bewertungsmerkmal 4: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden		
Leistungsreduzierung/Abschaltung – RESA-Anregekriterien – Füllstand DH< 2,28 m – Druck PKL < 131 $bar_ü$ UND P_{th} >12%	**Leistungsreduzierung/Abschaltung** – RESA-Anregekriterien – Füllstand DH< 3,0 m – Druck PKL < 145 $bar_ü$	Kein relevanter Unterschied

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
– DNB < 1,18	– DNB < 1,7	
Maßnahmen im Sekundärkreislauf **Ohne zusätzlichen Notstromfall** **Zusätzliche Einrichtungen für die Frischdampfabgabe beim 100 K/h-Abfahren:** – 1 FDU-Ventil (Nur der Ausfall **eines** FDU-Ventils kann kompensiert werden) – 4 FD-Abblaseregelventile 1 Ventil ist ausreichend zum Abfahren bis 150 °C KMT (Kapazität: je 514 kg/s bei 86 $bar_ü$, 34,7 kg/s bei 6 $bar_ü$)	**Maßnahmen im Sekundärkreislauf** **Ohne zusätzlichen Notstromfall** **Zusätzliche Einrichtungen für die Frischdampfabgabe beim 100 K/h-Abfahren:** – 2 FDU-Ventile (1 Ventil ist ausreichend) – 2 v 2 FD-Abblaseregelventile (Kapazität: je 269 kg/s bei 75 $bar_ü$,, 14 kg/s bei 6 $bar_ü$) – 4 x 15%-FD-Sicherheitsventile von Hand (Kapazität: je 70 kg/s bei 80 $bar_ü$) – 2 x 100% FD-Sicherheitsventile von Hand (Kapazität: je 620 kg/s bei 88 $bar_ü$) Bei Ausfall von FD-Abblaseventilen kann mit den 4 x 15%-FD-Sicherheitsventilen abgefahren werden. Zur weiteren Druckabsenkung können 2 v 4 x 100%-FD-Sicherheitsventile von Hand geöffnet werden 3 v 4 x 15% Sicherheitsventile und 1 x 100% Sicherheitsventil sind ausreichend	Ohne zusätzlich unterstellten Notstromfall stehen im Bereich der Einrichtungen des anormalen Betriebs zum 100 K/h-Abfahren in KWB-A weitere 2 Redundanzen zur Verfügung. Auf der Sicherheitsebene 3 stehen in KKE 4 zusätzliche Redundanzen und in KWB-A 1 zusätzliche Redundanz zur Verfügung. Zusätzlich kann in KWB-A mit mindestens 3 v 4 x 15%-Sicherheitsventilen von Hand bis 15 $bar_ü$ abgefahren werden. Zum weiteren Abfahren ist eines von 2 ansteuerbaren 100%-Sicherheitsventile erforderlich (Sicherheitsebene 3).

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
Zusätzliche Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren: Zusätzlich zur o .g. 1 v 3 Hauptspeisewasserpumpe stehen mit gleicher Kapazität zur Verfügung: – 2 Hauptspeisewasserpumpen Zusätzlich stehen zur Verfügung: – 2 An-/Abfahrpumpen 2 Pumpen werden benötigt – 4 Notspeisepumpen (RS-Signal über DE-Füllstand < 5 m) mit je einem Notspeisebecken (je 360 m^3) für 100 K/h-Abfahren und NWA für 10 h (Können über Diesel oder über E-Motor angetrieben werden) 2 Pumpen werden benötigt	**Zusätzliche Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren:** Zusätzlich zur o .g. 1 v 3 Hauptspeisewasserpumpe stehen mit gleicher Kapazität zur Verfügung: – 2 Hauptspeisewasserpumpen Zusätzlich stehen zur Verfügung: – 2 elektrisch angetriebene Notspeisewasserpumpen (betriebliche Ansteuerung oder Ansteuerung über Reaktorschutz) – 2 dampfgetriebene Notspeisewasserpumpen 2 der oben aufgeführten Pumpen werden benötigt	Die verfahrenstechnische Ausführung der betrieblich angesteuerten elektrisch betriebenen Notspeisepumpen in KWB-A entspricht den Anforderungen der Sicherheitsebene 3. Die An- und Abfahrsysteme in KKE entsprechen den Anforderungen der Sicherheitsebene 2 und sind notstromversorgt. Ohne zusätzlich unterstellten Notstromfall verfügen beide Anlagen über 4 zusätzliche Redundanzen der Sicherheitsebene 3. In KKE können die Notspeisepumpen bei verfügbarem Eigenbedarf diversitär über E-Motor angetrieben werden. In KWB-A sind zwei diversitäre Antriebe für die Notspeisepumpen vorhanden, von denen je 2 mit Dampf bzw. mit Elektromotor angetrieben werden.
Mit zusätzlichem Notstromfall **Zusätzliche Einrichtungen für die Frischdampfabgabe beim 100 K/h-Abfahren:**	**Mit zusätzlichem Notstromfall** **Zusätzliche Einrichtungen für die Frischdampfabgabe beim 100 K/h-Abfahren:**	

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
– 3 FD-Abblaseregelventile 1 Ventil ist ausreichend zum Abfahren bis 150 °C KMT	– 4 x 15%-FD-Sicherheitsventile von Hand (Kapazität: je 70 kg/s bei 80 $bar_ü$) – 2 x 100% FD-Sicherheitsventile von Hand (Kapazität: je 620 kg/s bei 88 $bar_ü$) Bei Ausfall von FD-Abblaseventilen kann mit den 4 x 15%-FD-Sicherheitsventilen abgefahren werden. Zur weiteren Druckabsenkung können 2 v 4 x 100%-FD-Sicherheitsventile von Hand geöffnet werden 3 v 4 x 15% Sicherheitsventile und 1 x 100% Sicherheitsventil sind ausreichend	Mit zusätzlich unterstelltem Notstromfall stehen zum 100 K/h-Abfahren in KKE weitere 3 Redundanzen zur Verfügung, in KWB-A kann mit mindestens 3 v 4 x 15%-Sicherheitsventilen von Hand bis 15 $bar_ü$ abgefahren werden. Zum weiteren Abfahren ist eines von 2 ansteuerbaren 100%-Sicherheitsventile erforderlich (Sicherheitsebene 3).
Zusätzliche Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren:	**Zusätzliche Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren:**	
– 4 Notspeisepumpen (RS-Signal über DE-Füllstand < 5 m) mit je einem Notspeisebecken (je 360 m3) für 100 K/h-Abfahren und NWA für 10 h (Im Notstromfall ist nur Dieselantrieb möglich) 2 Pumpen werden benötigt	– 2 elektrisch angetriebene Notspeisewasserpumpen (RS-Signal: DE-Niveau < min 2 = 6,5 m) – 2 dampfgetriebene Notspeisewasserpumpen (RS-Signal: DE-Niveau < min 2 = 6,5 m) 2 der oben aufgeführten Pumpen werden benötigt	Mit zusätzlich unterstelltem Notstromfall verfügen beide Anlagen über 4 zusätzliche Redundanzen der Sicherheitsebene 3. In KWB-A werden 2 Pumpen mit Dampf und 2 Pumpen mit Elektromotor angetrieben. Wenn die elektrisch angetriebenen Notspeisepumpen aus verfahrenstechnischen Gründen ausgefallen sind, stehen sie als zusätzliche Einrichtung nicht mehr zur Verfügung (s. Merkmal 1).
Zusätzliche Einrichtungen für die Kernkühlung	**Zusätzliche Einrichtungen für die Kernkühlung**	
– Zusätzlich zur o .g. 1 v 4 Sicherheitseinspeisepumpe stehen mit gleicher Kapazität 3 Sicherheitseinspeisepumpen zur Verfü-	– Zusätzlich zur o .g. 1 v 4 Sicherheitseinspeisepumpe stehen mit gleicher Kapazität 3 Sicherheitseinspeisepumpen zur Verfü-	Zum Reflux-Condenser-Betrieb bei 2 ausgefallenen HD-Sicherheitseinspeisung (siehe Anhang 2)

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
gung – 8 Druckspeicher je ca. 34 m^3	gung – 4 Druckspeicher je 44,5 m^3	In KKE werden die kaltseitigen Druckspeicher 500s nach Anstehen der Notkühlkriterien wieder abgesperrt. Die heißseitigen können von Hand abgesperrt werden oder werden bei einem Druckspeicherfüllstand < 1,4 m vom Reaktorschutz abgesperrt. Druckspeicher werden in KWB-A nicht automatisch abgesperrt. (Gutachterempfehlung E3.1.2.12-2) /TÜV 05/ Bei Lecks bis 50 cm^2 erfolgt in KWB-A keine Stickstoffeinspeisung, da die Druckspeicher nicht vollständig entleert werden. Daher stellt die nicht automatische Absperrung in KWB-A keinen relevanten Unterschied dar.
– Zum Flutbetrieb stehen zusätzlich zur o. g. 1 v 4 ND-Einspeisepumpe mit gleicher Kapazität 3 ND-Einspeisepumpen zur Verfügung	– Zum Flutbetrieb stehen zusätzlich zur o. g. 1 v 4 ND-Einspeisepumpe mit gleicher Kapazität 3 ND-Einspeisepumpen zur Verfügung	
– Zusätzlich zum o. g. 1 v 4 Flutbecken stehen mit gleicher Kapazität 3 Flutbecken zur Verfügung (je ca. 450 m^3 verfügbar)	– Zusätzlich zum o. g. 1 v 4 Flutbecken stehen mit gleicher Kapazität 3 Flutbecken zur Verfügung (je ca. 315 m^3 verfügbar)	Flutbehälterinventare in KKE größer als in KWB-A
– Zum Sumpfbetrieb stehen zusätzlich zur o. g. 1 v 4 ND-Einspeisepumpe mit gleicher Kapazität 3 ND-Einspeisepumpen zur Verfügung	– Zum Sumpfbetrieb stehen zusätzlich zur o. g. 1 v 4 ND-Einspeisepumpe mit gleicher Kapazität 3 ND-Einspeisepumpen zur Verfügung	Zur möglichen Verstopfung der Sumpfsiebe und Beeinträchtigung der Kernkühlung im Sumpfbetrieb siehe Anlage 1

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
– HD-ND-Sumpfrückförderung mit 4 Nachkühlsträngen möglich (Mindestwirksamkeit ist nicht nachgewiesen)	– Keine Möglichkeit der HD-Einspeisung aus dem Sumpf	– Die Möglichkeit der HD-ND- Sumpfrückförderung in KKE ist dann vorteilhaft, wenn die Flutbehälter leer sind bevor der Primärkreisdruck unter die Nullförderhöhe der ND-Pumpen gefallen ist. Die Maßnahme ist im Schutzziel-BHB beschrieben (somit Sicherheitsebene 3)
Primärseitige Wärmeabfuhr – Zur primärseitigen Nachwärmeabfuhr stehen zusätzlich zur o. g. 1 v 4 Nachkühlkette mit gleicher Kapazität 3 Nachkühlketten zur Verfügung	**Primärseitige Wärmeabfuhr** – Zur primärseitigen Nachwärmeabfuhr stehen zusätzlich zur o. g. 1 v 4 Nachkühlkette mit gleicher Kapazität 3 Nachkühlketten zur Verfügung	– Für KWB-A fehlen die Nachweise, dass ein KMV nicht zum Integritätsverlust des Zwischenkühlsystems TF innerhalb des SHBs mit nachfolgender Beeinträchtigung der Wärmeabfuhr führt. (Gutachterempfehlung E3.1.2.10-5) /TÜV 05/
Zusätzliche Einrichtungen für die Frischdampfabgabe beim 100 K/h-Abfahren: – 4 FD-Sicherheitsventile 1 Ventil ist ausreichend	**Zusätzliche Einrichtungen für die Frischdampfabgabe beim 100 K/h-Abfahren:** – Keine zusätzlichen Möglichkeiten	– Das Abfahren über die FD-Sicherheitsventile in KKE ist im Schutzziel-BHB beschrieben. Wegen der Komplexität der vor-Ort-Maßnahmen (Einbringen von Simulationen) wird die Maßnahme in die Sicherheitsebene 4 eingeordnet. In KWB-A gibt es keine vergleichbaren Maßnahmen.
Zusätzliche Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren: – Keine zusätzlichen Möglichkeiten	**Zusätzliche Einrichtungen für die Dampferzeugerbespeisung beim 100 K/h-Abfahren:** – 2 mit Dieselmotor angetriebene Einspeisepumpen für Bespeisung DE1 und 3 (RZ-System) (RS-Signal: DE-Niveau < min 3 = 3,7 m)	– KWB-A hat zusätzliche Möglichkeiten zur Dampferzeugerbespeisung auf der Sicherheitsebene 4 beim 100 K/h-Abfahren, KKE dagegen keine zusätzlichen Einrichtungen

Bewertungsgegenstand 12: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“		
KKE	**KWB-A**	**Ergebnisse**
	– 2 elektrisch angetriebene Notspeisewasserpumpen vom Block B für Bespeisung DE1 und 3 (RX-System) 2 der oben aufgeführten Pumpen werden benötigt	
Zusätzliche Einrichtungen für die Primärseitige Wärmeabfuhr – 2 Notnachkühlketten (jeweils parallelgeschaltete Pumpen zu den Pumpen der Nachkühlketten) – 2 zusätzliche Zwischenkühlkreispumpen, nicht notstromversorgt	**Zusätzliche Einrichtungen für die Primärseitige Wärmeabfuhr** – 1 Notstandsnachkühlpumpe	– KKE hat 2 zusätzliche Redundanzen zur primärseitigen Wärmeabfuhr, außerdem 2 zusätzliche Zwischenkühlkreispumpen, KWB-A hat eine zusätzliche Einrichtung.

5 Bewertung

5.1 Zusammenfassung der relevanten Unterschiede

Hinsichtlich des Bewertungsgegenstandes „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“ wurden die folgenden relevanten Unterschiede erkannt:

Zu Merkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen

- In KWB-A wird nach erfolgter RESA/TUSA Auslösung die Druckbegrenzungsfunktion angefordert, bis spätestens nach 30 Minuten Handmaßnahmen zum 100 K/h Abfahren erforderlich werden
- Ohne zusätzlich unterstellten Notstromfall sind zum 100 K/h-Abfahren über die FDU in KKE 3 v 4 FDU Stellventile nötig, in KWB-A 1 v 3
- Mit zusätzlich unterstelltem Notstromfall sind zum 100 K/h-Abfahren über die FD-Abblasestation in KKE 1 v 4 Abblaseregelventile nötig, in KWB-A 2 v 2
- Die verfahrenstechnische Ausführung der betrieblich angesteuerten elektrisch betriebenen Notspeisepumpen in KWB-A entspricht den Anforderungen der Sicherheitsebene 3. Die An- und Abfahrsysteme in KKE entsprechen den Anforderungen der Sicherheitsebene 2 und sind zusätzlich notstromgesichert.
- In KWB-A liegt gemäß den vorliegenden Unterlagen kein Nachweis dafür vor, dass ein Kühlmittelverlust nicht zum Integritätsverlust des Zwischenkühlkreises im Sicherheitsbehälter mit nachfolgender Beeinträchtigung der primärseitigen Wärmeabfuhr führt.

Zu Merkmal 4: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden.

- Ohne zusätzlich unterstellten Notstromfall stehen in KKE in der Sicherheitsebene 3 zum 100 K/h-Abfahren 4 redundante 100% FD-Abblaseregelventile zur Verfügung. In KWB-A stehen auf der Sicherheitsebene 2 zwei Redundanzen (2 x 100% FDU-

Ventile) und in der Sicherheitsebene 3 1 Redundanz (2 x 50% FD-Abblaseregelventile) zur Verfügung. Zusätzlich kann mit mindestens 3 v 4 x 15%-Sicherheitsventilen von Hand bis 15 $bar_ü$ abgefahren werden. Zum weiteren Abfahren ist eines von 2 ansteuerbaren 100%-Sicherheitsventile erforderlich (Sicherheitsebene 3). Das Abfahren mit 100 K/h ist auch mit einem 100 % Sicherheitsventil möglich.

- Ohne zusätzlich unterstellten Notstromfall verfügt KKE zur Dampferzeugerbespeisung über 4 zusätzliche Redundanzen der Sicherheitsebene 3. In KKE können die Notspeisepumpen bei verfügbarem Eigenbedarf diversitär über E-Motor angetrieben werden. In KWB-A werden 2 Notspeisepumpen mit Dampf angetrieben. Zusätzlich werden 2 elektrisch betriebene Notspeisepumpen über den Reaktorschutz gestartet. Wenn die elektrisch angetriebenen Notspeisepumpen aus verfahrenstechnischen Gründen ausgefallen sind, stehen sie als zusätzliche Einrichtung nicht mehr zur Verfügung.

- Mit zusätzlich unterstelltem Notstromfall stehen in KKE in der Sicherheitsebene 3 zum 100 K/h-Abfahren weitere 3 Redundanzen zur Verfügung (Abblaseventile). In KWB-A kann mit mindestens 3 v 4 x 15%-Sicherheitsventilen von Hand bis 15 $bar_ü$ abgefahren werden. Zum weiteren Abfahren ist eines von 2 ansteuerbaren 100%-Sicherheitsventile erforderlich.

- Mit zusätzlich unterstelltem Notstromfall verfügt KKE zur Dampferzeugerbespeisung über 4 zusätzliche Redundanzen der Sicherheitsebene 3. In KKE werden die 4 Notspeisepumpen über die Notspeisediesel angetrieben. In KWB-A werden 2 Notspeisepumpen mit Dampf angetrieben. Zusätzlich werden 2 elektrisch betriebene Notspeisepumpen über den Reaktorschutz gestartet. Wenn die elektrisch angetriebenen Notspeisepumpen aus verfahrenstechnischen Gründen ausgefallen sind, stehen sie als zusätzliche Einrichtung nicht mehr zur Verfügung.

- In KKE ermöglicht eine Verbindung der Saugseite der Sicherheitseinspeisepumpen mit der Druckseite der Nachkühlpumpen das Rückfördern von Kühlmittel aus dem Sumpf bei einem Druck, der über der Nullförderhöhe der Nachkühlpumpen liegt. In KWB-A besteht diese Möglichkeit nicht.

- Das verzögerte Abfahren (maximal 30 min) durch Handauslösung bei KWB-A wirkt sich nachteilig auf die Reserven des Flutbehälterinventars aus.

- In KKE kann durch Simulationen im Reaktorschutz mit 1 v 4 FD-Sicherheitsventilen die Anlage abgefahren werden. Das Abfahren über die FD-Sicherheitsventile in

KKE ist im Schutzziel-BHB beschrieben. In KWB-A gibt es keine vergleichbaren Maßnahmen.

- KWB-A hat eine zusätzliche Dampferzeugerbespeisung (RZ), die über den Reaktorschutz angesteuert wird und für die Sicherheitsebene 3 nicht qualifiziert ist. KKE hat keine zusätzlichen Einrichtungen.
- KKE hat 2 zusätzliche Notnachkühlketten, außerdem 2 zusätzliche Zwischenkühlkreispumpen. KWB-A hat eine zusätzliche Notstandsnachkühlpumpe.

Zu Merkmal 5: Sicherstellung der Kernkühlung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial (Detailvergleich siehe Anhang 1)

- Im KKW-Emsland sind je zwei Notkühlsysteme an eine Sumpfansaugkammer angeschlossen. Das KKW-Biblis besitzt für alle vier Notkühlsysteme eine gemeinsame Sumpfansaugkammer.
- 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°.
- Die gesamte Sumpfsiebfläche ist im KKW-Emsland etwa doppelt so groß wie in Biblis.
- Im KKW-Emsland wird ausschließlich das Isoliermaterial MD2 eingesetzt. Im KKW Biblis-A wird das Isoliermaterial MD2 und RDT2 eingesetzt. Mikroporöse Materialien sind allerdings im Isoliermaterial in KWB-A an den relevanten Stellen nicht vorhanden.

Zu Merkmal 6: Vermeidung von Rekritikalität bei kleinen Lecks mit Reflux-Condenser-Betrieb (Detailvergleich siehe Anhang 2)

- Die Kernleistung und die Nachzerfallleistung ist im KKW-Emsland etwas größer als im KKW Biblis-A. Die Einspeisekapazität der Sicherheitseinspeisepumpen ist im KKW-Emsland etwas geringer als im KKW Biblis-A. Beides führt zu einer größeren Wärmeabfuhr zum Dampferzeuger und einer größeren Kondensatproduktion im Dampferzeuger im KKW Emsland.
- Im KKW-Emsland speist das Sicherheitseinspeisesystem voreingestellt auf der heißen Seite ein. Im KKW-Biblis A erfolgt die Sicherheitseinspeisung voreingestellt auf der kalten Seite.

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Zu Merkmal 1: Zur Ereignisbeherrschung vorgesehene Maßnahmen und Einrichtungen

- Zum 100 K/h-Abfahren ohne zusätzlich unterstellten Notstromfall ist die größere relative Kapazität der FDU in KWB-A auf der Sicherheitsebene 2 von Vorteil, da mehr Reserven zur Verfügung stehen.

- Zum 100 K/h-Abfahren mit zusätzlich unterstelltem Notstromfall ist die größere Kapazität der FD-Abblaseventile in KKE auf der Sicherheitsebene 3 von Vorteil, da mehr Reserven zur Verfügung stehen.

- Die Bespeisung der Dampferzeuger erfolgt in KKE über das notstromgesicherte An- und Abfahrsystem (System der Sicherheitsebene 2). Die Bespeisung der Dampferzeuger erfolgt in KWB-A über die betrieblich angesteuerten, elektrisch angetriebenen Notspeisepumpen (verfahrenstechnische Ausführung entsprechend der Sicherheitsebene 3).

- Die gemäß den vorliegenden Unterlagen fehlenden Nachweise zur Integrität der im Sicherheitsbehälter befindlichen Komponenten und Rohrleitungen des Zwischenkühlsystems bei KMV in KWB-A sind für diese Anlage als Nachteil zu bewerten.

Zu Merkmal 4: Zusätzliche Maßnahmen und Einrichtungen, die noch zur Verfügung stehen, aber zur Ereignisbeherrschung auslegungsgemäß nicht benötigt werden.

- Ohne zusätzlich unterstellten Notstromfall stehen für das 100 K/h-Abfahren in KKE mehr Redundanzen zur Verfügung (4 gegenüber 3), was vorteilhaft ist. Dafür hat KWB-A die Möglichkeit von Hand die 4 x 15%-FD-Sicherheitsventile anzusteuern und in Verbindung mit 1 x 100% FD-Sicherheitsventilen auf der Sicherheitsebene 3 die Anlage abzufahren. In KWB-A steht zusätzlich 1 weiteres 100% FD-Sicherheitsventil zur Verfügung. Die jeweiligen Einzelredundanzen in KKE besitzen Vorteile gegenüber KWB-A (1 Abblaseregelventil in KKE ist höherwertig als eine FDU in KWB-A. Ein 100%-Abblaseregelventil in KKE ist höherwertig als 2 x 50%-Abblaseregelventile in KWB-A. 1 Abblaseregelventil in KKE ist höherwertig als das Abfahren über 15- und 100-%-Sicherheitsventile in KWB-A). Hinsichtlich der Diversität bestehen Nachteile in KKE (Baugleiche Abblaseregelventile in KKE gegenüber Abblaseregel- und verschiedenartigen Sicherheitsventilen in KWB-A).

- Für die Dampferzeugerbespeisung ohne zusätzlich unterstellten Notstromfall bei 100 K/h-Abfahren stehen in der Anlage KKE 2 An- und Abfahrpumpen auf der Sicherheitsebene 2 und 4 Redundanzen auf der Sicherheitsebene 3 zur Verfügung, die neben dem Dieselantrieb zusätzlich mit einem diversitären elektrischen Antrieb betrieben werden können. In KWB-A stehen zusätzlich 2 dampfgetriebene und 2 elektrisch angetriebene Notspeisepumpen zur Verfügung. Die größere Anzahl der Antriebe und der Notspeisewasserpumpen führt zu Vorteilen in KKE.

- Mit zusätzlich unterstelltem Notstromfall stehen für das 100 K/h-Abfahren in KKE 3 Redundanzen zur Verfügung. Dafür hat KWB-A die Möglichkeit von Hand die 4 x 15%-FD-Sicherheitsventile anzusteuern und in Verbindung mit 1 x 100% FD-Sicherheitsventilen auf der Sicherheitsebene 3 die Anlage abzufahren. In KWB-A steht zusätzlich 1 weiteres 100% FD-Sicherheitsventil zur Verfügung. Die jeweiligen Einzelredundanzen in KKE führen zu Vorteilen gegenüber KWB-A.

- Mit und ohne Notstromfall kann KKE durch Simulationen im Reaktorschutz (Sicherheitsebene 4) über 4 Frischdampfsicherheitsventile abfahren, von denen eines ausreichend ist. In KWB-A stehen in dieser Sicherheitsebene keine weiteren Einrichtungen zur Verfügung. Dies ist ein Vorteil für KKE.

- Für die Dampferzeugerbespeisung mit unterstelltem Notstromfall bei 100 K/h-Abfahren stehen in der Anlage KKE 4 Redundanzen auf der Sicherheitsebene 3 zur Verfügung. In KWB-A stehen zusätzlich zwei dampfgetriebene Notspeisepumpen zur Verfügung. Die größere Anzahl der Notspeisewasserpumpen führt zu Vorteilen in KKE.

- Die Bespeisung des Primärkreislaufs mit den Sicherheitseinspeisepumpen kann in KKE aus dem Sumpf erfolgen. Hierfür ist in KWB-A keine Vorrichtung vorhanden. Dies ist ein Vorteil von KKE.

- KWB-A hat zusätzlichen Möglichkeiten der Dampferzeugerbespeisung automatisch über RZ und von Hand über RX (für die Sicherheitsebene 3 nicht qualifizert). In KKE existieren keine weiteren Einspeisemöglichkeiten. Dies ist ein Vorteil von KWB-A.

- KKE hat zwei Notnachkühlketten und KWB-A eine Notstandsnachkühlpumpe zusätzlich zur der primärseitigen Wärmeabfuhr. Dies ist ein Vorteil für KKE.

Zu Merkmal 5: 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 KKW-Biblis A immer notwendig. Beim KKW-Emsland ist dies nur erforderlich, wenn nur 2 Not-Kühlsysteme verfügbar sind und diese an eine Sumpfansaugkammer angeschlossen sind.

- Die größeren Sumpfsiebflächen im KKW-Emsland führen zu einer geringeren Belegungsdichte der Sumpfsiebe als in Biblis-A, außer beim Betrieb von zwei Not- und Nachkühlsystemen aus einer Sumpfansaugkammer. Dies führt zu geringeren Druckverlusten. Das in Biblis-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 Siebbeläge erforderlich machen, sind nach derzeitigem Kenntnisstand in beiden Anlagen nicht auszuschließen.

- 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. 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.

Zu Merkmal 6: Vermeidung von Rekritikalität bei kleinen Lecks mit Reflux-Condenser-Betrieb (siehe Anhang 2)

- Die heißseitige Sicherheitseinspeisung im KKW-Emsland ist in Bezug auf die Deborierungsproblematik beim kleinen Leck mit Reflux-Condenser Betrieb ungünstiger einzustufen, da eine geringere Aufborierung auf dem Weg zum Kern zu erwarten ist (neuere Versuche in der Rossendorf Coolant Mixing Test Facility (ROCOM)). Bei Einhaltung der auf der 41. Sitzung des Fachausschusses Reaktorsicherheit des Länderausschusses für Atomkernenergie (FARS) zur Anwendung empfohlenen TÜV-/GRS-Stellungnahme zur Deborierung bei Störfällen mit kleinem

Leck und Reflux-Condenser-Betrieb ist für das Kernkraftwerk Emsland ein geringerer Abstand zur kritischen Borkonzentration zu erwarten als für das KKW Biblis-A.

5.3 Fazit

In der Summe überwiegen die Vorteile von KKE (insbesondere: größere Kapazität der Abblaseregelventile, keine Komponenten des Zwischenkühlkreislaufs im Sicherheitsbehälter, An- und Abfahrpumpen, Anzahl der Antriebe der Notspeisepumpen im Fall ohne Notstrom, größere Abblasekapazität über die Dampferzeugersicherheitsventile, Bespeisung mit den Sicherheitseinspeisepumpen aus dem Sumpf, Isolier- und Rückhaltekonzept für Sumpfsiebproblematik, größere Anzahl an Notnachkühlpumpen) gegenüber den Vorteilen von KWB-A (größere Kapazität der FDU, zusätzliche Einspeisesysteme RZ und RX).

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 12

Bewertungsgegenstand: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“

Bewertungsmerkmal 5: Sicherstellung der Kernkühlung bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufs 2

2.2 Bewertungsmerkmale 3

3 Verwendete Unterlagen 5

4 Anlagenvergleich 7

5 Bewertung 10

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 „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“ das Bewertungsmerkmal 5 „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 schwebenden 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 sumption 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 Bewertungsmerkmales 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 Größenordung 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 kg/m^2 (Sumpfsieb mit Gaze belegt) bzw. bei 0.18 kg/m^2 (Sumpfsiebe mit einer Maschenweite von 3 x 3 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 x 3 mm Maschenweite) bei einer Sumpfsiebgröße von 20 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 x 3 mm und den Isoliermaterialien MD2 und MDK nicht gemessen. Bei Sumpfsieben mit 9 x 9 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 skalierter 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^2 /SMI 04/	Insgesamt 20 m^2 /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.

1. 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° 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°C in KWB-A und die Vorgabe eine Sumpftemperatur von weniger als 50°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°.

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 Betreib 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“.

Anhang 2 zu BG 12

Bewertungsgegenstand: „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“

Bewertungsmerkmal 6: Vermeidung von Rekritikalität bei kleinen Lecks mit Reflux-Condenser-Betrieb

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale 2

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufs 2

2.2 Bewertungsmerkmale 2

3 Verwendete Unterlagen 4

4 Anlagenvergleich 5

5 Bewertung 7

5.1 Relevante Unterschiede 7

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede 7

5.3 Fazit 8

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 Bewertungsgegenstandes 12 „Kleines Leck zwischen 20 cm^2 und 50 cm^2 innerhalb des Sicherheitsbehälters“ das Bewertungsmerkmal 6 „Vermeidung von Rekritikalität bei kleinen Lecks mit Reflux-Condenser-Betrieb“ separat behandelt.

2 Bewertungsgegenstand und Bewertungsmerkmale

2.1 Beschreibung des Ereignisablaufs

Bei Leckstörfällen mit kleinem Leck im Primärkreislauf fällt das Kühlmittelinventar im Kühlkreislauf so weit ab, dass in einigen, ggf. in allen Kühlkreisläufen der Naturumlauf abreißt. Bei einem kleinen Leck kann die Nachzerfallsleistung nicht vollständig über das Leck abgeführt werden. Der Rest der Nachwärme wird über die Dampferzeuger abgeführt. Der Dampf aus dem Kern kondensiert dabei in den Dampferzeuger U-Rohren. Dieses Kondensat strömt teilweise über den heißen Strang zurück in den Reaktorkern bzw. sammelt sich im Pumpenbogen an. Wenn mit den Nachkühlsystemen das Inventar im Primärkreis wieder ausreichend angehoben wurde, startet der Naturumlauf und transportiert das im Pumpenbogen angesammelte Kondensat über den Ringraum und das untere Plenum zum Kern. Auf dem Weg zum Kern wird das Kondensat aufboriert. Wenn die Borkonzentration im Kern unter die kritische Borkonzentration, d. h. die Borkonzentration, die abhängig vom Anlagenzustand für die Unterkritikalität erforderlich ist, fällt, wird der Reaktor wieder kritisch und die Reaktorleistung steigt an. Kernschäden sind dabei nicht auszuschließen, wenn infolge eines schnellen und starken Abfallens der Borkonzentration eine prompte Kritikalität auftritt oder wenn aufgrund eines zu geringen Kühlmitteldurchsatzes die Reaktorleistung nicht abgeführt werden kann.

2.2 Bewertungsmerkmale

TÜV und GRS haben in Ihrer Stellungnahme vom September 2003 eine Methode vorgestellt /TÜV 03/, mit der die Unterkritikalität bei kleinen Lecks mit Reflux-Condenser-Betrieb aufgezeigt werden kann. GRS und TÜV haben in der Stellungnahme festgestellt, dass die Werte für die kritische Borkonzentration bei Leckstörfällen mit kaltseitigem Leck und kaltseitiger Einspeisung kleiner als 800 ppm und mit heißseitigem Leck und heißseitiger Einspeisung kleiner als 850 ppm sein müssen. Die kritische Borkonzentration im Kern ist für Systemzustände zu bestimmen, die beim Eintritt niedrig borierten Kondensats (erzeugt beim Reflux-Condenser-Betrieb) in den Kern herrschen. Die Methode ist für alle deutschen Druckwasserreaktoren mit U-Rohrdampferzeuger anwendbar, da diese Anlagen ausreichend geometrisch ähnlich sind. Im Aufsichts- und Genehmigungsverfahren werden auf Empfehlung des BMU in der 41. Sitzung des FARS diese Werte bei der Nachweisführung zugrunde gelegt.

Die minimale Borkonzentration am Kerneintritt ist von der Menge der während des Reflux-Condenser-Betriebs erzeugten und im kalten Strang angesammelten Kondensatmenge und von der Vermischung dieses Kondensats auf dem Weg vom kalten Strang zum Kern mit dem hochborierten Kühlmittel im Ringraum und im unteren Plenum abhängig. Daraus wurden für die vergleichende Bewertung dieses Bewertungsmerkmales folgende Detailmerkmale abgeleitet:

- Merkmal 1: Reaktorleistung
- Merkmal 2: Voreingestellte Einspeiseposition der Sicherheitseinspeisung
- Merkmal 3: Einspeisekapazität
- Merkmal 4: Kritische Borkonzentration für Systemzustände, die beim kleinen Leck nach dem Reflux-Condenser-Betrieb herrschen

3 Verwendete Unterlagen

Es wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- Kategorie 1

/SB-B/ Sicherheitsbericht KWB-A, September 1973

/SB-E/ Sicherheitsbericht KKW-Emsland, März 1978

/TH-B/ TH-Kernnot- und Nachkühlsystem
Systembeschreibung Biblis A, 12.6.1975

/TH-E/ Nukleares Nachwärmesystem JN
Systembeschreibung Emsland, Index l, 17.6.2004

- Kategorie 2

/AST 39/ Protokoll der 39. Sitzung des RSK-Ausschusses Anlagen und Systemtechnik

/TÜV 03/ TÜV/GRS Stellungnahme zur Deborierung bei Reflux-Condenser Betrieb, September 2003

4 Anlagenvergleich

Bewertungsmerkmal: Vermeidung von Rekritikalität bei kleinen Lecks mit Reflux-Condenser Betrieb

Merkmal	**KKW-Emsland**	**KKW-Biblis**	**Anmerkung**
Merkmal 1: Reaktorleistung	3850 MW /SB-E/	3517 MW /SB-B/	Eine höhere Reaktorleistung führt zu einer größeren Nachzerfallsleistung und somit zu einer potenziell größeren Kondensatproduktion (relevant bei heißseitigen Lecks mit heißseitiger Einspeisung)
Merkmal 2: Voreingestellte Einspeiseposition der Sicherheitseinspeisung	heiß /TH-E/	kalt /TH-B/	Bei heißseitiger Sicherheitseinspeisung und heißseitigem Leck bleibt der Naturumlauf in den bespeisten Kühlkreisläufen bestehen. Dies führt zu einer ungünstigeren Aufborierung eines Kondensatpfropfens auf dem Weg zum Kern
Merkmal 3: Einspeisekapazität der Sicherheitseinspeisung	62,5 kg/s bei 30 bar /TH-E/	64 kg/s bei 30 bar /TH-B/	Eine geringere Einspeiserate bindet vor allem bei Heißeinspeisung weniger Nachzerfallwärme. Dies ermöglicht eine geringfügig höhere Kondensatproduktion. Die Borierung des Kühlmittels im Ringraum und unteren Plenums wird dadurch kaum beeinflusst
Einspeisekapazität des Zusatzborier-systems	4 x 2 kg/s	keine	Die Einspeisemenge beeinflusst kaum die Borierung des Kühlmittels im Ringraum und unteren Plenum, da die Borkonzentration allein durch die Si-

			cherheitseinspeisung nahezu auf die Borkonzentration der Flutbehäter angehoben wird
Merkmal 4: Kritische Borkonzentration für Systemzustände, die beim kleinen Leck nach dem Reflux-Condenser-Betrieb herrschen	–	–	Es ist anzunehmen, dass beide KKWs die empfohlenen Werte des BMU /TÜV 03/ von der 41. FARS einhalten. Es ist uns nicht bekannt, dass geänderte Kernauslegungen vorhanden sind, die eine höhere Aufborierung erforderlich machen würde. Es ist ebenfalls unbekannt, wie groß die Abstände zu den empfohlenen Werten sind.

5 Bewertung

5.1 Relevante Unterschiede

Zu Merkmal 1 und 2:

Das Kernkraftwerk Emsland weist eine signifikant höhere Reaktorleistung auf, was zu einer größeren Nachzerfallsleistung und somit zu einer potenziell größeren Kondensatproduktion führt (relevant bei heißseitigen Lecks mit heißseitiger Einspeisung).

Im KKW Emsland speist das Sicherheitseinspeisesystem voreingestellt auf der heißen Seite ein. Im KKW-Biblis A erfolgt die Sicherheitseinspeisung voreingestellt auf der kalten Seite ein. Aufgrund der relativ geringen Druckdifferenz zwischen dem heißen und dem kalten Strang beim kleinen Leck erfolgt in beiden Kraftwerken keine Umschaltung von der Leckseite zur nicht vom Leck betroffenen Seite.

5.2 Bewertung der relevanten Unterschiede

Zu Merkmal 1 und 2:

Das Potenzial für eine höhere Kondensatproduktion, bedingt durch die ca. 10 % höhere Leistung, im KKW Emsland hat nachteilige Auswirkungen für das kleine heißseitige Leck mit heißseitiger Einspeisung (bei einem kaltseitigen Leck auch ohne höhere Leistung wegen ohnehin stattfindender höherer Kondensatproduktion der Pumpenbogen mit Kondensat aufgefüllt).

Die heißseitige Sicherheitseinspeisung im KKW Emsland ist in Bezug auf die Deborierungsproblematik beim kleinen Leck mit Reflux-Condenser Betrieb ungünstiger einzustufen, da eine geringere Aufborierung auf dem Weg zum Kern zu erwarten ist (siehe neuerere ROCOM-Versuche /AST 39/). Bei Einhaltung der BMU-Empfehlung auf der 41. FARS ist für das KKW –Biblis-A ein signifikant größerer Abstand zur kritischen Borkonzentration (berücksichtigt die Bor–10 Anreicherung) zu erwarten als für das KKW Emsland.

5.3 Fazit

Die geringere Leistung und die voreingestellte Sicherheitseinspeisung auf die kalten Stränge im KKW Biblis-A ist in Bezug auf Deborierungsereignisse bei Störfällen mit kleinem Leck als Vorteil zu bewerten.