

Erwiderung auf die

**Stellungnahme der EnKK zum Bericht „KKP 2 –
Sicherheitstechnische Bewertung des Ereignisses
Unschärfmachen von Gebäudeabschlussarmaturen des
Sicherheitsbehälters bei Änderungsmaßnahmen am
Feuerlöschsystem“ des Physikerbüros Bremen (PhB) vom
12.5.2009**

**Mathias Brettner
Richard Donderer**

Physikerbüro Bremen

**Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg**

Bremen, den 21. Mai 2012



Inhaltsverzeichnis:	Seite
1. Anlass	1
2. Sachverhalt	1
3. Erwiderungen	2
4. Zusammenfassung	10
5. In Bezug genommene Unterlagen	13
6. Anhänge	14
Anhang 1: Massenströme und Drücke an Sprühdüsen in Abhängigkeit von der Art der Löschwasserversorgung	15
Anhang 2: Liste der verwendeten Abkürzungen.....	20

1. Anlass

Mit Schreiben vom 2. April 2012 an das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden Württemberg /1/ hat das Kernkraftwerk Philippsburg (KKP) eine Stellungnahme zu unserem Bericht „KKP 2 – Sicherheitstechnische Bewertung des Ereignisses `Unschärfmachen von Gebäudeabschlussarmaturen des Sicherheitsbehälters bei Änderungsmaßnahmen am Feuerlöschsystem´ vom 12.5.2009“ vom 2. März 2012 /2/ vorgelegt.

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft hat das Physikerbüro Bremen am 4. April 2012 gebeten zu den Aussagen von KKP in /1/ Stellung zu nehmen.

2. Sachverhalt

Im Rahmen der Durchführung von in der Änderungsanzeige (ÄA) Nr. 56/04 vorgesehenen Maßnahmen zur „Ertüchtigung der Feuerlöschwassereinspeisung und -leitungen im Schaltanlagegebäude UBA und im Reaktorgebäuderingraum UJB als Maßnahme gegen anlageninterne Überflutung“ (/3/) war der Austausch der Armatur SGA57 AA001 und eines anschließenden Rohrleitungsstücks im Ringraum (UJB) durchzuführen. Im Rahmen des zugehörigen Arbeitsauftrags (AA) /4/ war die Bereitstellung einer Ersatzspeisung über die Prüf- und Spülleitungen SGA70 für die freigeschalteten Feuerlöschwasserleitungen SGA60 vorgesehen.

Zu diesem Zweck wurde die Verbindung des Leitungsnetzes SGA70 im Reaktorgebäude zum Werkwassersystem durchgeschaltet. Weiterhin war gemäß einem dem Arbeitsauftrag beigefügten Brandschutzdokument /7/ vorgesehen, dass eine vorbereitete A-Schlauchverbindung am Anschluss SGA 70 – AA 029 im UJB 03 – 43 (Schleuse) angeschlossen werden sollte, sofern größere Mengen Löschwasser benötigt werden.

In unserer Stellungnahme /2/ haben wir im Rahmen der Bewertung der potentiellen sicherheitstechnischen Konsequenzen des im Mai 2009 vorliegenden Anlagenzustands ausgeführt, dass mit der Ersatzspeisung über SGA70 Abweichungen vom Normalzustand mit einer Feuerlöschwasserversorgung über SGA60 verbunden waren (detailliertere Angaben hierzu finden sich in /2/):

- 1) Die Systemauslegung des Werkwassersystems GHA weicht von der Systemauslegung der Feuerlöschwasserversorgung ab: GHA: nach den Regeln der Technik ohne Anforderungsstufen errichtetes System, keine Notstromversorgung der GHA Pumpen, andere Pumpenkennlinien als die Feuerlöschwasserpumpen des KKP, geringere Förderkapazität der Werkwasserpumpen.
- 2) Die Nennweite der SGA70 Leitungen beträgt 100 mm, die der freigeschalteten SGA60 Leitungen liegt bei 200 mm. Pro Meter Rohrleitungslänge ergeben sich daraus bei gleichem Massenstrom um ca. einen Faktor 30 höhere dynamische Druckverluste bei einer Wassereinspeisung über die Ersatzmaßnahme.
- 3) Die Wandhydranten SGA55 im Reaktorgebäuderingraum UJB werden nicht mit Löschwasser versorgt.
- 4) Die Wandhydranten SGA53 im Hilfsanlagegebäude UKA werden nicht mit Löschwasser versorgt.
- 5) Nach Erschöpfung der Werkwasservorräte sind Handmaßnahmen zur Gewährleistung einer weiteren Löschwassereinspeisung erforderlich, auslegungsgemäß erfolgt dies automatisch.
- 6) Das Öffnen der Sprühwasserlöschanlagen SGD 56 und SGD 57 im UJB von der Warte aus über die zugehörigen Fernschaltventile war nicht möglich. Im Brandfall wären Handmaßnahmen an den Löschanlagen (Öffnen von SGA70 und SGD Armaturen) erforderlich gewesen.

- 7) Die GBA Armaturen SGA60 AA 002 und SGA60 AA 003 werden vom Gebäudeabschluss Signal des Reaktorschutzsystems automatisch zugefahren, können jedoch von Hand nach 1 s wieder aufgefahren werden. Damit kann der Einspeisestrang SGA60 trotz eines anstehenden Reaktorschutzsignals im Falle eines Brands wieder geöffnet werden. Dies trifft für die GBA Armaturen in der Prüfleitung SGA70, die als Ersatzmaßnahme für die unverfügbare Feuerlöschwasserversorgung über SGA60 verwendet wurde, nicht zu.
- 8) Mit der Löschwasserbereitstellung durch das Werkwassersystem konnten zumindest die Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 Dampferzeugerunterräume im UJA, SGD 56 Leistungskabeltrassen Reaktoringraum UJB (teilweise) und SGD 57 Steuer- und Messkabeltrassen Reaktoringraum UJB (teilweise) nicht mit den auslegungsgemäß erforderlichen Massenströmen versorgt werden.

Vor diesem Hintergrund kommen wir in /2/ zu dem Ergebnis, dass von einer sicherheitstechnischen Gleichwertigkeit der brandschutztechnischen Ersatzmaßnahme mit der regulären Feuerlöschwasserversorgung nicht ausgegangen werden kann, so dass während der Durchführung des Arbeitsauftrags SGA57 über einen Zeitraum von 16 Tagen eine sicherheitstechnisch nicht unerhebliche Beeinträchtigung der Einrichtungen zur Brandbekämpfung im Reaktorgebäude und ggf. auch im Hilfsanlagengebäude bestand.

In /1/ geht KKP auf die Konsequenzen der o. g. Abweichung Nummer 2 ein, sowie implizit teilweise auf die Abweichungen Nummer 1, 5 und 8. Zu den oben genannten Abweichungen Nummer 3, 4, 6 und 7 enthält /1/ keine Aussagen.

Als Ergebnis führt KKP in /1/ aus, dass die Bewertung der Ersatzmaßnahme umfassend und tiefgehend geprüft wurde und dass im Ergebnis KKP die Bewertung des Physikerbüro Bremen in /2/ nicht bestätigen könne.

Im folgenden Abschnitt 3 nehmen wir zu den für den Sachverhalt relevanten Aussagen und Begründungen von KKP in /1/ Stellung.

3. Erwiderungen

Im Folgenden werden Erwiderungen zu den aus unserer Sicht wesentlichen Aussagen in /1/ zusammengefasst. Die Aussagen und Erwiderungen sind fortlaufend nummeriert.

Aussage 1: *„Die damals vorgesehene Ersatzmaßnahme entspricht dem Betriebshandbuch (Brandschutzordnung) ...“*

Erwiderung 1: Diese Aussage wird von uns bestätigt. Wie bereits in /2/ ausgeführt, entsprach die im Zuge des Arbeitsauftrages SGA57 realisierte Ersatzspeisung durch das Werkwassersystem über SGA70 einer in der Brandschutzordnung des KKP angesprochenen Möglichkeit zur Löschwasserversorgung im UJA und UJB.

Aussage 2: *„Um (...) die tatsächliche Wirksamkeit der Ersatzmaßnahme umfassend zu belegen, wurden Druckverlustberechnungen einzelner stationärer Sprühflutlöschanlagen anhand der Rohrleitungsisometrien (...) sowie Untersuchungen zu den in der Anlage eingesetzten Sprühdüsen (...) vorgenommen. Hierbei wurden an verschiedenen in den Löschanlagen eingesetzten Sprühdüsen mit unterschiedlichen Vordrücken Sprühbilder aufgenommen.“*

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass sich auch unterhalb der auslegungsgemäßen Drücke Sprühbilder ausbilden, die eine hinreichende Überlappung des Löschbereiches bewirken. Die Ergebnisse sind in gesonderten Berichten (...) dokumentiert und zeigen, dass die mit den Ersatzmaßnahmen erzielbare Löschwirkung ausreichend gewesen wäre.

Damit waren die Ersatzmaßnahmen zwar nicht gleichwertig, jedoch war keine sicherheitstechnisch bedeutsame Beeinträchtigung der Verfügbarkeit und Wirksamkeit des Feuerlöschsystems während der Durchführung des Arbeitsauftrages gegeben.“

Erwiderung 2a: Sofern die „tatsächliche Wirksamkeit“ einer Maßnahme - somit eine nicht durch Einhaltung auslegungsgemäßer Daten bestätigte Wirksamkeit - belastet werden soll, muss die Kenntnis der „tatsächlichen Wirksamkeit“ als Voraussetzung zum Zeitpunkt der Planung und Umsetzung der Ersatzmaßnahme vorliegen. Die Aussage, dass Untersuchungen im Jahr 2012 durchgeführt wurden, um die ausreichende Wirksamkeit einer in 2009 umgesetzten Maßnahme zu belegen, legt nahe, dass diese Kenntnis in 2009 nicht vorlag. Nachträglich vorgenommene Untersuchungen können den bei der Planung der Ersatzmaßnahme vorliegenden Mangel des Fehlens erforderlicher Kenntnisse nicht beheben.

Erwiderung 2b: Unklar ist, welcher Anspruch mit den in /1/ angesprochenen und in /9/ und /10/ dokumentierten Druckverlustberechnungen für einzelne Sprühwasserlöschanlagen sowie Untersuchungen zu den in der Anlage eingesetzten Sprühdüsen verbunden ist. Sofern der Anspruch besteht, eine nach den Maßstäben eines atomrechtlichen Verfahrens abgesicherte Bewertung vorzunehmen, bedürfen diese Berechnungen und Untersuchungen u. E. einer brandschutztechnischen Begutachtung nach Stand von Wissenschaft und Technik unter Beachtung aller diesbezüglich relevanten KKP spezifischen Bedingungen.

Dabei wäre auch zu bewerten, ob alle für die Wirksamkeit der einzelnen Löschanlagen relevanten Aspekte KKP spezifisch erfasst werden, wenn, wie in /9/ der Fall, auf einzelne Anforderungen aus einschlägigen Richtlinien Bezug genommen wird. Speziell im Hinblick auf die VdS-Richtlinien für Sprühwasserlöschanlagen (2109) /12/ ist zu beachten, dass diese Richtlinien Mindestanforderungen festlegen und somit bei Erfüllung einzelner Anforderungen dieser Richtlinien nicht per se sichergestellt ist, dass alle KKP spezifischen Bedingungen eingehalten werden.

Erwiderung 2c: Unabhängig davon kommen wir hinsichtlich der in /1/ angesprochenen und in /9/ und /10/ dokumentierten Berechnungen und Untersuchungen zu folgenden Einschätzungen:

1. Die Auslegungskriterien, die eine ausreichende Wirksamkeit der Feuerlöschsprühanlagen sicherstellen, sind in im Genehmigungs- / Aufsichtsverfahren bestätigten Unterlagen dokumentiert, hier insbesondere in der Systembeschreibung „SG-Feuerlöschsystem“ /11/. Durch die Bezugnahme auf die Anforderungen aus der Systembeschreibung /11/ wird sichergestellt, dass die Gesamtheit der im Rahmen der Auslegung sowie des Genehmigungs-/Aufsichtsverfahren festgelegten Anforderungen an die einzelnen Sprühwasserlöschanlagen implizit berücksichtigt werden.

Die Auslegungskriterien in /11/ betreffen insbesondere den Löschwassermassenstrom sowie den Druck an den Sprühdüsen. Ein Vergleich der in /1/ neu vorgelegten Wirksamkeitsbetrachtungen mit den Auslegungswerten der Systembeschreibung „SG-Feuerlöschsystem“ /11/ (siehe Anhang 1) führt zu folgenden Ergebnissen:

a) Versorgung durch das Werkwassersystem:

Die vorgelegten Berechnungen /9/ zeigen auf, dass bei Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 und SGD 10 im UJA durch das Werkwassersystem die in der Systembeschreibung /11/ spezifizierten Massenströme und Drücke vor den Sprühdüsen nicht erreicht werden:

- An der ungünstigsten Düse wird bei den Löschanlagen SGD 09 ein Druck von 1 bar gegenüber dem in /11/ geforderten Mindestdruck von 2,5 bar erreicht. Dies entspricht einer Verminderung des kinetischen Energiestroms an der Düse (als integrales Vergleichskriterium – siehe dazu Anhang 1) um 75 %. Der Druck an der ungünstigsten Düse der Löschanlagen SGD 10 ist in /9/ nicht ermittelt worden, auf Basis des Drucks am Verteiler vor Abgang der Sprühwasserlöschanlage wird in /9/ ein Wert > 1 bar erwartet.
- Der gemäß /11/ erforderliche Massenstrom wird bei den Anlagen SGD 09 um ca. 8 %, bei den Anlagen SGD 10 um ca. 43 % unterschritten.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 wurden mit /1/ keine Berechnungsergebnisse vorgelegt. Der gemäß /11/ erforderliche Massenstrom von 60 kg/s wird angesichts einer Nettokapazität von 17,2 kg/s der Werkwasserversorgung deutlich unterschritten.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 56 und SGD 57 im Ringraum wurden mit /1/ keine Berechnungsergebnisse vorgelegt. Die gemäß /11/ erforderlichen höchsten Massenströme für einzelne Löschanlagen von 70 kg/s (SGD 56) und 40 kg/s (SGD 57) werden bei Versorgung durch das Werkwassersystem deutlich unterschritten.

b) Versorgung durch die A-Schlauchverbindung:

Die vorgelegten Berechnungen /9/ zeigen auf, dass bei Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen durch die A-Schlauchverbindung die in /11/ spezifizierten Massenströme und Drücke an den Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 und SGD 10 erreicht werden.

An den Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 werden die in /11/ spezifizierten Massenströme und Drücke nicht erreicht:

- An der ungünstigsten Düse wird ein Druck von 1,05 bar gegenüber dem in /11/ geforderten Mindestdruck von 2,5 bar erreicht. Dies entspricht einer Verminderung des kinetischen Energiestroms an der Düse (als integrales Vergleichskriterium – siehe dazu Anhang 1) um 75 %.
- Der gemäß /11/ erforderliche Massenstrom wird um ca. 33 % unterschritten.

Zu beachten ist, dass den Rechnungen eine Variante der Wasserversorgung zu Grunde gelegt wurde, die Handmaßnahmen

innerhalb des Containments erfordert hätte. Sie entsprach damit nicht der in der Freischaltliste /6/ vorgesehenen Wasserzuführung, die eine fernbetätigte Inbetriebnahme der Löschanlagen von der Warte aus ermöglicht hätte.

Es ist u.E. davon auszugehen, dass sich die Druck- und Durchsatzverhältnisse bei einer Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 über den gemäß Freischaltliste /6/ innerhalb des Containments vorgesehenen Weg (Versorgung über Hydrantensteigleitungen) noch ungünstiger darstellen würden. Für diese Variante ist mit /1/ keine Berechnung vorgelegt worden.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 56 und SGD 57 im Ringraum wurden mit /1/ ebenfalls keine Berechnungsergebnisse vorgelegt.

Wir bestätigen daher die Aussage in /2/, dass die Ersatzmaßnahme nicht „gleichwertig“ mit der regulären Löschwasserversorgung ist.

2. In /1/ und den beigelegten Unterlagen wird weitergehend argumentiert, dass „auch unterhalb der auslegungsgemäßen Drücke“ mit den Ersatzmaßnahmen eine „ausreichende Löschwirkung erzielbar“ gewesen wäre. Als Begründung dafür wird angeführt, dass sich in den Versuchen „Sprühbilder ausgebildet haben, die eine hinreichende Überlappung des Löschbereiches bewirken“. Hiermit werden als Ersatz für den gesicherten quantitativen Maßstab für die Bewertung der ausreichenden Wirksamkeit (die Auslegungskriterien der Systembeschreibung) qualitative Aussagen zu Sprühbildern herangezogen. Wie bereits in Erwiderung 2b angemerkt, wäre die Angemessenheit eines solchen Vorgehens im atomrechtlichen Verfahren zu prüfen. Aspekte, die u.E. diesbezüglich zu beachten wären, sind in Anhang 1 aufgeführt.

Aussage 3:

„Im Rahmen der technischen Klärung und Vorbereitung der Arbeiten wurden die Details der Ersatzmaßnahmen ausgearbeitet und die Ergebnisse im Arbeitsauftrag und im sog. Brandschutzdokument (...) festgehalten. Es war vorgesehen, im Anforderungsfall die stationären Löschanlagen im Reaktorgebäuderingraum über einen vorverlegten A-Schlauch zwischen einem Hydranten im Freigelände und einer vorhandenen Anschlussstelle im Reaktorgebäuderingraum zu versorgen.“

Um die automatisch auslösenden Löschanlagen SGD 09 zu versorgen, wurde durch eine entsprechende Schaltung eine Verbindung zum Werkwassernetz GHA hergestellt. (...)

Mit dieser Maßnahme war sichergestellt, dass die automatisch auslösenden stationären Löschanlagen SGD 09 ständig mit Löschwasser versorgt waren und im Anforderungsfall sofort gelöscht hätten.“

Erwiderung 3a:

Im Reaktorgebäude (UJA/UJB) sind gemäß Systembeschreibung „SG-Feuerlöschwassersystem“ /11/ folgende vom Feuerlöschwassersystem versorgte Sprühwasserlöschanlagen vorhanden, die mittels der Ersatzmaßnahme mit Löschwasser zu versorgen gewesen wären:

- SGD 09 Ölbehälterräume HKMP im UJA;
- SGD 10 Ölrohrleitungen HKMP im UJA;
- SGD 11 Dampferzeugerunterräume im UJA;

- SGD 56 Leistungskabeltrassen Reaktorringraum UJB;
- SGD 57 Steuer- und Messkabeltrassen Reaktorringraum UJB.

Von KKP wird hinsichtlich der Auslösung ausschließlich auf die Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 Bezug genommen, die Unterlage /1/ enthält keine Aussagen zum Zeitaspekt der Aktivierung von SGD 10, 11, 56 und 57.

Die KTA 2101.3 /21/ fordert in Abschnitt 7.5.1, dass ortsfeste Feuerlöschanlagen grundsätzlich automatisch auszulösen sind und bei nicht automatischer Auslösung im Brandfall eine frühzeitige und zuverlässige Auslösung sichergestellt sein muss. Dies zeigt das Erfordernis einer schnellen Inbetriebnahmemöglichkeit aller fernbetätigten Sprühwasserlöschanlagen im Ereignisfall auf. Im Falle eines realen Brandes sprechen in der Regel mehr als ein Brandmelder an, ferner stehen bei Brandmeldungen aus den Dampferzeugerunterräumen und Hauptkühlmittelpumpenräumen im KKP Fernsehkameras bei den Hauptkühlmittelpumpen und an der Druckhalterheizung als zusätzliche Informationsquellen zur Verfügung /19/. Damit wird eine frühzeitige Inbetriebnahme der nicht automatisch ausgelösten Löschanlagen ohne die Notwendigkeit einer zeitaufwendigen vor Ort Begehung gewährleistet. Relevant ist hierbei auch, dass eine Brandaufklärung vor Ort im Bereich des Primärkreises beim Leistungsbetrieb erschwert ist (siehe BHB Teil 5, Kapitel 3.19, Abschnitt 2).

Weiterhin ist gemäß Abschnitt 3.3 der Brandschutzordnung /19/ beim Ansprechen von mehr als einem automatischen Brandmelder bzw. mehr als einer Brandmeldelinie/Brandmeldegruppe durch den Schichtleiter Feueralarm und zusätzlich Räumungsalarm auszulösen. Die von KKP in /1/ angesprochene Zeitverzögerung bis zur Alarmierung der Feuerwehr von maximal 8 Minuten infolge der vorausgehenden vor Ort Erkundung durch einen Brandläufer entfällt somit für diese Fälle.

Erwiderung 3b: Für die Variante der Versorgung der Löschanlagen SGD 09, SGD 10 und SGD 11 im Reaktorgebäudeinnenraum (UJA) durch das Werkwassersystem sah die Freischaltliste /6/ eine Versorgung über die Hydrantensteigleitungen vor. Diese Variante hätte im Anforderungsfall eine von der Warte aus fernbetätigte (SGD 10 und 11) bzw. automatische (SGD 09) Inbetriebnahme der Sprühwasserlöschanlagen aus ermöglicht. Hinsichtlich der Kapazität der „ständigen Löschwasserversorgung“ für die Löschanlagen verweisen wir auf die Wirksamkeitsbetrachtungen unter Erwiderung 2c.

Erwiderung 3c: Für die Variante der Versorgung der Löschanlagen SGD 09, SGD 10 und SGD 11 mittels der A-Schlauchverbindung wurden in /9/ Rechnungen vorgelegt, der innerhalb des Containments nicht die Wasserzuführung gemäß Freischaltliste /6/ zu Grunde gelegt wurde. Vielmehr wurde eine Variante gewählt, die im Brandfall ein Betreten des Containments mit Handmaßnahmen an den Löschanlagen vor Ort erfordert hätte. Hinsichtlich der den Rechnungen zu Grunde gelegten Wasserzuführung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Es wäre zu klären, mit welchem Zeitverzug das Personal auf Basis der zum damaligen Zeitpunkt vorliegenden Unterlagen hätte erkennen können (siehe hierzu Erwiderung 4b), dass eine ausreichende Löschwasserversorgung der Sprühwasserlöschanlagen (betrifft insbesondere SGD 11) durch das Werkwassersystem nicht gewährleistet gewesen wäre.

- Die A-Schlauchverbindung vom Überflurhydranten SGA10 AA004 hätte an den Anschluss SGA70 AA029 im Ringraum angeschlossen und durch Öffnen einer Armatur durchgeschaltet werden müssen. Hierzu hätte der A-Schlauch durch eine Objektsicherungstür des Reaktorgebäudes verlegt und die Tür offen gehalten werden müssen. Der dafür benötigte Zeitaufwand wäre zu klären.
Hinweis: Für das Öffnen und Offenhalten der Tür wäre u. E. gemäß der Abschnitte 4.11.3 und 6.3.9 der Instandhaltungsordnung /8/ eine Objektsicherungsbetrachtung durchzuführen gewesen. Etwaige sicherungstechnische Maßnahmen, die bei Öffnen der Objektschutztür notwendig geworden wären, hätten in einem Objektsicherungsschein festgelegt werden müssen. Im Arbeitsauftrag /4/ ist ein Objektsicherungsschein unter „Erfordernisse / Sonstige Festlegungen“ nicht aufgeführt.
- Die Verbindung der SGA70 Rohrleitungen zum Werkwassersystem hätte durch Handmaßnahmen im Ringraum (Schließen von zwei Armaturen) abgesperrt werden müssen. Die in Betrieb befindliche Löschwasserversorgung hätte somit unterbrochen werden müssen, wie auch KKP in /1/ ausgeführt hat. Auch hierfür wäre der Zeitaufwand abzuschätzen.
- Der Reaktorgebäudeinnenraum hätte betreten und die Armaturen an den betroffenen Löschanlagen hätten per Hand geöffnet werden müssen. Inwieweit dies unter den Bedingungen eines Brandes stets sicher durchführbar bzw. mit welchem Zeitaufwand es verbunden wäre, wäre zu klären.¹

Somit hätte sich für diese Variante die (Wieder-)Inbetriebnahme der Sprühwasserlöschanlagen in UJA im Falle einer Versorgung über die A-Schlauchverbindung gegenüber dem auslegungsgemäßen Fall mit unmittelbar möglicher fernbetätigter Inbetriebnahme eine deutliche Zeitverzögerung ergeben, deren Größe im Einzelnen quantifiziert werden müsste. Zudem wäre zwingend ein Betreten des Containments im Brandfall erforderlich gewesen. KKP gibt in /1/ an, dass die für das Anschließen des A-Schlauchs im Rahmen der Ersatzmaßnahme benötigte Zeit durch die vorgesehene sofortige Alarmierung der Feuerwehr zumindest teilweise kompensiert worden wäre. Quantitative Angaben zum Zeitbedarf und zu möglichen Verzögerungen der Brandbekämpfung gegenüber dem Fall mit auslegungsgemäßem Zustand der Löschanlagen sind in /1/ allerdings nicht enthalten. Wie bereits festgestellt, gilt weiterhin, dass der Schichtleiter gemäß Abschnitt 3.3 der Brandschutzordnung /19/ beim Ansprechen von mehr als einem automatischen Brandmelder bzw. mehr als einer Brandmeldelinie/Brandmeldegruppe sofort Feueralarm auszulösen hat.

Es wäre daher im Detail zu prüfen, inwieweit die Anforderungen der KTA 2101.1 und 2101.3 /20/, /21/, wonach ortsfeste Feuerlöschanlagen grundsätzlich automatisch auszulösen sind und bei nicht automatischer Auslösung im Brandfall eine frühzeitige Auslösung sichergestellt sein muss, mit der Ersatzmaßnahme erfüllt gewesen wären.²

¹ Bei Ölbränden, die mit großer Rauchentwicklung einhergehen, muss davon ausgegangen werden, dass – infolge der mangels wirksamer Entrauchungsanlagen im Sicherheitsbehälter schnell eingeschränkten Sichtverhältnisse – Handmaßnahmen nach kurzer Zeit deutlich erschwert bzw. gar nicht mehr ausführbar wären.

² Als maximal zulässige Zeitspanne von der Branderkennung durch die Brandmelder bis zum Wasserfluss an den Sprühdüsen gilt für automatisch auslösende Löschanlagen gemäß aktuellem Entwurf der Richtlinie VdS 2109 /22/ ein Wert von einer Minute. Dieser Wert kann hier als Anhaltspunkt dienen, da gemäß KTA 2101.3 auch bei nicht automatischer Auslösung eine frühzeitige Auslösung sichergestellt sein muss. Die in /1/ beschriebenen Handmaßnahmen dürften deutlich längere Zeiträume in Anspruch nehmen.

Erwiderung 3d: Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 56 und SGD 57 im Reaktorgebäude-Raum (UJB) war eine fernbetätigte Inbetriebnahme von der Warte aus während des Zeitraums der Bereitstellung einer Ersatzspeisung über die Prüf- und Spülleitungen SGA70 für die freigeschalteten Feuerlöschwasserleitungen SGA60 nicht möglich. Es wären daher im Anforderungsfall Handmaßnahmen vor Ort an den jeweiligen Löschanlagen erforderlich gewesen, einhergehend mit Zeitverzögerungen, deren Größe im Einzelnen quantifiziert werden müsste.

Aussage 4: „Unter Würdigung der Gesamtheit der Ersatzmaßnahmen, bestehend aus technischen, organisatorischen und administrativen Maßnahmen, ist für den Zeitraum der Arbeiten ein hinreichender Brandschutz gewährleistet.“

Erwiderung 4a: Zu den technischen Maßnahmen siehe die vorausgehenden Erwiderungen 2 zur Wirksamkeit in Relation zu den Auslegungswerten sowie 3 zu den Zeitaspekten.

Zu den organisatorischen und administrativen Maßnahmen merken wir Folgendes an:

Erwiderung 4b: Dem Betriebspersonal lagen im relevanten Zeitraum folgende Unterlagen mit Aussagen zur Löschwasserversorgung von Löscheinrichtungen vor: die KKP 2 Tagesprogramme /5/, der Arbeitsauftrag SGA57 /4/, die Freischaltliste /6/ als Teil des Arbeitsauftrags und das Brandschutzdokument /7/ als Teil des Arbeitsauftrags.

Gemäß diesen Unterlagen war die Versorgung aller Sprühwasserlöschanlagen durch das Werkwassersystem vorgesehen. Weiterhin waren gemäß den Tagesprogrammen nur für die Aktivierung der Sprühwasserlöschanlagen im Ringraum Handmaßnahmen vor Ort vorgesehen. Daraus ist abzuleiten, dass im Anforderungsfall die Sprühwasserlöschanlagen innerhalb des Containments fernbetätigt von der Warte aus geöffnet werden sollten, was konsistent mit der realisierten Freischaltung war.

Das Personal konnte somit u. E. auf Basis dieser Unterlagen davon ausgehen, dass insoweit der spezifikationsgerechte Zustand der Feuerlöscheinrichtungen gegeben war, zumal gemäß /4/ keine Betriebsbeeinträchtigung in Systemen vorlag, und, dass die Versorgung aller Sprühwasserlöschanlagen im UJA und UJB durch das Werkwassersystem erfolgt. Die Darstellung in /1/, wonach durch eine entsprechende Schaltung eine Verbindung zum Werkwassernetz GHA hergestellt wurde, um die automatisch auslösenden Löschanlagen SGD 09 zu versorgen, ist anhand der dem Personal bereitgestellten Unterlagen nicht nachvollziehbar.

Die Aussage im Brandschutzdokument /7/, wonach für größere Mengen Löschwasser, sofern benötigt, eine A-Schlauchverbindung anzuschließen ist, spezifiziert nicht, was unter einer größeren Menge Löschwasser zu verstehen ist und in welchen Fällen diese benötigt werden. Die Darstellung in /1/, wonach grundsätzlich beim Ansprechen einer der im Brandschutzdokument genannten Brandmeldelinien eine größere Löschwassermenge benötigt werde, kann keiner der dem Personal damals vorliegenden Unterlagen entnommen werden. Wenn im Falle eines Einsatzes von Sprühwasserlöschanlagen grundsätzlich die A-Schlauchverbindung anzuschließen gewesen wäre, hätte dies u. E. in den dem Personal vorliegenden Unterlagen

klar zum Ausdruck gebracht werden müssen. KKP stellt in /1/ nicht dar, anhand welcher Kriterien das Anlagenpersonal hätte erkennen können, dass die Notwendigkeit für einen Anschluss der A-Schlauchverbindung gegeben war.

Aussage 5: *„Die Ersatzmaßnahmen stellen in Abhängigkeit der voraussichtlichen Dauer der Nichtverfügbarkeit, des Brandrisikos (Brandlast, Zündgefahr, Brandausbreitung), der sicherheitstechnischen Bedeutung und des Ausmaßes der Funktionseinschränkung eine hinreichende Wirksamkeit der Brandschutzmaßnahmen sicher.“*

Erwiderung 5: Wir stimmen zu, dass bei einer Gesamtbewertung der Angemessenheit einer Ersatzmaßnahme Aspekte wie die voraussichtliche Dauer der Nichtverfügbarkeit der regulären Einrichtung, die sicherheitstechnische Bedeutung und das Ausmaß der Funktionseinschränkung herangezogen werden können. Allerdings muss eine solche Bewertung im Rahmen der Planung der Maßnahme erfolgen, das Ergebnis muss dokumentiert und den zuständigen Stellen als Entscheidungsbasis mitgeteilt werden. Dies war in 2009 nicht der Fall.

Hinsichtlich der „hinreichenden Wirksamkeit“ verweisen wir auf die Erwiderungen 2 und 3.

In eine Gesamtbewertung der Angemessenheit einer Ersatzmaßnahme ist u.E. insbesondere das bestehende Brandrisiko einzubeziehen. Wie bereits in /2/ ausgeführt, besteht vor allem im Leistungsbetrieb der Anlage ein relevantes Brandschutzrisiko im Bereich der Hauptkühlmittelpumpen. Dazu trägt einerseits die Brandlast (16 m³ brennbares heißes Öl) als auch der Anlagenzustand (Oberflächentemperaturen an Komponenten von ca. 300 °C) sowie die Gefahr von Leckagen an den druckführenden Leitungen der Ölversorgung bei. Bereits kleine Leckagen an den Ölversorgungsleitungen können sich an den heißen Komponenten infolge Autooxydation entzünden und sich sehr rasch zu größeren Bränden sowie zu Folgeschäden an der druckführenden Umschließung des Primärkreislaufs, z.B. infolge eines partiellen Dichtungsversagens an der Hauptkühlmittelpumpe, ausweiten. Darüber hinaus besteht im Leistungsbetrieb auch ein erhöhtes Brandrisiko durch die spannungsführenden elektrischen Einrichtungen (10 kV Leistungskabel, E-Motoren der Hauptkühlmittelpumpe und der Ölversorgung) sowohl im Bereich der Hauptkühlmittelpumpe selbst als auch auf den Leitungstrassen im Ringraum.

Wesentliche Elemente dieser Brandrisiken bestehen nicht im Stillstand der Anlage (kein Betrieb der Hauptkühlmittelpumpen und deren Ölversorgung, keine Entzündungstemperaturen für Autooxydation an den Komponenten, freigeschaltete Antriebe der Hauptkühlmittelpumpen etc.)

Das seitens KKP angeführte Brandrisiko resultierend aus möglichen Instandhaltungstätigkeiten in der Revision kann dagegen durch vergleichsweise einfach umzusetzende Maßnahmen, wie ein Verbot von Heißenarbeiten in Bereichen, in denen zeitgleich relevante Betriebseinschränkungen an den Brandbekämpfungseinrichtungen bestehen, oder die Bereitstellung von Brandwachen vor Ort, nahezu vollständig kompensiert werden.

Während des Anlagenstillstands besteht zudem nicht die Anforderung an einen vom Reaktorschutz angesteuerten Gebäudeabschluss.

4. Zusammenfassung

1. Sofern die „tatsächliche Wirksamkeit“ einer Maßnahme - somit eine nicht durch Einhaltung auslegungsgemäßer Daten bestätigte Wirksamkeit - belastet werden soll, muss die Kenntnis der „tatsächlichen Wirksamkeit“ als Voraussetzung zum Zeitpunkt der Planung und Umsetzung der Ersatzmaßnahme vorliegen. Nachträglich vorgenommene Untersuchungen können den bei der Planung der Ersatzmaßnahme vorliegenden Mangel des Fehlens erforderlicher Kenntnisse nicht beheben.
2. Sofern Aussagen zur Wirksamkeit von technischen Einrichtungen belastet werden sollen, die von den Auslegungswerten in bestätigten Unterlagen abweichen, sind diese Aussagen erneut einer atomrechtlichen Prüfung, Bestätigung und Dokumentation zu unterziehen. Für die von KKP in /1/ und zugehörigen Unterlagen hier neu eingebrachten (qualitativen) Aussagen ist dieses nicht erfolgt. Eine entsprechende Prüfung und Bewertung geht über den Rahmen dieser Erwiderung hinaus.
3. Ein Vergleich der in /1/ neu eingebrachten Wirksamkeitsbetrachtungen mit den Auslegungswerten der Systembeschreibung „SG-Feuerlöschsystem“ /11/ (siehe Anhang 1) führt zu folgenden Ergebnissen:

a) Versorgung durch das Werkwassersystem:

Die vorgelegten Berechnungen /9/ zeigen auf, dass bei Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 und SGD 10 im UJA durch das Werkwassersystem die in der Systembeschreibung /11/ spezifizierten Massenströme und Drücke vor den Sprühdüsen nicht erreicht werden:

- An der ungünstigsten Düse wird bei den Löschanlagen SGD 09 ein Druck von 1 bar gegenüber dem in /11/ geforderten Mindestdruck von 2,5 bar erreicht. Dies entspricht einer Verminderung des kinetischen Energiestroms an der Düse (als integrales Vergleichskriterium – siehe dazu Anhang 1) um 75 %. Der Druck an der ungünstigsten Düse der Löschanlagen SGD 10 ist in /9/ nicht ermittelt worden, auf Basis des Drucks am Verteiler vor Abgang der Sprühwasserlöschstation wird in /9/ ein Wert > 1 bar erwartet.
- Der gemäß /11/ erforderliche Massenstrom wird bei den Anlagen SGD 09 um ca. 8 %, bei den Anlagen SGD 10 um ca. 43 % unterschritten.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 wurden mit /1/ keine Berechnungsergebnisse vorgelegt. Der gemäß /11/ erforderliche Massenstrom von 60 kg/s wird angesichts einer Nettokapazität von 17,2 kg/s der Werkwasserversorgung deutlich unterschritten.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 56 und SGD 57 im Ringraum wurden mit /1/ keine Berechnungsergebnisse vorgelegt. Die gemäß /11/ erforderlichen höchsten Massenströme für einzelne Löschanlagen von 70 kg/s (SGD 56) und 40 kg/s (SGD 57) werden bei Versorgung durch das Werkwassersystem deutlich unterschritten.

b) Versorgung durch die A-Schlauchverbindung:

Die vorgelegten Berechnungen /9/ zeigen auf, dass bei Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen durch die A-Schlauchverbindung die in /11/ spezifizierten Massenströme und Drücke an den Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 und SGD 10 erreicht werden.

An den Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 werden die in /11/ spezifizierten Massenströme und Drücke nicht erreicht:

- An der ungünstigsten Düse wird ein Druck von 1,05 bar gegenüber dem in /11/ geforderten Mindestdruck von 2,5 bar erreicht. Dies entspricht einer Verminderung des kinetischen Energiestroms an der Düse (als integrales Vergleichskriterium – siehe dazu Anhang 1) um 75 %.
- Der gemäß /11/ erforderliche Massenstrom wird um ca. 33 % unterschritten.

Zu beachten ist, dass den Rechnungen eine Variante der Wasserversorgung zu Grunde gelegt wurde, die Handmaßnahmen innerhalb des Containments erfordert hätte. Sie entsprach damit nicht der in der Freischaltliste /6/ vorgesehenen Wasserzuführung, die eine fernbetätigte Inbetriebnahme der Löschanlagen von der Warte aus ermöglicht hätte.

Es ist u.E. davon auszugehen, dass sich die Druck- und Durchsatzverhältnisse bei einer Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 über den gemäß Freischaltliste /6/ innerhalb des Containments vorgesehenen Weg (Versorgung über Hydrantensteigleitungen) noch ungünstiger darstellen würden. Für diese Variante ist mit /1/ keine Berechnung vorgelegt worden.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 56 und SGD 57 im Ringraum wurden mit /1/ ebenfalls keine Berechnungsergebnisse vorgelegt.

- c) Von KKP wurden Versuche mit einzelnen Düsen zur Untersuchung des Sprühbildes in Abhängigkeit von nicht auslegungsgemäßen Drücken und Massenströmen an der Düse durchgeführt. Hierzu ist aus unserer Sicht festzustellen, dass Aussagen zur Wirksamkeit von Löschwassersprühanlagen bei reduzierten Massenströmen oder Düsendrücken (gegenüber den im atomrechtlichen Verfahren als wirksam bestätigten Auslegungswerten) einer adäquaten Nachweisführung bedürfen. Inwieweit die in /9/ bzw. /10/ dokumentierten Aussagen und Daten im Rahmen einer solchen Nachweisführung belastet werden können, wäre im Rahmen einer brandschutztechnischen Begutachtung zu klären. Aspekte, die u.E. diesbezüglich zu beachten wären, sind in Anhang 1 aufgeführt.

4. Für eine Bewertung der hinreichenden Wirksamkeit der Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen mittels einer A-Schlauchverbindung wäre zudem der hierfür erforderliche Zeitbedarf zu ermitteln. Die für die Inbetriebnahme dieser Maßnahme erforderlichen Zeiten umfassen die Zeit zur Erkennung der Notwendigkeit der Löschwasserversorgung über die A-Schlauchverbindung auf Basis der dem Personal vorliegenden Unterlagen, die Zeiten für das Öffnen und gesicherte Offenhalten der Objektschutztür, das Absperren der Wasserzufuhr durch das Werkwassersystem, für den Anschluss der A-Schlauchverbindung, für das Öffnen der Armaturen an den Löschanlagen im Containment, für die Unterbrechung der evtl. laufenden Löschwasserversorgung. Dabei ist zu beachten, dass Sprühwasserlöschanlagen insbesondere dort eingesetzt werden, wo auf Grund des zu erwartenden Brandverhaltens, der Brandlast und der räumlichen Gegebenheiten mit einer schnellen Brandausbreitung gerechnet werden muss.

Zudem ist zu beachten, dass für diese Variante der Sprühwasserversorgung die Notwendigkeit von Handmaßnahmen innerhalb des Sicherheitsbehälters besteht. Bei Ölbränden, die mit großer Rauchentwicklung einhergehen, muss davon ausgegangen werden, dass infolge der eingeschränkten Sichtverhältnisse im Sicherheitsbehälter Handmaßnahmen nach kurzer Zeit deutlich erschwert bzw. gar nicht mehr ausführbar sind. Eine Ersatzmaßnahme, die solcher Maßnahmen bedarf, bedürfte u. E. jedenfalls einer vertieften Prüfung der Erfordernis bzw. der alternativen Möglichkeiten.

5. In eine Gesamtbewertung der Angemessenheit einer Ersatzmaßnahme ist u.E. insbesondere das bestehende Brandrisiko einzubeziehen. Wie bereits in /2/ ausgeführt, besteht vor allem im Leistungsbetrieb der Anlage ein relevantes Brandschutzrisiko im Bereich der Hauptkühlmittelpumpen. Dazu tragen die Brandlast, der Anlagenzustand sowie die Gefahr von Leckagen an den druckführenden Leitungen der Ölversorgung bei. Bereits kleine Leckagen an den Ölversorgungsleitungen können sich an den heißen Komponenten entzünden und sich sehr rasch zu größeren Bränden sowie zu Folgeschäden an der druckführenden Umschließung des Primärkreislaufs z.B. infolge eines partiellen Dichtungsversagens an der Hauptkühlmittelpumpe ausweiten. Darüber hinaus besteht im Leistungsbetrieb auch ein erhöhtes Brandrisiko durch die spannungsführenden elektrischen Einrichtungen (10 kV Leistungskabel, in Betrieb befindliche E-Motoren der Hauptkühlmittelpumpe und der Schmierölpumpen) sowohl im Bereich der Hauptkühlmittelpumpe selbst als auch auf den Leitungstrassen im Sicherheitsbehälter und im Ringraum.

Außer der bestehenden Brandlast von 16 m³ kaltes Schmieröl besteht keines der genannten Brandrisiken im Stillstand der Anlage

Das seitens KKP angeführte Brandrisiko resultierend aus möglichen Instandhaltungstätigkeiten in der Revision kann dagegen durch vergleichsweise einfach umzusetzende Maßnahmen, wie ein Verbot von Heißenarbeiten in Bereichen, in denen zeitgleich relevante Betriebseinschränkungen an den Brandbekämpfungseinrichtungen bestehen, oder Bereitstellung von Brandwachen direkt vor Ort, nahezu vollständig kompensiert werden.

Während des Anlagenstillstands besteht zudem nicht die Anforderung an einen vom Reaktorschutz angesteuerten Gebäudeabschluss.

Unter den gegebenen Randbedingungen bestätigen wir deshalb unsere Auffassung, dass die Durchführung einer solchen Änderungsmaßnahme, wie ursprünglich geplant, bevorzugt im Stillstand der Anlage durchgeführt werden sollte. Die Durchführung im Leistungsbetrieb würde u.E. eine vorherige ausführliche Risikobewertung mit atomrechtlicher Prüfung, Bestätigung und Dokumentation unter Einbeziehung aller o.g. Aspekte erfordern.

5. In Bezug genommene Unterlagen

- /1/ EnBW Kernkraft GmbH Kernkraftwerk Philippsburg, Stellungnahme der EnKK zum Bericht „KKP 2 – Sicherheitstechnische Bewertung des Ereignisses Unscharfmachen von Gebäudeabschlussarmaturen des Sicherheitsbehälters bei Änderungsmaßnahmen am Feuerlöschsystem“ des Physikerbüros Bremen (PhB) vom 12.05.2009, Schreiben an das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden- Württemberg vom 2. April 2012
- /2/ Physikerbüro Bremen, KKP 2 – Sicherheitstechnische Bewertung des Ereignisses „Unscharfmachen von Gebäudeabschlussarmaturen des Sicherheitsbehälters bei Änderungsmaßnahmen am Feuerlöschsystem“ vom 12.5.2009, Stellungnahme vom 2. März 2012, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden- Württemberg, 02.03.2012
- /3/ EnBW Kraftwerke AG Kernkraftwerk Philippsburg, KKP 2 – Ertüchtigung der Feuerlöschwassereinspeisearmaturen und –leitungen im Schaltanlagegebäude UBA und im Ringraum UJB als Maßnahme gegen anlageninterne Überflutung – Änderungsanzeige Nr. 56/04, Schreiben an das Umweltministerium Baden-Württemberg, 16. Dezember 2008, Anlage: Technischer Beschreibung, Rev. 4 vom 4.12.2008
- /4/ EnBW Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Philippsburg 2, Arbeitsauftrag Nr. AA09-001941, Kurzbezeichnung: Austausch der Armatur SGA57-AA001 und der Rohrleitung SGA57BR002
- /5/ Kernkraftwerk Philippsburg, KKP 2 Tagesprogramm vom 13. Mai 2009
- /6/ EnBW Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Philippsburg 2, Freischaltung FSL-Nr. FSL09-000883, Beschreibung: Austausch der Armatur SGA57-AA001 und der Rohrleitung SGA57BR002
- /7/ Brandschutzmaßnahmen zur Freischaltung von SGA 57 – AA 001 Arbeitsauftrag KP2 S09-1941, erstellt am 30.4.09
- /8/ EnBW Kernkraftwerk GmbH, Betriebshandbuch Ordnungen Instandhaltungsordnung, Fassung 19.12.2007
- /9/ Kraftanlagen Heidelberg GmbH, Kernkraftwerk Philippsburg 2 – Druckverlustberechnung Feuerlöschwassersystem SGD9/10/11 unter Berücksichtigung der brandschutztechnischen Ersatzmaßnahmen im Zuge des Arbeitsauftrag SGA57, 30.03.2012
- /10/ EnBW Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Philippsburg, Arbeitsbericht: Ermittlung der Sprühbilder der Löschdüsen Typ Lu 25 und L 40 sowie der Vollkegeldüsen Typ V 20 und VW 25, 30.03.2012
- /11/ EnBW Kernkraft GmbH Kernkraftwerk Philippsburg, Systembeschreibung SG-Feuerlöschsystem Nr. 5510, 30.4.2007
- /12/ VdS Schadenverhütung GmbH, VdS-Richtlinien für Sprühwasserlöschanlagen – Planung und Einbau, VdS 2109: 2002-06 (03)
- /13/ EnBW Kernkraft GmbH Kernkraftwerk Philippsburg, Fragen des Physikerbüros Bremen nach der Erörterung am 24.01.2012, Schreiben an das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden- Württemberg, 6. Februar 2012
- /14/ KWU, KKP 2 Systembeschreibung Werkwasserversorgung GHA, 676-V 422F-1V-5965, 7.1.1981
- /15/ Minimax, Raum- und Einrichtungsschutz mit unseren Sprühwasserlöschanlagen <http://www.minimax.de/de/produkte/wassersysteme/spruehwasser/>
- /16/ Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., Präsentationen des Referats 14 als Schulungsmaterial für den anlagentechnischen Brandschutz, Sprühwasserlöschanlagen www.vfdb.de/download/Ref14/Spruehwasserloeschanlagen.ppt
- /17/ Total Walther GmbH, Katalog Sprinkleranlagen, Sprühwasserlöschanlagen, MicroDrop - Feinsprühlöschanlagen/Niederdruck, Schaumlöschanlagen http://www.totalwalther.de/Support/KatalogWASSER_Ansicht_EZ_LR.pdf
- /18/ EnBW Kraftwerke AG Kernkraftwerk Philippsburg, KKP 2: Sicherheitstechnische Bewertung von 3 Ereignissen, Schreiben an das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 15. Dezember 2011
- /19/ Kernkraftwerk Philippsburg, Betriebshandbuch KKP, Sicherheitsspezifikation, Brandschutzordnung, 07.08.2006
- /20/ KTA Regel 2101.1, Brandschutz in Kernkraftwerken – Teil 1: Grundsätze des Brandschutzes, Fassung 12/00
- /21/ KTA Regel 2101.3, Brandschutz in Kernkraftwerken – Teil 3: Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen, Fassung 12/00
- /22/ VdS Schadenverhütung GmbH, ENTWURF: VdS-Richtlinien für Sprühwasserlöschanlagen – Planung und Einbau, VdS 2109: 2012-03 (04)

6. Anhänge

Anhang 1: Massenströme und Drücke an Sprühdüsen in Abhängigkeit von der Art der Löschwasserversorgung

Anhang 2: Liste der verwendeten Abkürzungen

Anhang 1: Massenströme und Drücke an Sprühdüsen in Abhängigkeit von der Art der Löschwasserversorgung

Zur Untersuchung der Wirksamkeit der im Mai 2009 vorgesehenen Ersatzmaßnahme sind im März 2012 Druckverlustberechnungen für einzelne Sprühwasserlöschanlagen sowie Untersuchungen zu den in der Anlage eingesetzten Sprühdüsen vorgenommen worden. Diese Analysen und Versuche sind in /9/ und /10/ dokumentiert. Die darin dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend mit Angaben aus im Genehmigungs-/Aufsichtsverfahren bestätigten Unterlagen (hier im Wesentlichen die in der Systembeschreibung „SG-Feuerlöschsystem“ /11/ angegebenen Auslegungskriterien) verglichen. Bei Einhaltung der in /11/ dokumentierten Auslegungskriterien ist die Wirksamkeit der Ersatzmaßnahme sichergestellt.

Inwieweit für die Bewertung der Wirksamkeit der Ersatzmaßnahme auch andere Bewertungsmaßstäbe (als /11/) als gesichert betrachtet und daher herangezogen werden können müsste im Rahmen einer brandschutztechnischen Begutachtung nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik unter Beachtung der diesbezüglich relevanten KKP spezifischen Bedingungen ermittelt werden. Eine solche Begutachtung ist im Rahmen des hier von uns durchzuführenden Auftrags nicht vorgenommen worden. Insbesondere haben wir die sachliche Richtigkeit der in /9/ dokumentierten Rechenergebnisse und die korrekte Durchführung der in /10/ dargestellten Versuche nicht geprüft. Weiterhin haben wir die /9/ enthaltenen Aussagen bezüglich der für das Öffnen und Offenhalten der Fernschaltventile erforderlichen Drücke nicht geprüft.

Wirksamkeitsbestimmende Größen

Generell gilt im Hinblick auf Sprühwasserlöschanlagen, dass diese vorgesehen sind für Anwendungsbereiche, in denen mit einer schnellen Brandausbreitung zu rechnen ist – siehe z.B. /12/, /15/, /16/. Im Brandfall sollen mit diesen Anlagen kurzfristig erhebliche Wassermengen freigesetzt werden, die sich großflächig über die gesamte Schutzfläche verteilen sollen. Zu diesem Zweck sind Sprühwasserlöschanlagen aufgebaut aus einer Kombination von Löschdüsen, wobei das durch die Düsen austretende Löschwasser in feine Tröpfchen dispergiert wird. Das Sprühlöschen vergrößert die Löschwasserfläche, bindet die Verbrennungswärme und kühlt dadurch das Brandgut. Zum Kühleffekt addiert sich ein Stickeffekt, indem der entstehende Wasserdampf die Sauerstoffzufuhr zum Brandherd behindert /15/.

Relevant für die Effektivität von Sprühwasserlöschanlagen sind daher

- der Löschwassermassenstrom und
- der Druck an den Düsen.³

Diese Größen bestimmen zusammen mit der Düsenkonstruktion auch die Größenverteilung der dispergierten Löschwassertröpfchen, die relevant für die Oberflächenvergrößerung des pro Zeiteinheit zugeführten Löschwasserstroms und damit für die Effektivität der Abkühlwirkung sowie das Ausmaß der Dampfbildung ist.

Für die in den Sprühwasserlöschanlagen eingesetzten Düsen besteht folgender Zusammenhang zwischen der Ausflussrate Q aus der Düse (in l/min) und dem Druck an der Düse P (in bar):

³ „Für den effektiven Einsatz von Sprühwasserlöschanlagen muss die Wasserversorgung die benötigte Wassermenge mit richtig bemessenem Druck liefern. Dafür wird die Löschanlage an ein leistungsfähiges Trinkwasser- oder Betriebswassernetz angeschlossen. Über Druckluftwasserbehälter oder Pumpen wird die erforderliche Löschwassermenge aus Vorrats- oder Zwischenbehältern entnommen.“ /17/

$$Q = k \cdot \sqrt{P} \quad [1]$$

Die Proportionalitätskonstante k, der k-Faktor, ist ein Charakteristikum der jeweiligen Düse.

Der durch die Löschdüsen austretende Massenstrom und der Druck an der Düse sind gemäß Gleichung [1] miteinander gekoppelt. Die Größe, die u.E. den Einfluss reduzierter Drücke an den Löschdüsen integral am besten charakterisiert, ist der der Düse austretende kinetische Energiestrom $\dot{m} \cdot v^2$ (\dot{m} : aus der Düse austretender Massenstrom; v^2 : Austrittsgeschwindigkeit des Wassers). Er beinhaltet den Massenstrom sowie die kinetische Energie des Wassers. Der Massenstrom ist relevant für die Wasserdichte im Sprühbereich und die Wasserbeaufschlagung der auslegungsrelevanten Flächen. Die kinetische Energie beeinflusst die Wurfweiten, die Flächenabdeckung sowie die Zerstäubung des Wassers.

Der potenzielle Einfluss einer Änderung des Drucks an der Düse kann anhand folgender einfacher Betrachtungen illustriert werden. Sinkt der Druck an der Löschdüse von 2,5 bar auf 1 bar, so gilt:

- die kinetische Energie der aus der Düse austretenden Wasserteilchen vermindert sich um 60 %, da sie proportional zum Druck an der Düse ist;⁴
- der durch die Düse austretende Massenstrom vermindert sich um 37 %, da er proportional zur Quadratwurzel des Drucks an der Düse ist;
- der aus der Düse austretende (kinetische) Energiestrom $\dot{m} \cdot v^2$ sinkt um 75 %.

Angaben aus der Systembeschreibung „SG-Feuerlöschsystem“ /11/

In /9/ werden für die Untersuchung der Wirksamkeit der Ersatzspeisung Rechenwerte für Massenströme und Düsendrücke angegeben. Diese Werte werden im Folgenden verglichen mit den Angaben zu Massenströmen und Düsendrücken in der Systembeschreibung /11/, in Abschnitt A1.1 für den Fall der Löschwasserversorgung über das Werkwassersystem und in Abschnitt A1.2 für den Fall der Löschwasserversorgung über einen A-Schlauch.

In /11/ sind für die Sprühwasserlöschanlagen im Reaktorgebäude folgende Massenströme angegeben:

- SGD 09 (Ölbehälterräume HKMP im UJA), Massenstrom: 10 kg/s;
- SGD 10 (Ölrohrleitungen HKMP im UJA), Massenstrom: 14 kg/s;
- SGD 11 (Dampferzeugerunterräume im UJA), Massenstrom: 60 kg/s;
- SGD 56 (Leistungskabeltrassen Reaktorringraum UJB), Massenstrom: 70/70/20/20 kg/s;
- SGD 57 (Steuer- und Messkabeltrassen Reaktorringraum UJB), Massenstrom: 40/20/10/10/20 kg/s.

Gemäß /11/ darf, um einen günstigen Sprühwinkel zu erreichen, der hydrodynamische Druck an den Düsen der Sprühwasserlöschanlagen nicht unter 2,5 bar sinken.

⁴ Die kinetische Energie ist relevant für die Trajektorien der Löschwassertröpfchen unter dem Einfluss der Schwerkraft sowie des ggf. zusätzlich auftretenden thermischen Auftriebs im Brandfall.

A.1.1 Massenströme und Drücke an Sprühdüsen bei Löschwasserversorgung durch das Werkwassersystem

In der Unterlage /9/ sind Ergebnisse von Druckverlustberechnungen für die Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 und SGD 10 im UJA durch das Werkwassersystem, die von der Kraftanlagen Heidelberg GmbH (KAH) im März 2012 durchgeführt wurden, dokumentiert. Zu Grunde gelegt wird die Wasserzuführung gemäß Freischaltliste /6/, die eine automatische Inbetriebnahme (SGD 09) bzw. eine fernbetätigte Inbetriebnahme von der Warte aus (SGD 09 und SGD 10) gewährleisten hätte.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 ergibt der Vergleich der in /9/ angegebenen hydraulischen Berechnungsergebnisse mit den Auslegungswerten der Systembeschreibung /11/ folgende Resultate:

- Der berechnete Massenstrom beträgt 9,18 kg/s. Er liegt damit bei ca. 92 % des Wertes gemäß Systembeschreibung (10 kg/s).
- Die berechneten Drücke an den Sprühdüsen liegen alle unterhalb des in der Systembeschreibung genannten Werts von 2,5 bar. Für die ungünstigste Düse liegt der Wert bei 1,0 bar. Demgegenüber wird bei einer Löschwasserversorgung über den regulären Weg (SGA60) an der ungünstigsten Düse ein Druck von 2,5 bar erreicht, was dem in der Systembeschreibung /11/ genannten Wert entspricht.⁵

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 10 ergibt der Vergleich der in /9/ angegebenen hydraulischen Berechnungsergebnisse mit den Auslegungswerten der Systembeschreibung /11/ folgende Resultate:

- Der berechnete Massenstrom beträgt 7,98 kg/s. Er liegt damit bei 57 % des Wertes gemäß Systembeschreibung (14 kg/s).
- Zu Drücken an den Sprühdüsen liegen in /9/ keine Werte vor. Aufgrund des im Vergleich zu SGD 09 höheren Drucks am Verteiler vor den Fernschaltventilen und dem geringeren Massendurchsatz wird in /9/ davon ausgegangen, dass der Druck an der ungünstigsten Düse höher ist als bei SGD 09 und damit oberhalb von 1,0 bar liegt.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 11, 56 und 57 werden in /9/ keine Ergebnisse dargestellt. Gemäß Systembeschreibung Werkwassersystem /14/ stehen für eine Ersatzeinspeisung durch das Werkwassersystem abzüglich der ständigen Verbraucher netto 17,2 kg/s für die Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen im Reaktorgebäude zur Verfügung. Verglichen mit den Auslegungswerten des Massenstroms gemäß Systembeschreibung /11/

- SGD 11 (im UJA): 60 kg/s,
- SGD 56 (im UJB) 70/70/20/20 kg/s sowie
- SGD 57 (im UJB) 40/20/10/10/20 kg/s

ist der Massenstrom gemäß /14/ für die Anlagen SGD 11, sowie die größeren Anlagen SGD 56 und 57 deutlich geringer als in /11/ vorgegeben. Für die kleineren Anlagen von SGD 56 und 57 wären Druckverlustberechnung erforderlich, um das Ausmaß der Abweichungen festzustellen.

⁵ KKP gibt in einem Schreiben vom 6. Februar 2012 /13/ an, dass gemäß der Richtlinie /12/ ein Druck von 2 bar an der ungünstigsten Düse anzusetzen sei. Dieser Druck wäre somit zumindest bei den Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 nicht erreicht worden

A.1.2 Massenströme und Drücke an Sprühdüsen bei Löschwasserversorgung durch A-Schlauchverbindung

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 09 und 10 enthält /9/ das Ergebnis einer Berechnung des Druckverlusts bei deren Versorgung durch Anschluss der Prüf- und Spülleitungen SGA70 an die Ringleitung des Feuerlöschsystems mittels A-Schlauchverbindung. Für diese Fälle erfolgte die Berechnung für eine direkte Wasserzuführung zu den SGA70 Armaturen an den Löschanlagen, die im Brandfall ein Betreten des Containments mit Handmaßnahmen an den Löschanlagen vor Ort erfordert hätte.

Für diese Sprühwasserlöschanlagen werden die Massenstromwerte aus /11/ bei einem Druck in Höhe von 10,37 bar am Verteiler vor der Ventilstation erreicht. Vor diesem Hintergrund würde sich im Realfall ein gegenüber Rechnung höherer Durchsatz bei gleichzeitig niedrigerem Druck am Verteiler vor der Ventilstation ergeben. Durchsatz und Ventildrücke liegen damit deutlich oberhalb der Auslegungswerte, wobei sich für diese Variante ggf. für einen Teil der Sprühdüsen ein Druck oberhalb des vom Düsenhersteller spezifizierten Bereichs (d.h. oberhalb von 4 bzw. 6 bar) ergeben könnte.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 (Dampferzeugerräume) enthält die Unterlage /9/ eine Berechnung des Druckverlusts bei Versorgung durch Anschluss der Prüf- und Spülleitungen SGA70 an die Ringleitung des Feuerlöschsystems mittels A-Schlauchverbindung vom Überflurhydranten SGA10 AA004 zum Anschluss SGA70 AA029 im UJB. Die Berechnung erfolgte für die direkte Wasserzuführung innerhalb des Containments zu den SGA70 Armaturen an den Löschanlagen, die im Brandfall ein Betreten des Containments mit Handmaßnahmen an den Löschanlagen vor Ort erfordert hätte.

Für diesen Pfad zur Löschwasserversorgung der Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 ergibt der Vergleich der in /9/ angegebenen Berechnungsergebnisse mit den Auslegungswerten der Systembeschreibung /11/ folgende Resultate:

- Der berechnete Massenstrom beträgt 39,92 kg/s. Er liegt damit bei ca. 67 % des gemäß Systembeschreibung erforderlichen Massenstroms von 60 kg/s.
- Die berechneten Drücke an den Sprühdüsen liegen zumindest für 48 von 51 Düsen unterhalb des in der Systembeschreibung genannten Werts von 2,5 bar. Für die ungünstigste Düse liegt der Wert bei 1,05 bar. Demgegenüber wird bei einer Löschwasserversorgung über den regulären Weg (SGA60) an der ungünstigsten Düse ein Druck von 2,5 bar erreicht, was dem in der Systembeschreibung /11/ genannten Mindestdruck entspricht.⁶
- Wir gehen davon aus, dass sich die Druck- und Durchsatzverhältnisse bei einer Versorgung der Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 über den gemäß Freischaltliste innerhalb des Containments vorgesehenen Weg (Versorgung über Hydrantensteigleitungen), der eine fernbetätigte Inbetriebnahme der Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 über das Öffnen der Fernschaltventile ermöglicht hätte, noch ungünstiger darstellen. Für diese Variante ist keine Berechnung vorgelegt worden.

Für die Sprühwasserlöschanlagen SGD 56 und 57 im Ringraum

- SGD 56 (Leistungskabeltrassen Reaktoringraum UJB), Massenstrom gemäß /11/: 70/70/20/20 kg/s und
- SGD 57 (Steuer- und Messkabeltrassen Reaktoringraum UJB), Massenstrom gemäß /11/: 40/20/10/10/20 kg/s

⁶ KKP gibt in einem Schreiben vom 6. Februar 2012 /13/ an, dass gemäß /12/ ein Druck von 2 bar an der ungünstigsten Düse anzusetzen sei. Dieser Druck wäre somit bei einem Großteil der Düsen der Sprühwasserlöschanlagen SGD 11 nicht erreicht worden.

sind von KKP keine zusätzlichen Analysen zur Ermittlung der Durchsätze und der Drücke an den Sprühdüsen bei einer Löschwasserversorgung über die A-Schlauchverbindung vorgelegt worden.

A.1.3 Konsequenzen reduzierter Massenströme und Drücke an Sprühdüsen

In /9/ wird für die Fälle, in denen bei den hydraulischen Berechnungen die auslegungsgemäßen Düsendrücke gemäß /11/ nicht erreicht werden, angegeben, dass trotzdem von einer flächenbedeckenden Wasserbeaufschlagung ausgegangen werden könne. Diese Aussage erfolgt auf Basis der Datenblätter des Düsenherstellers in Kombination mit den Ergebnissen der KKP Versuche zur Ermittlung des Sprühbildes im Falle reduzierter Düsendrücke /10/.

Hierzu ist aus unserer Sicht festzustellen, dass Aussagen zur Wirksamkeit von Löschwassersprühanlagen bei reduzierten Massenströmen oder Düsendrücken (gegenüber den im atomrechtlichen Verfahren als wirksam bestätigten Auslegungswerten) einer adäquaten Nachweisführung bedürfen. Inwieweit die in /9/ bzw. /10/ dokumentierten Daten im Rahmen einer solchen Nachweisführung belastet werden können, wäre im Detail im Rahmen einer brandschutztechnischen Begutachtung zu klären. Hierbei wären u. a. folgende Aspekte zu prüfen:

- Von KKP wurden neu Versuche mit einzelnen Düsen durchgeführt. Die erzielten Sprühbilder weichen für den Wert von 2,5 bar gemäß /10/ unterschiedlich stark mit den vom Hersteller angegebenen Sprühbildern ab. Für Düsendrücke von 1,0 bar und 0,5 bar ergeben sich zusätzliche Abweichungen von den vom Hersteller spezifizierten Sprühbildern. Da sich das Sprühbild der einzelnen Düsen in Abhängigkeit vom Druck und vom Düsentyp verändert, kann nicht pauschal davon ausgegangen werden, dass die Sprühbilder von Kombinationen von Sprühdüsen (kompletten Sprühanlagen) unverändert bleiben. Untersuchungen zur druckabhängigen Änderung der Sprühbilder der Kombinationen von Sprühdüsen, so wie sie in den jeweiligen Sprühwasserlöschanlagen eingesetzt werden, wurden nicht durchgeführt (z. B. umfasst eine Löschanlage SGD 11 insgesamt 51 Sprühdüsen). Somit liegen keine Erkenntnisse vor, wie sich das Sprühbild der gesamten Sprühwasserlöschanlagen und nicht nur einzelner Düsen ändert. Die Aussage aus /9/, wonach von einer flächenbedeckenden Wasserbeaufschlagung ausgegangen werden könne, wäre für die Löschanlagen in ihrer Gesamtheit zu belegen.
- Es wäre zu prüfen, inwieweit bzw. unter welchen Bedingungen Sprühbilder bzw. Sprühbildvergleiche im Rahmen eines Wirksamkeitsnachweises einer Sprühwasserlöschanlage als ausreichende Bewertungsbasis herangezogen werden können.
- Mögliche Einflüsse einer Druckminderung an der Düse auf die Größenverteilung der dispergierten Löschwassertröpfchen wären zu prüfen.
- Der Einfluss der kombinierten (und kausal verknüpften) Unterschreitung von Auslegungswerten bei Löschwassermassenströmen und Düsendruck (relevant für den kinetischen Energiestrom des aus der Düse austretenden Löschwassers) auf die Effektivität der Sprühwasserlöschanlagen wäre zu bewerten.

Anhang 2: Liste der verwendeten Abkürzungen

AA	Arbeitsauftrag
ÄA	Änderungsanzeige
ÄO	Änderungsordnung
AS	Arbeitsschein
EnKK	EnBW Kernkraft GmbH
GHA	Kurzbezeichnung für das Werkwassersystem
HKMP	Hauptkühlmittelpumpe
KAH	Kraftanlagen Heidelberg GmbH
KKP	Kernkraftwerk Philippsburg
UJA	Kurzbezeichnung für den Reaktorgebäudeinnenraum
UJB	Kurzbezeichnung für den Reaktorgebäuderingraum
UKA	Kurzbezeichnung für Reaktorhilfsanlagegebäude
UM	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Wir versichern hiermit, die vorliegende Erwiderung unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen frei von Ergebnisweisungen erstellt zu haben.