

RSK - EMPFEHLUNG

Beherrschung eines Kühlmittelverluststörfalls bei DWR unter Berücksichtigung von Totvolumina im Reaktorsicherheitsbehälter – technisch-naturwissenschaftliche Aspekte

10.11.2005 (388. Sitzung)

1 Beratungsauftrag

Mit Schreiben RS I 3 17018/1 vom 23.03.2005 [1-48] hatte das BMU die RSK darüber informiert, dass am 24.06.2004 ein Gespräch von Vertretern der FANP GmbH mit Vertretern der Betreiber deutscher Kernkraftwerke stattgefunden habe. Dabei sei die Frage der im Kühlmittelverluststörfall benötigten Sumpffüllstände diskutiert worden. Bei diesem Gespräch sei darauf hingewiesen worden, dass für bestimmte Kühlmittelverluststörfälle davon auszugehen sei, dass die Reaktorgrube sich mit Wasser fülle und dieses Wasser nicht mehr für den Sumpfbetrieb zur Verfügung stehe. Von Bedeutung sei in diesem Zusammenhang auch, welche Formel zur Berechnung einer ausreichenden Sumpfansaugstutzenüberdeckung anzuwenden sei. Das BMU bat u. a. den RSK-Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK um die Beratung der Frage, ob eine ausreichende Überdeckung der Sumpfansaugstutzen und insgesamt die Beherrschung des Kühlmittelverluststörfalls bei einem kleinen und mittleren Leck für die deutschen DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens der Reaktorgrube nach dem Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet sei.

2 Beratungsgang und Sachverhalt

In seiner 33. Sitzung am 25.05.2005 hörte der Ausschuss Berichte der Betreiber [49] und der GRS [50] an. Die Betreiber informierten den Ausschuss über die Nachweisführung zur Beherrschung des Kühlmittelverluststörfalls unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube und folgerten, dass das Doppelrohr zur Begrenzung des Leckeintrags konstruiert und grundsätzlich wirksam sei, wenn auch eine absolute Dichtheit konstruktiv nicht gegeben sei. Ein geringfügiger Leckmassenstrom in die Reaktorgrube müssten bei der Lecklage am RDB-Stutzen mit betrachtet werden; auch das Auffüllen der Reaktorgrube müsse langfristig angenommen werden. Für alle Fälle sei eine ausreichende Überdeckung der Sumpfansaugstutzen gegeben.

Die GRS ging in ihrem Bericht auf die ihr vorliegenden Daten der anderen Druckwasserreaktoren Biblis A und B (KWB-A und KWB-B), Neckar 1 (GKN-1), Neckar 2 (GKN-2), Unterweser (KKU), Grafenrheinfeld (KKG), Grohnde (KWG), Brokdorf (KBR), Isar 2 (KKI-2) und Emsland (KKE) zur Berücksichtigung des Totraumvolumens in der Reaktorgrube bei KMV ein. Die Auswertung basiere auf diesbezüglichen Unterlagen der Betreiber, Landesbehörden und Gutachter, die dem BMU von den Länderbehörden im Jahr 2005 zugesandt worden seien.

In seiner Beratung stellte der Ausschuss fest, dass eine Reihe von Punkten einer weiteren Klärung bedürften, darunter:

- die Randbedingungen der Analysen in den verschiedenen Anlagen (z. B. Berücksichtigung Einzelfehlerkonzept, der Ansatz für die Auffüllung des Primärkreises, zu Grunde gelegte Primärkreistemperaturen nach Auffüllen des Primärkreises, Zahl der einspeisenden Druckspeicher, eingespeiste Wassermassen, Ermittlung des Wassereintrags in die Reaktorgrube, Sumpftemperatur),
- das Vorliegen anlagenspezifischer Untersuchungen,
- der Einfluss der Handmaßnahmen zum schnelleren Druckabbau auf den minimalen Sumpffüllstand,
- die Spaltweite am Doppelrohr,
- die Quantifizierung der Rückhaltung von Wasser im SHB,
- die horizontale Lage der Sumpfdecke, um eventuell auftretende Luftkissen zu vermeiden,
- die Vermessung der Sumpfgeometrie bzw. des Sumpfvolumens und
- das Öffnungsverhalten der Überströmklappen im Tragschild.

Zur weiteren Aufklärung der offenen Fragen hörte der RSK-Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK dann in seiner 34. Sitzung am 30.06.2005 Berichte der Gutachter über die Beherrschung des Kühlmittelverlust-Störfalls bei den deutschen DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube.*

Für die Anlagen Biblis-A (KWB-A), Unterweser (KKU) und Brokdorf (KBR) berichtete die TÜV NORD SysTec über FANP-Ergebnisse und eigene Prüfungen zu vorhandenen und erforderlichen Sumpffüllständen für die unterstellte Lecklage „Leck am RDB-Stutzen“ in Abhängigkeit von der Leckgröße. Die Prüfung des Gutachters sei anhand einer Checkliste erfolgt. Als Bewertungskriterium für eine wirbelfreie Ansaugung sei die Überdeckung der Sumpfdecken-Unterkante mit Reserven herangezogen worden. Weiterhin sei eine Überprüfung der Wasserwege im Sicherheitsbehälter erfolgt. Insgesamt hätten die Prüfungen der TÜV NORD SysTec ergeben, dass für alle drei Anlagen Reserven bei konservativen Annahmen bestünden, d. h. es sei eine Überdeckung der Sumpfdeckenunterkante und damit eine Beherrschung des KMV bei Lecklage am RDB-Stutzen gegeben. Die Überprüfung der Wasserwege im KBR habe ergeben, dass kein definierter Wasserweg von den Betriebsräumen in den RDB-Sumpf vorhanden sei, wobei die Ereignisbeherrschung dadurch jedoch nicht in Frage gestellt sei. Darüber hinaus hätten die Experimente von FANP das physikalische Modell bestätigt, wonach sich bei einem Füllstand oberhalb der Unterkante der Sumpfdecke keine luftansaugenden Hohlwirbel bildeten.

Die TÜV NORD EnSys Hannover setzte die Ausführungen mit einer Darstellung der Nachweisführung zur Beherrschung des KMV-Störfalls unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube für die Kernkraftwerke Grohnde (KWG) und Emsland (KKE) fort. Hierzu stellte der Gutachter zunächst die Nachweisführung der Betreiber und die dabei gewählten Randbedingungen (u. a. Reparaturfall und Einzelfehler, Einspeisung aus vier heißseitigen Druckspeichern bei kleinen Lecks, Berücksichtigung der Einspeisung durch das Zusatzboriersystem) dar. Das Ergebnis sei, dass der Sumpffüllstand bei beiden Anlagen oberhalb der Oberkante der Sumpfdecke liege. Weiterhin bestehe ein deutlicher Abstand zum erforderlichen NPSH-Wert bei den gemäß RSK LL anzusetzenden Randbedingungen. Die TÜV NORD EnSys Hannover habe zudem eigene Untersuchungen zur Absicherung der Nachweise des Betreibers

* In diesem Zusammenhang wurde den Gutachtern von der Geschäftsstelle per e-Mail vorab eine Fragenliste [51] übersandt, die im Anschluss an die 33. Sitzung des Ausschusses am 25.05.2005 von Ausschussmitgliedern zusammengestellt worden war.

durchgeführt. Hierbei wurden z. T. ungünstigere Randbedingungen gewählt (keine Einspeisung aus den heißseitigen Druckspeichern). Weiterhin sei u. a. eine Vermessung der Sumpfgeometrien und eine Überprüfung der Öffnungsdrücke für die Überlaufklappen initiiert worden. An den FANP Versuchen zur Hohlwirbelbildung habe ein Vertreter der TÜV NORD EnSys Hannover teilgenommen, es sei eine Prüfung der Skalierung und Übertragbarkeit erfolgt. Insgesamt zeigten die durchgeführten Analysen und Prüfungen, dass der KMV-Störfall mit Berücksichtigung des Totvolumens der Reaktorgrube in den Anlagen KWG und KKE beherrscht werde.

Für die Anlagen Philippsburg (KKP-2), Neckarwestheim 1 (3-Loop-Anlage) und 2 (GKN-1 und -2) berichtete der TÜV Süd ET BW [54] über die Randbedingungen zu den Analysen, über die durchgeführten Untersuchungen und über die Bilanzierung der vorhandenen und erforderlichen Wasservorräte auf Basis der Störfallanalysen bzw. von Massenbilanzen. Für KKP-2 werde bei allen Analysen ein Sumpfwasserstand oberhalb der Sumpfdeckenunterkante erreicht. Weiterhin sei der NPSH-Wert stets ausreichend. Für GKN-1 hätten die durchgeführten Analysen in einem Fall eine nur sehr knappe Überdeckung der Sumpfdeckenunterkante ergeben. Der erreichte NPSH-Wert sei stets ausreichend. Bis zum Vorliegen anlagenspezifischer experimenteller Nachweise sei bei GKN-1 die kavitationsfreie Sumpfansaugung durch eine Schichtenweisung sichergestellt. Diese schreibe vor, dass bei einem Ausfall der Einspeisung aus einem Flutbehälterpaar eine Reparaturzeit entsprechend (2 v 4) Ausfällen gelte. Ein Vertreter des Betreibers legte im Rahmen der Diskussion dar, dass sich die niedrige Überdeckung der Sumpfdecke bei GKN-1 auf der Basis einer ersten Abschätzung ergeben hätte. Inzwischen lägen weitere Analysen mit günstigeren Ergebnissen vor.

Für GKN-2 werde bei allen Analysen ein Sumpfwasserstand oberhalb der Sumpfdeckenunterkante erreicht. Weiterhin sei der NPSH-Wert stets ausreichend. Nach Aussage des Gutachters TÜV Süd ET BW ist zwischen ihm und der baden-württembergischen Aufsichtsbehörde vereinbart worden, im Rahmen dieser Überprüfung Handmaßnahmen nicht in den Analysen zu berücksichtigen. Die Analyse unter Berücksichtigung der Handmaßnahmen erfolge in einem noch vorzulegenden Bericht.

Für die Anlagen Biblis B (KWB-B), Grafenrheinfeld (KKG) und Isar 2 (KKI-2) berichtete der TÜV Süd IS [55] über die Vorgehensweise beim Nachweis der KMV-Beherrschung unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube und ging auf postulierte Leckgrößen und Lecklagen ein. Er schilderte die Bilanzierung des Wasservolumens und die Ableitung der Füllstandshöhe aus Volumen-Füllstands-Kennlinien des RSB-Sumpfes. Als Kriterium für die zur Vermeidung von Luftansaugung erforderliche Wasserüberdeckung der Sumpfsaugstutzen sei angesetzt worden:

- Wasserüberdeckung > erforderliche Überdeckung für hohlwirbelfreie Ansaugung gemäß ANSI-Formel oder
- Wasserüberdeckung > Wasserüberdeckung der Sumpfdeckenunterkante.

Bei der Bilanzierung der Wasservolumina seien hinsichtlich der verfügbaren Wasservolumina als Ausfallannahmen der Reparaturfall bzw. ggf. vorbeugende Instandhaltung und Einzelfehler angesetzt worden. Günstig wirkende Handmaßnahmen wie z. B. das Verbinden von nicht genutzten Flutbehältern habe man nicht berücksichtigt. Bei kleinen Lecks mit geringem Druckabfall ($\leq 20 \text{ cm}^2$) habe man keine Einspeisung aus den Druckspeichern angesetzt (Abspernung von Hand nach BHB). Die Einspeisung mit dem

Zusatzboriersystem wurde nach Darstellung des Gutachters berücksichtigt, sofern sie auslegungsgemäß über eine automatische Maßnahme des Reaktorschutzes vorgesehen ist.

Bei KWB-B liege der Sumpffüllstand für Lecks kleiner als 20 cm² zwar unterhalb der Sumpfdecken-Unterkante, aber 1 cm über der nach der ANSI-Formel erforderlichen Höhe. Für Lecks mit einer Größe zwischen 20 und 40 cm² liege der Sumpffüllstand oberhalb der nach der ANSI-Formel erforderlichen Höhe. Für Lecks mit 100 cm² liege der Sumpffüllstand unterhalb der nach der ANSI-Formel ermittelten Höhe, aber 34 cm oberhalb der Sumpfdecken-Unterkante (4 cm oberhalb der Sumpfdeckenoberkante).

Für KKG legte der TÜV Süd IS dar, dass wegen der Öffnungsdruckdifferenz von 500 mbar kein Öffnen der Überströmklappen angesetzt worden sei. Bei KKG liege der Sumpffüllstand für Lecks mit einer Größe kleiner als 20 cm² zwar unterhalb der Sumpfdecken-Unterkante, aber 5 cm über der nach der ANSI-Formel erforderlichen Höhe. Für Lecks mit einer Größe zwischen 20 und 40 cm² liege der Sumpffüllstand oberhalb der nach der ANSI-Formel ermittelten Höhe. Für Lecks mit einer Größe von 100 cm² liege der Sumpffüllstand unterhalb der nach der ANSI-Formel ermittelten Höhe, aber 32 cm oberhalb der Sumpfdecken-Unterkante. Noch zu klärende Restpunkte für KKG betreffen u. a.

- die Verifikation des Verlaufs der Volumen-Füllstands-Kennlinie des Reaktor-Sicherheitsbehälter- (RSB-) Sumpfes und der Abmessungen der Reaktorgrube durch Vor-Ort-Begehung,
- abschließende Untersuchung des RDB-Lecks unter Berücksichtigung ungünstiger Handmaßnahmen und
- das Auffüllen der Reaktorgrube unter Berücksichtigung der Verdampfung.

Nach Darstellung des Gutachters ergibt eine abdeckend konservative Analyse für KKI-2 für alle relevanten Leckgrößen von 20 cm² bis 100 cm² einen Sumpffüllstand, der zwar unterhalb des nach der ANSI-Formel erforderlichen, aber mit 46 cm Abstand oberhalb der Sumpfdecken-Unterkante liegt. Noch zu klärende Restpunkte für KKI-2 betreffen u. a. die Verifikation des Verlaufs der Volumen-Füllstands-Kennlinie des RSB-Sumpfes und der Abmessungen der Reaktorgrube durch Vor-Ort-Begehung.

Für alle drei Anlagen KWB-B, KKG und KKI-2 seien aus Sicht des TÜV Süd IS noch die Restpunkte

- Öffnungsdruck der Überströmklappen,
- die Übertragbarkeit der Versuche zum Ansaugverhalten der Not- und Nachkühlpumpen unter Berücksichtigung von Luftpolstern und Oberflächenwellen und
- vertiefte Untersuchungen zum Verlustwasser im RSB

zu klären.

Die im Anschluss an die Präsentation der Gutachter geführte Diskussion ergab zusammengefasst:

- Die Aussagen der Gutachter zu der nach ihrer Kenntnis insgesamt ins Containment freigesetzten Dampfmasse wiesen eine erhebliche Spannbreite auf. Der Vertreter der TÜV Nord SysTec merkte an,

das für den Abriss der Volumenausgleichsleitung eine maximale Freisetzung von 89 t Dampf in den SHB bzw. in die Betriebsräume aus MELCOR-Rechnungen ermittelt worden sei. Das dabei angesetzte Leck sei größer als das für die Freisetzung in die Reaktorgrube angesetzte. Daher sei ein Wert von 50 t für die Rückhaltung im Sicherheitsbehälter bzw. in den Betriebsräumen plausibel. Der Vertreter des TÜV Nord EnSys Hannover ergänzte, dass er den Dampfmassenstrom aus dem Leck bestimmt habe und für kleine Lecks dabei Werte deutlich unter 50 t erhalten habe. Aus seiner Sicht sei im Zusammenhang mit dem Totraumvolumen der Reaktorgrube der Wert von 50 t für die Rückhaltung im Sicherheitsbehälter abdeckend. Der TÜV Süd IS führte aus, dass er in seinen Betrachtungen bei einem Gesamtmassenstrom (Dampf und Wasser) von etwa 160 t aus dem Leck (abdeckende Freisetzung für Lecks zwischen 20 – 100 cm²) zu einem Wert von 65 t für die Rückhaltung im Sicherheitsbehälter komme.

- das Kriterium „Überdeckung der Sumpfdeckenunterkante“ wird von den Gutachtern auf Basis des derzeitigen Kenntnisstandes vorbehaltlich einiger noch zu klärender Einzelaspekte (Luftpolster, Oberflächenwellen) als grundsätzlich geeignet für den Ausschluss luftziehender Hohlwirbel angesehen. Seitens eines Ausschussmitgliedes wurde dargelegt, dass sich Hohlwirbel bevorzugt bei ungestörten Verhältnissen ausbilden. Turbulenzen und Wellenbildung würden die Bildung von Ansaugwirbeln stören. Weiterhin würden sich bei den vorliegenden kleinen Leckgrößen für die Nachkühlpumpen kleine Durchsätze ergeben. Für diese Fälle sei nach der ANSI-Formel ggf. eine geringere Überdeckung der Sumpfansaugstutzen erforderlich als einem Füllstand bis zur Sumpfdeckenunterkante entspräche.

Der Ausschuss bereitete in seiner 35. Sitzung am 15.09.2005 auf Grundlage der Unterlage [56] einen Entwurf einer Empfehlung vor, den er in seiner 36. Sitzung am 27.10.2005 verabschiedete. Die RSK beriet den Entwurf in ihrer 388. Sitzung am 10.11.2005 und verabschiedete die vorliegende Empfehlung.

3 Anforderungen an Nachweise zur Beherrschung des Kühlmittelverluststörfalls bei DWR unter Berücksichtigung von Totvolumina im Sicherheitsbehälter

Aus Sicht der RSK erfordert die Analyse des erforderlichen Sumpffüllstandes nach KMV bei deutschen DWR

- die Bilanzierung der Wasser- und Dampfmassenströme zur Bestimmung des Sumpfinventars und
- die Ermittlung des für einen sicheren Betrieb der Nachkühlpumpen erforderlichen Mindestfüllstandes im Sumpf.

3.1 Bilanzierung des Sumpffüllstandes

Bei der Bilanzierung des Sumpffüllstands sind aus Sicht der RSK folgende Aspekte zu beachten:

1. Aus dem Leck ausströmende Wasser- und Dampfmassen.
2. Wassermassen, die außerhalb des RSB-Sumpfes zurückgehalten/gespeichert werden.

3. Sumpffüllstandskennlinie (Füllstand als Funktion des Volumens des Sumpfwassers).

Erfolgt die Bilanzierung des Sumpffüllstandes im Zuge eines KMV explizit zeitabhängig, d. h. unter Berücksichtigung der transienten Verläufe von Temperaturen, Dampfvolamina, Ausströmraten etc., so sind hierbei validierte thermohydraulische Rechenprogramme zu verwenden. Relevante Unsicherheiten sind zu bewerten.

Es können vereinfachte Nachweise ohne detaillierte thermohydraulische Analysen verwendet werden, sofern sichergestellt ist, dass durch entsprechend konservative Parametrisierung in den zu betrachtenden Zeiträumen abdeckende Ergebnisse erzielt werden.

Im Folgenden werden die Anforderungen an die Nachweisführung im Einzelnen aufgelistet.

3.1.1 Aus dem Leck ausströmende Wassermassen

Die zu einem bestimmten Zeitpunkt insgesamt aus dem Leck ausgeströmte Wassermasse ergibt sich aus der eingespeisten Masse (zunächst aus Druckspeichern und Flutbehältern, im weiteren Verlauf auch aus dem RSB-Sumpf), dem zu Störfallbeginn im Reaktorkühlsystem vorhandenen Kühlmittelinventar und der aktuell im Reaktorkühlsystem befindlichen Kühlmittelmasse.

Hinsichtlich der von einzelnen Systemen eingespeisten Wasservorräte ist von folgenden Annahmen auszugehen:

- Es ist das Einzelfehlerkonzept einschließlich der Vorgaben bezüglich der Überlagerung mit Instandhaltungsvorgängen heranzuziehen. Soweit Genehmigungen zur Vorbeugenden Instandhaltungen im Betrieb vorliegen, sind die dort zu Grunde liegenden Annahmen zur Überlagerung zu berücksichtigen.
- Es ist der Nennfüllstand in den Druckspeichern (im Betrieb auftretende Schwankungen sind unerheblich im Vergleich zu den zu bilanzierenden Massen) und der betriebliche Mindestfüllstand in den Flutbehältern/Flutbecken zu Grunde zu legen.
- Es können die vom Reaktorschutzsystem oder bestimmungsgemäß selbsttätig ausgelösten Einspeisungen berücksichtigt werden.

Die Bestimmung des im Reaktorkühlsystem verbleibenden Inventars erfolgt im Falle transienter thermohydraulischer Analysen insbesondere unter Berücksichtigung der sich zeitabhängig einstellenden Temperaturen im Reaktorkühlsystem, der zeitabhängigen Entwicklung von Dampfpolstern sowie dem sich abhängig von der Kennlinie der Nachkühlpumpen und der Leckgröße einstellenden Druck im Reaktorkühlsystem.

Für die Durchführung der Analysen ist von folgenden Randbedingungen auszugehen:

- Als Ausgangszustand ist der Nennfüllstand im Reaktorkühlsystem anzusetzen.

Erfolgt die Bilanzierung mittels einfacher Massenbilanzen, so ist zudem von folgenden Randbedingungen auszugehen:

- Es ist von einem einphasigen Primärkreiszustand und mindestens von dem gemäß ereignisorientiertem BHB maximal einzustellenden Druckhalterfüllstand auszugehen.
- Die Temperatur im Reaktorkühlsystem ist für den zu betrachtenden Zeitraum konservativ hinsichtlich der im Reaktorkühlsystem verbleibenden Massen anzusetzen.
- Die Einspeisemasse der verfügbaren Druckspeicher ist durch die Annahme einer adiabatischen Entleerung festzulegen.

Ergänzend zur Analyse des KMV-Störfalls unter Berücksichtigung der Auslegungsrandbedingungen für die jeweilige Anlage ist auch der Einfluss von Handmaßnahmen gemäß ereignisorientiertem BHB einschließlich der Verweise auf das schutzzielorientierte BHB bezüglich des Sumpffüllstandes zu bewerten.

3.1.2 Rückhaltung bzw. Speicherung von Wassermassen

Hinsichtlich der Rückhaltung bzw. Speicherung von Wassermassen außerhalb des Sumpfes sind folgende Randbedingungen anzusetzen:

- Der anlagenspezifische Nachweisstand hat von der ungünstigsten zu unterstellenden Kombination von Leckort und Leckgröße auszugehen. Diese ist ggf. im Rahmen von Parameteruntersuchungen zu ermitteln.
- Für Lecks am RDB Stutzen kann im Falle transienter Analysen bei vorhandenem Doppelrohr eine Strömungsaufteilung im Doppelrohr berücksichtigt werden, wenn hierfür abgesicherte Modelle vorliegen. Die hierbei verfügbaren Strömungsquerschnitte und die anzusetzenden Druckverlustbeiwerte sind im Hinblick auf die Eintragsrate in die Reaktorgrube nach anlagenspezifischem Kenntnisstand konservativ anzusetzen.
- Anhand der Eintragsmassen von Dampf und Tröpfchenmitriss in große Anlagenräume (direkter Ablauf in den Sumpf der großen Anlagenräume) oder in die Betriebsräume/kleinen Anlagenräume (Ablauf in die betrieblichen Sümpfe, von dort ggf. in den Anlagensumpf) sind unter Berücksichtigung der Totvolumina in den genannten Raumbereichen und von Ablaufmöglichkeiten in den Anlagensumpf die nicht in den Sumpf gelangenden Wassermassen zu ermitteln.
- Das Vorgehen bei der Ermittlung sonstiger, nicht im Sumpf verfügbarer Wassermassen (Feuchte in der Atmosphäre, Kondensatfilm auf Oberflächen) ist zu begründen.

Für Leckorte, z. B. Entnahme- oder Einspeiseleitungen hinter der ersten Primärkreisabsperrrarmatur, die beim betrachteten KMV entweder vom Reaktorschutzsystem oder konstruktionsbedingt selbsttätig abgesperrt werden, ist gemäß Einzelfehlerkonzept ein Ausfall der Absperrung zu unterstellen. Dabei ist dann ein

Einzelfehler für die Betrachtung unter 3.1.1 (siehe oben, Verfügbarkeit von Notkühlsträngen) nicht mehr zu unterstellen.

3.1.3 Sumpffüllstandskennlinie

Bei der Ermittlung der Sumpffüllstandskennlinie ist das Volumen von Ringspalt mit Lüftungsspinne innerhalb des Tragschildes in das Sumpfvolumen einzubeziehen. Sofern das Abdichtverhalten der Klappen im Tragschild nicht nachgewiesen ist, ist sowohl der Fall dichter Klappen bis zum Öffnen der Klappen unter Überdruck mit zusätzlich auftretender Rückhaltung von Wasser im Ringspalt als auch der Fall undichter Klappen mit Füllstandsausgleich zwischen Ringspalt und Sumpf zu berücksichtigen.

3.2 Ermittlung des erforderlichen Sumpffüllstandes

Als Nachweiskriterien für ausreichenden Sumpffüllstand sind aus Sicht der RSK heranzuziehen:

a) Keine Luftansaugung durch Hohlwirbelbildung

Das Kriterium ist erfüllt,

- wenn der Sumpffüllstand den Wert überschreitet, der sich aus übertragbaren Versuchsergebnissen für die hohlwirbelfreie Ansaugung ergibt
- oder,
- falls übertragbare Versuche nicht vorliegen, aus der so genannten ANSI-Formel [50].

b) Kein Auftreten von Kavitation

Dieses Kriterium ist erfüllt, wenn die NPSH-Reserve unter Auslegungsbedingungen > 0 ist (kein Überdruck im RSB, Sättigungstemperatur des Sumpfwassers, Druckverlust über die Sumpfsiebe vernachlässigbar).

Bei nicht vernachlässigbaren Druckverlusten über die Sumpfsiebe infolge von Ablagerungen auf den Sumpfsieben ist entsprechend den Vorgaben der RSK-Empfehlung „Anforderungen an den Nachweis der Notkühlwirksamkeit bei Kühlmittelverluststörfällen mit Freisetzung von Isoliermaterial und anderen Stoffen“ (Anlage 2 zum Ergebnisprotokoll der 374. RSK-Sitzung am 22.07.2004) vorzugehen.

Falls im Einzelfall eine vorübergehende Kavitation oder Hohlwirbelbildung nicht ausgeschlossen werden kann, ist diese in Hinblick auf Zulässigkeit unter Berücksichtigung weiterer Erkenntnisse zu bewerten (z. B. pumpenspezifische Versuche mit Betrieb bei Kavitation).

Hinsichtlich der Nachweisführung zum Ausschluss einer Luftansaugung infolge Hohlwirbelbildung ist die Temperatur des Sumpfwassers für den zu betrachtenden Zeitraum konservativ hinsichtlich der im Sumpf erforderlichen Wassermasse anzusetzen. Ein erhöhter Pumpendurchsatz infolge Ein-Pumpenbetriebs (eine Pumpe im Nachkühlbetrieb, eine Pumpe im Sumpfbetrieb) ist zum gegebenen Zeitpunkt zu berücksichtigen.

4 Empfehlungen

In einer Gesamtschau der bislang vorliegenden Erkenntnisse empfiehlt die RSK für eine endgültige Bewertung, dass Betreiber und Gutachter aufzeigen, dass die im Kapitel 3 dargelegten Anforderungen durch anlagenspezifische Analysen und Bewertungen abgedeckt sind. Die RSK empfiehlt, dass die Gutachter in etwa drei Monaten über die auf der Grundlage dieser Stellungnahme durchgeführten Analysen und Bewertungen berichten.

Ergänzend empfiehlt die RSK, dass die BHBs der einzelnen Anlagen hinsichtlich der Regelungen und Darstellungen zur Sicherstellung der Voraussetzungen zum Erhalt des erforderlichen Mindestfüllstands im Sumpf zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten sind.

Beratungsunterlagen

- [1] BMU-Schreiben RS I 3 – 17018/1 vom 23.03.2005
Stellungnahme der RSK zur Beherrschung des Kühlmittelverluststörfalls bei DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens der Reaktorgrube
Beratungsauftrag

- [2] FANP-Besprechungsbericht NGPS1/2004/de/0431 „Bewertung der SSP-Grenzwerte und deren Abweichungen vom Nachweisstand vom 14.07.2004

- [3] BMU-Schreiben RS I 3 14222/30.2 vom 14.01.2005
Kernkraftwerk Philippsburg 2, Nachweis- und Auslegungsmangel

- [4] Schreiben des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
7-4651.22-20.7 vom 14.01.2005
Nachweis- und Auslegungsmangel bei KKP-2

- [5] Vermerk Abteilung 7 UVM, Az.: 7-4651.22-20.7 vom 14.01.2005
Nachweis- und Auslegungsmangel bei KKP-2

- [6] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Pressestelle,
Pressemitteilung, 14.01.2005
Mögliche Nachweislücke im Kernkraftwerk Philippsburg

- [7] Schreiben des Niedersächsischen Umweltministeriums 44-40311/7(52.1)
vom 15.01.2005
Kernkraftwerke Unterweser (KKU), Grohnde (KWG) und Emsland (KKE);
Vorsorgliche Übertragbarkeitsprüfungen auf Grund der Information über eine Lücke in der Nachweisführung für einen Kühlmittelverluststörfall mit der Lecklage innerhalb des biologischen Schildes im Kernkraftwerk Philippsburg (KKP) 2

- [8] Schreiben E.ON Kernkraft GmbH vom 15.01.2005
Ergänzung unseres Schreibens
Vorsorgliche Übertragbarkeitsprüfungen auf Grund der Information über eine Lücke in der Nachweisführung für einen Kühlmittelverluststörfall mit der Lecklage innerhalb des biologischen Schildes im Kernkraftwerk Philippsburg (KKP) 2

- [9] Schreiben E.ON Kernkraft GmbH vom 15.01.2005
Vorsorgliche Übertragbarkeitsprüfungen aufgrund der Information über eine Lücke in der Nachweisführung für einen Kühlmittelverluststörfall mit der Lecklage innerhalb des biologischen Schildes im Kernkraftwerk Philippsburg (KKP) 2 (Anlage 2a)

- [10] Schreiben E.ON Kernkraft GmbH vom 15.01.2005
Vorsorgliche Übertragbarkeitsprüfungen aufgrund der Information über eine Lücke in der Nachweisführung für einen Kühlmittelverluststörfall mit der Lecklage innerhalb des biologischen Schildes im Kernkraftwerk Philippsburg (KKP) 2 (Anlage 2b)

- [11] KWG, Schichtanweisung Nr. 76 vom 15.01.2005
Vorsorgliche Abweichung von der allgemeinen Verfahrensweise bei Reparaturen
- [12] Schreiben Kernkraftwerke Lippe-Ems, Kernkraftwerk Emsland,
KKE AM 0862.1 1410 050115 vom 15.01.2005
Kernkraftwerk Emsland (KKE)- Aufsichtsverfahren
Vorsorgliche Übertragbarkeitsprüfung aufgrund einer Lücke in der Nachweisführung
für einen Kühlmittelverluststörfall mit der Lecklage innerhalb des biologischen
Schildes im Kernkraftwerk Philippsburg (KKP) 2
- [13] Schreiben des Bayerisches Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz vom 15.01.2005
Vollzug des § 19 Atomgesetz (AtG) bei den bayerischen Kernkraftwerken; Nachweis-
und Auslegungsmangel im Kernkraftwerk Philippsburg 2; Anfrage des BMU
vom 14.01.2005
- [14] Schreiben des Ministeriums für Soziales, Gesundheit und Verbraucherschutz des
Landes Schleswig-Holstein vom 15.01.2005
Kernkraftwerk Brokdorf (KBR)
Nachweis- und Auslegungsmangel im Kernkraftwerk Philippsburg 2
- [15] Schreiben des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und
Verbraucherschutz IV3-991.2.1/2.3.11 vom 15.01.2005
Kernkraftwerk Biblis, Bericht zum Nachweis- und Auslegungsmangel bei KKP-2
- [16] Schreiben RWE Power, Kernkraftwerk Biblis Dr. Ha-ra vom 15.01.2005
Kraftwerk Biblis, Blöcke A und B, Information des KKW Philippsburg 2
Sumpffüllstände
- [17] RWE Power, Kraftwerk Biblis Block A
Schichtanweisung (SA) Nr.03/04 vom 15.01.2005
Vorgehen bei der Feststellung von Störungen und Befunden mit Melderelevanz
- [18] Schreiben des TÜV Nord KWB2005/0060 vom 15.01.2005
Kraftwerk Biblis A
Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG
Kernkraftwerk Philippsburg 2, Nachweis- und Auslegungsmangel
Erste Überprüfung zur Übertragbarkeit auf Block A
- [19] Schreiben des TÜV Süd vom 15.01.2005
Kernkraftwerk Biblis, Block B (KWB-B)
Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG
- [20] Kernkraftwerk Obrigheim GmbH
Fax vom 21.01.2005

- [21] Schreiben des Kernkraftwerks Obrigheim GmbH Sen/Ric vom 21.01.2005
Möglicher Nachweis- und Auslegungsmangel bei KKP-2
Aufsichtliches Gespräch am 17. Jan. 2005 im UVM Baden-Württemberg
- [22] Anhang zum Schreiben Sen/Ric vom 21. Jan. 2005
Nachweis der ausreichenden Bemessung der Flutwasservorräte bei
Kühlmittelverluststörfällen (KMV) mit spezieller Lecklage innerhalb des Biologischen
Schildes
- [23] BMU-Schreiben AG RS I 3 14222/30.3 vom 22.02.2005
Kernkraftwerk Philippsburg 2, Nachweis der Störfallbeherrschung
Folgerungen für andere Kernkraftwerke
- [24] Schreiben des Niedersächsischen Umweltministeriums 44-40311/4/5.2
vom 10.03.2005
Kernkraftwerk Philippsburg 2 – Nachweis der Störfallbeherrschung hinsichtlich der
gesicherten Sumpfansaugung; Folgerungen für die niedersächsischen Kernkraftwerke
Unterweser (KKU), Grohnde (KWG) und Emsland (KKE)
- [25] Schreiben von E.ON Kernkraft vom 09.03.2005
Kernkraftwerk Unterweser (KKU)
- [26] Schreiben von E.ON Kernkraft vom 09.03.2005
Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde (KWG)
- [27] Schreiben Kernkraftwerke Lippe-Ems, Kernkraftwerk Emsland
KKE AM 0862.1 0064 050309 vom 09.03.2005
Kernkraftwerk Emsland (KKE) – Aufsichtsverfahren
- [28] Schreiben des Ministeriums für Soziales, Gesundheit und Verbraucherschutz des
Landes Schleswig - Holstein VIII – 614 416.502.110 vom 11.03.2005
Kernkraftwerk Philippsburg 2, Nachweis der Störfallbeherrschung
Folgerungen für andere Kernkraftwerke
- [29] Schreiben des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz 95-U8811.00-2005/3-16 vom 11.03.2005
Vollzug des § 19 Atomgesetz (AtG) bei den bayerischen Kernkraftwerken;
Kernkraftwerk Philippsburg 2, Nachweis der Störfallbeherrschung; Folgerungen für
andere Kernkraftwerke
- [30] Schreiben des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und
Verbraucherschutz IV3b-99.1.2.1/2.4.10.2 vom 15.03.2005 an RWE Power
Kernkraftwerk Biblis, Blöcke A und B
Nachweis der Störfallbeherrschung für das Kernkraftwerk Philippsburg 2 und die
Folgerungen für andere Kernkraftwerke

- [31] Schreiben des TÜV Süd 0515 vom 04.02.2005
Kernkraftwerk Biblis,, Block A und Block B
Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG
- [32] TÜV Süd
Kernkraftwerk Biblis, Blöcke A und B
Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG
Ergebnisbericht zur Besprechung am 25.01.2005
- [33] Schreiben des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und
Verbraucherschutz IV3b-99.1.2.1/2.4.10.2 vom 15.03.2005 an das BMU
Kernkraftwerk Biblis, Blöcke A und B
Nachweis der Störfallbeherrschung für das Kernkraftwerk Philippsburg 2 und die
Folgerungen für andere Kernkraftwerke
- [34] Entwurf- Schreiben des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und
Verbraucherschutz IV3b-99.1.2.1/2.4.10.2 vom 25.02.2005 an RWE Power
Kernkraftwerk Biblis, Blöcke A und B
Nachweis der Störfallbeherrschung für das Kernkraftwerk Philippsburg 2 und die
Folgerungen für andere Kernkraftwerke
- [35] Schreiben RWE Power Dr. Haag-jj vom 10.03.2005
Kraftwerk Biblis, Block A und B
Nachweis der Störfallbeherrschung für das Kernkraftwerk Philippsburg 2 und die
Folgerungen für andere Kernkraftwerke
- [36] Schreiben des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
73-4651.22-20.7 vom 16.03.2005
Schreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
vom 22. Februar 2005, Az.; AG RS I 3 14222/30.3
- [37] Schreiben der EnBW Kernkraftwerk GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim – GKN GKND2184706 vom 11.03.2005
GKN-I
Schreiben des BMU vom 22.02.2005
- [38] Schreiben der EnBW Kernkraftwerk GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim – GKN GKND2184705 vom 10.03.2005
GKN-I
Schreiben des BMU vom 22.02.2005
- [39] Schreiben der Kernkraftwerk Obrigheim GmbH vom 10.03.2005
Schreiben des BMU vom 22.02.2005
- [40] TÜV Süd Energie und Systeme 09.03.2005
Stellungnahme GKN I

GKN-I – Möglicher Nachweis- und Auslegungsmangel bei KKP-2
Ansaugverhältnisse der Nachkühlpumpen bei Sumpfbetrieb bei einem Leck der
HKML im Bereich des Doppelrohres am RDB

- [41] TÜV Süd Energie und Systeme 07.03.2005
Stellungnahme GKN-II
GKN-II – Möglicher Nachweis- und Auslegungsmangel bei KKP-2
Ansaugverhältnisse der Nachkühlpumpen bei Sumpfbetrieb bei einem Leck der
HKML im Bereich des Doppelrohres am RDB
- [42] TÜV Süd Energie und Systeme 10.02.2005
Stellungnahme KWO
Möglicher Nachweis- und Auslegungsmangel bei KKP-2
Übertragbarkeit auf die Anlage KWO
Aufsichtliches Gespräch am 17. Januar 2005 im UVM Baden-Württemberg
- [43] AREVA
Arbeitsbericht Nr. NGPS4/2005/de/0012 Rev. B vom 12.02.2005
Sumpf-Füllstand nach KMV bei unterstellter Lecklage am RDB-Stutzen
- [44] TÜV Süd Energie und Systeme 09.03.2005
Stellungnahme KKP-2
Auslegung der Not- und Nachkühlsysteme unter Berücksichtigung von
Verlustwassermengen
- [45] Schreiben des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz 95-U8811.00-2005/3-17 vom 18.03.2005
Vollzug des § 19 Atomgesetz (AtG) bei den bayerischen Kernkraftwerken;
Kernkraftwerk Philippsburg 2, Nachweis der Störfallbeherrschung; Folgerungen für
andere Kernkraftwerke
Anfrage des BMU vom 22.02.2005
- [46] Schreiben E.ON Kernkraft KK-PR-Dr.S/Plg vom 09.03.2005
Schreiben des BMU vom 22.02.2005
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)
- [47] Schreiben E.ON Kernkraft KK-PR-Dr.S/Plg vom 09.03.2005
Schreiben des BMU vom 22.02.2005
Kernkraftwerk Isar 2 (KKI-2)
- [48] TÜV Süd Energie und Systeme 09.03.2005 Arbeitsbericht KKP-2 vom 30.03.2005
Auslegung der Not- und Nachkühlsysteme unter Auslegungsrandbedingungen
hier: Analysen des Gutachters für Lecklagen im Bereich des Doppelrohres
- [49] VGB Power Tech
Beherrschung des KMV unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube

- [50] GRS
Kühlmittelverluststörfälle bei DWR unter Berücksichtigung des Totraumvolumens in der Reaktorgrube
Dr. Thomas Steinrötter
33. Ausschusssitzung AST, Gustav-Stresemann-Institut Bonn, 25.05.2005, Folienkopien

- [51] AST-Information 34/3 vom 14.06.2005
Beherrschung des Kühlmittelverluststörfalls bei DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube
Entwurf/Fragenliste

- [52] Beherrschung des Kühlmittelverlust-Störfalls bei DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube
Dr. Thomas Riekert, TÜV Nord SysTec GmbH & Co. KG
30.06.2005, Folienkopien

- [53] Beherrschung des Kühlmittelverlust-Störfalls bei DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube
Harold Rebohm, TÜV Nord EnSys Hannover GmbH & Co. KG
30.06.2005, Folienkopien

- [54] Beherrschung des Kühlmittelverlust-Störfalls bei DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube
Armin Schuck, TÜV ET BW
30.06.2005, Folienkopien

- [55] Beherrschung des Kühlmittelverlust-Störfalls bei DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube (KWB-B, KKG, KKI-2)
TÜV Industrie Service GmbH, TÜV Süd Gruppe Energie und Technologie
Huber, 30.06.2005, Folienkopien

- [56] Entwurf/STELLUNGNAHME
AST-Information 35/4
Beherrschung des Kühlmittelverluststörfalls bei DWR unter Berücksichtigung des Totvolumens in der Reaktorgrube

- [57] Schreiben des Umweltministeriums Baden-Württemberg Az. 34-4651.22-20.7 vom 13.07.2005
KKP-2, Auslegung der Not- und Nachkühlsysteme

- [58] TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH Baden-Württemberg

MAN-ETP2-05-0299 Dr. Scholz/sw vom 15.04.2005
Atomrechtliche Aufsicht; Rahmenvertrag UVM/TÜV ET BW v. 11.06./19.06.97
KKP-2 – Auslegung der Not- und Nachkühlsysteme
hier: Experimentelle Bestimmung des Einflusses der Sumpfsiebe auf die erforderliche
Wasserüberdeckung der Sumpfansaugstutzen zur Verhinderung Luft ziehender
Hohlwirbel

- [59] TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH Baden-Württemberg
Stellungnahme 13.04.2005
Auslegung der Not- und Nachkühlsysteme
hier: Experimentelle Bestimmung des Einflusses der Sumpfsiebe auf die erforderliche
Wasserüberdeckung der Sumpfansaugstutzen zur Verhinderung Luft ziehender
Hohlwirbel
- [60] AREVA Arbeitsbericht NGTT1/05/11, 09.03.2005
Experimentelle Bestimmung des Einflusses der Sumpfsiebe auf die erforderliche
Wasserüberdeckung der KKP2-Sumpfansaugstutzen zur Verhinderung Luft ziehender
Hohlwirbel
- [61] AREVA Arbeitsbericht NGPS1/2005/de/0007 25.01.2005
Skalierungskonzept zur experimentellen Bestimmung des Einflusses der Sumpfsiebe
auf die erforderliche Wasserüberdeckung der KKP-2-Sumpfansaugstutzen zur
Verhinderung Luft ziehender Hohlwirbel
- [62] Schreiben des BMU RS I 3 – 17018/1 vom 07.07.2005
Stellungnahme der RSK zur Beherrschung des Kühlmittelverluststörfalls bei DWR
unter Berücksichtigung des Totvolumens der Reaktorgrube
- [63] Schreiben des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz 95-U8811.00-2005/3-25 vom 21.06.2005
Vollzug des § 19 Atomgesetz (AtG) bei den bayerischen Kernkraftwerken;
Kernkraftwerk Philippsburg 2, Nachweis der Störfallbeherrschung; Folgerungen für
andere Kernkraftwerke; Anfrage des BMU vom 31.05.2005
- [64] AREVA Arbeitsbericht NGPS1/2005/de/0020, 22.04.2005
KKG: Sumpf-Füllstand nach KMV bei unterstellter Leckage am RDB-Stutzen
- [65] RWE Power, Kraftwerk Biblis; Block: B. 26.03.2005
Begehung Ringspalt Bl. B
- [66] Schreiben RWE, Kraftwerk Biblis, Dr. Kolb-me, 27.05.2005
Kraftwerk Biblis, Block A; Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG, BMU-Anfrage
vom 14.01.2005 (KKP-2/Nachweis- und Auslegungsmangel)
- [67] RWE Power, Kraftwerk Biblis; Block: A. 21.05.2005
Begehung Bl. A, Reaktorgebäude, Stutzenraum 1325, Ebene +5,62

- [68] AREVA Arbeitsbericht NGPS1/2005/de/0102, 19.05.2005
KWB-A: Sumpf-Füllstand nach KMV bei unterstellter Lecklage am RDB-Stutzen
- [69] Schreiben des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz Az. IV3b-99.1.2.1/2.4.10.2 vom 08.06.2005
Kernkraftwerk Biblis, Blöcke A und B
Nachweis der Störfallbeherrschung für das Kernkraftwerk Philippsburg 2 und die Folgerungen für andere Kernkraftwerke
- [70] Schreiben RWE Power, Kraftwerk Biblis, Schönherr-rz vom 15.04.2005
Kraftwerk Biblis, Block B, Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG, BMU-Anfrage vom 14.01.2005 (KKP-2/Nachweis- und Auslegungsmangel)
- [71] AREVA Arbeitsbericht NGPS1/2005/de/0043 vom 13.04.2005
KWB-B: Sumpf-Füllstand nach KMV bei unterstellter Leckage am RDB-Stutzen
- [72] RWE Power, Kraftwerk Biblis Aktennotiz AA 003/05, Dr. Kolb-rz vom 25.02.2005
Kraftwerk Biblis, Block B, Ermittlung des Sumpfwasservolumens bei Leckagen im RDB nahen Bereich
- [73] Schreiben RWE Power, Kraftwerk Biblis, Dr. Kolb-me vom 27.05.2005
Kraftwerk Biblis, Block A, Aufsichtsverfahren nach § 19 AtG, BMU-Anfrage vom 14.01.2005 (KKP-2/Nachweis- und Auslegungsmangel)
- [74] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn,
30. Juni 2005
Kernkraftwerk Philippsburg Block 2 (KKP-2)
Bericht zum Nachweisdefizit „Füllstand im Sumpfbetrieb“
- [75] GRS
Bewertung der thermohydraulischen Nachrechnungen von AREVA und des TÜV zum Kühlmittelverlust unter Berücksichtigung des Totvolumens der Reaktorgrube bei KKP-2
ENTWURF