

# **Kurzexpertise Sicherheit der vier Atomkraftwerke in Baden-Württemberg**

**Philippsburg- 1 und - 2 (KKP-1 und -2) Neckarwestheim-1 und -2 (GKN-1 und -2)**

**erstellt im Auftrag des  
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)**

Erstellt von: Dipl. Phys. Oda Becker,  
unter Mitarbeit von Dr. Helmut Hirsch (Anhang zu Neckarwestheim)

Hannover, März 2011

**Inhaltsverzeichnis**

1 Einleitung ..... 1

**2 Nachrüstliste ..... 2**

    2.1 Kritik ..... 3

    2.2 Theoretisches Potenzial ..... 4

**3 Nachrüstliste und die vier AKW ..... 5**

    3.1 Maßnahmen für alle vier ..... 5

    3.2 Neckarwestheim-1 (GKN-1) ..... 8

    3.3 Neckarwestheim-2 (GKN-2) ..... 8

    3.4 Philippsburg-1 (KKP-1) ..... 9

    3.5 Philippsburg-2 (KKP-2) ..... 10

    3.6 Terrorgefahr am AKW-Standort Philippsburg ..... 10

**4 Probleme hinsichtlich der Rahmenbedingungen ..... 12**

    4.1 Rolle der Gutachterorganisation ..... 12

    4.2 Personalausstattung der Aufsichtsbehörde ..... 13

**5 Schlussfolgerungen ..... 14**

|  |            |
|--|------------|
| <b>A 1 KKP-1</b> .....   | <b>A1</b>  |
| A 1.1 Laufzeitverlängerung .....   | A1         |
| A 1.2 Schwerwiegende Sicherheitsdefizite.....                                  | A1         |
| A 1.3 Meldepflichtige Ereignisse .....   | A6         |
| A 1.4 Zusammenfassende Diskussion der Schwachpunkte.....                       | A7         |
| <b>A 2 KKP-2</b> .....   | <b>A8</b>  |
| A 2.1 Laufzeitverlängerung und Sicherheitsstatus .....                         | A8         |
| A 2.2 Sicherheitsdefizite .....  | A9         |
| A 2.3 Meldepflichtige Ereignisse .....   | A11        |
| A 2.4 Zusammenfassende Diskussion der Schwachpunkte.....                       | A12        |
| <b>A 3 Terrorgefahr am Standort Philippsburg</b> .....                         | <b>A13</b> |
| A 3.1 Bedrohung durch Luftangriffe .....                                       | A13        |
| A 3.2 Bedrohung durch Bodenangriffe.....                                       | A14        |
| <br>   |            |
| <b>B 1 GKN-1</b> .....   | <b>B1</b>  |
| B 1.1 Laufzeitverlängerung .....   | B1         |
| B 1.2 Schwachpunkte im Vergleich zu neueren Anlagen.....                       | B1         |
| B 1.3 Meldepflichtige Ereignisse.....  | B4         |
| B 1.4 Zusammenfassende Diskussion der Schwachpunkte .....                      | B5         |
| <b>B 2 GKN-2</b> .....   | <b>B6</b>  |
| B 2.1 Laufzeitverlängerung und Sicherheitsanforderungen .....                  | B6         |
| B 2.2 Meldepflichtige Ereignisse.....  | B7         |
| B 2.3 Anforderungen im Zusammenhang mit schweren Unfällen .....                | B7         |
| B 2.4 Probabilistische Sicherheitsanalyse für GKN-2.....                       | B8         |
| B 2.5 Diskussion der Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalyse ..... | B10        |
| <br>   |            |
| <b>Quellenverzeichnis</b> .....  | <b>I</b>   |

## **1 Einleitung**

In der Vereinbarung zwischen den Energieversorgungsunternehmen und der damaligen rot-grünen Bundesregierung vom 14. Juni 2000 („Atom-Konsens“), die in die Atomgesetz-Novelle vom 27. April 2002 einging, wurden für die deutschen Atomkraftwerke Reststrommengen festgelegt. Zwei Atomkraftwerke (Stade: November 2003, Obrigheim: Mai 2005) wurden seither endgültig abgeschaltet, theoretisch wäre als nächstes Neckarwestheim-1 gefolgt. Durch verlängerte Stillstandszeiten und Teillastbetrieb verbrauchte die Anlage das zugeweilte Stromkontingent deutlich langsamer und ist jetzt das erste Atomkraftwerk, das seinen Weiterbetrieb der Novelle des Atomgesetzes verdankt (mit der 11. Änderung des Atomgesetzes vom 8. Dezember 2010 wurden den derzeit noch in Betrieb befindlichen Atomkraftwerken zusätzliche Elektrizitätsmengen zugewiesen). Hierdurch verlängern sich die Laufzeiten für Anlagen, die vor 1980 in Betrieb gingen um mindestens acht Jahre und für die jüngeren um mindestens 14 Jahre.

In Baden-Württemberg befinden sich insgesamt vier der 17 zurzeit noch in Deutschland betriebenen Atomkraftwerke, auf diese wirken sich die Laufzeitverlängerungen wie folgt aus:

- Neckarwestheim-1 (GKN-1), ein Druckwasserreaktor der Baulinie 2, soll nach Plänen des neuen Atomgesetzes mindestens 8 Jahre länger, also frühestens 2019 vom Netz gehen.
- Philippsburg-1 (KKP-1), ein Siedewasserreaktor der Baulinie 69, hätte Mitte 2012 abgeschaltet werden müssen und soll nun ebenfalls mindestens acht Jahre länger (bis 2020) laufen.
- Philippsburg- 2 (KKP-2), ein Druckwasserreaktor der Baulinie 3, (Vor-Konvoi-Anlage), ist schon mehr als 25 Jahre in Betrieb. Durch eine Laufzeitverlängerung um mindestens 14 Jahre bliebe die Anlage bis Mitte 2032 am Netz. Die Betriebszeit betrüge dann 47 Jahre – so lange ist bisher noch kein Atomkraftwerk weltweit in Betrieb.
- Neckarwestheim-2 (GKN-2), Druckwasserreaktor der Baulinie 4 (Konvoi-Anlage), dessen Laufzeit nach Plänen des neuen Atomgesetzes mindestens bis zum Jahr 2035 reichen soll also noch etwa 25 Jahre. Das entspräche einer Gesamtlaufzeit von ebenfalls 47 Jahren.<sup>1</sup>

Im Zusammenhang mit den Laufzeitverlängerungen verfasste das BMU eine Liste mit Anforderungen und Maßnahmen („Nachrüstliste“), die in den deutschen Atomkraftwerken bei einem Weiterbetrieb umzusetzen sind.

---

<sup>1</sup> Falls von älteren Anlagen noch Stromkontingente auf GKN-2 oder KKP-2 übertragen werden, was nach den gültigen gesetzlichen Regelungen ohne Zustimmung der Aufsichtsbehörde möglich ist, würde sich die Gesamtlaufzeit weiter verlängern.

Die älteren deutschen Anlagen, wie Philippsburg-1 und Neckarwestheim-1, weisen eine Reihe von auslegungsbedingten Defiziten und Schwachstellen auf, nur Nachrüstungen in erheblichem Umfang könnten überhaupt einen geringen Sicherheitsgewinn bringen. Laut Medienberichten werden seit Januar für Brunsbüttel und Krümmel Sachstandsanalysen erstellt, deren Ergebnisse voraussichtlich im April vorliegen werden. Ob sich ein Weiterbetrieb insbesondere von Brunsbüttel rechne, hänge laut Eon von den Kosten der Sicherheitsauflagen ab [FDT 2011; SZ 2011]. Laut Atomaufsichtsbehörde Baden-Württemberg<sup>2</sup> ist auch EnBW zurzeit dabei zu prüfen, ob sich für Neckarwestheim-1 eine Nachrüstung wirtschaftlich noch lohne. Bis zur Jahresmitte soll der Betreiber ein Konzept für die Ertüchtigung vorlegen. Die Kosten dafür werden laut Umweltministerium in der Größenordnung eines dreistelligen Millionenbetrags liegen [SWP 2011]. Für einen AKW-Betreiber könnten wirtschaftliche Gründe zu einem endgültigen Abschalten der Anlage führen. Zu den hohen Kosten für Umrüstungsmaßnahmen addiert sich noch eine Gewinneinbuße durch den Anlagenstillstand, die pro Tag im Bereich von 0,5 - 1 Millionen Euro liegt.

Auch die neueren deutschen Atomkraftwerke, wie Philippsburg-2 und Neckarwestheim-2, entsprechen nicht mehr dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik und wären bereits seit 1994 nicht mehr genehmigungsfähig.<sup>3</sup> Auch ihr Betrieb ist mit dem Risiko eines schweren Unfalls verbunden.

Ziel dieser Expertise ist die Defizite der Atomkraftwerke in Baden-Württemberg darzustellen. Dazu werden die Schwachstellen aufgezeigt und diskutiert, inwieweit diese voraussichtlich mit der „Nachrüstliste“ behoben werden können. In Kapitel 2 wird zunächst Kritik und theoretisches Potenzial der Liste diskutiert. Frage dabei ist, welche theoretische Möglichkeit die Aufsichtsbehörde hat, mithilfe der „Nachrüstliste“ eine Erhöhung des Sicherheitsniveaus der Atomkraftwerke zu veranlassen. In Kapitel 3 werden zunächst Maßnahmen/ Anforderungen der Nachrüstliste bewertend dargestellt, die für alle vier Anlagen relevant sind. Anschließend wird auf jede einzelne Anlage eingegangen. Eine detaillierte Darstellung der Defizite und deren möglicher Beseitigung befindet sich im Anhang. Für die jüngste Anlage Neckarwestheim-2 wird beispielhaft gezeigt, wie weit auch diese von den Anforderungen für neue Reaktoren entfernt sind. In Kapitel 4 wird kurz auf die wichtige Rahmenbedingung eingegangen.

Am Ende werden Schlussfolgerungen formuliert, auch im Hinblick auf notwendige Handlungsschritte der Aufsichtsbehörde.

## **2 Nachrüstliste**

In Zusammenhang mit den Laufzeitverlängerungen und der Einführung des neuen § 7 d des Atomgesetzes wurden von einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachrüstmaßnahmen in einer

---

<sup>2</sup> Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg, hier und im Weiteren kurz Umweltministerium

<sup>3</sup> Damals wurde die Genehmigung von neuen Atomkraftwerken durch die neue Bestimmung des § 7 Abs.2a AtG davon abhängig gemacht, dass die Auswirkungen einer Kernschmelze auf die engste Umgebung des Kraftwerks beschränkt bleiben. Diese Anforderung erfüllen auch die neueren Atomkraftwerke nicht [RENNEBERG 2010].

Liste „*Sicherheitstechnische Anforderungen / Maßnahmen zur weiteren Vorsorge gegen Risiken*“ zusammengestellt. Die sogenannte „Nachrüstliste“ enthält insgesamt 39 Maßnahmen, die in jedem Fall umzusetzen sind. Diese werden in zwei Prioritäten eingeteilt, innerhalb der Priorität wird zwischen kurzfristig sowie mittel- und langfristig unterschieden [BMU 2010].

## **2.1 Kritik**

An den Laufzeitverlängerung generell und auch speziell an der Nachrüstliste wurde von Sicherheitsexperten viel Kritik geäußert (siehe z. B. [BKU 2010, RENNEBERG 2010a; SPIEGEL 2010]. Kritisiert wird u.a.:

- Die Liste enthält keinen Bezug zum nationalen Regelwerk (weder zu den neuen Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke des BMUs noch zum KTA-Regelwerk) oder zu internationalen Sicherheitsnormen.
- Sie enthält nur generelle Formulierungen, aus denen nicht erkennbar ist, welche Anlagen jeweils betroffen sind (obwohl die Landesaufsichtsbehörden beteiligt waren).
- Zum Teil werden lediglich Anforderungen formuliert, die entsprechenden Nachrüstungen müssen noch entwickelt werden.
- Wesentliche Nachrüstungen rangieren in der zweiten Prioritätsstufe, was bedeutet, dass erst nach anlagenspezifischer Prüfung und probabilistischen Analysen entschieden werden soll, ob sie überhaupt umgesetzt werden.
- Für die neueren Anlagen greifen die meisten Maßnahmen nicht, weil ihr Anforderungsniveau zu allgemein und zu niedrig ist.
- Für die alten Anlagen sind die festgelegten Fristen für die entscheidenden Maßnahmen zu lang.<sup>4</sup>

In einer Studie lautet die Bewertung der Nachrüstliste: die Laufzeitverlängerung werde trotz der bekannten sicherheitstechnischen Schwächen der alten Atomkraftwerke gewährt, ohne dass grundlegende Nachrüstungen in vertretbaren Fristen angeordnet werden. Zugleich werde die gesetzlichen Sicherheitsmaßstäbe durch den neu eingeführten § 7 d AtG abgesenkt, um den Weiterbetrieb der Altanlagen ohne die erforderlichen Nachrüstungen rechtlich rechtfertigen zu können. Dagegen gerichtete gerichtliche Klagen sollen nicht mehr zulässig sein. Praktisch kann so auf eine wirksame Nachrüstung verzichtet werden [RENNEBERG 2010a].

Laut BMU wird hingegen die Sicherheit deutscher Atomkraftwerke durch die Atomgesetz-Novelle und die Einführung des neuen § 7 d AtG deutlich erhöht. Die neue Bestimmung erlaube jetzt den Behörden, auch solche Maßnahmen zu verlangen, die bislang nicht als erforderlich angesehen wurden oder deren Erforderlichkeit umstritten ist. Sie verbessere die Eingriffsmöglichkeiten der Behörden und verschärfe die Verpflichtungen der Betreiber [BMU 2010].

Wie in der Praxis verfahren wird, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch offen, sowohl die atomrechtlichen Aufsichtsbehörden als auch die Gerichte werden Neuland betreten müssen.

---

<sup>4</sup> Bisher bedeutete mittel- bis langfristig im Sprachgebrauch der Atomverwaltung fünf bis zehn Jahre [RENNEBERG 2010a].

Bei aller an dieser oder andere Stelle vorgetragenen Kritik an der Nachrüstliste enthält diese auch ein Eingeständnis der vorhandenen Schwachstellen und Sicherheitsdefizite, insbesondere der alten, deutschen Atomkraftwerke. Auch so kann und so muss die Nachrüstliste gelesen werden. Allerdings enthält die Liste große „Hintertüren“.

## **2.2 Theoretisches Potenzial**

Wesentliche Auslegungsdefizite lassen sich durch Nachrüstungen nicht beseitigen, da ein erheblicher Teil der Sicherheitsstandards bereits bei der Auslegung der Atomkraftwerke festgelegt wird. An dieser Tatsache ändert auch die Nachrüstliste nichts.

Bisher durchgeführte Nachrüstungen erreichen nicht immer das sicherheitstechnisch erforderliche Sicherheitsniveau, weil sich dieses in einer bereits gebauten Anlage – wenn überhaupt – in vielen Fällen nur durch große Umbaumaßnahmen herstellen lässt. Das betrifft z.B. den Brandschutz. Theoretisch bietet die Nachrüstliste der Aufsichtsbehörde die Möglichkeit im gewissen Rahmen umfangreicher Baumaßnahmen, wie die erforderliche räumliche Trennung von Sicherheitssystemen, durchzusetzen.

Besonders problematisch ist jedoch dabei der Zeitfaktor. Die Planung und Genehmigung der Nachrüstungen dauern einige Jahre. Bisher war es Praxis der Betreiber, Nachrüstungen über Jahre verteilt in der geplanten Stillstandzeit für Revision/Brennelementwechsel durchzuführen, um wirtschaftliche Einbußen durch zusätzliche Stillstandzeiten zu vermeiden. Da in der Nachrüstliste keine festen Fristen genannt werden und viele wichtige Maßnahmen den Zusatz „mittel- und langfristig“ haben, was bisher – wie bereits erwähnt – ein Zeitrahmen von fünf bis zehn Jahren bedeutete, besteht die Gefahr, dass Nachrüstungen weiterhin verschleppt werden. Die Landesbehörde hat andererseits aber auch die Möglichkeit die Fristen selbst zu wählen und auf diese Art und Weise eine schnelle Umsetzung zu erzwingen.

Nachrüstungen wurden in den letzten Jahren, auch mit Blick auf nur noch kurze Restlaufzeiten, häufig nicht mehr umgesetzt, wie z. B. in Neckarwestheim-1. Diese Begründung kann jetzt nicht mehr gelten. Dazu muss die Behörde aber sofort und umfassend aktiv werden, und zumindest geplante bzw. beantragte Verfahren sofort umsetzen lassen.

Bisher haben wirtschaftliche Erwägungen Nachrüstungen verhindert. Die Betreiber von Atomkraftwerken sind laut Atomgesetz dazu verpflichtet, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zum Schutz von Leben und Gesundheit „erforderliche Vorsorge“ gegen Schäden zu gewährleisten. Das was „erforderlich“ ist, wird aber nicht nur von sicherheitstechnischen Kriterien bestimmt, sondern auch von wirtschaftlichen. Eine Nachrüstung kann die zuständige Aufsichtsbehörde nur unter Beachtung des Verhältnismäßigkeitsprinzips erzwingen.<sup>5</sup> Kriterium für die Angemessenheit ist die Zumutbarkeit für den Betreiber [BUND 2009b]. Da durch die Laufzeitverlängerungen ein anderer Sachstand geschaffen wurde, hat die Landesbehörde nach Aussage des BMU nun mehr Möglichkeiten Nachrüstungen zu verlangen.

---

<sup>5</sup> Der bestehende Beurteilungs- und Ermessensspielraum wurde bisher von der zuständigen Landesatomaufsicht in unterschiedlicher Weise ausgeübt. Daher haben die Anlagen auch einen anderen Stand [BMU 2008].

Hinsichtlich der Nachrüstungen muss auch bedacht werden, dass diese nicht automatisch den sicherheitstechnischen Zustand verbessern, sie können zunächst auch negative Auswirkungen haben. Die Ausfallrate von Komponenten ist statistisch gesehen zu Beginn durch Fehler bei Fertigung und Einbau hoch. Umfangreichen Nachrüstungen bzw. Anlagenänderungen führen oft zu Folgefehlern. Diese Gefahr ist hoch, da die Ursache für meldepflichtige Ereignisse in deutschen Atomkraftwerken allgemein und konkret in den AKW Philippsburg und Neckarwestheim (siehe Anhang A und B, Kap. A 1.3 und A 2.3 sowie B 1.3 und B 2.2) häufig auf Mängel in der Betriebsführung (z. B. bei Arbeitsanweisungen und Qualitätskontrollen) zurückzuführen ist [BUND 2009b]. Daher ist auch parallel zu einer technischen Umrüstung der Anlagen eine Umsetzung der diesbezüglichen Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebsorganisation (siehe Kapitel 3.1) wichtig.

### **3 Nachrüstliste und die vier AKW**

In diesem Kapitel sollen beispielhaft einige wichtige Anforderungen/Maßnahmen der Nachrüstliste und die sich daraus ergebenden Handlungsanforderungen an die Aufsichtsbehörde dargestellt werden. Zunächst werden Punkte diskutiert, die für alle vier Atomkraftwerke in Baden-Württemberg relevant sind.

Eine Diskussion zum Sicherheitsniveau und der möglichen Verbesserung durch Maßnahmen gemäß Nachrüstliste für die einzelnen Anlagen befindet sich im Anhang. Die Ergebnisse werden zusammenfassend in den anschließenden Unterkapiteln dargelegt.

#### **3.1 Maßnahmen für alle vier**

In der Nachrüstliste sind Anforderungen hinsichtlich **erweiterter Sicherheitsüberprüfungen** (I a) formuliert, diese betreffen die Alterung der Komponente sowie die Alterung der Sicherheitsnachweise. Bei bisherigen Analysen zur Auswirkung von physikalischen Alterungsvorgängen wurden die daraus abgeleiteten Entscheidungen im Hinblick auf die bisher gültigen Restlaufzeiten gefällt. Diese Entscheidungen müssen nun angesichts der Laufzeitverlängerungen überprüft werden. Eine konsequente Überprüfung der Sicherheitsanalysen könnte als Grundlage dafür dienen, dass der theoretisch vorhandene Sicherheitszustand, auch real vorhanden ist (siehe Anhang, Kap. A 2.2). Die Verbesserung des realen Sicherheitsniveaus hängt davon ab, wie schnell und in welchem Umfang die Aufsichtsbehörde aus den Ergebnissen der Analysen konkrete Maßnahmen ableitet und die Umsetzung einfordert.

Die Liste enthält drei **personelle bzw. organisatorische Anforderungen**, die kurzfristig umgesetzt werden sollen. Diese machen zwar die Anlagen technisch nicht sicherer, sind aber dennoch Voraussetzung für einen sicheren Betrieb im Rahmen der technischen Möglichkeiten. Sie weisen aber auch auf eklatante Defizite der Atomkraftwerke hin:

Gefordert wird die Entwicklung eines prozessorientierten Managementsystems inklusive Sicherheitsmanagement, Alterungsmanagement und Qualitätsmanagement (I b 1). Ein Managementsystem sollte Grundvoraussetzung für den Betrieb eines Atomkraftwerks sein. Interna-



tionale Erfahrungen zeigen, dass sowohl Fehlhandlungen des Personals und als auch technische Defekte auf Mängel in der Betriebsführung zurückzuführen sind<sup>6</sup> [BÄRO 2007].

Die Anzahl der meldepflichtigen Ereignisse wird international als ein Sicherheitsindikator für Atomkraftwerke verwendet. Störungsfreier Normalbetrieb, also auch die Vermeidung von Ereignissen der INES-Stufe 0 und insbesondere die Vermeidung von Ereignissen der INES-Stufe 1 (Störung) gilt Basis für einen sicheren Betrieb.

In den vier baden-württembergischen Anlagen traten jedoch in den letzten zehn Jahren insgesamt 17 Ereignisse der INES-Stufe 1 auf. Das sind verhältnismäßig viele, nicht nur gemessen an der Gesamtzahl (rund 30) derartiger Ereignisse in diesem Zeitraum in Deutschland [BMU 2001-2010]. Viele dieser Ereignisse wiesen auf Mängel in der Betriebsführung hin. Auch die beiden einzigen Ereignisse der INES-Stufe 2 traten in diesem Zeitraum in einem AKW in Baden-Württemberg auf (Philippsburg-2) (siehe Anhang A, Kap. 2.3)

Laut BMU ist die Installation des Alterungsmanagementsystems in den deutschen Anlagen weit fortgeschritten, die Implementierung wird von den Aufsichtsbehörden intensiv begleitet. Weiterhin ist in den deutschen Anlagen bereits oder wird in den deutschen Anlagen derzeit ein prozessorientiertes integriertes Managementsystem umgesetzt [BMU 2010a].

Da die Umsetzung dieser Anforderung dringend erforderlich ist, sollte die Aufsichtsbehörde schnellst möglich, die Implementierung in allen Atomkraftwerken in Baden-Württemberg fordern. Ansonsten muss der Leistungsbetrieb ausgesetzt werden.

Gefordert werden auch ergänzende Maßnahmen zum Ausbildungs- und Kompetenzerhalt für Schichtleitung und –personal (I b 2) sowie Sicherstellung der Kompetenz beim Betreiber für die Belange eines längeren Betriebs (I b 3). Die ergänzenden Maßnahmen betreffen auch das Erlangen neuer Kompetenzen bezüglich auslegungsüberschreitender Unfälle.

Eine nicht ausreichende Fachkompetenz, verschärft durch Generationswechsel<sup>7</sup> und Fachkräftemangel, kann ein ernsthaftes Problem in deutschen Atomkraftwerken werden. Am Beispiel Krümmel<sup>8</sup> wurde deutlich, dass eine Aufsichtsbehörde auch in diesem Bereich verpflichtet ist, den Betreiber zu kontrollieren und gegebenenfalls den Leistungsbetrieb der Anlage zu stoppen [WELT 2010]. Für die Umsetzung dieser Anforderung sollte schnellst möglich konkrete und zeitlich determinierte Schritte gefordert werden.

Für den Bereich Optimierung der Betriebsführung sind Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlendosis des Personals formuliert. Eine in der Strahlenschutzverordnung gesetzlich verankerte Minimierung der Strahlenexposition von Beschäftigten sollte Grundvoraussetzung für

---

<sup>6</sup> Laut Untersuchungen sind rund 20 % dieser Ereignisse auf technische und 80 % auf menschliche Fehler zurückzuführen. Letztere beruhen zu 70 % auf Defizite in der Betriebsorganisation und zu 30 % auf individuellen Fehlern.

<sup>7</sup> [BMU 2010a]

<sup>8</sup> Die vorgesehene neue Kraftwerksleiterin bestand die Fachkundeprüfung für Schichtleiter in einem AKW nicht [WELT 2010].

den Betrieb einer Atomanlage sein. Damit reduziert sich die Gefahr, die im Normalbetrieb von der Anlage ausgeht, für die Mitarbeiter und ihre Familien. Auch diesen Maßnahmen sollten daher schnellst möglich umgesetzt werden.

Die Nachrüstliste sieht Maßnahmen für eine Erhöhung der Sicherheit im Nichtleistungsbetrieb vor. Dies ist geboten, da auch im Nichtleistungsbetrieb, eine nicht unerhebliche Gefährdung von der Anlage ausgeht. Neben zwei konkreten Einzelmaßnahmen und einer Erweiterung von Messeinrichtungen usw. ist allerdings nur eine Prüfung gefordert, ob weitere Maßnahmen sinnvoll sind (I c 11). Hier stellt sich die Frage, nach welchen Kriterien und von wem bestimmt wird, was „sinnvoll“ ist. Die Aufsichtsbehörde sollte auch hier schnellst möglich tätig werden und nach den Prüfungen konkrete Maßnahmen fordern, dabei sollte sie sich am internationalen Stand der Technik orientieren.

Als eine präventive Maßnahmen im Rahmen des Notfallschutzes soll kurzfristig eine mobile Stromversorgung im Falle des kompletten Versagen der Stromversorgung (Station-Black-Out) für alle Reaktoren (III c 7) vorgehalten werden. Da Atomkraftwerke von einer ununterbrochenen Stromversorgung abhängig sind, verfügen sie über eine mehrfache Netzanbindung. Fällt diese aus, soll die Notstromversorgung, die aus Notstromdiesel gespeist wird, einspringen – aber die Notstromdiesel haben sich als störungsanfällig gezeigt. Daher sollte sich die Aufsichtsbehörde bemühen, dass diese Maßnahme (auch wenn sie nur die Priorität 2 hat) umgesetzt wird und das möglichst schnell, damit auch in KKP-1 und GKN-1 noch eine gewisse Erhöhung der Sicherheit für den Notstromfall eintritt.

Die Nachrüstliste enthält einige Maßnahmen/Anforderungen, die die Basis schaffen können, um im Falle eines auslegungsüberschreitenden Unfalls überhaupt ansatzweise die Möglichkeit zu haben, eine Katastrophe zu verhindern oder zumindest die Auswirkungen zu mindern. Die Gefährdung durch einen schweren Unfall besteht auch bei dem jüngsten der vier Reaktoren GKN-2, sie ist aber bei den beiden älteren Reaktoren KKP-1 und GKN-1 deutlich höher. Daher sollten die entsprechenden Anforderungen unbedingt schnellst möglich umgesetzt werden.<sup>9</sup> Kurzfristig umgesetzt werden sollen die Entwicklung von Severe Accident Management Guidelines (SAMGs) (I c 18) sowie die Installation geeignete Probenentnahmesysteme im Sicherheitsbehälter (I c 19).

Weiterhin sollen rechnergestützte Diagnose- und Prognosehilfsmittel zur Ermittlung der radiologischen Lage für die Unterstützung des anlageninternen Krisenstabs im Falle eines Unfalls entwickelt werden (I c 22). Alle drei Maßnahmen sind absolut notwendig zur Unterstützung des Katastrophenschutzes. Warum die letzte Maßnahme nur den Zeithorizont mittel- und

---

<sup>9</sup> Diese Anforderungen enthalten auch das Eingeständnis der atomrechtlichen Aufsichtsbehörden, dass das Risiko eines schweren Unfalls besteht sowie die ernsthafte Forderung an die Betreiber sich auf eine derartige Situation vorzubereiten.

langfristig zugeordnet hat, ist nicht verständlich. Die Aufsichtsbehörde sollte eine sofortige Umsetzung aller Maßnahmen bezüglich eines auslegungsüberschreitenden Unfalls fordern.<sup>10</sup>

### **3.2 Neckarwestheim-1 (GKN-1)**

GKN-1 weist im Vergleich mit neueren Anlagen zahlreiche Schwächen und Mängel auf, diese wurden im ablehnenden Bescheid des BMU zur Übertragung von Elektrizitätsmengen von GKN-2 auf GKN-1 aufgezeigt [BMU 2008]. Gemäß Nachrüstliste sind für einige der identifizierten Schwachpunkte Maßnahmen vorgesehen, die geeignet sind, sie zu beheben. Jedoch haben alle Maßnahmen den Zeithorizont „mittel- und langfristig“ zugeordnet und bisher wurde nicht deutlich, was das bedeutet.

Maßnahmen zu drei dieser Punkte wurden bereits 2007 vom Betreiber EnBW beantragt (Zusatzboilersystem, diversitäre Nachwärmeabfuhr sowie Redundanztrennung beim Notstromsystem) [ENBW 2007]. Doch auch in diesen Fällen ist offen, wann mit einer Realisierung zu rechnen ist, da diese nun mehr im Rahmen der Umsetzung der Nachrüstliste erfolgen soll.<sup>11</sup> Die Implementierung einer diversitären Nachwärmeabfuhr hat lediglich Priorität 2, was bedeutet, dass erst nach anlagenspezifischer Prüfung und probabilistischen Analysen entschieden werden soll, ob sie überhaupt umgesetzt wird. Das gilt auch für weitere wichtige Punkte (Bruchausschluss im Primärkreislauf, Flutbehälterinhalt und Brandschutz).

Bei anderen Punkten sind keine wesentlichen Verbesserungen zu erwarten (Bruch im Frischdampf-/Speisewassersystem) oder auch gar nicht vorgesehen (Schutz gegen Erdbeben). Hinsichtlich des Schutzes gegen Flugzeugabsturz ist nicht abzusehen, wann eine Errichtung von baulichen Strukturen erfolgen könnte, es ist noch nicht einmal abzusehen, wann und ob es ein umsetzbares Konzept geben wird.

Insgesamt ist somit allenfalls eine sehr begrenzte Erhöhung des Sicherheitsniveaus zu erwarten, die erst mit einer Verzögerung von mindestens einem Jahr wirksam wird. Ob und wie schnell die Umsetzung der möglichen Verbesserungen erfolgt, hängt stark von dem Agieren der Aufsichtsbehörde ab.

### **3.3 Neckarwestheim-2 (GKN-2)**

Einige wichtige Maßnahmen/Anforderungen, die für alle vier Anlagen so auch für GKN-2 gelten werden in Abschnitt 3.1 diskutiert. Die technischen Anforderungen der Liste greifen für GKN-2 kaum, da sie sich an den Schwachstellen älterer Anlagen orientieren.

---

<sup>10</sup> Anzumerken ist, dass die Landesregierungen Baden-Württemberg, die für den Katastrophenschutz im Falle eines schweren Unfalls mit massiven Freisetzungen verantwortlich ist, ihre Planungen öffentlich machen sollte. Die Bevölkerung sollte vorbereitend auf den Ernstfall informiert sein, (auch damit sie sich ein Bild machen kann, mit welcher Gefährdung sie nach Verlängerung der Laufzeiten noch mindestens 25 Jahre leben wird.)

<sup>11</sup> Laut Medienbericht hat die Atomaufsichtsbehörde Baden-Württemberg dem Betreiber EnBW eine Frist bis zum Jahresende gegeben, um für die Umsetzung der erforderlichen Nachrüstungen, die „in weiten Teilen“ mit Maßnahmen übereinstimmen, die EnBW bereits 2007 beantragt hat, zu sorgen [SWP 2011].

Neckarwestheim-2 wird zwei bis drei Jahrzehnte parallel mit neuen Atomkraftwerken, die zurzeit errichtet bzw. geplant werden, in Betrieb sein. Außerdem wird die Grenze zum Langzeit-Betrieb, deutlich überschritten, da GKN-2 nach jetzigen Plänen mindestens 47 Jahre in Betrieb bleiben wird. Es erscheint daher angemessen, die Sicherheitsziele und – anforderungen, wie sie international für neue Anlagen formuliert wurden, als Maßstab an GKN-2 anzulegen.

Ein wesentlicher Punkt der internationalen Anforderungen für neu errichtete Atomkraftwerke ist, dass sehr hohe und frühe Freisetzungen praktisch ausgeschlossen sein müssen. Ein Ereignis gilt in diesem Zusammenhang als praktisch ausgeschlossen, wenn das Auftreten entweder physikalisch unmöglich ist oder wenn das Auftreten mit einem hohen Grad von Vertrauen als extrem unwahrscheinlich angesehen werden kann [WENRA 2010]. Physikalisch unmöglich sind hohe und frühe Freisetzungen in GKN-2 nicht.

Nach einer aktuellen von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) erstellten probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) liegt der errechnete Erwartungswert für einen schweren Unfall mit hohen und frühen Freisetzungen für GKN-2 bei  $2,5 * 10^{-7}/a$ . Um, wie von IAEA bzw. WENRA gefordert, einen höheren Grad von Vertrauen in die Ergebnisse herzustellen, kann der Wert für das ermittelte 95%-Fraktil herangezogen werden, dieser liegt bei etwa  $10^{-6}/a$  [GRS 2001].

In der PSA für GKN-2 wurde eine Reihe von Faktoren nicht berücksichtigt, wie der Beitrag durch Erdbeben. Andere Risikofaktoren wie Terrorangriffe und Sabotageaktionen, Einfluss der Sicherheitskultur sowie das Auftreten von bisher unbekanntem chemischen und physikalischen Phänomenen, können in einer PSA grundsätzlich nicht berücksichtigt werden.

Insgesamt wird das Sicherheitsziel für neue Reaktoren, dass sehr hohe und frühzeitige Freisetzungen praktisch ausgeschlossen sein müssen, von GKN-2 eindeutig nicht erfüllt. Unter Berücksichtigung der Beschränkungen dieser Analyse, sowie der Grenzen, die PSA grundsätzlich gesetzt sind, wird die Nichterfüllung noch deutlicher.

### **3.4 Philippsburg-1 (KKP-1)**

Für die gravierendsten Auslegungsdefizite (Reaktorgebäude, Sicherheitsbehälter, Reaktor-druckbehälter, Lagerbecken) sind keine Nachrüstungen denkbar und auch nicht in der Nachrüstliste vorgesehen.

Die überfällige Maßnahme zur Verbesserung der Notkühlung ist der höchsten Kategorie zugeordnet, so besteht die Voraussetzung zumindest in gewissen Umfang die Sicherheitsreserven zu erhöhen. Die Umsetzung sollte die Aufsichtsbehörde schnellst möglich fordern.

Bei allen anderen Maßnahmen, die geeignet sind, zumindest geringe Verbesserungen der auslegungsbedingten Defizite (Notstromversorgung, Kühlwasservorrat, Bruchausschluss, Brandschutz) zu erzielen, kann der Zeithorizont (mittel- und langfristig) problematisch werden. Die Aufsichtsbehörde muss, damit diese in der verbleibenden Betriebszeit durchgeführt werden, deutlich schneller aktiv werden und wesentlich kürzere Fristen setzen als die bisher hierfür üblichen fünf bis zehn Jahre. Insbesondere da die Maßnahmen außerdem der Priorität 2 zugeordnet sind, sodass vorab anlagenspezifische und probabilistische Analysen durchgeführt

werden sollen. Diese liegen beim Brandschutz schon vor, insofern existiert zumindest für diesen Punkt das Potenzial, dass Umrüstungen erfolgen.

Obwohl Philippsburg-1 zu den verwundbarsten Reaktoren gehört, ist nicht abzusehen, wann und wie überhaupt der Schutz gegen Flugzeugabsturz verbessert werden könnte (siehe Anhang, Kap. A 3.1). Auch ein potenzielles Versagen des Reaktordruckbehälters würde unweigerlich in einen schweren Unfall münden. Insgesamt ist somit lediglich eine sehr begrenzte Erhöhung des Sicherheitsniveaus zu erwarten, der zudem stark abhängig von dem Agieren der Atomaufsicht ist.

### **3.5 Philippsburg-2 (KKP-2)**

Da das Bruchausschlusskonzept erst bei Inbetriebnahme und nicht bei Auslegung der Druckführenden Umschließung (DFÜ) angewendet wurde, sind die Qualitätsanforderungen vermutlich nicht ausreichend gewesen, um Bruchausschluss für noch mehr als 20 Jahren zu unterstellen. Sicherheitsgewinn könnte ein Austausch von Rohrleitungen bieten. Diese Maßnahme hat nur die Priorität 2 zugeordnet und noch dazu den Zeithorizont mittel- und langfristig. Daher ist es abhängig von der Forderung der Aufsichtsbehörde, ob, wann und was überprüft und ggf. ausgetauscht wird. Insbesondere da die Maßnahme noch eine zusätzliche Einschränkung enthält, die erheblichen Interpretationsspielraum lässt.

Gefährliche Alterungsprozesse, die im Allgemeinen ab einer Betriebszeit von 20 Jahren einsetzen, können insgesamt ein Problem in der inzwischen mehr als 25 Jahre alten Anlage werden. Diese können nur bis zu einem gewissen Grad durch Gegenmaßnahmen behoben werden. Gerade deshalb ist es wichtig, im Rahmen der Möglichkeiten Maßnahmen zu ergreifen. Da in der Nachrüstliste nur allgemeine Anforderungen formuliert sind, hängt es von der Aufsichtsbehörde ab, wie sie diese konkretisiert, d.h. in welchem Umfang und mit welchen Fristen sie Überprüfungen und Austauschmaßnahmen fordert.

Auch die Alterung der Sicherheitsnachweise kann nicht nur grundsätzlich, sondern gerade speziell in KKP-2 ein Problem sein. Eine Überprüfung und Aktualisierung der Sicherheitsnachweise soll laut Nachrüstliste kurzfristig erfolgen, die Umsetzung der Erkenntnisse mittel- und langfristig. Die Nachlässigkeiten beim Notkühlsystem wurden von der Atomaufsicht und deren Sachverständigen jahrelang übersehen. Es ist nicht auszuschließen, dass dieses kein Einzelfall war und möglicherweise weitere bisher unerkannte Sicherheitsdefizite vorhanden sind. Schon daher ist eine umfassende Analyse der bestehenden Sicherheitsnachweise erforderlich. Dies wird einen hohen personellen Aufwand der Aufsichtsbehörde erfordern.

### **3.6 Terrorgefahr am AKW-Standort Philippsburg**

Der AKW-Standort Philippsburg mit den Blöcken 1 und 2 wird aufgrund seiner geografischen Lage gegenüber Luftangriffen von Experten als besonders gefährdet angesehen. Eine Vernebelung der Reaktorgebäude soll Schutz vor Angriffen aus der Luft gewährleisten. Einsatzbereit sollten die Nebelanlagen in Philippsburg Ende 2010/Anfang 2011 sein [RZN 2010; TAZ 2010]. Allerdings mindert der militärische Nebel, der für ganz andere Bedrohungsszenarien entwickelt wurde, die Trefferwahrscheinlichkeit eines Verkehrsflugzeuges nur unwesentlich.

Insofern ist die Gefährdung gegenüber Terrorangriffen aus der Luft in Philippsburg auch nach Installation der Nebelbatterien hoch.

Philippsburg-1 gehört laut der nach dem 11.09.2001 von der Bundesregierung beauftragten GRS-Studie eindeutig zu den gegenüber Flugzeugangriff verwundbarsten Atomkraftwerken in Deutschland. Aber auch Philippsburg-2 ist nicht unverwundbar durch einen terroristisch motivierten Flugzeugabsturz. Laut GRS-Studie besteht auch dort die Gefahr eines Kernschmelzunfalls in Folge eines Flugzeugabsturzes [BMU 2002a].

In der Nachrüstliste ist eine bautechnische Barriere gegen Einwirkungen Dritter entsprechend dem heutigen Stand der Sicherheitsanforderungen gefordert. Konzeptionelle Vorschläge dafür wurden vor Jahren, auch angesichts der nur noch verbleibenden Restlaufzeiten, nicht weiter verfolgt. Diese Situation hat sich verändert, zum einen ist die Terrorgefahr gestiegen, zum anderen haben auch die Laufzeitverlängerungen eine neue Entscheidungsgrundlage geschaffen. Schutzbauwerke könnten für die besonders gefährdeten Anlagen in Philippsburg einen gewissen Schutz bieten. Die Aufsichtsbehörde sollte vom Betreiber umgehend verlangen, sofort an einer konzeptionellen Umsetzung zu arbeiten, um dann spätestens im Sommer 2011 entscheiden zu können, ob zum einen Philippsburg-1 vor bzw. ohne Errichtung der Schutzstruktur weiter betrieben werden kann. Unabhängig von einer Entscheidung für Philippsburg-1 ist bei diesem Punkt schnelles Handeln wichtig, damit so schnell wie möglich ein Schutz für Philippsburg-2 errichtet werden kann.

#### Bedrohung durch Bodenangriffe

Auch Sicht von Sicherheitsbehörden ist auch Deutschland durch Terroranschläge bedroht, u.a. durch sogenannte Schläferzellen [NP 2010, OPP 2010]. Eine Möglichkeit für „Schläfer“ wäre die Durchführung oder Unterstützung eines Terroranschlags als Innentäter in einem Atomkraftwerk.

Zuverlässigkeitsprüfungen nach §12b des Atomgesetzes sollen Einschleusen von Innentätern in Atomkraftwerke verhindern. Sie erschweren dieses zwar, aber verhindern es nicht vollständig, gerade nicht das Einschleusen von „Schläfern“. Mögliches Innentäter-Szenario ist das Auslösen eines schweren Unfalls durch den Einsatz von Sprengladungen. Die für einen solchen Anschlag erforderliche Sprengstoffmenge liegt in der Größenordnung von einigen Kilogramm.

Philippsburg ist hinsichtlich eines derartigen Anschlags als gefährdet anzusehen. Das belegen mehrere Vorfälle, die auf ein mangelhaftes Sicherheitsbewusstsein hinsichtlich einer Sicherung der Anlage schließen lassen (siehe Anhang, Kap. A 3.2).

Die in der Nachrüstliste geforderte Optimierung der Sicherungsmaßnahmen (hinsichtlich eines Innentäterschutzes) und der Detektionseinrichtungen kann die Gefährdung durch einen Sprengstoffanschlags unter Beteiligung von Innentätern verringern. Es ist zwar zu befürchten, dass die Maßnahmen sehr begrenzt sind, die Aufsichtsbehörde sollte aber dennoch die umgehende Umsetzung fordern.

Eine umfassendere Verbesserung der Objektsicherung soll erst mittel- und langfristig erfolgen. Die Behörde sollte dennoch mit erhöhtem Druck vom Betreiber eine Umsetzung von diesbezüglichen Maßnahmen einfordern. Zu bedenken ist hierbei auch, dass die technischen

Möglichkeiten für Terroranschläge wachsen und so auch weiterhin die Sicherung der Anlagen immer hinter den potenziellen Bedrohungsszenarien herhinkt.

## 4 Probleme hinsichtlich der Rahmenbedingungen

### 4.1 Rolle der Gutachterorganisation

Der TÜV SÜD unterstützt als Generalgutachter die baden-württembergische Aufsichtsbehörde u.a. bei mit Genehmigungs- und Änderungsverfahren sowie bei der Überwachung von Prüfungen. Einen Einblick in das Verhältnis von Aufsichtsbehörde und Gutachterorganisation gewährte ein Beitrag der ARD-Sendung Kontraste. Ein TÜV-Mitarbeiter hinderte seinen Auftraggeber, den Chef der Atomaufsicht Baden-Württemberg, an der Beantwortung einer Nachfrage zur problematischen Prüfbarkeit des Reaktordruckbehälters (siehe Anhang A, Kap. A 1.2).<sup>12</sup>

Nach Meinung des ehemaligen Abteilungsleiters für Reaktorsicherheit im BMU sei eine unabhängige Kontrolle durch den TÜV schwer vorstellbar. Denn wenn der TÜV beurteilen soll, ob eine Anlage noch weitere Jahre betrieben werden kann oder ob Sicherheitsbedenken dagegen sprechen, wird die Entscheidung des TÜVs durch die Frage beeinflusst, ob er sich innerhalb dieser Jahre ein Geschäftsfeld erhält oder dieses verliert.

„Unabhängig“ kann der TÜV Süd, eine Aktiengesellschaft, schon aus folgendem Grund nicht sein: Rund 75 % der Aktien der TÜV-Süd AG hält der TÜV Süd e.V., Mitglieder dieses Vereins sind unter anderem EnBW (Betreiber der Atomkraftwerke Philippsburg und Neckarwestheim) sowie Eon und Vattenfall [KONTRASTE 2010].<sup>13</sup>

Im Sinne einer unabhängigen Begutachtung im Rahmen der Nachrüstungen wäre das Hinzuziehen von unabhängigen Gutachterorganisationen dringend erforderlich.

---

<sup>12</sup>Bei dem Interview sagte der Vertreter der Aufsichtsbehörde Baden-Württemberg auf eine Frage zur Prüfung der Schweißnähe des Reaktordruckbehälters „Während des Betriebs wird der Behälter regelmäßig alle paar Jahre überprüft und zwar nach den jeweils neuesten geltenden Prüfstandards.“ Der Interviewer entgegnete: „Dort, wo ich nicht hinkomme, kann ich nicht prüfen.“ Während der Behördenmitarbeiter nickt und halb zustimmend, halb ratlos das Gesicht verzieht, ruft aus dem Hintergrund ein TÜV-Mitarbeiter „Cut... wir haben gesagt: Keine Nachfragen!“ Das Interview wird an dieser Stelle beendet. Kontraste stellte bei der Bewertung der Szene die Frage, wie objektiv der TÜV SÜD sei, beim einem Abschalten der SWR 69 könnten in acht Jahren Aufträge für Untersuchungen im dreistelligen Millionenbereich verloren gehen. Eine unabhängige Kontrolle sei da schwer vorstellbar [KONTRASTE 2010].

<sup>13</sup>Laut Kontraste erstellte eine Arbeitsgruppe des BMU im Jahr 2008 ein Gutachten zum „Ungleichgewicht zwischen Behörde und Sachverständigen Organisationen“. In diesem nicht öffentlichen Dokument heißt es „...große Betreibernähe der TÜV beeinträchtigt die Qualität und Unabhängigkeit der Begutachtung“ [KONTRASTE 2010].

## **4.2 Personalausstattung der Aufsichtsbehörde**

Im Rahmen der 2008 stattgefundenen IRRS<sup>14</sup>-Mission gehörten zu den 39 Empfehlungen, die zur Verbesserung der Tätigkeit der Atomaufsicht Baden-Württemberg von der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) gegeben wurde, auch die Sicherstellung einer angemessenen Ausstattung mit qualifizierten Personal. Die Landesregierung Baden-Württemberg hatte aufgrund der Haushaltslage keine neuen Stellen bewilligt, sondern nur (aber wenigstens) der Wiederbesetzung von insgesamt acht Stellen des höheren Dienstes im Jahr 2009 zugestimmt [UVMBW 2009].

Internationale Experten hielten also schon 2008 die Personalausstattung für nicht ausreichend, diese ist nun möglicherweise gerade ausreichend für die „normale“ Aufsichtsarbeit. Eine derartig aufwendige Aufsichtsarbeit wie sie im Rahmen der Laufzeitverlängerungen erforderlich ist, kann von Seiten der Behörde nicht geleistet werden und schon gar nicht mit der erforderlichen Geschwindigkeit.

Im Sinne einer zügigen Bearbeitung der erforderlichen Nachrüstmaßnahmen und der umfangreicheren Aufsichtsarbeit ist eine erhebliche Personalaufstockung dringend erforderlich.

---

<sup>14</sup> International Regulatory Review Service



## **5 Schlussfolgerungen**

Nachrüstungen können das Sicherheitsniveau in Neckarwestheim-1 und Philippsburg-1 nur unwesentlich erhöhen. Aber gerade weil sich wesentliche Defizite durch Nachrüstungen nicht beheben lassen, müsste im Falle eines Weiterbetriebs zumindest alles versucht werden, um durch technische Nachrüstungen (z. B. hinsichtlich Notkühlung, Notstromversorgung, Bruchausschluss, Brandschutz) eine Verbesserung hinsichtlich der Beherrschbarkeit und Vermeidung von potenziellen Störfällen zu erreichen.

Auch die neueren Anlagen Neckarwestheim-2 und Philippsburg-2 entsprechen bei weitem nicht den Anforderungen, die an neue Reaktoren gestellt werden. Dies ist angesichts der nach derzeitigen Plänen noch langen Betriebszeit ein Problem (z. B. durch Alterungsprozesse)

Bei den Analysen zur Auswirkung von physikalischen Alterungsvorgängen wurden die daraus abgeleiteten Entscheidungen im Hinblick auf die bisher gültigen Restlaufzeiten gefällt. Da in der Nachrüstliste nur allgemeine Anforderungen formuliert sind, hängt es von der Aufsichtsbehörde ab, wie sie diese konkretisiert, d.h. in welchem Umfang und mit welchen Fristen sie Überprüfungen und Austauschmaßnahmen fordert. Dies gilt auch für die Umsetzung der Erkenntnisse aus den Sicherheitsanalysen. Diese sind auch von Alterung betroffen und müssen daher umfangreich überprüft und aktualisiert werden.

Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebsführung, der Kompetenz des Personals und zur Sicherung gegen Terrorangriffe sind die Voraussetzung, um zumindest im Rahmen der technischen Möglichkeiten einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Hinsichtlich eines terroristischen Flugzeugabsturzes sollte vom Betreiber umgehend ein Konzept zur Errichtung einer baulichen Schutzstruktur gefordert werden, um insbesondere die älteren Anlagen Philippsburg-1 und Neckarwestheim-1 so schnell wie möglich zu schützen.

Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit im Nichtleistungsbetrieb und für den Notstromfall sind ebenfalls für alle Anlagen von Bedeutung. Die Implementierung weiterer Maßnahmen hinsichtlich eines auslegungüberschreitenden Unfalls ist zwingend erforderlich, um im Falle eines schweren Unfalls überhaupt ansatzweise die Möglichkeit zu haben, eine Katastrophe zu verhindern oder zumindest die Auswirkungen zu mindern.

Nachrüstungen wurden in den letzten Jahren, auch mit Blick auf nur noch kurze Restlaufzeiten, häufig nicht mehr umgesetzt, wie z. B. in Neckarwestheim-1 die Implementierung des Zusatzboriersystem, der diversitären Nachwärmeabfuhr sowie der Redundanztrennung beim Notstromsystem. Diese Begründung kann jetzt nicht mehr gelten. Bereits beantragte bzw. geplante Nachrüstungen sollten bei allen vier Anlagen zügig umgesetzt werden. Das gilt auch für die kurzfristigen Maßnahmen gemäß Nachrüstliste, wie z.B. die Verbesserung der Notkühlung in Philippsburg-1.

Insgesamt sollte die Umsetzung aller vorgesehenen Maßnahmen gefordert werden, auch von jenen die den Zeithorizont mittel- und langfristig sowie die Priorität 2 zugeordnet haben. Nur diese können überhaupt zu einer nennenswerten Veränderung des Sicherheitsniveaus beitragen. Die Aufsichtsbehörde muss, damit diese auch noch in der verbleibenden Betriebszeit von

Philippsburg-1 und Neckarwestheim-1 durchgeführt werden, deutlich schneller aktiv werden und wesentlich kürzere Fristen setzen als die bisher hierfür üblichen fünf bis zehn Jahre.

Bislang waren die Atomaufsichtsbehörden durch die gesetzlich festgelegten Laufzeitbegrenzungen rechtlich nicht in der Lage, grundlegende konzeptionelle Nachbesserungen der Anlagen zu verlangen. Die Realisierung einer umfangreichen Maßnahme, die nur noch eine kurze Zeit zu einer Sicherheitserhöhung geführt hätte, wäre angesichts der noch verbleibenden Betriebszeit unverhältnismäßig gewesen. Ob sich dieses jetzt ändert wie vom BMU behauptet, hängt insgesamt davon ab, wie zügig und zielstrebig die Aufsichtsbehörde jetzt agiert bzw. agieren kann. Voraussetzung dafür ist eine erhebliche Aufstockung des Personals der Behörde sowie das Hinzuziehen unabhängiger Gutachterorganisationen.

Als erstes sollte die Behörde von den Betreibern verlangen, für alle vier Anlagen in Sachstandsberichten die geforderten Maßnahmen im technischen, personellen und organisatorischen Bereich mit Angaben von Umsetzungsfristen und wirtschaftlicher Betrachtung darzustellen. Die Erstellung der Sachstandsberichte sollte sehr zügig geschehen, da Zeit – wie mehrfach erwähnt – ein wichtiger Faktor ist. Für Brunsbüttel und Krümmel waren für die Erstellung offenbar vier Monate vorgesehen, insofern könnten im Juli 2011 die Sachstandsberichte vorliegen. Diese Berichte sollten nicht nur als Grundlage für die weiteren Entscheidungen der Betreiber sondern auch der Aufsichtsbehörde dienen. Die begründeten Ergebnisse der Entscheidungen der Behörde sollten veröffentlicht werden, da die Bevölkerung ein Recht auf Informationen hat, insbesondere angesichts der vorhandenen Risiken.



## **Anhang A**

### **Anhang zum Kernkraftwerk Philippsburg-1 und -2 (KKP-1 und -2)**

Oda Becker

#### **A 1 KKP-1**

##### **A 1.1 Laufzeitverlängerung**

Philippsburg-1 (KKP-1), mit einer Nettoleistung von 890 MWe, ist ein Atomkraftwerk mit Siedewasserreaktor und wird den älteren noch in Betrieb befindlichen deutschen Anlagen zugeordnet. Es gehört wie Brunsbüttel, Isar 1 und Krümmel zur Baulinie 69 der Siedewasserreaktoren (SWR 69), das ist der störungsanfälligste deutsche Reaktortyp [BUND 2009b].

KKP-1 wurde in den Jahren 1970 bis 1979 errichtet und nahm am 26.03.1980 den kommerziellen Leistungsbetrieb auf [ATW 2010; UVMBW 2009]. Nach der Regelung des alten Atomgesetzes von 2002 hätte die Anlage Mitte 2012 abgeschaltet werden müssen. Dann wären die festgelegten Reststrommengen, von denen ein kleiner Teil (rund 6 %) an das seit Mai 2005 stillgelegte AKW Obrigheim übertragen wurde, erzeugt gewesen. KKP-1 soll nach Plänen des neuen Atomgesetzes nun ca. 8 Jahre länger am Netz bleiben (bis 2020), bis zu einer voraussichtlichen Gesamtlaufzeit von 40 Jahren [BFS 2011].

##### **A 1.2 Schwerwiegende Sicherheitsdefizite**

In Deutschland werden neben den vier SWR 69 noch zwei weitere Siedewasserreaktoren betrieben. Es sind die Reaktoren Gundremmingen B und C, die der neueren Baulinie 72 (SWR 72) zugeordnet werden.

KKP-1 weist wie die anderen SWR 69 – nicht nur im Vergleich mit den SWR 72 – zahlreiche auslegungsbedingten Schwächen und Mängel auf. Daher ist das Risiko, das von dieser Anlage ausgeht, überproportional hoch. Diese Defizite wurden bereits mehrfach ausführlich thematisiert, siehe vor allem [NEUMANN 2010]. Eine ausführliche Darstellung würde den Rahmen dieser Kurzstudie sprengen. Hier sollen einige gravierende Schwachpunkte beispielhaft dargestellt werden.

Im Zusammenhang mit der Einführung des neuen § 7d in das Atomgesetz haben Fachbeamten von Bund und Ländern Nachrüstmaßnahmen in einer Liste zusammengestellt, die in jedem Fall umzusetzen sind (sofern sie in einer Anlage nicht schon realisiert sind). Diese Liste ist nicht abschließend – sie wird laufend fortgeschrieben [BMU 2010].

Für die aufgezeigten Schwachpunkte in Philippsburg-1 wird jeweils kurz dargelegt, inwieweit in der „Nachrüstliste“ wirkungsvolle Gegenmaßnahmen vorgesehen sind.

### Reaktorgebäude

Das Reaktorgebäude ist kastenförmig und daher im Falle eines terroristischen Angriffs einfacher wirkungsvoll zu treffen als die halbrunden Reaktorgebäude. Da zusätzlich die Decken und Wände des Reaktorgebäudes relativ dünnwandig sind (60 cm), ist KKP-1 einer der gegen starke Einwirkungen von außen am schlechtesten geschützten Reaktoren in Deutschland. Zur besonderen Gefährdung trägt ein zusätzliches Auslegungsdefizit bei: Das Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente ist im oberen, ungeschützten Bereich des Reaktorgebäudes untergebracht [BUND 2009b].

Nachrüstliste: Für diese gravierenden Auslegungsdefiziten enthält die Nachrüstliste eine Maßnahme, so ist gefordert: *„für die sicherheitstechnischen Vitalbereiche der Anlage ist Realisierung einer bautechnischen Barriere gegen Einwirkungen Dritter entsprechend dem heutigen Stand der Sicherheitsanforderungen“* (IV 3). Allerdings wurde bereits nach dem 11.09.2001 jahrelang ergebnislos diskutiert, wie das konkret aussehen kann. Ein bauliches Konzept zum nachträglichen Erzielen des heutigen Standes des Schutzes gegen einen gezielten Flugzeugabsturz existiert bisher nicht. Schutzbauwerke wurden bisher aus wirtschaftlichen und baulichen Gründen nicht errichtet und dies ist auch in den nächsten Jahren nicht zu erwarten.

### Sicherheitsbehälter

Gravierende Auslegungsschwäche des Sicherheitsbehälters ist seine stählerne Bodenwanne. Diese bereits lange bekannte Schwachstelle, die sich bei einem Kernschmelzunfall verheerend auswirkt, wird durch aktuelle Sicherheitsanalysen bestätigt: Eine in 2006 vorgestellte Probabilistischen Sicherheitsanalyse Stufe 2 (PSA 2) der GRS ermittelte, dass bei einem Kernschmelzunfall der Boden des Reaktordruckbehälters fast immer (in 98 % der Fälle) versagt. Nach Durchschmelzen des Reaktordruckbehälters versagt der Sicherheitsbehälter in jedem Fall innerhalb von Minuten. Es kommt in den meisten Fällen zu hohen Freisetzungen und das voraussichtlich bereits nach einer Zeit zwischen 1,5 und 5 Stunden [LÖFFLER 2006].

Erschreckend an den Ergebnissen der Sicherheitsanalyse ist insbesondere, dass bei einem Kernschmelzunfall nur extrem wenig Zeit für eine Evakuierung der Bevölkerung zur Verfügung steht. Dabei sind je nach Wetterlage auch in einer Entfernung von mehr als 50 km zum Reaktor noch Strahlenbelastungen möglich, die die Katastrophenschutzmaßnahme Evakuierung erfordern. Kann die Evakuierung nicht rechtzeitig erfolgen, ist in der näheren Umgebung mit akuten, teils tödlichen, Strahlenschäden, in größerer Entfernung mit teils erheblichen Langzeitfolgen zu rechnen [GP 2009].

In einer von Greenpeace beauftragten Studie wurden die Strahlendosen errechnet, die nach einem Kernschmelzunfall in Philippsburg-1 in den in der Umgebung liegenden Orten Rheinsheim, Mechtersheim (je 3 km entfernt) und Römerberg (4,5 km entfernt) auftreten. Für alle Orte ergaben sich bei Winden in Richtung dieser Orte Strahlendosen, die sowohl eine sofortige Evakuierung als auch eine langfristige Umsiedlung der Bevölkerung erforderlich machen würden. Sollte es nicht gelingen, die Bevölkerung in Rheinsheim bzw. in Mechtersheim vor Durchzug der radioaktiven Wolke zu evakuieren, erhalten die betroffenen Personen bei einem Aufenthalt im Freien eine in jedem Fall tödliche Inhalationsdosis. Dieses gilt bei niedriger Windstärke auch für die Bevölkerung in Römerberg. Die Konzentration der radioaktiven Stoffe in der Luft ist in allen drei Orten so hoch, dass die Inhalationsdosis selbst bei einem Aufenthalt in einem Gebäude tödlich sein kann [GP 2009].

Nachrüstliste: Für dieses gravierende Auslegungsdefizit sind keine technischen Nachrüstungen vorgesehen, da auch nicht möglich.

#### Reaktordruckbehälter

Der Reaktordruckbehälter (RDB) ist nicht aus nahtlosen Schmiederingen gefertigt [BMU 2010a]. Aufgrund der größeren Zahl von Schweißnähten besteht erhöhte Gefahr für Rissbildungen, die mit zunehmender Betriebsdauer des Reaktors weiter zunimmt. Erschwerend kommt hinzu, dass die Schweißnähte aufgrund der Bauweise schlecht prüfbar sind. Hinzu kommt weiterhin, dass Spannungsspitzen unmittelbar an einer Schweißnaht auftreten. In einer aktuellen Schwachstellenanalyse wurden die Konstruktionsschwächen und die sich daraus ergebenden Probleme zusammengestellt [KROMP 2010].

Nachrüstliste: Weder können diese schwerwiegenden Konstruktionsmängel durch Nachrüstungsmaßnahmen ausgeglichen werden, noch ist ein Austausch des RDB möglich, in der Nachrüstliste ist demzufolge auch keine diesbezügliche Maßnahme zu finden.

#### Rohrleitungen und Komponenten der Druckführenden Umschließung (DFÜ)

Ein wichtiges Element des Sicherheitskonzepts deutscher Atomkraftwerke ist das Bruchausschlusskonzept, welches die Integrität der sicherheitstechnisch wichtigen druckführenden Rohrleitungen gewährleisten soll. In KKP-1, wie in allen anderen SWR 69, wurde das Bruchausschlusskonzept erst später implementiert. Sicherheitstechnisch wichtige Rohrleitungen und Komponenten wurden durch umfangreiche Prüf- und Austauschprogramme „nachqualifiziert“. Diese nachträgliche Qualifizierung bedeutet ein geringeres Sicherheitsniveau, sodass die Sicherheitsreserven gegenüber Rissbildungen geringer sind. Erschwerend kommt hinzu, dass aufgrund der kompakten Bauweise zerstörungsfreie Prüfungen zum Teil nur eingeschränkt durchführbar sind. Risse in Rohrleitungen und Armaturen sind in allen SWR 69 bisher ein besonderes Problem gewesen und sind es offensichtlich noch heute [NEUMANN 2010].

Nachrüstliste: Obwohl bereits umfangreiche Austauschprogramme durchgeführt wurden, besteht die Rissproblematik nach wie vor, weitere Austauschmaßnahmen könnten hier Abhilfe schaffen. Dieser wichtige Punkt „Austausch von Rohrleitungen der Druckführenden Umschließung zur Verbesserung des Leck-vor-Bruch Verhaltens“ befindet sich tatsächlich in der

Nachrüstliste (III c 4), jedoch mit drei Einschränkungen. Ohnehin hat er nur Priorität 2 und dann auch noch den Zeithorizont mittel- und langfristig zugeordnet, sodass ein Austausch in der Betriebszeit von acht Jahren eher unwahrscheinlich ist. Insbesondere da die Maßnahme noch die Einschränkung enthält, dass nur an Stellen ausgetauscht werden soll, an denen ein erheblicher Sicherheitsgewinn erreichbar ist. Wer aber wie festlegt, was ein erheblicher Sicherheitsgewinn ist, bleibt offen.

### Notkühlung

Bei KKP-1 fehlt die Möglichkeit im Falle eines Lecks im Kühlkreis, das sich im Reaktorgebäudesumpf ansammelnde Kühlmittel wieder in den Kühlkreislauf zurück zu pumpen. Dieses ist in der Auslegung neueren Anlagen Standard. Die Sicherheitsreserven zur Verhinderung einer Kernschmelze sind in Philippsburg-1 aufgrund dieses Defizits wesentlich geringer [RENNEBERG 2010].

Nachrüstliste: Die Nachrüstliste enthält unter den kurzfristigen Maßnahmen im Rahmen des Notfallschutzes genau diese Anforderung „*Realisierung einer hinsichtlich der Auslegung betrieblichen Rückförderungsmöglichkeit aus dem Reaktorgebäudesumpf zur Nutzung bei auslegungsüberschreitenden Störfallabläufen*“ (I c 14). Da diese Maßnahme die Priorität 1 besitzt und den Zeithorizont kurzfristig zugeordnet hat, besteht tatsächlich die Voraussetzung, die Nachrüstung innerhalb der nächsten Jahre umzusetzen und zumindest in gewissen Umfang die Sicherheitsreserven zu erhöhen.

Diese Anforderung tritt ebenfalls als kurzfristige Maßnahme zur Erhöhung der Sicherheit im Nichtleistungsbetrieb auf (I c 12), da allerdings nicht für auslegungsüberschreitende Störfallabläufe.

Die Nachrüstliste enthält eine weitere Maßnahme zur Erhöhung der Sicherheitsreserven, die Vergrößerung des Kühlwasservorrats (III c 9). Diese enthält aber drei Einschränkungen, sie ist der untersten Kategorie (Zeithorizont mittel- und langfristig und Priorität 2) zugeordnet, und sie enthält auch noch den Zusatz „wenn sicherheitstechnisch sinnvoll“. Andererseits hat durch diese Formulierung die Behörde die Möglichkeit, zu definieren was sicherheitstechnisch sinnvoll ist. Ein größeres Volumen an Kühlwasser kann bei einem Kühlmittelverluststörfall hilfreich sein, auch wenn sich dieser Vorteil nicht ganz genau quantifizieren lässt.

### Notstromversorgung

Die Notstromversorgung hat zwei unterschiedliche Probleme, zum einen hat diese weniger redundante Stränge und zudem sind diese auch noch teilweise vermascht, d. h. ein Fehler in einem Strang kann zum Funktionsverlust eines weiteren Strangs führen. Die Stromversorgung ist unabdingbare Voraussetzung zum Betreiben wichtiger Sicherheitssysteme wie der Notkühlpumpen, und damit zur Verhinderung einer Kernschmelze [BUND 2009b].

Nachrüstung: Zur Verbesserung der Notstromversorgung ist unter dem Punkt Verbesserung der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit von Sicherheitsfunktionen eine „*Durchgängige, konzept-*

tionell unabhängige  $n+2$ -Strängigkeit bei der Notstromversorgung auf Sicherheitsebene 3, einschließlich der Gleichstromversorgung“ gefordert (I c 9). Einschränkend heißt es aber, sofern nicht andere gleichwertige Einrichtungen für die jeweilige Sicherheitsfunktion vorhanden sind.

Das Problem der Redundanztrennung (Vermaschung) wird mit dieser Maßnahme nicht beseitigt, zudem hat die Anforderung durch die angefügte Einschränkung eine Hintertür, und außerdem den Zeithorizont mittel- und langfristig zugeordnet. Die Maßnahme wird also vermutlich in der verbleibenden Betriebszeit von KKP-1 nicht mehr umgesetzt. Falls sie umgesetzt wird, hat sie nur eine eingeschränkte Wirkung, weil das Problem der fehlenden Redundanztrennung bleibt. Die Maßnahme „Bautechnische oder räumliche Trennung redundanter Sicherheitseinrichtungen“ (III c 2) wäre eine eher geeignete Verbesserung zu bewirken, sie hat jedoch nur Priorität 2 sowie den Zeithorizont mittel- und langfristig, die Umsetzung ist daher eher unwahrscheinlich.

### Brandschutz

Erfahrungen der letzten Jahrzehnte und Ergebnisse neuerer Analysen zeigten, dass interne Brände eine große Bedrohung für ältere Atomkraftwerke darstellen. Brandereignisse sind deshalb so gefährlich, da sie zum gleichzeitigen Ausfall mehrerer Stränge der mehrfach vorhandenen Sicherheitssysteme (Redundanzen) führen können, die z. B. in KKP1 nicht ausreichend räumlich getrennt. Dazu gehören auch die entsprechenden Kabel bzw. elektrische Leitungen zur Versorgung und Steuerung von Systemen [NEUMANN 2010].

Die Methodik zur Durchführung einer probabilistischer Brandanalysen wurde beispielhaft für einen SWR 69 erprobt, Referenzanlage war KKP-1 [BMU 2005a]. In diesem Rahmen wurden Brandsimulationsrechnungen u.a. für das Schaltanlagegebäude durchgeführt. Ergebnis war, dass von einem Funktionsausfall der Kabel innerhalb einer Zeitspanne von 15 Minuten auszugehen ist. Außerdem fallen (aufgrund der Brandausbreitung über Kabeltrassen) nach rund sieben Minuten nahezu alle Kabel bestimmter Trassen aus. Als problematisch erwies sich außerdem, dass bestimmte Brandschutzeinrichtungen bei einem Brand gleichzeitig ausfallen können [BMU 2005a].

Nachrüstliste: Die Nachrüstliste verlangt hat unter der Rubrik Verbesserung der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit von Sicherheitsfunktionen, eine „Optimierung der bautechnischen oder räumlichen Trennung redundanter Sicherheitseinrichtungen“ (I c 8), Zeithorizont ist jedoch mittel- und langfristig.

Über diese Optimierung der (nicht) vorhandenen bautechnischen oder räumlichen Trennung redundanter Sicherheitseinrichtungen hinaus ginge die tatsächliche Trennung. Diese wird jedoch der Priorität 2 zugeordnet (III c 2) und hat zudem den Zeithorizont mittel- und langfristig. Insofern ist insgesamt eine kurzfristige Verbesserung des Brandschutzes eher nicht zu erwarten, allerdings könnten, da für KKP-1 probabilistische Brandanalysen vorliegen, derartige Nachrüstungen noch innerhalb der nächsten Jahre umgesetzt werden.



### **A 1.3 Meldepflichtige Ereignisse**

In KKP-1 treten mit durchschnittlich elf Meldepflichtigen Ereignissen pro Jahr, relativ viele Ereignisse auf. In einer „Rangfolge“ der deutschen Atomkraftwerke nimmt KKP-1 den 6. Platz hinter Brunsbüttel, Neckarwestheim-1, Biblis B, Krümmel und Biblis A ein. Die meisten dieser Ereignisse sind der niedrigsten Stufe der internationalen Bewertungsskala INES (Stufe 0 – Ereignis ohne oder mit geringer sicherheitstechnischer Bedeutung) zuzuordnen. Eine direkte Gefährdung ist mit diesen Ereignissen nicht verbunden. Ihr Auftreten stellt jedoch einen Indikator für die Betriebssicherheit der Anlage dar. Das gilt umso mehr für die Ereignisse der INES-Stufe 1 (Störung), von denen in den letzten zehn Jahren in KKP-1 sieben auftraten:

- Am 21.05.2002 öffneten sich bei der Wiederkehrenden Prüfung einer Umschaltautomatik mehrere Leistungsschalter einer Notstromschiene fehlerhaft. Diese Automatik wird benötigt, wenn bei einem Ausfall der elektrischen Versorgung auf die Notstromversorgung mit den Dieselgeneratoren umgeschaltet werden muss. Da ein systematischer Fehler sowie Mängel im Instandhaltungsprogramm vorlagen und außerdem der Fehler nicht bei den vorgesehenen Prüfungen festgestellt wurde, erfolgte die Einstufung nach INES-Stufe 1 [BMU 2002].
- Bei Reinigungsarbeiten im Reaktorgebäude am 24.09.2002 wurde ca. 0,7 m<sup>3</sup> kontaminiertes Reinigungswasser in die Regenwasserkanalisation freigesetzt. Die Gesamtaktivität wurde auf  $2,2 \times 10^6$  Becquerel abgeschätzt. Kontinuierliche Messungen ergaben an der Einleitstelle in den Rhein keine erhöhten Messwerte, da der überwiegende Teil der Verunreinigungen aus dem Regenwassersystem geborgen werden konnte [BMU 2002].
- Am 29.04.2003 wurden während der Revision bei einer Inspektion im Schnellabschaltsystem in Rückschlagklappen, Zuleitungen und einem Ventil Fremdkörper (Reinigungspapier) gefunden. Dieses war bei Wartungsarbeiten durch eine Fremdfirma im Jahr zuvor in das System gelangt. Das Schnellabschaltsystem hat die Aufgabe, bei Störfällen, unabhängig von externen Energiequellen, den Reaktor durch hydraulisches Einschließen aller Steuerstäbe sicher und schnell abzuschalten. Das Ereignis wurde auch aufgrund von Qualitätssicherungsmängeln in die INES-Stufe 1 eingestuft [BMU 2003].
- Beim Vergleich von Messwerten der Frischdampfmenagemessungen für den Reaktorschutz wurden an zwei Messungen Abweichungen aufgrund fehlerhafter Verdrahtung an den Anschlüssen festgestellt (13.08.2003). Der Fehler hätte im Störfall voraussichtlich keine folgenschweren Auswirkungen gehabt. Die Auswertung des Ereignisses zeigte aber, dass die Ursachen der fehlerhaften Anschlüsse auf Mängel in der Arbeitsvorbereitung, der Arbeitsdurchführung, der Kommunikation und auf Nichteinhaltung von Vorschriften zurückzuführen waren. Wegen dieser Mängel wurde das Ereignis in die INES-Stufe 1 eingestuft [BMU 2003].
- Am 25.04.2004 erfolgte aufgrund einer fehlerhaften Freischaltmaßnahme eine nicht beabsichtigte Freisetzung von kontaminiertem Wasser. Die freigesetzte Aktivität entsprach weniger als 1 % des zulässigen Tagesabgabewertes, aber wegen der fehlerhaften Freischaltung wurde das Ereignis in die INES-Stufe 1 eingestuft [BMU 2004].

- Am 07.05.2007 trat beim Wiederanfahren nach der Jahresrevision eine Leckage am Reaktorsicherheitsbehälter auf, da auf beiden Seiten der Personenschleuse ein Ventil offenstand [BMU 2007]. Laut Aufsichtsbehörde, nahm die Abteilung dieses sicherheitstechnisch bedeutende Ereignis zum Anlass, sich vertieft mit dem Thema Reaktorsicherheitsbehälter zu befassen. Es sollten Maßnahmen festgestellt werden, die zu einer wirksameren Vermeidung von Leckagen und damit zu einer Erhöhung der Sicherheit des Betriebs beitragen können [UVMBW 2009].
- Aber auch bei der nächsten Revision (06.06.2008) trat im Sicherheitsbehälter ein Leck auf. Ursache für das Leck war ein Montagefehler während der Anlagenrevision. Die besondere Bedeutung des Ereignisses liegt darin, dass ein Leck im Sicherheitsbehälter eine Beschädigung einer der vier zum sichereren Einschluss radioaktiver Stoffe vorhandenen Barrieren darstellt [BMU 2008].

#### **A 1.4 Zusammenfassende Diskussion der Schwachpunkte**

Die Auslegungsdefizite bei Philippsburg-1 führen insgesamt dazu, dass im Vergleich zu neuen Atomkraftwerken a) die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Ereignissen größer, b) die Wahrscheinlichkeit für die Beherrschbarkeit eines Ereignisses aber geringer ist (da weniger Sicherheitsreserven vorhanden sind) und vor allem c) die Auswirkungen eines nicht beherrschbaren Ereignisses aufgrund der frühen hohen Freisetzungen gravierender ist (schnelles Durchschmelzen des Sicherheitsbehälters).

Für die wesentlichen Auslegungsdefizite (das verhältnismäßig dünnwandigen Reaktorgebäude, die Lage des Brennelementbeckens, die stählerne Bodenwanne des Sicherheitsbehälters und die Konstruktionsmängel am Reaktordruckbehälter) sind keine Nachrüstungen denkbar und auch nicht vorgesehen.

Das kann aber nicht heißen, dass im Falle eines Weiterbetriebs nicht dennoch alles getan werden muss, um durch Nachrüstungen, die Voraussetzung zur Beherrschung einfacherer Störfallabläufe zu verbessern, d.h. bekannte Schwachstellen soweit möglich zu beseitigen und Sicherheitsreserven zu erhöhen.

Die überfällige Maßnahme zur Verbesserung der Notkühlung ist der höchsten Kategorie zugeordnet (Priorität 1 und Zeithorizont kurzfristig), daher besteht tatsächlich die Voraussetzung die Nachrüstung innerhalb der nächsten Jahre umzusetzen und zumindest in gewissen Umfang die Sicherheitsreserven zu erhöhen.

Die wichtige Maßnahme zur Eindämmung der Rissproblematik hat den Zeithorizont „mittel- und langfristig“ zugeordnet, ohne dass bisher deutlich wurde, was das bedeutet. Sie hat darüberhinaus lediglich Priorität 2, dies bedeutet, dass erst nach anlagenspezifischer Prüfung entschieden werden soll, ob sie überhaupt umgesetzt wird. Es ist also kaum zu erwarten, dass an dieser Stelle eine Verbesserung des Sicherheitsniveaus erfolgt.

Die Defizite bei der Notstromversorgung werden vermutlich in der verbleibenden Betriebszeit nicht mehr behoben, weil die Maßnahmen nur den Zeithorizont mittel- und langfristig haben.

Die Maßnahme der Priorität 1 hat nur eine eingeschränkte Wirkung, weil das Problem der fehlenden Redundanztrennung bleibt. Die umfassendere Maßnahme zu Behebung der räumlichen Trennung der Sicherheitssysteme hat nur Priorität 2.

Eine kurzfristige Verbesserung des Brandschutzes ist ebenfalls nicht zu erwarten, da die entsprechenden Maßnahmen den Zeithorizont mittel- und langfristig zugeordnet haben, die entscheidende Maßnahme hat sogar nur Priorität 2. Dies bedeutet allgemein, dass erst nach anlagenspezifischer Prüfung und probabilistischen Analysen entschieden werden soll, ob sie überhaupt umgesetzt werden. Da diese allerdings schon vorliegen, existiert zumindest das Potenzial, dass Nachrüstungen zur Verbesserung des Brandschutzes erfolgen.

In der Nachrüstliste sind in einigen Fällen Maßnahmen vorgesehen, die geeignet sind, zumindest geringe Verbesserungen hinsichtlich der Beherrschbarkeit von Ereignisabläufen zu erzielen, Problem ist allerdings der zugewiesene Zeithorizont sowie die eingeteilte Priorität.

Insgesamt ist somit lediglich eine sehr begrenzte Erhöhung des Sicherheitsniveaus zu erwarten und das – wenn überhaupt – erst in einigen Jahren.

Obwohl Philippsburg-1 zu den verwundbarsten Reaktoren gehört, ist nicht abzusehen, wann und wie überhaupt der Schutz gegen Flugzeugabsturz verbessert werden könnte. Auch ein potenzielles Versagen des Reaktordruckbehälters würde unweigerlich in einen schweren Unfall münden.

## **A 2 KKP-2**

### **A 2.1 Laufzeitverlängerung und Sicherheitsstatus**

Philippsburg- 2 (KKP-2), mit einer Nettoleistung von 1392 MWe, ist ein Atomkraftwerk mit Druckwasserreaktor (DWR) und gehört zur Baulinie 3 der deutschen Druckwasserreaktoren (auch Vor-Konvoi-Anlagen genannt). KKP-2 wurde in den Jahren 1977 bis 1984 errichtet [UVMBW 2009], Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs war der 18.04.1985 [ATW 2010, UVMBW 2099]. Obwohl es nun auch schon mehr als 25 Jahre in Betrieb ist, wird es zu den neueren deutschen Anlagen gezählt.

Von der im alten Atomgesetz zugebilligten Strommenge waren Ende 2010 bereits 60 Prozent verbraucht [BFS 2011], sodass KKP-2 nach der alten Regelung voraussichtlich Mitte 2018 endgültig abgeschaltet worden wäre. Die Laufzeit soll nun um ca. 14 Jahre auf noch etwa 21,5 Jahre verlängert werden. KKP-2 bliebe dann noch bis Mitte 2032 am Netz. Die Betriebszeit betrüge dann 47 Jahre – so lange ist bisher noch kein Atomkraftwerk weltweit in Betrieb [IAEA 2011].

Philippsburg-2 ist ohne Zweifel sicherheitsmäßig besser einzuschätzen als ältere Anlagen. Andererseits sind aufgrund der noch deutlich längeren Betriebszeit auch deutlich höhere Maß-

stäbe anzulegen. Dabei muss auch bedacht werden, dass die Möglichkeit besteht, von einer älteren Anlage, wie KKP-1, Elektrizitätsmengen zu übertragen. Das ist nach den gültigen gesetzlichen Regelungen ohne Zustimmung der Aufsichtsbehörde möglich.

Im internationalen Rahmen wird häufig von einer Auslegungs-Lebensdauer von Atomkraftwerken im Bereich von 30 bis 40 Jahren ausgegangen; das ist jener Bereich, von dem meist bei den Sicherheitsanalysen ausgegangen wird. Betrieb über diesen Zeitraum hinaus wird als „Langzeit-Betrieb“ bezeichnet. Weltweit sind bisher nur 14 Reaktoren länger als 40 Jahre in Betrieb, keiner davon länger als 44 Jahre [IAEA 2011]. Es ist als davon auszugehen, dass sich eine Reihe von Problemfeldern erst im Laufe der nächsten Jahre abzeichnen wird.

## **A 2.2 Sicherheitsdefizite**

Zu den Druckwasserreaktoren der Baulinie 3 gehören neben Philippsburg-2 die Reaktoren in Brokdorf, Grafenrheinfeld und Grohnde. Diese Druckwasserreaktoren wurden zwischen 1973 und 1986 errichtet. Verglichen mit den vorherigen Baulinien haben die Vor-Konvoi-Anlagen deutliche sicherheitstechnische Verbesserungen. Dennoch ist zu bedenken, dass das Basisdesign aus den 1970er Jahren stammt. Sie erreichen nicht das Sicherheitsniveau der Konvoi-Anlagen.

Im Bericht zur 5. Überprüfungstagung der Konvention zur Nuklearen Sicherheit listet das Bundesumweltministerium (BMU) auslegungsbedingte Unterschiede zwischen den einzelnen Baulinien der Druckwasserreaktoren in Deutschland auf. Die DWR der Baulinie 3 weisen gegenüber den DWR der Baulinie 4 auslegungsbedingte Schwächen auf [BMU 2010a].

So haben die eingesetzten Werkstoffe der druckführenden Umschließung (DFÜ) in KKP-2 keine optimierte Qualität, sondern sind eher vergleichbar mit den Werkstoffen der Baulinien 1 und 2. Zusätzlich wurde das Bruchausschlusskonzept nicht von Beginn der Planung, sondern erst vor Inbetriebnahme umgesetzt [BMU 2010a]. Wenn für ein System Bruchausschluss nachgewiesen ist, so bedeutet dies zumindest theoretisch, dass alle bei Betrieb und Störfällen möglichen Belastungen so beherrscht werden, dass ein spontanes Versagen dieser Rohrleitung in Form eines Bruchs (Leck-vor-Bruch-Verhalten) auszuschließen ist. Dieses Konzept, das grundsätzlich aufgrund immer vorhandener Kenntnislücken keine hundertprozentige Sicherheit garantieren kann, bestand in neueren Anlagen bereits bei der Auslegung [NEUMANN 2010]. Anforderungen an die Qualität des Werkstoffes, der Fertigung und der Auslegung konnten so bereits bei Herstellung und Errichtung berücksichtigt werden. Das war bei KKP-2 nicht der Fall.

Nachrüstliste: Ein „Austausch von Rohrleitungen der Druckführenden Umschließung zur Verbesserung des Leck-vor-Bruch Verhaltens“ (III c 4) ist in der Nachrüstliste gefordert. Diese Maßnahme hat aber nur die Priorität 2 und den Zeithorizont mittel- und langfristig zugeordnet, ein Austausch wäre angesichts einer verbleibenden Betriebszeit von 14 Jahren jedoch zeitlich betrachtet durchführbar. Problematisch ist allerdings, wie schon für KKP-1 erwähnt, dass die Maßnahme die Einschränkung enthält, dass nur an Stellen ausgetauscht werden soll,

an denen erheblicher Sicherheitsgewinn erreichbar ist. Wer aber wie festlegt, was ein erheblicher Sicherheitsgewinn ist, bleibt offen.

### Komponentenalterung

Philippsburg-2 und die anderen Vor-Konvoi-Anlagen nehmen eine Sonderstellung unter den derzeit noch betriebenen deutschen Atomkraftwerken ein. Diese Anlagen sind zwar nicht auf dem Sicherheitsstandard der Konvoi-Anlagen, sie werden aber dennoch hinsichtlich der Laufzeitverlängerungen so behandelt. Gleichzeitig wurde aufgrund der vorher bestehenden Laufzeitbegrenzungen im letzten Jahrzehnt in die inzwischen alten Anlagen wenig investiert.

Untersuchungen zeigten, dass alterungsbedingte Schäden bei älteren Anlagen häufiger auftreten (siehe Anhang B, Kap. B 1.3). Sowohl geringere Werkstoffqualität als auch geringere Regelwerksanforderungen, sowie konzeptionellen schlechtere Anlagendesign führen zu einer höheren Fehlerquote. Alterungsbedingte Schäden treten in allen deutschen Atomkraftwerken auf, offensichtlich werden bisher mit dem vorhandenen Alterungsmanagement schädliche Alterungseffekt nicht umfassend verhindert. Die bisher im Regelwerk vorgeschriebenen Wiederkehrenden Prüfungen sind vom Umfang nicht ausreichend und finden in zu großen Abständen statt.

Für die neueren Anlagen (DWR Baulinie 4) wurden bei der Fertigung, Errichtung und Auslegung höhere Qualitätsanforderungen gestellt als für KKP-2 und zudem sind diese Reaktoren noch nicht ganz so alt. In den älteren Anlagen (DWR Baulinie 2) wurden zwar noch geringe Qualitätsanforderungen gestellt als für KKP-2 und zudem sind diese faktisch noch älter, allerdings hat es auch Austauschprogramme gegeben.

Da in KKP-2 bisher weder umfangreiche Austauschprogramme durchgeführt worden sind, noch die Qualitätsanforderungen einem ausreichend hohem Standard entsprechen, ist insgesamt zu erwarten, dass die Alterungsprobleme in den nächsten Jahren besonders stark zunehmen werden.

Nachrüstliste: Laut Nachrüstliste ist im Rahmen erweiterter Sicherheitsüberprüfung in Hinblick auf physikalische Alterungsvorgänge kurzfristig zu zeigen, dass die relevante Komponenten und Systeme für die noch verbleibende Betriebszeit ausgelegt sind (I a 1). Zudem ist im Rahmen der organisatorischen Anforderungen eine Verbesserung des Alterungsmanagement gefordert (I b 1).

Problematisch ist jedoch, dass bisher nicht alle bekannten Alterungseffekte ausreichend verstanden werden und immer wieder neue unerwartete Alterungseffekte auftreten. Dennoch ist es wichtig, im Rahmen der Möglichkeiten Gegenmaßnahmen (Austausch von Komponenten, Intensivierung von Prüfungen, und Reduzierung von Lasten) zu ergreifen. Diese können den Folgen der Alterung bis zu einem gewissen Grade entgegenwirken. Ob und welche dieser sicherheitstechnisch erforderlichen Maßnahmen umgesetzt wird, hängt oft von den Forderungen der Atomaufsichtsbehörde ab [NEUMANN 2010].

### Sicherheitsanalysen

Auch die Sicherheitsnachweise unterliegen einer gewissen Alterung, sodass laut einer aktuellen Studie die bestehenden alten Genehmigungen ein Sicherheitsniveau widerspiegeln, das in Wirklichkeit nicht existiert [Renneberg 2010]. In Philippsburg-2 gab es ein Beispiel dafür: Am 13.01.2005 gestand der Betreiber gegenüber der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde eine Lücke im Sicherheitsnachweis ein [BUND 2009a]. Auch wenn dieser Sicherheitsnachweis später erbracht werden konnte, so bestand über viele Jahre in einem für die Sicherheit bedeutsamen Punkt eine gravierende Lücke im Sicherheitsnachweis, die nur durch Eingreifen der Bundesaufsicht sowie der Staatsanwaltschaft beseitigt werden konnte.

Nachrüstliste: Im Rahmen erweiterter Sicherheitsüberprüfungen sollen die Betreiber hinsichtlich der Beherrschbarkeit von Störfällen kurzfristig die den Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren zugrundegelegten Sicherheitsanalysen in einem Nachweishandbuch darstellen. Dabei sind die Inhalte im Falle fortschreitender Regelwerksanforderungen auf Aktualität zu prüfen (I a 2).

Diese Forderung bestätigt die in der oben erwähnten Studie vorgebrachte Kritik, dass, da eine Überprüfung der alten Sicherheitsnachweise nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik nicht vorliegt, der vielfach behauptete hohe Sicherheitsstandard nicht zwangsläufig für alle real existierenden Anlagen gilt [RENNEBERG 2010]. In wieweit alte Sicherheitsnachweise noch gültig sind, könnte nur durch ihre systematische Überprüfung herausgefunden werden. Dies wird allerdings einen hohen personellen Aufwand der Aufsichtsbehörde erfordern. Die sinnvolle Maßnahme kann zudem ihre Wirkung dadurch verlieren, dass die Umsetzung der daraus gewonnenen Erkenntnisse den Zeithorizont mittel- und langfristig zugeordnet hat (Maßnahme I a 3). Für KKP-2 würde jedoch die verbleibende Betriebszeit ausreichen, um die Erkenntnisse noch umzusetzen.

### **A 2.3 Meldepflichtige Ereignisse**

In KKP-2 treten im Durchschnitt weniger meldepflichtige Ereignisse auf als in KKP-1. Allerdings kam es in den letzten 10 Jahren in KKP-2 zu je zwei Ereignissen der INES-Stufe 1 (Störung) und der INES-Stufe 2 (Störfall).

An Ereignissen der INES-Stufe 1 waren zu verzeichnen:

- Während der Revision (31.7.2002) zeigte sich durch Zufall, dass eine Berstmembran in einer Abluftleitung falsch montiert war [BMU 2002].
- Am 16.03.2004 wurde bei Instandhaltungsarbeiten an einer Sicherheitseinspeisepumpe des Not- und Nachkühlsystems während des Leistungsbetriebs festgestellt, dass die zur Abtragung der horizontalen Belastung bei Einwirkungen von außen, z.B. bei einem Erdbeben, vorgesehenen Stifte fehlten. Die Überprüfung ergab, dass an allen Sicherheitseinspeisepumpen sowie an Nachkühlpumpen, Pumpen des Brennelement-Lagerkühlsystems, des Zwischenkühlkreislaufes und der Nebenkühlwassersysteme die Verstiftung fehlte. Spätere Berechnungen zeigten, dass nur eine der betroffenen Pumpen die potenziellen Belastungen nicht hätte abtragen können. Die Einstufung nach INES-Stufe 1 erfolgte auch aufgrund der aufgetretenen Defizite im Qualitätssicherungssystem des Betreibers [BMU 2004].

Ereignisse der INES-Stufe 2 werden Störfälle genannt, diese sind durch einen begrenzten Ausfall der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen gekennzeichnet. In den letzten zehn Jahren traten zwei derartige Störfälle in Deutschland auf, beide in Philippsburg-2.

- Im Jahr 2001 (gemeldet am 10.08.2001) wurde festgestellt, dass in allen vier Flutbehältern zum Zeitpunkt des Anfahrens nach der jährlichen Revision der erforderliche Füllstand von (12,60 m) nicht vorhanden war. Bei der anschließenden Untersuchung stellte sich heraus, dass diese Abweichung von den Vorschriften bei den 16 Jahresrevisionen seit der Inbetriebnahme 15 Mal praktiziert worden war. Die Flutbehälter enthalten den Wasservorrat des Not- und Nachkühlsystems [BUND 2009a].
- In diesem Zusammenhang musste noch ein weiteres Ereignis der INES-Stufe 2 gemeldet werden (27.08.2001). Nach der Füllstandsunterschreitung beim Anfahren lag die Borkonzentration während des Betriebes in drei der vier Behälter unter dem vorgeschriebenen Wert. Die Behälter sind nicht mit reinem Wasser gefüllt, sondern mit Borsäurelösung, um eine erneute Kettenreaktion eines abgeschalteten Reaktors zu verhindern [BUND 2009a].

Die durch diese beiden Ereignisse offenkundig gewordenen Sicherheitsdefizite betrafen auch den organisatorische und menschlichen Bereich. Umfangreiche Gegenmaßnahmen wurden geplant, insb. eine Verbesserung des Sicherheitsmanagements. Der damalige Baden-Württembergische Umweltminister Müller räumte Fehler und Schwächen auch bei Aufsichtsbehörde und Gutachtern ein [BUND 2009a].

## **A 2.4 Zusammenfassende Diskussion der Schwachpunkte**

Da das Bruchausschlusskonzept nicht bei Herstellung und Errichtung der DFÜ angewendet wurde, sind die Anforderung an die Qualität des Werkstoffes, Fertigung und Auslegung geringer als später erforderlich. Vermutlich kann daher der Bruchausschluss nicht für mehr als 20 weitere Jahren unterstellt werden.

Sicherheitsgewinn könnte ein Austausch von Rohleitungen (III c 4) bieten. Diese Maßnahme hat nur die Priorität 2 zugeordnet und noch dazu den Zeithorizont mittel- und langfristig. Ein Austausch wäre angesichts einer verbleibenden Betriebszeit in KKP-2 zeitlich noch durchführbar. Problematisch ist allerdings, wie schon für KKP-1 erwähnt, dass die Maßnahme die Einschränkung enthält, dass nur an Stellen ausgetauscht werden soll, an denen erheblicher Sicherheitsgewinn erreichbar ist. Wer aber wie festlegt, was ein erheblicher Sicherheitsgewinn ist, bleibt offen.

Gefährliche Alterungsprozesse, die im Allgemeinen ab einer Betriebszeit von 20 Jahren einsetzen, können insgesamt ein Problem in der inzwischen mehr als 25 Jahre alten Anlage werden. Da in KKP-2 bisher weder umfangreiche Austauschprogramm durchgeführt worden sind, noch die Qualitätsanforderungen einem ausreichend hohem Standard entsprachen, ist insgesamt zu erwarten, dass die Alterungsprobleme in den nächsten Jahren stark ansteigen werden. Diese können nur bis zu einem gewissen Grad durch Gegenmaßnahmen behoben werden kann. Gerade deshalb ist es wichtig, im Rahmen der Möglichkeiten Maßnahmen zu ergreifen. In der Nachrüstliste sind jedoch nur allgemeine Anforderungen formuliert.

Auch die Alterung der Sicherheitsnachweise kann grundsätzlich und speziell in KKP-2 ein Problem sein. Eine Überprüfung und Aktualisierung der Sicherheitsnachweise soll laut Nachrüstliste kurzfristig erfolgen, dies wird einen hohen personellen Aufwand der Aufsichtsbehörde erfordern. Vor allem aber ist problematisch, dass die Umsetzung der Erkenntnisse den Zeithorizont mittel- und langfristig hat.

Die Nachlässigkeiten beim Notkühlsystem wurden von der Atomaufsicht und deren Sachverständigen jahrelang übersehen. Es ist nicht auszuschließen, dass dieses kein Einzelfall war und möglicherweise weitere bisher unerkannte Sicherheitsdefizite vorhanden sind.

### **A 3 Terrorgefahr am Standort Philippsburg**

Das Atomkraftwerk Philippsburg mit seinen beiden Blöcken 1 und 2 zählt zu den gegen Terrorangriffe verwundbarsten deutschen Atomkraftwerken. Nach Einschätzung der Sicherheitsbehörden und -experten stieg in dem letzten Jahrzehnt die Gefahr für einen Terroranschlag in Deutschland.

#### **A 3.1 Bedrohung durch Luftangriffe**

Der Standort Philippsburg wird aufgrund seiner geografischen Lage gegenüber Luftangriffen als besonders gefährdet angesehen. Das ist auch der Grund dafür, warum Philippsburg eine Genehmigung für die Installation einer Vernebelungsanlage erhielt. Die umstrittenen Nebelwerfer wurden nach dem Pilotprojekt in Grohnde bisher erst in Biblis installiert. Die Atomaufsichtsbehörde Baden-Württemberg erteilte im Juni 2010 die entsprechende Genehmigung. Einsatzbereit sollten die Nebelbatterien Ende 2010/Anfang 2011 sein [RZN 2010; TAZ 2010]. Allerdings mindert der militärische Nebel, der für ganz andere Bedrohungsszenarien entwickelt wurde, die Trefferwahrscheinlichkeit eines Verkehrsflugzeuges nur unwesentlich. Insofern ist die Gefährdung gegenüber Terrorangriffen aus der Luft in Philippsburg auch nach Installation der Nebelbatterien vergleichsweise hoch.

Philippsburg-1 gehört laut der nach dem 11.09.2001 von der Bundesregierung beauftragten GRS-Studie zum eindeutig zu den gegenüber Flugzeugangriff verwundbarsten Atomkraftwerken in Deutschland [BMU 2002a]. Außer dem gezielten Absturz eines Verkehrsflugzeuges kann auch ein anderer, im Vergleich dazu „kleinerer“ Terrorangriffe, z.B. mit einem mit Sprengstoff beladenen Hubschrauber, gravierenden Schaden verursachen.

Aber auch Philippsburg-2 ist nicht unverwundbar gegenüber einem terroristisch motivierten Flugzeugabsturz. Laut GRS-Studie zu den Auswirkungen eines gezielten Flugzeugabsturzes auf ein Atomkraftwerk kann eine Boeing 747, welche mit einer Geschwindigkeit von 630 km/h auf das Reaktorgebäude prallt, dieses nicht durchdringen. Aber dennoch kann nach Auffassungen der Experten ein Kernschmelzunfall resultieren. Durch Erschütterungen können im Reaktor Leckagen im Primärkühlkreis entstehen. Dieser Kühlmittelstörfall kann bei einer Zerstörung der Reaktorwarte durch Trümmer sowie einem Folgebrand, der nach einem Flugzeugabsturz recht wahrscheinlich ist, voraussichtlich nicht mehr beherrscht werden. Laut



GRS besteht nur im Falle von frühzeitigen Eingriffsmöglichkeiten durch das Anlagenpersonal die Möglichkeit einen Kernschmelzunfall, zu verhindern [BMU 2002a].

Neben der Vernebelung wurden nach dem 11.09.2001 auch bauliche Veränderungen als Schutzmaßnahmen der deutschen Atomkraftwerke in Erwägung gezogen. Eibl, Professor für Baumechanik und Mitglied der von Bayern, Baden-Württemberg und Hessen initiierten Internationalen Länderkommission Kernenergie (ILK) empfahl die Errichtung einer Schutzstruktur rund um das Atomkraftwerk, die aus zwei Elementen bestehen sollte: aus dicken Stahlbetonwänden und aus Stahlnetzen. Die drei bis fünf Meter dicken Wälle sollen dort aufgestellt werden, wo das Reaktorgebäude weder von angrenzenden Gebäuden noch von Bergen geschützt wird. In Eibls Modell würde ein Passagierflugzeug beim Anflug auf den Reaktor in den Betonwall rasen und explodieren. Der Flieger käme allenfalls mit einigen Einzelteilen ein paar Meter über die Mauer hinaus. Damit nicht einzelne Brocken aus dem Wall herausbrechen und ihrerseits dann Schäden am Reaktor verursachen, muss der Beton mit Stahldraht durchzogen sein. Zusätzlich empfahl Eibl, ein Stahlnetz zehn Meter über der Kuppel zu montieren, um den Reaktor von oben gegen einen Hubschrauber zu schützen, der sich in den Reaktor stürzen oder eine große Sprengstoffmenge abwerfen könnte. Die vorgeschlagene Schutzstruktur hielt Eibl für „absolut bezahlbar“ [GFB 2004, NW 2004, WELT 2004]. Offensichtlich sind bisher Behörden und Betreiber anderer Auffassung gewesen.

Nachrüstliste: In der Nachrüstliste ist eine bautechnische Barriere gegen Einwirkungen Dritter gefordert (IV 3). Konzeptionelle Vorschläge dafür wurden vor Jahren, auch angesichts der nur noch verbleibenden Restlaufzeiten, nicht weiter verfolgt. Diese Situation hat sich verändert, zum einen ist die Terrorgefahr gestiegen zum anderen haben die Laufzeitverlängerungen eine neue Entscheidungsgrundlage geschaffen. Schutzbauwerke könnten für die besonders gefährdeten Anlagen in Philippsburg einen gewissen Schutz bieten, wenn zeitlich nicht mehr für KKP-1, dann doch wenigstens für KKP-2.

### **A 3.2 Bedrohung durch Bodenangriffe**

Als im November 2010 die Bedrohung durch Terroranschläge in Deutschland als hoch eingestuft wurde, gingen die Behörden von drei unterschiedlichen Bedrohungsszenarien aus. Für bedrohlich werden u.a. Anschläge durch sogenannte Schläferzellen gehalten, deren Mitglieder seit Jahren in Deutschland leben und im Geheimen Gewaltaktionen vorbereiten [NP 2010; OPP 2010]. Eine Möglichkeit für Schläfer wäre die Durchführung oder Unterstützung eines Terroranschlags als Innentäter in einem Atomkraftwerk. Innentäter stellen für Atomkraftwerke eine große Bedrohung dar, der in der internationalen Fachdiskussion große Beachtung geschenkt wird. Ein Experte wies während der internationalen Fachkonferenz NUSEC<sup>15</sup> darauf hin, dass das Gefährlichste an Innentätern ihr Wissen sei – dieses hätten sie stets bei sich, es gäbe keine Kontrolle darüber. Daher sei ein Schutz gegen Innentäter nicht möglich [HONNELLIO 2005].

---

<sup>15</sup> Nuclear Energy and Security, Universität Salzburg, 20. – 23. Juli 2005

Philippsburg ist nicht nur gegenüber Flugzeugangriffen oder anderen Angriffen aus der Luft, besonders gefährdet, auch ein Terroranschlag vom Boden, z. B. einen Sprengstoffanschlag unter Mitwirkung von Innentätern, erscheint dort durchführbar. Das belegen diese Vorfälle:

- Im März 2006 lässt sich ein Mitarbeiter, der Kontrollarbeiten an einem Notstromaggregat vornehmen wollte, einen Schlüsselbund aushändigen. Stunden später sind die zwölf Schlüssel weg, drei davon ermöglichen den Zugang zu sicherheitsrelevanten Bereichen. Die Schlösser wurden erst in den folgenden Wochen ausgetauscht [SZ 2006].
- Im Februar 2007 teilte ein Unternehmen der Aufsichtsbehörde mit, dass u.a. mitgebrachtes Werkzeug bei der Einfahrt in das Atomkraftwerk Philippsburg-1 nicht ausreichend kontrolliert worden seien. Dieser Vorwurf wurde im Rahmen einer unangemeldeten Kontrolle der Aufsichtsbehörde am 27.02.2007 bestätigt. Durch eine Ergänzung der Dienst-anweisung für den Objektsicherungsdienst sollte anschließend nochmals klargestellt, welches Gepäck in welcher Weise in der Fahrzeugschleuse zu kontrollieren ist [LTBW 2009].
- Ende 2010 hat ein Mitarbeiter des Atomkraftwerks Philippsburg interne Schulungsunterlagen auf einer allgemein zugänglichen Internet-Plattform veröffentlicht. Der betreffende Mitarbeiter sei entlassen worden, eine Gefahr für das Atomkraftwerk habe nicht bestanden, da es sich um keine sicherheitsrelevanten Daten gehandelt, so der Betreiber. Dennoch zeigt der aktuelle Vorfall, dass das Sicherheitsbewusstsein der Betriebsmannschaft in Philippsburg unzureichend ist [KA 2011].

Am 01.01.2010 trat eine Neufassung des Paragraphen (§12b des Atomgesetzes) in Kraft, der die Überprüfung von Personen regelt, die in kerntechnischen Anlagen tätig sind. In der Neufassung wurde u.a. für einige Behörden die Verpflichtung eingeführt, der zuständigen atomrechtlichen Behörde nachträglich erlangte, relevante Informationen zu melden [BUZER 2011]. Die Zuverlässigkeitsprüfungen erschweren das Einschleusen von Innentätern in Atomkraftwerke, sie verhindern es aber nicht vollständig. Zu bedenken ist, dass während der Revisionszeiten ca. 1000 Personen von den verschiedensten Firmen im AKW tätig sind. Die Möglichkeiten, die sich Innentätern bieten, hängen wesentlich von der internen Arbeitsorganisation ab und gerade die ist in Philippsburg bisher mehrfach als mangelhaft aufgefallen. Mögliches Innentäter-Szenario ist das Auslösen eines schweren Unfalls durch den Einsatz von Sprengladungen. Die für einen solchen Anschlag erforderliche Sprengstoffmenge liegt in der Größenordnung von einigen Kilogramm.

Nachrüstliste: In der Nachrüstliste sind unter den Sicherungsmaßnahmen zwei Anforderungen enthalten, die eine gewisse Abhilfe schaffen könnten: Optimierung der Sicherungsmaßnahmen hinsichtlich eines Innentäterschutzes (IV 1) sowie Optimierung von Detektionseinrichtungen (IV 2).<sup>16</sup> Die Gefährdung durch einen Sprengstoffanschlags unter Beteiligung von Innentätern könnte so verringert werden. Diese Maßnahmen sollen kurzfristig umgesetzt werden, die Konkretisierung ist behördliche Verschlussache. Insofern kann ihr Verbesserungspo-

---

<sup>16</sup> Damit werden sowohl die oben geschilderte bestehende Gefährdung als auch die bestehenden Schwachstellen eingestanden.

tenzial nicht bewertet werden. Es ist aber zu befürchten, dass die Maßnahmen sehr begrenzt sind.

Die, zumindest im formulierten Anspruch, umfassendere Maßnahme zur Verbesserung der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit Objektsicherung (IV 4) soll erst mittel- und langfristig umgesetzt werden, daher wird sie vermutlich für KKP-1 nicht mehr zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, sondern erst für KKP-2. Zu bedenken ist allerdings, dass auch die technischen Möglichkeiten für Terroranschläge wachsen und so die Sicherung der Anlagen immer hinter den potenziellen Bedrohungsszenarien herhinken wird.

## **Anhang B**

# **Anhang zum Gemeinschaftskraftwerk Neckarwestheim-1 und -2 (GKN-1 und -2)**

Helmut Hirsch

## **B 1 GKN-1**

### **B 1.1 Laufzeitverlängerung**

Neckarwestheim-1(GKN-1) ist ein Atomkraftwerk mit Druckwasserreaktor, mit einer Nettoleistung von 785MWe. Es gehört zur Baulinie 2 der deutschen Druckwasserreaktoren und ist nach Biblis A das zweitälteste AKW, das in Deutschland noch in Betrieb ist (Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs am 01.12.1976) [ATW 2010].

GKN-1 hätte nach der Regelung im alten Atomgesetz Anfang 2011 abgeschaltet werden müssen, und soll nun ca. 8 Jahre länger am Netz bleiben, bis zu einer voraussichtlich Gesamtlaufzeit von 42 Jahren.

### **B 1.2 Schwachpunkte im Vergleich zu neueren Anlagen**

Wie die anderen Druckwasserreaktoren der Baulinie 2 (Biblis A und B, Unterweser) weist auch GKN-1 im Vergleich mit neueren Anlagen zahlreiche Schwächen und Mängel auf. Diese Schwächen werden in der folgenden Tabelle anhand des ablehnenden Bescheides des BMU zur Übertragung von Elektrizitätsmengen von GKN-2 auf GKN-1 aufgezeigt [BMU 2008]. Ihre Behandlung beschränkt sich auf die wichtigsten Beispiele; eine umfassende Darstellung würde z.T. erfordern, in technische Details zu gehen, und den Rahmen der vorliegenden Kurzstudie sprengen.

Im Zusammenhang mit der Einführung des neuen § 7d in das Atomgesetz haben die Fachbeamten von Bund und Ländern Nachrüstmaßnahmen in einer Liste zusammengestellt, die in jedem Fall umzusetzen sind (sofern sie in einer Anlage nicht schon realisiert sind). Diese Liste ist nicht abschließend – sie wird laufend fortgeschrieben [BMU 2010].

Für jeden der für GKN-1 aufgezeigten Schwachpunkte wird in der Tabelle kurz dargelegt, inwieweit die Maßnahmen aus dieser „Nachrüstliste“ Abhilfe schaffen können.

| <b>Betrachtungsgegenstand (BG) aus Bescheid zur Übertragung, Sicherheitsdefizit (SD) von GKN-1</b>   | <b>Bezug auf Nachrüstliste</b>   |
|--|--|
|  |  |
| <p>BG 1 Meldepflichtige Ereignisse<br/>                     SD: Höhere Zahl von Ereignissen, insb. bei Ereignissen mit Alterungsrelevanz (s. auch Abschnitt B 1.3)</p>   | <p>Verschiedene Maßnahmen<br/>                     Durch Nachrüstung bzw. Austausch von Komponenten sind punktuelle Verbesserungen möglich</p>   |
| <p>BG 3 Bruchausschluss für Druckführende Umschließung (DFÜ)<br/>                     SD: Geringere Sicherheitsmargen hinsichtlich Schäden/Versagen</p>  | <p>Maßnahme III c 4<br/>                     Austausch von Rohrleitungen der DFÜ zur Verbesserung des Leck-vor-Bruch-Verhaltens an einigen Stellen<br/>                     Wäre Verbesserung, aber:<br/>                     Zeithorizont: mittel- und langfristig<sup>17</sup><br/>                     Diese Maßnahme hat zudem Priorität 2.</p>  |
| <p>BG 6 Fehlerhafte Einspeisung von Deionat oder minderboriertem Kühlmittel<br/>                     BG 14 Versagen eines DE-Heizrohrs größer als betrieblich zulässige Leckage<br/>                     SD: Kein Zusatzboriersystem vorhanden</p> | <p>Maßnahme I c 7<br/>                     Implementierung eines Zusatzboriersystems<br/>                     Wäre wichtige Verbesserung, aber:<br/>                     Zeithorizont: mittel- und langfristig<sup>+</sup></p>   |
| <p>BG 7 Notstromfall<br/>                     SD: Schlechtere Redundanztrennung, weniger sicherheitstechnische Reserven</p>  | <p>Maßnahme I c 9<br/>                     Durchgängige n+2-Strängigkeit der Notstromversorgung auf Sicherheitsebene 3.<br/>                     Trifft nicht den Kern des Problems, bei dem es nicht um die Zahl der Redundanzen, sondern deren Trennung geht. Zudem:<br/>                     Zeithorizont: mittel- und langfristig<br/>                     Ebenfalls relevant:<br/>                     Maßnahme III c 2<br/>                     Bautechnische oder räumliche Trennung redundanter Sicherheitseinrichtungen hinsichtlich Brandes u.a.<br/>                     Wäre eine weiter reichende Verbesserung, hat jedoch nur Priorität 2 und ebenfalls mittel- und langfristigen Zeithorizont<sup>+</sup></p> |
| <p>BG 10 Leck/Bruch im Frischdampf- oder Speisewassersystem<br/>                     SD: Keine Kompaktarmaturenblöcke, daher</p>   | <p>Maßnahme I c 10<br/>                     Ausschluss gegenseitiger negativer Beeinflussungen zwischen FD-Leitungen und FD-</p>   |

<sup>17</sup> Erläuterung siehe Abschnitt B 1.4

|   |  |
|---|--|
| <p>mehr leckrelevante Stellen<br/>SD: Geringere Sicherheitsmargen der Frischdampfleitung</p>  | <p>Armaturen<br/>Betrifft Problem nur randlich, da weiterhin viele leckrelevante Stellen<br/>Zudem:<br/>Zeithorizont: mittel- und langfristig</p>  |
| <p>BG 11 Fehlerhafter Füllstand bei Mitte-Loop-Betrieb<br/>SD: Schlechtere Beherrschung eines fälschlichen Füllstandsabfalls</p>  | <p>Maßnahme I c 13<br/>Automatische Maßnahmen zur Vermeidung von Handmaßnahmen bei Mitte-Loop-Betrieb<br/>Verbesserung, aber:<br/>Zeithorizont: mittel- und langfristig</p>  |
| <p>BG 13 Großes Leck an der DFÜ<br/>SD: Kleinerer Flutbehälter-Inhalt</p>   | <p>Maßnahme III c 6<br/>Vergrößerung der Flutbehälter-Inventare soweit sicherheitstechnisch sinnvoll<br/>Verbesserung, hat aber Einschränkung, zudem:<br/>Zeithorizont: mittel- und langfristig<br/>Außerdem nur Priorität 2</p>   |
| <p>BG 15 Anlageninterner Brand<br/>SD: Überwiegende Abhängigkeit von aktiven Maßnahmen (GKN-2: Passive Maßnahmen)<br/>SD: In Teilen fehlende Redundanztrennung der Sicherheitssysteme</p> | <p>Maßnahme I c 8<br/>Optimierung der bautechnischen oder räumlichen Trennung redundanter Sicherheitseinrichtungen hinsichtlich Brandes u.a.<br/>Verbesserung; es bleibt Grundproblem, dass aufgrund der bautechnischen Gegebenheiten der Brandschutz von aktiven (daher potenziell versagenden Maßnahmen) abhängig ist).<br/>Zudem:<br/>Zeithorizont: mittel- und langfristig<br/>Ebenfalls relevant:<br/>Maßnahme III c 2<br/>Bautechnische oder räumliche Trennung redundanter Sicherheitseinrichtungen hinsichtlich Brandes u.a.<br/>Wäre eine weiter reichende Verbesserung, hat jedoch nur Priorität 2 und ebenfalls mittel- und langfristigen Zeithorizont.</p> |
| <p>BG 17 Flugzeugabsturz<br/>SD: Niedrigerer Schutzgrad</p>   | <p>Maßnahme IV 3<br/>Realisierung einer bautechnischen Barriere gegen Einwirkungen Dritter entsprechend dem heutigen Stand der Sicherungsanforderungen</p>   |

|   |   |
|---|---|
|   | Wäre Verbesserung, allerdings existiert ein Konzept zum Erzielen des heutigen Standes des Schutzes gegen FLAB nicht, zudem:<br>Zeithorizont: mittel- und langfristig  |
| BG 20 Ausfall eines Strangs des Nachwärmefuhrsystems<br>SD: Geringere Reserven zur Störfallbeherrschung | Maßnahme III c 10<br>Diversitäre Wärmeabfuhr aus der sicherheitsrelevanten Nachkühlkette<br>Wäre sicherheitstechnische Verbesserung.<br>Aber: Zeithorizont: mittel- und langfristig <sup>+) </sup><br>Zudem nur Priorität 2 |
| BG 23 Erdbeben<br>SD: Schlechterer Schutz   | Thema wird in Nachrüstliste nicht angesprochen.   |

+) Die Realisierung eines Zusatzboriersystems, diversitärer Einrichtungen zur Nachwärmefuhr sowie eine räumliche Trennung der Notstromdieselgebäude ist von EnBW bereits 2007 beantragt worden [ENBW 2007]. Nach Aussage der zuständigen Genehmigungsbehörde fehlen allerdings zurzeit noch Unterlagen. Die Umsetzung der beantragten Maßnahmen wird im Rahmen der Umsetzung der Anforderungen aus der Nachrüstliste erfolgen (mit Ausnahme der beantragten Umrüstung der Leittechnik, für die derzeit keine anwendbaren Vorgaben vorliegen, da das einschlägige Regelwerke noch in Entwicklung ist, und bei der nicht absehbar ist, wann die Umsetzung erfolgen kann) [MUNV 2011].

### **B 1.3 Meldepflichtige Ereignisse**

In GKN-1 treten im Mittel mehr meldepflichtige Ereignisse auf als in GKN-2. Insbesondere im Bereich der Ereignisse mit Alterungsrelevanz ist in GKN-1 eine um den Faktor vier höhere Ereignisrate festzustellen. Ereignisse mit Anforderung oder Fehlanregung einer Sicherheitseinrichtung treten zehnmal häufiger auf, Ereignisse mit Anforderung des Notstromsystems fünfmal häufiger [BMU 2008].

Bei den Ereignissen handelt es sich überwiegend um solche, die der niedrigsten Stufe der internationalen Bewertungsskala INES (Stufe 0 – Ereignis ohne oder mit geringer sicherheitstechnischer Bedeutung) zuzuordnen sind. Eine direkte Gefährdung ist mit diesen Ereignissen nicht verbunden. Ihr Auftreten stellt jedoch einen Indikator für die Betriebssicherheit der Anlage dar.

In den letzten zehn Jahren traten in GKN-1 drei Ereignisse der INES-Stufe 1 (Störung) auf:

- Fehltransport eines Brennelementes am 05.06.2002: Beim Brennelementwechsel wurde ein Brennelement auf einer Position abgesetzt, in der sich bereits ein anderes befand; eine Störungsmeldung betreffend den Greifer der Lademaschine war zuvor ignoriert worden. Zu diesem Vorfall trugen neben einem technischen Problem auch andere Mängel bei: Organisatorische Schwächen, fehlender Erfahrungsrückfluss aus zwei

Vorkommnissen in anderen Anlagen, Verstöße gegen die Sorgfaltspflicht, Mängel bei der Ergonomie und inkonsequente Schulung eines Mitarbeiters [BMU 2002; RSK 2003].

- Falscher Einbau einer Berstmembran in der Ringraumabsaugung, entdeckt am 02.08.2002: Die Berstmembran öffnet einen diversitären Abluftweg, falls eine parallel dazu angeordnete Klappe im Anforderungsfall nicht öffnet, oder fälschlich schließt. Die Klappenfunktion war in diesem Falle nicht beeinträchtigt [BMU 2002].
- Leckage im Heizkörper der nuklearen Abwasserverdampferanlage am 04.11.2003: Korrosion im Verdampfer führte zu einer inneren Leckage des Verdampfers; radioaktiv kontaminierte Flüssigkeit gelangte in das Kondensat eines Hilfsdampfsystems. Mehrere Faktoren wurden bei diesem Ereignis wirksam. Der Defekt einer Armatur und die Fehlstellung einer weiteren Armatur waren nicht erkannt worden, der Füllstandabfall in einem Lagerbehälter für Schwefelsäure wurde nicht rechtzeitig bemerkt und administrative Vorgaben für den Betrieb waren nicht eingehalten worden [BMU 2003].

#### **B 1.4 Zusammenfassende Diskussion der Schwachpunkte**

Bei den identifizierten Schwachpunkten sind gemäß Nachrüstliste in einigen Fällen Maßnahmen vorgesehen, die geeignet sind, sie zu beheben (etwa bei der Errichtung eines Zusatzboriersystems, der Vergrößerung der Flutbehälter-Inventare oder der räumlichen Trennung bei der Notstromanlage). In anderen Fällen sind lediglich teilweise Verbesserungen zu erwarten. Verbesserungen des Erdbebenschutzes werden überhaupt nicht angesprochen.

Es ist jedoch eine entscheidende Schwäche der Nachrüstliste, dass alle Maßnahmen den Zeithorizont „mittel- und langfristig“ zugeordnet haben, ohne dass bisher deutlich wurde, was das bedeutet. Lediglich Zusatzboriersystem, diversitäre Nachwärmeabfuhr sowie Redundanztrennung beim Notstromsystem sind bereits seit 2007 beantragt, doch auch in diesen Fällen ist offen, wann mit einer Realisierung zu rechnen ist, da diese nunmehr im Rahmen der Umsetzung der Nachrüstliste erfolgen soll.

Darüber hinaus haben zwei der Maßnahmen lediglich Priorität 2, einschl. der diversitären Nachwärmeabfuhr. Dies bedeutet, dass erst nach anlagenspezifischer Prüfung und probabilistischen Analysen entschieden werden soll, ob sie überhaupt umgesetzt werden.

Insgesamt ist somit allenfalls eine sehr begrenzte Erhöhung des Sicherheitsniveaus zu erwarten, die erst mit einer Verzögerung von möglicherweise einigen Jahren wirksam wird.

Es ist nicht abzusehen, wie der Schutz gegen Flugzeugabsturz überhaupt verbessert werden könnte. Bei wichtigen Punkten wie Bruchausschluss im Primärkreislauf und Brandschutz sind ebenfalls keine wesentlichen Verbesserungen zu erwarten. Wie schon erwähnt, sind Verbesserungen beim Schutz gegen Erdbeben auch längerfristig gar nicht vorgesehen.



## **B 2 GKN-2**

### **B 2.1 Laufzeitverlängerung und Sicherheitsanforderungen**

Neckarwestheim-2 ist ein Atomkraftwerk mit Druckwasserreaktor, mit einer Nettoleistung von 1310 MWe. Es gehört zur Baulinie 4 der deutschen Druckwasserreaktoren (den sogen. Konvoi-Anlagen) und ist das letzte AKW, das in Deutschland in Betrieb ging (Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs am 15.04.1989) [ATW 2010].

Die Konvoi-Anlagen gelten allgemein als die deutschen Atomkraftwerke mit dem höchsten Sicherheitsstandard. Sie sind ohne Zweifel sicherheitsmäßig besser einzuschätzen als ältere Anlagen, wie auch der Vergleich zwischen GKN-1 (DWR der Baulinie 2) und GKN-2 zeigt (s. oben).

Bei einer Betriebszeitverlängerung sind bei GKN-2 jedoch auch deutlich höhere Maßstäbe anzulegen als bei GKN-1.

GKN-1 hätte nach der Regelung im alten Atomgesetz Anfang 2011 abgeschaltet werden müssen und soll nun 8 Jahre länger am Netz bleiben, bis zu einer voraussichtlich Gesamtlaufzeit von 42 Jahren. GKN-2 hatte nach der alten Regelung Anfang 2011 noch eine Restlaufzeit von ca. 11 Jahren gehabt, die nun um ca. 14 Jahre, also auf etwa 25 Jahre verlängert wurde. Das entspräche einer Gesamtlaufzeit von 47 Jahren. Somit soll GKN-2 ab jetzt noch mehr als dreimal so lang in Betrieb sein als GKN-1, bis zum Jahr 2035.

Falls von älteren Anlagen auch noch Stromkontingente auf GKN-2 übertragen werden, was nach den gültigen gesetzlichen Regelungen ohne Zustimmung der Aufsichtsbehörde möglich ist, wird die Gesamtlaufzeit weiter verlängert.

Im internationalen Rahmen wird häufig von einer Auslegungs-Lebensdauer von Atomkraftwerken im Bereich von 30 bis 40 Jahren ausgegangen; das ist jener Bereich, von dem meist bei den Sicherheitsanalysen ausgegangen wird. Betrieb über diesen Zeitraum hinaus wird als „Langzeit-Betrieb“ bezeichnet.

GKN-2 wird – falls der Ausbau der Kernenergie, wie in einigen Ländern vorgesehen, fortgesetzt wird – jahrzehntelang parallel mit neuen Anlagen, die zurzeit errichtet bzw. geplant werden, in Betrieb sein. Außerdem wird die Grenze zum Langzeit-Betrieb deutlich überschritten. Es erscheint also angemessen, die Sicherheitsziele und –anforderungen, wie sie international für neue Anlagen formuliert wurden, als Maßstab an GKN-2 anzulegen.

Dies erfolgt hier beispielhaft für schwere Unfälle; eine umfassende Behandlung würde über den Rahmen der hier vorliegenden kurzen Expertise hinausgehen.

## **B 2.2 Meldepflichtige Ereignisse**

In GKN-2 treten im Durchschnitt erheblich weniger meldepflichtige Ereignisse auf als in GKN-1 (siehe Abschnitt B 1.3). Gleichwohl kam es in den letzten 10 Jahren in GKN-2 zu zwei Ereignissen der INES-Stufe 1 (Störung):

- Beschädigung einer Primärneutronenquelle am 27.06.2002: Die Neutronenquelle war zur Entsorgung im Brennelementlagerbecken abgestellt und wurde bei Umsetzarbeiten in diesem Becken beschädigt – sie verklemmte beim Absetzen in eine neue Position, es wurden Teile abgebrochen. Das Personal hatte gegen Vorgaben in den Betriebsvorschriften verstoßen [BMU 2002].
- Aktivitätsübertritt in das Deionatsystem, Freisetzung von geringfügig kontaminiertem Wasser am 28.07.2004: Die Abgabe erfolgte beim Entleeren eines Dampferzeugers während einer Revision. Entdeckt wurde dies erst nachträglich, beim Wiederanfahren nach der Revision am 18.08.2004. Dabei wurde Radioaktivität in einem Dampferzeuger angezeigt, die aus dem normalerweise nicht kontaminierten Deionatsystem kam. Ursache für den Aktivitätseintrag in dieses System war ein fehlender Einsatz in einer Rückschlagklappe im System für die Dekontamination von Primärkreislaufkomponenten, das einen Anschluss an das Deionatsystem hat. Nachträglich stellte sich weiterhin heraus, dass auch Abfälle der Maschinenhausentwässerung, die bereits per LKW abtransportiert worden waren, kontaminiert waren. Der genannte Fehler an der Rückschlagklappe hat als latenter Fehler bereits seit der Errichtung des Dekontaminationssystems vorgelegen [BMU 2004].

## **B 2.3 Anforderungen im Zusammenhang mit schweren Unfällen**

Die Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA), ein Zusammenschluss der nuklearen Aufsichtsbehörden der EU-Staaten sowie der Schweiz, stellte Ende 2010 Sicherheitsziele für neue Reaktoren auf. U.a. wird gefordert, dass Unfälle mit Kernschmelzen, die zu frühzeitigen<sup>18</sup> oder großen<sup>19</sup> Freisetzungen führen, praktisch ausgeschlossen sein müssen [WENRA 2010].

Auch die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) fordert für neue Anlagen den praktischen Ausschluss verschiedener Situationen bei schweren Unfällen, wie ein frühzeitiges Versagen des Containments, Beschädigung des Containments durch Durchschmelzen der Bodenplatte oder Überdruck, Containment by-pass durch Bruch von Dampferzeuger-Heizrohren bei DWR [IAEA 2004].

---

<sup>18</sup> Frühzeitige Freisetzung: Würde Maßnahmen des Katastrophenschutzes erfordern, die nicht auf das Anlagen-gelände beschränkt sind, jedoch wäre die Zeit nicht zu deren Umsetzung ausreichend.

<sup>19</sup> Große Freisetzung: Würde Schutzmaßnahmen für die Öffentlichkeit erfordern, die in räumlicher oder zeitlicher Erstreckung nicht eng begrenzt sind.

In diesem Zusammenhang wird die Möglichkeit, dass bestimmte Bedingungen auftreten, als praktisch ausgeschlossen angesehen, wenn es entweder physikalisch unmöglich ist, dass diese Bedingungen auftreten, oder wenn ihr Auftreten mit einem hohen Grad von Vertrauen als extrem unwahrscheinlich angesehen werden kann.

(Wörtlich bei WENRA [2010], mit Bezug auf IAEA [2004]: *In this context, the possibility of certain conditions occurring is considered to have been practically eliminated if it is physically impossible for the conditions to occur or if the conditions can be considered with a high degree of confidence to be extremely unlikely to arise.*)

Im Hinblick auf Bedingungen, die nicht physikalisch unmöglich sind, besteht Konsens bei den atomrechtlichen Aufsichtsbehörden der EU-Staaten und der Schweiz, dass der praktische Ausschluss nicht allein durch Einhaltung eines probabilistischen Zielwertes gerechtfertigt werden kann. Wichtig ist das hohe Vertrauen in die Aussage. Es muss ausreichendes Wissen über die fraglichen Unfallbedingungen gegeben sein; Unsicherheiten, die mit den Daten und den angewandten Methoden verbunden sind, sollten quantifiziert werden [RHWG 2009].

Eine Gruppe von großen europäischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVUs) hat für neue Reaktoren als probabilistischen Zielwert für Unfälle mit frühzeitigen oder sehr großen Freisetzungen den Wert von  $10^{-7}/a$  aufgestellt [EUR 2001].

Wie oben klargestellt, ist die Einhaltung dieses (oder eines anderen) probabilistischen Zieles allein nicht ausreichend, um den praktischen Ausschluss nachzuweisen. Der genannte Zielwert kann jedoch orientierend zur Bewertung von Ergebnissen von probabilistischen Sicherheitsanalysen herangezogen werden.

## **B 2.4 Probabilistische Sicherheitsanalyse für GKN-2**

Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) hat im Auftrag des BMU eine probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) für einen neueren Druckwasserreaktor (DWR) in Deutschland durchgeführt, die den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik widerspiegeln und möglichst umfassend sein sollte. Referenzanlage für diese Analyse war GKN-2. Der Betreiber kooperierte mit der GRS und stellte insbesondere Unterlagen und Informationen zur Verfügung [GRS 2001].

Bei PSA werden im Allgemeinen drei Stufen unterschieden. Die PSA der GRS umfasst die Stufe 1 (Analyse und Quantifizierung der Ereignisabläufe bis zum Kernschmelzen) sowie die Stufe 2 (Analyse und Quantifizierung vom Kernschmelzen bis zu Anlagenschäden und Freisetzungen). In der Stufe 3, die nicht einbezogen wurde, werden Ausmaß und Häufigkeit von Gesundheits-, Umwelt- und Sachschäden ermittelt.

Die Analyse der GRS geht über die bisher durchgeführten PSA für Atomkraftwerke in Deutschland hinaus, die sich im Wesentlichen auf Stufe 1 für den Leistungsbetrieb beschränkten. Dennoch berücksichtigt sie nicht sämtliche Faktoren, die zum Risiko beitragen und in einer PSA grundsätzlich erfassbar wären.

In Stufe 1 werden sowohl Leistungs- als auch Nichtleistungsbetrieb behandelt.

Für den Leistungsbetrieb werden übergreifende interne Ereignisse (z.B. Brand, Überflutung) betrachtet. Externe Ereignisse wurden jedoch nicht detailliert untersucht. Für Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle, extremes Hochwasser und extreme Wettersituationen wurden grobe Abschätzungen durchgeführt. Erdbeben wurden weder quantitativ noch qualitativ bewertet, da eine Bewertung der Seismizität am Standort nach Stand von Wissenschaft und Technik den Rahmen des Vorhabens gesprengt hätte; weiterhin erklärte die GRS, dass die Methoden zur Ermittlung der erdbebenbedingten Versagenswahrscheinlichkeit von Bauwerken und technischen Einrichtungen insgesamt noch nicht ausreichend entwickelt seien.

Für den Nichtleistungsbetrieb wurden weder übergreifende interne Ereignisse noch externe Ereignisse in die Untersuchung einbezogen, da dies den Aufwand zu sehr erhöht hätte. Allerdings schließt GRS nicht aus, dass solche Ereignisse einen erheblichen Risikobeitrag liefern. Weiterhin wurden mögliche Auswirkungen einer störungsbedingten Deborierung des Kühlmittels auf das Kritikalitätsverhalten des Reaktorkerns nicht berücksichtigt, da diese Vorgänge zum Zeitpunkt der Erstellung der Analyse nach Angabe der GRS nicht in belastbarer Weise rechnerisch simuliert werden konnten.

Die Analyse der Stufe 2 wurde ausschließlich für den Leistungsbetrieb durchgeführt.

Die PSA der GRS diente in erster Linie dazu, die verfügbaren Methoden der probabilistischen Sicherheitsbewertung zu erproben und ihre Eignung für den praktischen Einsatz aufzuzeigen. Es wurden jedoch auch Schlussfolgerungen zur Sicherheit der betrachteten Anlage gezogen. Innerhalb des betrachteten Rahmens wurden u.a. die Häufigkeiten von Kernschadenszuständen ermittelt, sowie die Häufigkeiten verschiedener Kategorien von Freisetzungen radioaktiver Stoffe.

Die Häufigkeiten von Kernschadenszuständen bzw. von Freisetzungskategorien können nur abgeschätzt werden; sie sind Zufallsvariable, deren Verteilungen ermittelt werden. Im Allgemeinen wird als wichtigstes Ergebnis der Erwartungswert dieser Verteilungen angegeben.

Für den Erwartungswert der Häufigkeit von Kernschadenszuständen, die sich aus dem Leistungsbetrieb nach anlageninternen Störfällen entwickeln, ermittelt die GRS  $2,5 \times 10^{-6}/a$ . Davon entfallen etwa 10 % ( $2,5 \times 10^{-7}/a$ ) auf Freisetzungskategorien mit sehr hohen und frühen Freisetzungen.

Die Unsicherheiten dieses Wertes sind erheblich. Das 95%-Fraktile der Häufigkeit sehr hoher und früher Freisetzungen liegt etwa um den Faktor vier höher als der Erwartungswert, bei  $1 \times 10^{-6}/a$ .

In etwa 68 % aller Kernschadenszustände aus Leistungsbetrieb nach anlageninternen Störfällen kommt es zur Erosion des Fundamentbetons durch die Kernschmelze. Dies entspricht einem Erwartungswert der Häufigkeit von  $1,7 \times 10^{-6}/a$ ; das 95%-Fraktile liegt um mehr als den Faktor drei höher. Die GRS geht in solchen Fällen davon aus, dass es langfristig zu einer vollständigen Penetration der Bodenplatte und einer Kontamination des Erdbodens kommt<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung von GKN-2 wurde vom Betreiber ebenfalls eine PSA der Stufe 2 durchgeführt, die im November 2009 abgeschlossen wurde. Einige Ergebnisse dieser Studie wurden in zusammengefasster Form veröffentlicht [STROHM 2010]. Soweit daraus ersichtlich, entspricht das Ergebnis im Hinblick auf sehr hohe und frühzeitige Freisetzungen in etwa jenem der GRS. Für das Durchschmelzen der Bo-

## **B 2.5 Diskussion der Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalyse**

Sehr hohe und frühe Freisetzungen, sowie Durchschmelzen der Bodenplatte sollten bei neu errichteten Kernkraftwerken gemäß den o.g. internationalen Anforderungen praktisch ausgeschlossen sein.

Selbst wenn – in unzulässiger Vereinfachung – für GKN-2 lediglich der Erwartungswert der Häufigkeit dieser Fälle betrachtet wird, wird deutlich, dass ein praktischer Ausschluss nicht angebracht ist. Der Erwartungswert liegt für sehr hohe und frühe Freisetzungen deutlich über  $10^{-7}/a$ , für Durchschmelzen der Bodenplatte über  $10^{-6}/a$ .

Um, wie von IAEA bzw. WENRA gefordert, die in der Analyse erfassten Unsicherheiten abzudecken und einen höheren Grad von Vertrauen in die Ergebnisse herzustellen, können die 95%-Fraktile herangezogen werden. Das Bild wird dadurch noch ungünstiger. Hinzu kommen Unsicherheiten, die in der vorliegenden PSA nicht quantifiziert wurden oder generell nicht quantifizierbar sind.

Weiterhin ist zu bedenken, dass in dieser PSA eine Reihe von Faktoren, die grundsätzlich in solchen Analysen behandelt werden können, nicht berücksichtigt wurde. Der Nichtleistungsbetrieb wurde insgesamt lediglich auf Stufe 1 behandelt. Es ist davon auszugehen, dass der Beitrag dieses Anlagenzustandes zu den Häufigkeiten von sehr hohen und frühen Freisetzungen sowie des Durchschmelzens der Bodenplatte in der gleichen Größenordnung liegt, wie der Beitrag des Leistungsbetriebes.

Außerdem wurde beim Leistungsbetrieb der Beitrag von Erdbeben zur Unfallhäufigkeit überhaupt nicht behandelt; die Beiträge anderer externer Einwirkungen wurden nur summarisch abgeschätzt.

Schließlich ist unstrittig, dass es Risikofaktoren gibt, die in einer PSA grundsätzlich nicht berücksichtigt werden können. Zu nennen sind beispielsweise:

- Terrorangriffe und Sabotageaktionen
- Einfluss der Sicherheitskultur auf Errichtung, Wartung, Reparatur, Betrieb der Anlage
- Auftreten von bisher unbekanntem physikalischen oder chemischen Phänomenen

Insgesamt wird somit das Sicherheitsziel für neue Reaktoren, dass sehr hohe und frühzeitige Freisetzungen sowie ein Durchschmelzen der Bodenplatte, praktisch ausgeschlossen sein müssen, von GKN-2 eindeutig nicht erfüllt.

Schon die Ergebnisse der von der GRS durchgeführten probabilistischen Analyse zeigen dies. Unter Berücksichtigung der Beschränkungen dieser Analyse, sowie der Grenzen, die PSA grundsätzlich gesetzt sind, wird die Nichterfüllung noch deutlicher.

---

denplatte wird ein Anteil von 0 % an den Kernschadenszuständen angegeben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Analysen der Unfallabläufe 48 Stunden nach Unfalleintritt beendet wurden, also nur eine Zeitspanne betrafen, in der Durchschmelzen noch nicht zu erwarten ist.

**Quellenverzeichnis**

- BÄRO 2007 Bairo, Günter: Fehlervermeidung durch Human Performance-Methoden und – Werkzeuge; Vortrag, Jahrestagung Kerntechnik, Karlsruhe 22.-24.05.2007
- BFS 2011 Bundesamt für Strahlenschutz (BFS): Erfassung und Dokumentation der in den deutschen Kernkraftwerken erzeugten Strommengen; [www.bfs.de/de/kerntechnik/strommengen.html](http://www.bfs.de/de/kerntechnik/strommengen.html) , eingesehen Februar 2011
- BKU 2010 Büro Silvia Kotting-Uhl (MdB): Auswertung der geheimen Bund-Länder-Nachrüstliste; 29.09.2010, [www.kotting-uhl.de/cms/default/dokbin/355/355963.kurzauswertung\\_der\\_liste\\_akwnachruerstun\\_g.pdf](http://www.kotting-uhl.de/cms/default/dokbin/355/355963.kurzauswertung_der_liste_akwnachruerstun_g.pdf), eingesehen im Februar 2011
- BMU 2001-2010 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland; Jahresberichte 2001-2008; Quartalsberichte 2009; Monatsberichte nur bis einschl. November 2010
- BMU 2002 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland; Jahresbericht 2002
- BMU 2002a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Schutz der deutschen Kernkraftwerke vor dem Hintergrund der terroristischen Anschläge in den USA vom 11. September 2001 – Ergebnisse der GRS-Untersuchungen aus dem Vorhaben „Gutachterliche Untersuchungen zu terroristischen Flugzeugabstürzen auf deutsche Kernkraftwerke“; Bonn, 27.11.2002
- BMU 2003 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland; Jahresbericht 2003
- BMU 2004 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland; Jahresbericht 2004
- BMU 2005a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Ausgewählte probabilistische Brandanalysen für den Leistungs- und Nichtleistungsbetrieb einer Referenzanlage mit Siedewasserreaktor älterer Bauart“; M. Röwekamp, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU- 2005-666
- BMU 2007 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland; Jahresbericht 2007
- BMU 2008 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland; Jahresbericht 2008
- BMU 2008 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Übertragung von Elektrizitätsmengen von Kernkraftwerk Neckarwestheim II auf Block I; AZ RS I 3 – 14206/48, Bonn, 12. Juni 2008
- BMU 2010 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Sicherheits-technische Anforderungen / Maßnahmen zur weiteren Vorsorge gegen Risiken; Datei vom 01.10.2010 – sowie erläuternde Bemerkungen zu dieser Liste, Stand 28.09.2010, [www.bmu.de](http://www.bmu.de), gesehen am 16.02.2011
- BMU 2010a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Übereinkommen über nukleare Sicherheit, Bericht der Regierung der Bundesrepublik

- Deutschland für die Fünfte Überprüfungstagung im April 2011, Berlin, August 2010
- BUND 2009a Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND): Atomstrom 2009: Sauber, sicher, alles im Griff? Aktuelle Probleme und Gefahren bei deutschen Atomkraftwerken, Helmut Hirsch, unter Mitarbeit von Oda Becker, erstellt im Auftrag des BUND, Juli 2009
- BUND 2009b Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND): Studie zu den Gefahren von Laufzeitverlängerungen; Oda Becker, erstellt im Auftrag des BUND, August 2009
- BUZER 2010 BUZER: Synopse zu § 12 b, [www.buzer.de/gesetz/6234/al23164-0.htm](http://www.buzer.de/gesetz/6234/al23164-0.htm), eingesehen Februar 2011
- ENBW 2007 EnBW Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Neckarwestheim: GKN I – Antrag auf Änderungsgenehmigung gemäß § 7 AtG zur Verbesserung der Elektro-, Leit- und Systemtechnik hinsichtlich einer Optimierung des Schutzkonzeptes für GKN I in Form einer ersten Teilgenehmigung gem. § 18 AtVfV; Gen.-Dok.-Nr. A5/B/2.00.00/8003, Neckarwestheim, 05.09.2007
- EUR 2001 European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants: Volume 2 Generic Nuclear Island Requirements, Chapter 1 Safety Requirements; Revision C, April 2001
- FTD 2011 Financial Times: Betreiber prüfen Aus von Brunsbüttel; 16.02.2011; [www.ftd.de/unternehmen/industrie/:atomkraft-betreiber-pruefen-aus-von-brunsbuettel/60013316.html](http://www.ftd.de/unternehmen/industrie/:atomkraft-betreiber-pruefen-aus-von-brunsbuettel/60013316.html), eingesehen im Februar 2011
- GFB 2004 Grüne Fraktion im Bayr. Landtag: Schutz statt Nebel, Neue Erkenntnisse zur geplanten Vernebelung der AKW's; 12. Juli 2004; [www.gruene-fraktion-bayern.de](http://www.gruene-fraktion-bayern.de), eingesehen Januar 2007
- GP 2009 Greenpeace: Auswirkungen eines schweren Unfalls im Atomkraftwerk Philippsburg 1, Zusammenfassung; Oda Becker, erstellt im Auftrag von Greenpeace Deutschland e.V., Hannover, Juni 2009
- GRS 2001 Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Bewertung des Unfallrisikos fortschrittlicher Druckwasserreaktoren in Deutschland – Methoden und Ergebnisse einer umfassenden Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA); Entwurf zur Kommentierung, GRS-175, Oktober 2001
- HONNELIO 2005 A. L. Honnellio u. S. Rydell: Sabotage vulnerability of nuclear power plants; Konferenzbeitrag „Nuclear Energy and Security (NUSEC)“, Universität Salzburg, 20.–23.07.2005
- IAEA 2004 International Atomic Energy Agency (IAEA): Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants; Safety Guide No. NS-G-1.10, Vienna 2004
- IAEA 2011 International Atomic Energy Agency (IAEA), PRIS Power Reactor Information System (PRIS): Nuclear Power Plant Information; unter [www.iaea.org/programmes/a2/](http://www.iaea.org/programmes/a2/), eingesehen im Februar 2011
- KA 2011 KA-News: AKW Philippsburg: Mitarbeiter stellt Interna ins Netz, 26.01.2011, [www.ka-news.de/wirtschaft/karlsruhe/AKW-Philippsburg-Mitarbeiter-stellt-Interna-ins-Netz;art127,551357](http://www.ka-news.de/wirtschaft/karlsruhe/AKW-Philippsburg-Mitarbeiter-stellt-Interna-ins-Netz;art127,551357), eingesehen im Februar 2011
- KONTRASTE 2010 Kontraste: Atomkraft – Laufzeitverlängerung trotz Sicherheitsdefiziten, 15.07.2010, [www.rbb-onli-](http://www.rbb-onli-)

- [ne.de/kontraste/archiv/kontraste\\_vom\\_15\\_07/atomkraft\\_laufzeitverlaengerung.html](http://www.atomsicherheit.de/kontraste/archiv/kontraste_vom_15_07/atomkraft_laufzeitverlaengerung.html) , eingesehen im Februar 2011
- KROMP 2010 Wolfgang Kromp, Roman Lahodynky, Viet Anh Nguyen, Norbert Meyer, Wilfried Rindte, Emmerich Seidelberger, Steven Sholly, Ilse Tweer, Geert Weimann und Manfred Zehn „Schwachstellenbericht Siedewasserreaktoren Baulinie 69 – Kurzstudie zu Schwachstellen in den Kernkraftwerken SWR 69 Brunsbüttel, Isar 1, Krümmel und Philippsburg“ im Auftrag der Landesregierungen von Oberösterreich, Niederösterreich, Salzburg und der Umweltschutzanstalt Wien, Wien. ISR Report 2010/2, Oktober 2010
- LÖFFLER 2006 H. Löffler, M. Sonnenkalb: Methods and Results of a PSA Level 2 for a German BWR of the 900 MWe Class; Vortrag auf EUROSAFE 2006, Seminar 1, Paris, 13./14.11.2006
- LTBW 2009 Landtag Baden-Württemberg: Antrag der Abg. Franz Untersteller u. a. GRÜNE und Stellungnahme des Umweltministeriums Vertuschung eines Korruptionsfalls im Atomkraftwerk Philippsburg, Drucksache 14 / 4334, 14. Wahlperiode, 08.04.2009
- MUNV 2011 Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg: Stellungnahme zu einem Antrag der Grünen betr. Verzicht auf Verbesserungen des Sicherheitsniveaus bei dem Kernkraftwerk Neckarwestheim I(GKN), Landtags-Drucksache 14/7501, vom 13.02.2011
- NEUMANN 2010 Neumann, W. (intac GmbH), Becker, O.: Stellungnahme über Sicherheitsprobleme älterer Atomkraftwerke, Beispiel Isar 1 im Auftrag von Bündnis 90 / Die Grünen im Bayerischen Landtag, Hannover, Januar 2010
- NP 2010 Neue Presse (NP): Terror-Kommando in Deutschland?, 18.11.2010
- NW 2004 Nucleonics Week: Newsletter, McGraw-Hill, Vol. 45, Nr. 5, 2004
- OPP 2010 Online Presseportal: Terror-Experte: Anschlag in Deutschland kann nicht ausgeschlossen werden, 17.11.2010; [www.online-presseportal.com/newsticker/terror-experte-anschlag-in-deutschland-kann-nicht-ausgeschlossen-werden-10955](http://www.online-presseportal.com/newsticker/terror-experte-anschlag-in-deutschland-kann-nicht-ausgeschlossen-werden-10955), eingesehen im Januar 2011
- RENNEBERG 2010 Renneberg Consult UG: Risiken alter Kernkraftwerke, Studie i. A. der Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen, [www.atomsicherheit.de](http://www.atomsicherheit.de), Bonn, Juni 2010
- RENNEBERG 2010a Renneberg Consult UG: Die Atomgesetznovelle und das Nachrüstungsprogramm der Bundesregierung, Gutachtliche Stellungnahme Im Auftrag der Bundestagsfraktion von Bündnis 90 / Die Grünen, [www.atomsicherheit.de](http://www.atomsicherheit.de), Bonn, Oktober 2010
- RHWG 2009 WENRA Reactor Harmonization Working Group: Safety Objectives for New Power Reactors; December 2009
- RNZ 2010 Rhein-Neckar-Zeitung im Web: Macht Vernebelung Philippsburg sicherer? 10.08.2010, [www.rnz.de](http://www.rnz.de), eingesehen im August 2010
- RSK 2003 Reaktor-Sicherheitskommission des BMU: Handhabungsfehler im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar beim Umsetzen eines Brennelementes (Block I, ME 03/2002) und einer Primärneutronenquelle (Block II, ME 02/2002); RSK-Stellungnahme vom 11.12.2003



- SPIEGEL 2010 Spiegelonline: Kernkraftwerk-Sicherheit, Atom-Geheimpapier entsetzt Experten, 29.09.2010, [www.spiegel.de/wissenschaft/technik/0,1518,720041,00.html](http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/0,1518,720041,00.html), eingesehen im Februar 2011
- STROHM 2010 A. Strohm et al.: Ein Risikoansatz zur Einordnung des mit dem Betrieb von Kernkraftwerken verbundenen Risikos und Beispiele für das Kernkraftwerk Neckarwestheim Block 1 und Block 2; Vortrag auf dem Workshop „Probabilistische Sicherheitsanalysen der Stufe 2 in der Kerntechnik“, TÜV Süd Akademie GmbH, München, 16./17. November 2010
- SWP 2011 Südwest Presse: Neue Technik fürs AKW; 26.02.2011, <http://www.swp.de/ulm/nachrichten/suedwestumschau/Neue-Technik-fuers-AKW;art4319,858120>, eingesehen im Februar 2011
- SZ 2006 Stuttgarter Zeitung: Schlüssel im Kernkraftwerk Philippsburg verschwunden; 29.03.2006
- SZ 2011 Süddeutsche Zeitung: Vattenfall prüft aus von Brunsbüttel, 17.02.2011, <http://www.sueddeutsche.de/r5z38f/3909685/Vattenfall-prueft-Aus-fuer-Brunsbuettel.html>, eingesehen im Februar 2011
- TAZ 2010 Tageszeitung: Nebelwerfer gegen Anschläge – Atomkraftwerk in Rauch aufgelöst, 23.07.2010, [www.taz.de](http://www.taz.de), eingesehen im August 2010
- UVMBW 2009 Ministerium für Umweltschutz und Verkehr Baden-Württemberg (UVMBW): Kernenergieüberwachung und Strahlenschutz in Baden-Württemberg, Tätigkeitsbericht 2009
- WELT 2004 Welt am Sonntag: Ein Gitter fängt die Maschine ab; Till-R. Stoldt; 18.07.2004
- WELT 2010 Welt online Designierte Krümmel-Chefin versagt im Eignungstest, 09.12.2010 [www.welt.de/politik/deutschland/article11503283/Designierte-Kruemmel-Chefin-versagt-im-Eignungstest.html](http://www.welt.de/politik/deutschland/article11503283/Designierte-Kruemmel-Chefin-versagt-im-Eignungstest.html) ,eingesehen im Februar 2011
- WENRA 2010 Western European Nuclear Regulators’ Association (WENRA): WENRA Statement on Safety Objectives for New Nuclear Power Plants; November 2010