

# **Schwere Unfälle im AKW Esenshamm und ihre Folgen**

Folgestudie

Oda Becker, Wolfgang Neumann

Juni 2008

Prof. Oda Becker (Dipl.-Phys.)  
Scientific Consulting for Energy and the Environment (SCEE)  
Kniestr. 12  
D-30167 Hannover  
Tel.: 0511 / 26 25 313  
e-mail: [oda.becker@web.de](mailto:oda.becker@web.de)

Dipl.-Phys. Wolfgang Neumann  
Gruppe Ökologie e.V.  
Kleine Düwelstraße 21  
D-30171 Hannover  
Tel.: 0511 / 85 30 57  
Fax: 0511 / 85 30 62  
e-mail: [info@Gruppe-Oekologie.de](mailto:info@Gruppe-Oekologie.de)

## Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Einleitung</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>2. Zusammenfassung</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>3. Bedrohung durch Terrorangriffe</b> .....                         | <b>6</b>  |
| 3.1 Schutzkonzept gegen einen gezielten Flugzeug-Angriff.....          | 6         |
| 3.1.1 Militärische Vernebelungssysteme.....                            | 7         |
| 3.1.2 Schwachstellen des Nebelkonzepts.....                            | 8         |
| 3.1.3 Die Nachbesserungen.....   | 9         |
| 3.1.4 Probleme durch eine Vernebelung.....                             | 10        |
| 3.1.5 Anlagenspezifische Untersuchungen.....                           | 10        |
| 3.1.6 Aktueller Stand des Schutzkonzeptes.....                         | 11        |
| 3.2 Innentäterproblematik.....   | 11        |
| 3.2.1 Besondere Verwundbarkeit des AKW Esenshamm.....                  | 12        |
| 3.3 Fazit.....   | 13        |
| <b>4. Gefahr durch Hochwasser</b> .....                                | <b>14</b> |
| 4.1 Neubewertung des Risikos einer Überflutung.....                    | 14        |
| 4.1.1 Das Forschungsvorhaben MUSE.....                                 | 15        |
| 4.1.2 Überflutungsereignis im AKW Blayais (27.12.1999).....            | 16        |
| 4.2 Regelwerk Hochwasser.....  | 16        |
| 4.2.1 KTA-Regel bezüglich Hochwasserauslegung.....                     | 17        |
| 4.3 Hochwasserschutz im AKW Esenshamm.....                             | 17        |
| 4.3.1 Ereignis bei Hochwasser im AKW Esenshamm (01.11.2006).....       | 19        |
| 4.4 Folgen einer Überflutung des AKW Esenshamm.....                    | 19        |
| 4.5 Fazit.....   | 21        |
| <b>5. Erhöhtes Brandrisiko durch Alterung in Atomkraftwerken</b> ..... | <b>22</b> |
| 5.1 Grundsätzliches zur Alterung im AKW Esenshamm.....                 | 22        |
| 5.2 Brände in Atomkraftwerken.....                                     | 23        |
| 5.2.1 Kabel als Gefahrenpotenzial.....                                 | 25        |
| 5.2.2 Beispiele für Brandereignisse.....                               | 26        |
| 5.3 Mittelspannungskabel.....  | 27        |
| 5.3.1 Ereignis im AKW Brunsbüttel.....                                 | 28        |
| 5.3.2 Alterung von Mittelspannungskabeln.....                          | 28        |
| 5.3.3 Gegenmaßnahmen.....  | 29        |
| 5.3.4 Probleme mit Mittelspannungskabeln im AKW Esenshamm.....         | 32        |
| 5.4 Fazit.....   | 33        |
| <b>6. Klage auf Stilllegung des AKW Biblis B</b> .....                 | <b>34</b> |
| 6.1 Auslegungsdefizit Sicherheitsbehälter (Containment).....           | 35        |
| 6.2 Gefährliche Wasserstoffrekombinatoren.....                         | 35        |
| 6.3 Auslegungsdefizite des Notkühlsystems.....                         | 35        |
| 6.4 Meldepflichtige Ereignisse.....                                    | 36        |
| 6.4.1 Leittechnik.....   | 36        |
| 6.4.2 Notstromdiesel.....  | 36        |
| 6.4.3 Fehlerhafte elektrische Arbeiten.....                            | 36        |
| 6.5 Fazit.....   | 36        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>7. Weitere Aspekte .....</b>                           | <b>37</b> |
| 7.1 Mangelhafte betriebliche Sicherheit .....             | 37        |
| 7.2 Mängel in der Sicherheitskultur .....                 | 37        |
| 7.3 Ereignisse mit Korrosion .....                        | 38        |
| 7.4 Gefahr durch Leistungserhöhung .....                  | 39        |
| 7.5 Ein Kernschmelzunfall und seine Folgen.....           | 40        |
| 7.6 Kinderkrebs in der Umgebung von Atomkraftwerken ..... | 41        |
| 7.7 Fazit.....  | 42        |
| <b>8. Gesamtfazit .....</b>                               | <b>44</b> |
| <b>9. Literatur .....</b>                                 | <b>45</b> |

### Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Wasserstände für ein 10.000-jährliches Hochwasser<br>in der Deutschen Bucht .....                 | 15 |
| Abbildung 2: Ereignisse mit Korrosion aus den Jahren 1994 bis<br>2004 in Abhängigkeit vom Reaktoralter .....   | 39 |
| Abbildung 3: Krebserkrankungen bei Kindern im Alter bis 5 Jah-<br>re in der Umgebung von Atomkraftwerken ..... | 41 |

## Abkürzungsverzeichnis

|             |  |
|-------------|--|
| AKW         | Atomkraftwerk  |
| BfS         | Bundesamt für Strahlenschutz   |
| BI          | Betriebsindikator  |
| BMU         | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  |
| BSH         | Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie  |
| Cs-137      | Cäsium 137   |
| DWD         | Deutscher Wetterdienst   |
| fwu         | Forschungsinstitut Wasser und Umwelt der Universität Siegen  |
| GAU         | Größter anzunehmender Unfall   |
| GPS         | Global Positioning System  |
| GRS         | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit  |
| INES        | International Nuclear Event Scale (Internationale Bewertungsskala für nukleare Ereignisse)                               |
| IPCC        | Intergovernmental Panel on Climate Change  |
| IPPNW       | International Physicians for Prevention of Nuclear War (Internationale Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges)          |
| KFKI        | Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen   |
| KiKK-Studie | Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken   |
| KTA         | Kerntechnischer Ausschuss  |
| MTO         | Mensch-Technik-Organisation  |
| MUSE        | Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten                            |
| NMU         | Niedersächsischen Umweltministerium  |
| OECD        | Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) |
| PE          | Polyethylen  |
| PSA         | Probabilistische Sicherheitsanalyse  |
| PSÜ         | Periodischen Sicherheitsüberprüfung  |
| PVC         | Polyvinylchlorid   |
| RSK         | Reaktorsicherheitskommission   |
| SKI         | Swedish Nuclear Power Inspectorate   |
| SOL         | Sicherheit durch Organisationales Lernen   |
| TÜV         | Technischer Überwachungsverein   |

## **1. Einleitung**

Das Atomkraftwerk (AKW) Esenshamm gehört zu den ältesten in Betrieb befindlichen Druckwasserreaktoren (DWR) in der Bundesrepublik Deutschland und wird von E.ON Kernkraft betrieben. Es wurde 1978 in Betrieb genommen, weist also inzwischen etwa 30 Betriebsjahre auf. Damit gehört dieser Reaktor noch nicht zu den sogenannten Konvoikraftwerken und hat eine sicherheitstechnisch geringer zu bewertende Auslegung als diese. Das betrifft vor allem die für sicherheitstechnisch relevante Komponenten verwendeten Werkstoffe, die Zahl von Redundanzen (Stränge sicherheitstechnisch wichtiger Systeme) und die Wanddicke des Reaktor Gebäudes und anderer Gebäude.

Neben diesen Auslegungsschwächen sind auch die aufgrund der langen Betriebszeit des AKW Esenshamm zwangsläufig auftretenden Alterungserscheinungen sicherheitstechnisch relevant. Die Bedrohung der Atomanlagen durch Terrorangriffe ist offensichtlich. Es gibt eine Vielzahl von belastbaren Hinweisen darauf, dass Atomkraftwerke Ziel von Sabotage bzw. von terroristischen Angriffen werden sollten bzw. hierfür in Erwägung gezogen wurden. Aktuellster Beleg ist der Sprengstofffund am schwedischen Atomkraftwerk Oskarshamn (21.05.2008). Eine Sturmflut bei Tidehochwasser kann zu extrem hohen Wasserständen der Weser führen, sodass trotz vorhandenem Schutzdeich eine Überflutung des AKW-Geländes droht. Die Hochwassergefahr steigt aufgrund des Klimawandels stetig an.

Vor dem Hintergrund des Alters des Reaktors, der terroristischen Bedrohung und der Hochwassergefahr ist über allgemeine Feststellungen hinaus eine detailliertere Betrachtung des Gefahrenpotenzials für das Atomkraftwerk Esenshamm sinnvoll und im Interesse der in der Umgebung wohnenden Bevölkerung geboten.

Die Auslegungsschwächen des Atomkraftwerks Esenshamm und die besondere Anfälligkeit gegen einen gezielten Flugzeugabsturz und andere Terrorangriffe wurden bereits in der Studie „Schwere Unfälle im AKW Esenshamm und ihre Folgen“ aus dem Jahr 2006 (hier mit Basisstudie bezeichnet) ausführlich beschrieben. In der hier vorliegenden Folgestudie werden hinsichtlich der Terrorgefahr das Schutzkonzept gegen Flugzeugabsturz und die Innentäterproblematik diskutiert.

Weiterhin werden die in der Basisstudie als wesentliche Gefahrenpotenziale für die Sicherheit identifizierten Probleme Hochwasser und Alterung vertieft dargestellt. Das Sicherheitsrisiko Alterung wurde exemplarisch am Beispiel von Alterung von Kabeln und der daraus resultierenden Brandrisiken in Atomkraftwerken behandelt.

Wegen der Parallelität von Problemen beim etwa gleich alten und typgleichen Reaktor Biblis B werden in dieser Studie auch Sicherheitsdefizite vorgestellt, die in einem Klageverfahren gegen das AKW Biblis B thematisiert werden.

Im abschließenden Kapitel werden einige nach wie vor bestehende und in der Basisstudie bereits ausgeführte Probleme zusammenfassend dargestellt und mit neuen Informationen ergänzt.

Die sicherheitstechnischen Bewertungen dieser Studie beruhen auf den Ergebnissen von offiziellen und für die Atomaufsichtsbehörden tätigen Expertenorganisationen.

Mit dieser Studie soll ein fachlicher Beitrag zur momentan in der Öffentlichkeit geführten Diskussion zum „Klimaretter“ Atomkraft geliefert werden, bei der die Gefahren der Atomenergienutzung oft ausgeblendet werden.

## **2. Zusammenfassung**

Beim Betrieb von Atomkraftwerken kann ein schwerer Unfall mit katastrophalen Auswirkungen auf die Umgebung und auf die sich dort aufhaltende Bevölkerung nicht ausgeschlossen werden. Das Atomkraftwerk Esenshamm ist einer der ältesten in Betrieb befindlichen Druckwasserreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland. Neben dem genannten grundsätzlichen Gefahrenpotenzial sind bei älteren Reaktoren zusätzliche Gefahren durch eine veraltete Sicherheitsauslegung und Alterungsprozesse bei Werkstoffen und Organisation zu erwarten.

Im Auftrag von „Aktion Z“ und dem Arbeitskreis Wesermarsch, zwei Gruppen, in denen sich Personen aus der in der Umgebung wohnenden Bevölkerung zusammengeschlossen haben, sollen die Gefahrenpotenziale für Esenshamm ermittelt werden. Hierzu wurde die Studie „Schwere Unfälle im AKW Esenshamm und ihre Folgen“ in Auftrag gegeben.

Die Studie wurde in bisher zwei Stufen erstellt. In der im April 2006 vorgestellten Basisstudie wurden als besondere Gefahrenpotenziale die geringe Auslegung des Reaktorgebäudes gegen Einwirkungen von außen – vor allem bei terroristischen Angriffen – sowie Auslegungsschwächen in Bezug auf Sicherheitssysteme und verwendete Werkstoffe identifiziert. Diese Gefahrenpotenziale sind hauptsächlich altersbedingt und praktisch nicht veränderbar.

Ebenfalls durch das Alter bedingt, aber durch Nachrüstung in einem gewissen Umfang verbesserbar ist die mangelnde Auslegung gegen Hochwasser. Zusätzlich problematisiert wurden in der Basisstudie Mängel in der Betriebssicherheit, die wesentlich durch die Defizite bei der Sicherheitskultur bedingt sind, und die Vorgehensweise bei der Erhöhung der thermischen Leistung des Reaktors. In der hier vorgelegten Folgestudie werden die Ergebnisse der Basisstudie vertieft bzw. ergänzt.

Das AKW Esenshamm ist nicht gegen den Absturz von Verkehrs- oder Frachtflugzeugen ausgelegt. Für einen solchen Absturz wurden in der Basisstudie hohe Bodenkontaminationen in der Umgebung sowie weitreichende Folgen bis hin zu Evakuierung und Umsiedlung der Bevölkerung ermittelt. Die Berechnungen wurden exemplarisch für die drei Orte Rodenkirchen, Brake und Bremen durchgeführt. In der Folgestudie wurde die als Schutzmaßnahme vor solchen Flugzeugabstürzen vorgesehene Vernebelung bewertet.

Nach den Terrorangriffen vom 11.09.2001 wurde eine Vernebelung als Teil eines Konzepts zum Schutz deutscher Atomkraftwerke vor einem ähnlichen Angriff vorgeschlagen. Von den drei vorgesehenen Hauptkomponenten dieses Konzepts konnten die Möglichkeit des Abschusses eines als Bedrohung identifizierten Verkehrsflugzeugs aus verfassungsrechtlichen und die Störung des GPS-Systems des Flugzeugs aus flugsicherheitstechnischen Gründen nicht umgesetzt werden. Es blieb die Vernebelung des Reaktorstandorts, mit der die Treffergenauigkeit bei einem gezielten Absturz verringert werden soll.

Für das AKW Esenshamm wird gegenwärtig das Genehmigungsverfahren zur Installation der Nebelwerfer durchgeführt.

Nach der mit dieser Studie vorgelegten Bewertung erhöht die Vernebelung die Sicherheit des AKW Esenshamm – wenn überhaupt – nur unwesentlich. Zweifelhaft ist bereits, ob die Auslösung des Nebels bei den zu unterstellenden Randbedingungen rechtzeitig erfolgen kann. Sollte dies gelingen, ist ein geschulter Terrorpilot trotz Nebel in der Lage, das relativ große und ortsfeste Objekt zu treffen. Die Treffergenauigkeit ist für das alte AKW Esenshamm laut eines vom Bundesumweltministerium beauftragten Gutachtens der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) erheblich weniger relevant als für neuere Atomkraftwerke. Die in der Basisstudie ermittelten gravierenden Folgen eines Flugzeugabsturzes können deshalb trotz der Vernebelung auftreten.

In der internationalen Diskussion über Terroranschläge wird immer mehr auf das Problem von Innentätern, also im AKW beschäftigten potenziellen Tätern, hingewiesen. Diese Personen können über ein detailliertes Wissen zu Anlagentechnik und/oder Sicherungsmaßnahmen verfügen und diese gezielt außer Kraft setzen. Wenige Kilogramm Sprengstoff an der richtigen Stelle zur Zündung gebracht, können dann ausreichen, um Freisetzungen radioaktiver Stoffe in großer Menge zu verursachen. Im AKW Esenshamm werden erfolgreiche Aktionen von Innentätern durch das Alter der Anlage und den damit zusammenhängenden Auslegungsschwächen sowie durch die mangelnde Sicherheitskultur und die örtlichen Gegebenheiten zusätzlich begünstigt.

Der Standort des AKW Esenshamm befindet sich am Ufer der Unterweser. Der Wasserstand der Weser ist hier tideabhängig. Bei Sturmflut mit gleichzeitigem Tidehochwasser besteht die Gefahr eines extremen Hochwassers, die durch den Klimawandel weiter zunimmt. Aufgrund der insgesamt zunehmenden Hochwassergefahr in Deutschland hat sich der Stand von Wissenschaft und Technik für die Prognoserechnungen extremer Hochwasserstände in den letzten Jahren geändert. Das AKW Esenshamm muss laut atomrechtlicher Vorschriften gegen ein 10.000-jährliches Hochwasser ausgelegt sein.

Der mögliche Hochwasserstand der Weser im Bereich des AKW Esenshamm wurde unter Berücksichtigung neuer Modelle mit 6,74 m ü. NN ermittelt und liegt damit mehr als einen Meter über dem dort bisher beobachteten höchsten Hochwasserstand. In bisherigen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren zum Standort Esenshamm wurde von einem maximalen Hochwasserstand von 6,00 m ü. NN ausgegangen, der vor vielen Jahren mit inzwischen veralteten Methoden ermittelt wurde. Zur Ermittlung der Höhe des Schutzdeiches muss zusätzlich der mögliche Wellenauflauf bei Sturmflut berücksichtigt werden. Auf Grundlage neuerer Berechnungsverfahren wurde eine insgesamt erforderliche Deichhöhe von 7,70 m ü. NN ermittelt. Der gegenwärtige Deich hat jedoch nur eine Höhe von 7,10 m ü. NN. Das Gefahrenpotenzial durch eine hochwasserbedingte Überflutung des AKW-Geländes wird also deutlich unterschätzt.



Durch den Wellenüberlauf bei einem Tidehochwasser mit gleichzeitiger Sturmflut besteht auch die Gefahr eines Deichbruchs. Dieser verursacht eine Überflutung des Anlagengeländes. Das vor Wasser gesicherte Anlagenniveau beträgt 4 m ü. NN. Steigt der Wasserstand über dieses Niveau, fällt die komplette Nachwärmeabfuhr des Reaktors aus. In diesem Fall ist ein Kernschmelzunfall mit großen Freisetzungsmengen radioaktiver Stoffe nicht mehr aufzuhalten. Ein solcher Unfall kann jedoch auch ohne Erreichen der Anlagensicherheitsgrenze nicht ausgeschlossen werden. Die externe Stromversorgung des Reaktors wird bei einer Überflutung des AKW-Geländes unterbrochen und damit der Notstromfall ausgelöst. Diese Situation ist – gerade bei Hochwasser – grundsätzlich, im AKW Esenshamm aber als besonders riskant zu bewerten.

Als drittes Hauptthema wurde in der Folgestudie die auf elektrische Kabel bezogene Alterung von Werkstoffen und dadurch mögliche Brandinitiierung behandelt. Brände in Atomkraftwerken gehören zu den besonders gefährlichen Ereignissen, da sie insbesondere bei älteren Reaktoren zum gleichzeitigen Ausfall mehrerer Systeme führen können. Kurz- oder Erdschlüsse von Kabeln spielen als Ursache für Brände eine besonders große Rolle. Darüber hinaus sind Kabel als Hauptbrandlast und als Träger für die Brandausbreitung auch in vom Entstehungsort entfernten Anlagenbereichen für mögliche Störfallabläufe relevant. Ihr Funktionsverlust führt zum Versagen sicherheitstechnisch wichtiger Komponenten und Systeme.

In Bezug auf Brandursache und Funktionsverlust ist wiederum das Gefahrenpotenzial für Altanlagen besonders hoch. Die Isolierung der Kabel unterliegt Alterungsprozessen. Dies wurde in deutschen Anlagen für Mittelspannungskabel festgestellt. Im AKW Brunsbüttel wurde dadurch ein Brand ausgelöst, der aber glücklicherweise nicht zu einem unbeherrschbaren Störfallablauf führte. Kabel dieser Art wurden auch im AKW Esenshamm bei dessen Errichtung verlegt.

Ein vollständiger Austausch dieser für Alterung besonders anfälligen PVC-Kabel oder deren vollständige Überprüfung wurde vom Betreiber bisher nicht bekannt gegeben. Es ist deshalb davon auszugehen, dass Kabel dieser Art mit zu erwartenden Alterungsschäden noch verlegt sind. Ein Brand nach Kurzschluss in einem solchen Kabel mit einer weitreichenden Brandausbreitung und einem damit verbundenen Funktionsverlust nicht ausreichend redundant vorhandener oder zu dicht beieinanderliegende Stromversorgungssysteme für wichtige Sicherheitssysteme können zu einem schweren Unfall, im extremen Fall sogar zu einer Kernschmelze führen.

Die Möglichkeit, dass eine der drei Ursachen terroristischer Angriff, Hochwasser oder Alterung zu großen radioaktiven Freisetzungen oder sogar zu einem Kernschmelzunfall mit massiven radioaktiven Freisetzungen führt, wird im AKW Esenshamm durch einige Missstände begünstigt. Es sind dies eine festzustellende mangelhafte Sicherheitskultur, verstärkt auftretende Korrosion an Rohrleitungen und Komponenten sowie durch Leistungserhöhung

des Reaktors verringerte Sicherheitsabstände zwischen möglichen Belastungs- und Auslegungswerten. Ein Hinweis für eine erhöhte Störfallanfälligkeit ist auch die Zahl der meldepflichtigen Ereignisse in den letzten Jahren. Das AKW Esenshamm gehört insgesamt gemeinsam mit Biblis A und B sowie Brunsbüttel zu den Anlagen mit dem höchsten Betriebsindikator, d. h. die Gefahr, die vom AKW Esenshamm aufgrund der Art und Weise wie es betrieben wird, ausgeht, ist überdurchschnittlich hoch.

Aufgrund einer von der Ärzteorganisation IPPNW durchgeführten Analyse des Atomkraftwerks Biblis B kann für den typgleichen Reaktor in Esenshamm möglicherweise von weiteren durch das Alter bedingte Schwachstellen für die Auslösung katastrophaler Unfälle ausgegangen werden. Die vergleichsweise geringe Druckauslegung des Containments und eine erhöhte Wasserstoffbildung bei einer Kernschmelze können im AKW Biblis ggf. bereits zu einem frühzeitigen Versagen mit massiven Freisetzungen radioaktiver Stoffe führen. Zur Verringerung des Gefahrenpotenzials einer Wasserstoffexplosion wurden sogenannte Rekombinatoren zum Abbau des Wasserstoffs eingebaut. Inzwischen gibt es hierzu in Deutschland eine kontroverse fachliche Diskussion, ob die Rekombinatoren sogar kontraproduktiv wirken könnten.

Außerdem wurden für das Notkühlsystem im AKW Biblis B mehrere Schwachstellen identifiziert. Für eine weitere Diskussion um das AKW Esenshamm sollte geprüft werden, inwieweit die Schwachstellen des AKW Biblis B auch hier zutreffen.

Auch ohne schwere Stör- oder Unfälle kommt es zu Strahlenbelastungen der in der Umgebung wohnenden Menschen. Vor wenigen Monaten wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) eine Untersuchung veröffentlicht. Das zentrale Ergebnis dieser Untersuchung ist eine signifikante Zunahme der Zahl von Krebserkrankungen bei Kindern im Alter bis zu 5 Jahren mit abnehmender Wohnortentfernung zu einem Reaktorstandort. Für eine andere Ursache als die Nähe zu Atomkraftwerken wurden in der Untersuchung keine Hinweise gefunden, der Zusammenhang mit Niedrigstrahlenbelastung ist deshalb sehr wahrscheinlich. Diese Aussagen gelten für jeden deutschen Reaktorstandort, also auch für Esenshamm.

Fazit: Die Ergebnisse der hier vorgelegten Studie zeigen, dass das Gefahrenpotenzial für schwere Unfälle für das AKW Esenshamm aufgrund seines Alters höher ist als für neuere Reaktoren. Die Diskussion um eine sofortige Stilllegung solcher Reaktoren ist daher unabhängig von generellen Überlegungen zur Atomenergienutzung besonders gerechtfertigt.

### 3. Bedrohung durch Terrorangriffe

Laut aktuellem Bericht des Verfassungsschutzes steht Deutschland nach wie vor im Fokus von Terroristen [SZ 2008]. In der Basisstudie wurden Gründe aufgelistet, warum auch ein Atomkraftwerk als ein potenzielles Terrorziel angesehen werden muss.

Angriffsziel eines Terrorangriffs wird vor allem das Reaktorgebäude sein. Dabei kommt es mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer Kernschmelze bei offenem Containment. Aufgrund der geringen Wandstärke der Reaktorkuppel ist die Gefährdung durch einen Terrorangriff – insbesondere aus der Luft – für das AKW Esenshamm besonders hoch. Zudem weisen im AKW Esenshamm auch andere sicherheitstechnisch relevante Gebäude eine geringe Wandstärke auf.

Erhebliche Folgen kann auch die gleichzeitige Zerstörung mehrerer wichtiger Nebenanlagen (z. B. Warte, Notstromanlagen, Netzanbindung) haben.

In der vorliegenden Studie sollen zwei Aspekte der Bedrohung durch Terrorangriffe vertiefend dargestellt werden: der mangelnde Schutz vor Angriffen aus der Luft und die Innentäterproblematik.

#### 3.1 Schutzkonzept gegen einen gezielten Flugzeug-Angriff

In der Basisstudie wurden verschiedene Maßnahmen zum Schutz der Atomkraftwerke gegen Terrorangriffe dargestellt und ihre Grenzen aufgezeigt. In der vorliegenden Studie wird das aktuelle Schutzkonzept gegen Angriffe aus der Luft<sup>1</sup> diskutiert.

Die Atomkraftwerke in Deutschland sind gegen den – bewusst herbeigeführten oder auch durch Unfall bedingten – Absturz eines Verkehrsflugzeugs weder ausgelegt noch ausreichend geschützt. Dies waren die Ergebnisse eines Gutachtens zu den Auswirkungen terroristischer Flugzeugangriffe auf Atomkraftwerke, das die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) erstellt hat [BMU 2002].

In der nach dem 11.09.2001 von der Bundesregierung beauftragten GRS-Studie werden exemplarisch fünf Referenzanlagen behandelt, die die in Deutschland betriebenen Typen der Atomkraftwerke repräsentieren. Laut GRS-Studie ist ein Kernschmelzunfall mit großen radioaktiven Freisetzungen schon durch ein kleineres Verkehrsflugzeug (z. B. A320), das mit einer relativ geringen Geschwindigkeit (100 m/s bzw. 360 km/h) auf das AKW Esenshamm<sup>2</sup> abstürzt, möglich.

Nach dem die GRS-Studie öffentlich gemacht wurde, wurden verschiedene Nachrüstmaßnahmen sowie ein vorsorgliches endgültiges Abschalten, zumindest der am meisten gefährdeten alten Atomkraftwerke diskutiert. Im Laufe dieser Auseinandersetzung legten die vier Atomkraftwerke betreibenden Energieversorgungsunternehmen (E.ON, RWE, EnBW und Vattenfall) im Juni 2003 ein Konzept zum Schutz der Atomkraftwerke vor. Zentraler Punkt war dabei die Vernebelung der Atomanlage.

---

<sup>1</sup> Für einen Terrorangriff aus der Luft ist außer einem Angriff mit einem Verkehrsflugzeug eine Reihe weiterer Angriffsszenarien denkbar; diese wurden bereits in der Basisstudie aufgelistet.

<sup>2</sup> wie für die anderen DWR der 2. Generation: Biblis A und B, Neckarwestheim 1

Dieses Nebelkonzept hielt das BMU jedoch für nicht geeignet, den Schutz von Atomkraftwerken deutlich zu verbessern. Zu diesem Ergebnis kam das BMU im Frühjahr 2004 aufgrund einer Begutachtung des Konzepts durch die GRS. Aber das BMU schloss offenbar nicht aus, dass eine Weiterentwicklung und Verbesserung des Konzepts möglich ist, und forderte die Betreiber auf das Konzept nachzubessern [BMU 2004].

Nach längerer Auseinandersetzung einigten sich am 15.09.2005 BMU und Betreiber auf ein nachgebessertes Konzept. Das Schutzkonzept der Betreiber sollte aus Vernebelungsanlagen und GPS-Störsendern bestehen.

Für das Atomkraftwerk Grohnde wurde ein Pilotvorhaben durchgeführt. In dem entsprechenden Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG war aber nur zu prüfen, ob die vorgesehenen Maßnahmen keine nachteilige Rückwirkung auf den sicheren Betrieb des Atomkraftwerks und die Umgebung haben. Im Oktober 2006 wurden die abschließenden Gutachten vorgelegt.

Am 07.11.2006 erteilte dann die Niedersächsische Atomaufsichtsbehörde die Genehmigung für die „Nachtrüstmaßnahmen gegen gezielten terroristischen Flugzeugabsturz großer Verkehrsmaschinen“ [NMU 2007]. Offensichtlich geht es bei dem entsprechenden Antrag und der Genehmigung nur um die Vernebelungsanlage, denn die Störsender wurden nicht installiert. Rund um den Reaktor stehen seit Ende 2006 zwölf Nebelwerfer. Die Werferanlagen sollten etwa im März 2007 beladen werden [EON 2007]. Ob dieses geschah, ist nicht bekannt. Die GPS-Störsender wurden bisher nicht realisiert.

Für das AKW Esenshamm läuft zurzeit das Genehmigungsverfahren zur Errichtung der Vernebelungsanlage. Der Antrag hierzu wurde am 13.12.2007 gestellt. Die Genehmigungsbehörde hat inzwischen entschieden, dass für dieses Verfahren keine Umweltverträglichkeitsprüfung und damit auch keine Öffentlichkeitsbeteiligung erforderlich ist [NMU 2008]. Das Genehmigungsverfahren ist zurzeit (Mai 2008) noch nicht abgeschlossen.

### 3.1.1 Militärische Vernebelungssysteme

Die heute verwendeten Nebelgranaten benutzen roten Phosphor als Rauchsubstanz, um sowohl im visuellen als auch im Infrarotbereich (zum Schutz vor Lenkflugkörpern) ein Schutzschild zu erzeugen. Vernebelung wird bei folgenden Bedrohungssituationen eingesetzt:

- Zum Schutz von beweglichen Zielen (z. B. Schiffen). Während der Angriff auf ein Scheinziel umgeleitet wird, bringt sich das Angriffsobjekt in Sicherheit.
- Bei Schutz von Objekten gegen Angreifer, die ein feindliches Gebiet überfliegen, ohne den Angriff gegen ein ganz bestimmtes Ziel durchführen zu wollen.
- Vor allem zum Schutz gegen automatische Zielsysteme. Entscheidend ist das Grundprinzip „Tarnen und Täuschen“. Das heißt, die Wirksamkeit wird nicht nur durch die Tarnung des Angriffsobjekts erzeugt, sondern auch dadurch, dass der Angreifer auf ein imaginäres Ziel umgelenkt wird.

Keine dieser drei Angriffsbedingungen trifft auf einen geplanten Terrorangriff mit einem gekaperten Verkehrsflugzeug auf ein Atomkraftwerk zu. Es liegt daher auf der Hand, dass auch die wirkungsvollsten militärischen Nebelanlagen für den Schutz von Atomkraftwerken ungeeignet sind.

### 3.1.2 Schwachstellen des Nebelkonzepts

Das Vernebelungskonzept weist zwei wesentliche Schwachstellen auf:

1. Ein rechtzeitiges Auslösen der Vernebelung eines AKW ist nicht möglich.

In der militärischen Anwendung setzt der Ausstoß der Nebelgranaten automatisch ein, sobald das zu schützende Objekt angepeilt wird. Die Auslösung der Vernebelung von Atomkraftwerken beruht mit Sicherheit auf einem anderen Prinzip. Denn es ist unwahrscheinlich, dass Terroristen, bevor sie die Maschine gegen das Reaktorgebäude steuern, dieses mit einem Infrarotsuchkopf ins Visier nehmen oder mit einem Laser anpeilen. Zudem wäre es grob fahrlässig, wenn schon durch Anpeilen des Reaktorgebäudes mit einem Laserpointer die Vernebelung ausgelöst werden könnte.

Ein Flugzeug, das mit terroristischer Absicht auf ein AKW zusteuert, muss erst als ein solches erkannt werden. Aufgrund des hohen Flugaufkommens in Deutschland und der Nähe der Luftverkehrsstraßen zu Atomkraftwerken ist eine Angriffsabsicht, wenn überhaupt, erst unmittelbar vor dem Absturz erkennbar. Ein rechtzeitiges Auslösen der Vernebelung durch den Betreiber erscheint insofern unmöglich.

2. Potenzielle Terroristen wären aber auch bei rechtzeitigem Auslösen der Vernebelung in der Lage, mit einem Verkehrsflugzeug ein AKW so zu treffen, dass es zu einer katastrophalen radioaktiven Freisetzung käme.

Eine Terrorgruppe, die einen derartigen Angriff plant, überlässt das Gelingen nicht dem Zufall, sondern „übt“ diesen Angriff. Ein Flugsimulationsprogramm könnte mit Geländedaten der Umgebung des Zielobjekts programmiert werden. Der Anflug muss nur so lange trainiert werden, bis der Pilot, orientiert an den Geländepunkten, das eigentliche Ziel „blind“ treffen kann. Anhaltspunkte beim Anflug können markante Punkte der Umgebung des AKW Esenshamm sein.

Zusätzlich können andere im Cockpit vorhandene oder mitgebrachte Geräte (Trägheitsnavigationssysteme), die unabhängig von GPS-Sendern funktionieren, die Navigation ermöglichen [ENDRES 2000]. Außerdem ist denkbar, dass Komplizen des Terrorpiloten optische (z. B. mit einer Leuchtpistole) oder elektronische (mit einem Peilsender) Signale vom Boden aussenden, um dem Angreifer die Orientierung zu erleichtern.

Bei einer Altanlage wie dem AKW Esenshamm kommt hinzu, dass für die Verursachung von katastrophalen Folgen nicht „erforderlich“ ist, das Reaktorgebäude punktgenau zu treffen und schwer zu beschädigen.

Durch die geplante Vernebelung ließen sich möglicherweise Anschläge verhindern, die nicht sorgfältig vorbereitet und geplant wurden: mehr oder weniger spontane Fugzeugentführungen mit dem Ziel, mithilfe eines gekaperten Flugzeugs etwas zu erpressen.

Eine Vernebelung des Reaktorgebäudes wird die Trefferwahrscheinlichkeit für einen Terrorangriff nicht entscheidend mindern. Terroristen, die einen katastrophalen Anschlag auf ein AKW längerfristig und genau vorbereiten, werden sich von diesem „Schutzkonzept“ nicht abschrecken lassen. Schon deshalb nicht, weil die „Erfolgsaussichten“ eines Terrorangriffs auf dieses AKW sehr hoch sind.

### 3.1.3 Die Nachbesserungen

Das BMU bemängelte vor allem die kurze Dauer des Nebelschutzes (etwa 2 Minuten). Ein Terrorpilot könnte so eine Schlaufe über das AKW fliegen, bis der Nebel sich verzogen hat.

Eine der beiden geforderten Nachbesserungen bestand daher in der Mehrfachauslösung der Vernebelung – bis zum Eintreffen militärischer Abfangjäger [BMU 2005b].

Parallel zur Diskussion um das Vernebelungskonzept hatte der Bundestag das Luftsicherheitsgesetz um eine Klausel ergänzt. Dieses Gesetz wurde am 18.06.2004 verabschiedet: Es erlaubt dem Verteidigungsminister, den Abschuss eines gekaperten Flugzeugs zu befehlen, das als Waffe gegen Menschen eingesetzt werden soll. Am 15.01.2006 trat das Luftsicherheitsgesetz in Kraft [GPM 2004, 2006]. Kurz darauf (15.02.2006) erklärte jedoch das Bundesverfassungsgericht dieses Gesetz, da mit dem Grundgesetz unvereinbar, als nichtig [HELLER 2006].

Der Nutzen dieses Gesetzes zur Abwehr eines Terrorangriffs auf ein Atomkraftwerk ist ohnehin zweifelhaft gewesen. Denn dabei wird fälschlich davon ausgegangen, dass ein Terrorpilot das Reaktorgebäude erst treffen kann, wenn sich der Nebel verzogen hat.

Mit anderen Worten, diese Nachbesserung des Konzepts verringert die Trefferwahrscheinlichkeit eines geplanten Terrorangriffs und damit das Risiko eines derartigen Angriffs weder heute noch zukünftig (falls das geplante Gesetz doch noch in Kraft treten würde).

Das BMU hatte weiterhin bemängelt, dass ein Terrorpilot mithilfe von GPS (Global Positioning System) das AKW trotz Vernebelung sicher ansteuern könnte. Die zweite Nachbesserung sollte daher in einer Installation von GPS-Störsendern bestehen. Eine Störung des GPS-Empfangs in der unmittelbaren Umgebung der Reaktoren reicht nicht aus, da eine Verkehrsmaschine diesen Bereich in wenigen Sekunden durchfliegt. Bis die GPS-Anlage überhaupt registriert hätte, dass keine Signale mehr da sind, wäre das Flugzeug schon im Ziel eingeschlagen.

Insofern müssten die GPS-Signale mindestens in einem Bereich mit einem Durchmesser von 100 Kilometern gestört werden. Eine permanente Störung der GPS-Signale um ein AKW ist daher unmöglich. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass die Aktivierung der Störsender – genau wie die Vernebelung – erst im Alarmfall erfolgt. Aber auch dann sehen Experten in den Störsendern eine Gefährdung für die Flugsicherheit.

Flugexperten stehen zudem dem Nutzen der Störsender skeptisch gegenüber, denn moderne Verkehrsflugzeuge navigieren mit drei unabhängigen Systemen. Neben GPS helfen Funksender am Boden, die Position bis auf wenige Meter genau zu bestimmen. Dazu kommen sogenannte Trägheitsnavigationssysteme. Sie rechnen an Bord die Flugroute mit, ganz ohne Signale von Bodenstationen oder Satelliten [3SAT 2005].

Eine Verminderung der Trefferwahrscheinlichkeit und damit des Risikos eines Terrorangriffs war auch durch diese Nachbesserung des Konzepts nicht zu erwarten. Terroristen hätten sich höchstwahrscheinlich ohnehin nicht auf diese leicht störbare Technik verlassen.

Angesichts der Gefahren, die von einer Störung des GPS-Systems ausgeht, würde eher eine Verschlechterung als eine Nachbesserung des Vernebelungskonzepts erfolgen.

Bisher sind die GPS-Störsender noch nicht installiert. Dem Betreiber des Atomkraftwerks Grohnde (E.ON) waren Mitte Januar 2007 keine Pläne zur konkreten Umsetzung dieses Teils des Sicherheitskonzepts bekannt. Für die Installation der GPS-Störsender ist die Bundesregierung zuständig, der Betreiber übernimmt die Kosten.

Vermutlich wurde das Konzept der GPS-Störsender vonseiten der Bundesregierung wieder aufgegeben. Vielleicht ist den zuständigen Behörden tatsächlich klar geworden, dass der potenzielle Schaden größer ist als der Nutzen. Offiziell hat die Bundesregierung dieses jedoch (noch) nicht bekannt gegeben.

### **3.1.4 Probleme durch eine Vernebelung**

Die Vernebelung eines Atomkraftwerks ist aber nicht nur wirkungslos, sie kann auch zu schwerwiegenden Problemen führen.

Die Vernebelung wird zwangsläufig Behinderungen auf dem Anlagengelände bewirken. Dadurch wird das Eingreifen in der kritischen ersten Phase nach einem Flugzeugabsturz auf dem Anlagengelände erschwert. Gegenmaßnahmen (z. B. das Löschen von Bränden) und Notfallschutzmaßnahmen werden aus zwei Gründen behindert. Durch den Phosphornebel könnte Phosphorsäure entstehen, die dort, wo sie hochkonzentriert auftritt, die Schleimhäute von Augen und Atemwegen verätzt.

Hinzu kommt, dass das Ausmaß des Schadens zunächst nicht erkannt werden kann, da keine visuelle Inspektion möglich ist. Aufgrund der „Nachbesserung“ des Konzepts wird die Vernebelung über einen längeren Zeitraum bestehen bleiben. Damit vergrößern sich die durch die Vernebelung resultierenden Probleme noch.

Durch die eingeschränkten Sichtverhältnisse wird auch der Objektschutz behindert. Innentäter könnten die Nebelwerfer zünden, um einen Sprengstoffanschlag durchzuführen, oder um den Angriff einer Terrorgruppe, beispielsweise mit Sprengmitteln, zu erleichtern.

Aufgrund der „Nachbesserung“ des Konzepts wird die Vernebelung über einen längeren Zeitraum bestehen bleiben. Der Nebel bietet also bei einem Terrorangriff vom Boden länger „Deckung“. Damit steigt die Gefahr eines erfolgreichen Angriffs vom Boden.

### **3.1.5 Anlagenspezifische Untersuchungen**

Das BMU hatte bereits bei der Übergabe des GRS-Gutachten zu den Auswirkungen terroristischer Flugzeugangriffe die zuständigen Landesatomaufsichten aufgefordert, auf Grundlage der GRS-Berechnungen anlagenspezifische Untersuchungen der laufenden Atomkraftwerke zu erstellen [BMU 2004a, b].

Unabhängig von den Diskussionen um das Betreiberkonzept zur Vernebelung wiederholte das BMU mehrfach die Aufforderung, anlagenspezifische Untersuchungen

durchzuführen, um „Schadensminderungspotenziale im Falle eines herbeigeführten Flugzeugabsturzes zu ermitteln“ [BMU 2004, 2004a, 2005a].

Dieser Aufforderung widersetzen sich die Länder bis heute.

### 3.1.6 Aktueller Stand des Schutzeskonzeptes

Das Vernebelungskonzept kann die Trefferwahrscheinlichkeit bei einem gezielten Terroranschlags mit einem Verkehrsflugzeug nicht nachhaltig verringern. Daran ändern auch die „Nachbesserungen“ nichts.

Diese haben die Hauptschwäche des Konzepts in keiner Weise beseitigt. Ein Atomkraftwerk ist ein ortsfestes Ziel an einem bekannten Ort. So kann der Terrorpilot den Angriff im Vorfeld an einem Flugsimulator trainieren und sich beim Anflug an markanten Geländepunkten orientieren.

Durch die „Nachbesserungen“ erhöhen sich vielmehr die negativen Folgen einer Vernebelung (Gefährdung des Flugverkehrs durch großflächige GPS-Störung, Behinderung der Rettungsmaßnahmen nach einem erfolgreichen Angriff und Unterstützung eines Bodenangriffs).

Die Unzulänglichkeiten des Vernebelungsschutzes wurden vom BMU niemals bestritten, es wurde allerdings darauf verwiesen, dass die Vernebelung nur als Teil eines Gesamtkonzepts gedacht ist. Der Abschuss eines gekaperten Verkehrsflugzeugs – als allerletztes Mittel ein wesentlicher Teil des Gesamtkonzeptes – fällt durch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom Februar 2006 weg.

Auch die ohnehin fragwürdige Störung des GPS-Systems wird offenbar nicht umgesetzt.

Damit fällt das gesamte Schutzkonzept in sich zusammen. Konsequenterweise müsste auf das Scheitern des Schutzkonzepts eine endgültige Abschaltung, zumindest der älteren Atomanlagen inklusive dem AKW Esenshamm, erfolgen. Für diese Anlage bietet die Vernebelung praktisch keinen Sicherheitsgewinn, insbesondere da das Trefferflächenspektrum für Angriffe mit katastrophalen Folgen noch größer ist als bei neueren Anlagen.

Es ist unter diesen sicherheitstechnischen Gesichtspunkten völlig unverständlich, dass die Niedersächsische Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde eine anlagenspezifische Untersuchung zum gezielten Flugzeugabsturz für das AKW Esenshamm verhindert.

## 3.2 Innentäterproblematik

In der Basisstudie wurde bereits auf die Innentäterproblematik hingewiesen und potenzielle Handlungsmöglichkeiten für Innentäter skizziert. Innentäter stellen für Atomkraftwerke eine sehr große Bedrohung dar, möglicherweise eine noch größere Bedrohung als Terrorangriffe von außen.

Personen, die über ein detailliertes Wissen über Sicherungsmaßnahmen, Anlagenauslegung und Funktionsweise von kritischen Komponenten verfügen, können schon



mit kleinen eingeschmuggelten Sprengstoffmengen verheerende Folgen erzielen, warnen Experten der US-Umweltschutzbehörde [HONNELLIO 2007].

In der heutigen Situation erhöht sich die Bedrohung durch Innentäter stetig. Zum einen besteht die steigende Tendenz, immer mehr Wartungs- und Prüfungsarbeiten während des Leistungsbetriebs statt in der Revision auszuführen. Dadurch entsteht eine besonders verwundbare Situation. Der Reaktor ist, wenn an einem Teilsystem Wartungsarbeiten oder Prüfungen vorgenommen werden, mit einer verringerten Zahl von redundanten Strängen in Betrieb. Bereits relativ geringe Sprengstoffmengen an kritischen Stellen zur Zündung gebracht oder andere gezielte Sabotagehandlungen könnten so gravierende Schäden bewirken.

Zum anderen erhöht der bestehende Fachkräftemangel und der verstärkte Einsatz von Fremdfirmen die Erfolgsaussichten für potenzielle Terroristen, in einem Atomkraftwerk tätig zu werden. Insgesamt steigt also sowohl die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein von Innentätern als auch deren Erfolgsaussichten.

Wie bereits in der Basisstudie dargestellt, hängen die Möglichkeiten, die sich Innentätern bieten, wesentlich von der Sicherheitskultur ab. Eine schlechte Sicherheitskultur erhöht die Möglichkeiten für Innentäter, unbemerkt eingreifen zu können, signifikant.

Die wichtigste und im Betrieb mehr oder weniger einzige Schutzmaßnahme gegen Innentäter ist das sogenannte Vieraugenprinzip. Dieses kann durch eine schlechte Sicherheitskultur unwirksam werden. Mängel in der Sicherheitskultur können dazu führen, dass die zweite Person nicht fachkundig ist, die handelnde Person nicht wirklich überwacht wird oder nicht immer zwei Personen an Arbeiten beteiligt sind. Sobald zwei Innentäter vorhanden sind, verliert das Vieraugenprinzip seine komplette Wirksamkeit.

### 3.2.1 Besondere Verwundbarkeit des AKW Esenshamm

Das AKW Esenshamm ist aufgrund seiner Auslegungsschwächen, der dort vorhandenen Mängel der Sicherheitskultur und den örtlichen Gegebenheiten besonders verwundbar gegenüber Innentätern.

Die Auslegungsschwächen im AKW Esenshamm „verhelfen“ Innentätern zu einem folgenschweren Anschlag:

- Die geringe Stärke des Containments erleichtert einen Sprengstoffanschlag, da bereits relativ geringe Sprengstoffmengen ausreichend sind, um von innen eine großflächige Öffnung im Sicherheitsbehälter zu erzeugen.
- Die geringere Zahl an Redundanzen bei der Notstromversorgung erleichtert Innentätern, die Stromversorgung der Anlage lahmzulegen.

Aber auch die im AKW Esenshamm bestehenden Mängel der Sicherheitskultur begünstigen die Aktivität potenzieller Innentäter. So ist z. B. zu befürchten,

- dass potenzielle Sabotagehandlungen bei Reparatur und Wartung nicht sofort erkannt werden. Wie im Juli 2007 (siehe Kapitel 7) deutlich wurde, wurde erst nach einem Jahr eine fehlerhafte Justierung an einer sicherheitsrelevanten Armatur bemerkt.

- dass Mängel bei Wareneingangskontrollen, wie sie 2002 deutlich wurden, das Einschmuggeln von Gegenständen oder Sprengstoff in die Anlage erleichtern. Für einen effektiven Sprengstoffanschlag genügt bereits das Anbringen einer kleineren Menge (einige Kilogramm) Sprengstoff an sensitiven Stellen.

Auch die örtlichen Gegebenheiten des AKW Esenshamm begünstigen Anschläge unter Mitwirkung von Innentätern.

Terroristen, die z. B. einen Sprengstoffanschlag durchführen wollen, könnten sich mithilfe von Innentätern Zutritt zum AKW-Gelände verschaffen. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten des AKW Esenshamm ist ein Annähern an die äußere Umschließung, ohne als potenzielle Attentäter erkannt zu werden, einfach möglich. Die Lage an einer öffentlichen Straße oder auch der private Yachthafen des Atomkraftwerks und die mangelhafte Sicherheitskultur erleichtern nicht nur ein Annähern, sondern auch ein Eindringen in das Anlagengelände.

Wie real die potenzielle Gefahr durch Innentäter ist, veranschaulichte kürzlich der Sprengstoffalarm im schwedischen AKW Oskarshamm. Bei einem stichprobenartig durchgeführten Sicherheitscheck waren am 21.05.2008 bei einem Arbeiter Spuren von Sprengstoff mithilfe eines Detektors entdeckt worden. Die Polizei riegelte die Anlage ab und nahm zwei Männer fest. Diese werden der Vorbereitung zur Sabotage verdächtigt.

Ein Vertreter der schwedischen Strahlensicherheitsbehörde SKI kritisierte die nicht lückenlosen Sicherheitskontrollen, der Sprengstoff-Fund sei ein „Zufall“ gewesen. In Schweden gelten seit Anfang des Jahres neue Sicherheitsregeln für Atomkraftwerke, nach denen die Betreiber alle das Kraftwerksgelände betretenden Personen systematisch auf Waffen und Sprengstoff kontrollieren müssen. Im AKW Oskarshamm sollte diese Kontrolle erst ab dem Jahr 2010 systematisch durchgeführt werden [WZ 2008].

### **3.3 Fazit**

Das Vernebelungskonzept bietet trotz der „Nachbesserung“ des ursprünglichen Betreiberkonzepts für das AKW Esenshamm keinen wesentlichen Sicherheitsgewinn. Dies gilt insbesondere, da für diese Altanlage das Trefferflächenspektrum für Angriffe mit katastrophalen Folgen noch größer ist als bei neueren Anlagen.

Die bereits in der Basisstudie dargestellte auslegungsbedingte Verwundbarkeit bei einem Flugzeugangriff kann durch Nachrüstungen nicht beseitigt werden, da der wesentliche Schwachpunkt das dünnwandige Reaktorgebäude ist.

Die Gefährdung des AKW Esenshamm durch Aktionen von Innentäter ist groß. Grund dafür sind – neben den örtlichen Gegebenheiten und den Mängeln in der Sicherheitskultur – nicht nachrüstbare Auslegungsschwächen. Aber auch durch eine Verbesserung der Sicherheitskultur und der Sicherungsmaßnahmen kann das Gefahrenpotenzial nur graduell verringert werden. Einen vollständigen Schutz gegen Innentäter bietet dies nicht, da Innentäter aufgrund ihres Wissens jede zusätzliche Maßnahme umgehen können.

## 4. Gefahr durch Hochwasser

### 4.1 Neubewertung des Risikos einer Überflutung

Der lange befürchtete Klimawandel ist inzwischen Realität geworden. Darüber besteht heute Einigkeit unter den Experten. Die globale Durchschnittstemperatur stieg seit Anfang des 20. Jahrhunderts um  $0,74 \pm 0,18^\circ\text{C}$ <sup>3</sup>. Als Folge des Klimawandels wird erwartet, dass in Küstengebieten winterliche Hochwässer und Überschwemmungen häufiger auftreten [IPCC 2007].

Von den globalen Änderungen ist auch die Region um das AKW Esenshamm betroffen. Im Rahmen des Projekts Klimaänderung und Unterweserregion (KLIMU) wurde bis zum Jahr 2050 eine Erhöhung des Meeresspiegels von 55 cm, des Tidehochwassers um 7,5 %, des Tidehubs um 30 cm und der Windintensität um ca. 4 % prognostiziert [OSTERKAMP 2000].

Das AKW Esenshamm liegt an einem von der Tide beeinflussten Fluss. Um während einer Sturmflut vor Überflutung geschützt zu sein, liegt es hinter einem Deich. Die Auslegung des Deiches erfolgte nach den zur Bauzeit gültigen KTA-Regeln. Die Vorschriften änderten sich im Jahr 2004. Während zuvor das 100-jährliche Hochwasser berücksichtigt werden musste, fordert die aktualisierte Regel die Berücksichtigung des 10.000-jährlichen Hochwassers [KTA 2004].

Das 10.000-jährliche Hochwasser muss aus den Pegelständen der letzten 100 Jahre extrapoliert werden. Dieses Vorgehen ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Die Wissenschaftler des Franzius-Instituts stellten im Jahr 2002 auf einer internationalen Konferenz die Ermittlung beispielhaft für die Umgebung des AKW Esenshamm dar. Die Vorgehensweise war in einem Forschungsvorhaben entwickelt worden.

Basis für die Extrapolation des 10.000-jährlichen Hochwassers am AKW Esenshamm sind Aufzeichnungen der Hochwasserwerte von Bremerhaven über 100 Jahre und von Brake über 50 Jahre. Für die Berechnung des 10.000-jährlichen Hochwassers wurden verschiedene Verfahren vergleichend dargestellt. Die Wissenschaftler entschieden sich für die Methode (log-Pearson-3), die die bekannten Werte am besten abbildete<sup>4</sup>. Den Pegel des 10.000-jährlichen Hochwassers ermittelten die Wissenschaftler zu 6,90 m ü. NN.

Um die Deichhöhe zu ermitteln, muss auf dieses Bemessungshochwasser ein Sicherheitszuschlag von 0,8 m für den Wellenauflauf bei Sturmfluten addiert werden. Denn die beiden wesentlichen Beiträge, deren gleichzeitiges Auftreten für eine Gefährdungssituation sorgt, sind Sturmflut und Tidehochwasser. Als erforderliche Deichhöhe ermittelten die Wissenschaftler einen Wert von 7,70 m ü. NN. Das Gelände des AKW Esenshamm liegt jedoch nur hinter einem Schutzdeich von 7,10 m ü. NN. Die Experten hielten daher eine Erhöhung des Deiches für erforderlich [MAI 2002].

Diese nach dem Entwurf der neuen KTA-Regel gewählte Vorgehensweise ist in der endgültigen Version nicht vorgesehen. Das Ergebnis der Berechnung analog der jetzt gültigen KTA-Regel ist nicht bekannt.

---

<sup>3</sup> Der entsprechende Wert aus dem dritten Bericht der ICPP lag noch bei  $0,6^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$ .

<sup>4</sup> Die beiden anderen Berechnungsverfahren ermittelten Werte von 6,50 m ü. NN und 7,80 m ü. NN.

#### 4.1.1 Das Forschungsvorhaben MUSE

Die Abschätzung der Häufigkeit von Gefährdungszuständen durch Hochwasser durch Extrapolation von den in einem Zeitraum von 100 Jahren beobachteten Hochwasserständen auf Hochwasserstände, die mit einer Jährlichkeit von 10.000 auftreten, ist generell problematisch [RICHEI 2002].

Aufgrund der fehlenden wissenschaftlichen Basis und des großen Gefahrenpotenzials wurden in den letzten Jahren umfangreiche Forschungen auf diesem Gebiet durchgeführt.

Im Zeitraum von 2002 bis 2005 wurde das Forschungsvorhaben MUSE (Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten) durchgeführt. Das vom Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) begleitete Projekt ist eine Gemeinschaftsarbeit des Deutschen Wetterdienstes (DWD), des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und des Forschungsinstituts Wasser und Umwelt (fwu) der Universität Siegen [JENSEN 2005].

Das Ziel des Projekts war die Simulation von extremen Sturmfluten in der Deutschen Bucht und die Zuordnung von Eintrittswahrscheinlichkeiten. Dazu wurde eine Modellkette zwischen dem DWD und dem BSH entwickelt, die eine Simulation von physikalisch-konsistenten Sturmflutwetterlagen erlaubt.

In den Wasserstandssimulationen wurden maximale modellierte Wasserstände in der Deutschen Bucht ermittelt, die 0,8 m bis 1,4 m über den bisher höchsten Wasserständen (HHThw) liegen. In der folgenden Abbildung sind die Ergebnisse zusammengestellt.

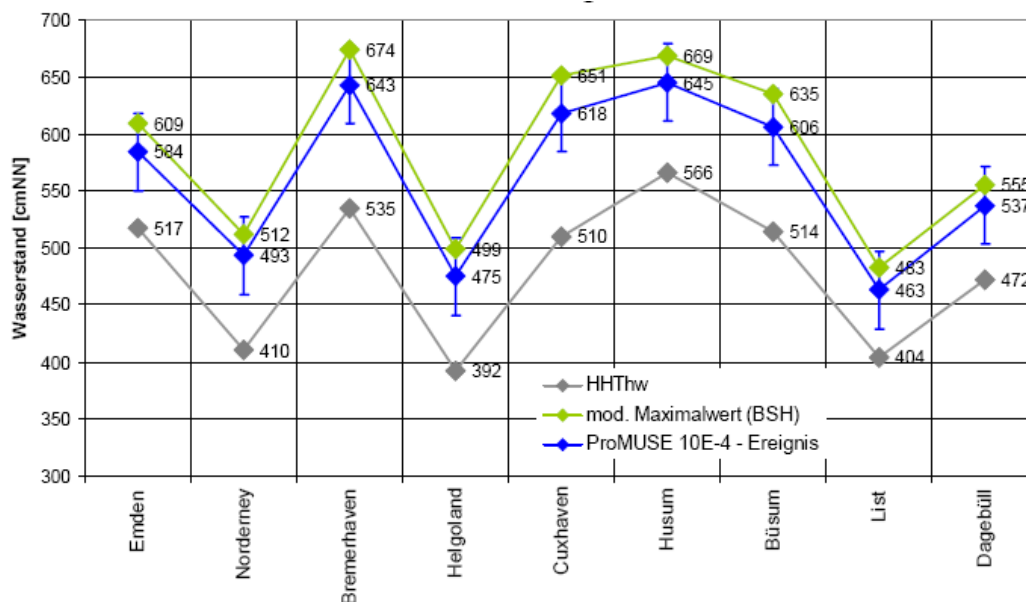


Abbildung 1: Wasserstände für ein 10.000-jährliches Hochwasser in der Deutschen Bucht [JENSEN 2005]

Für Bremerhaven wurde für ein 10.000-jährliches Hochwasser ein Wasserstand von 6,74 m ü. NN ermittelt [JENSEN 2005]. Am AKW Esenshamm ist mit minimalen Abweichungen derselbe Wert anzunehmen [MAI 2002].

Nach Meinung der Experten zeigen die Ergebnisse und Methoden des Vorhabens, dass mit der Anwendung moderner Modellierungssysteme und angepasster mathematisch-statistischer Verfahren eine verbesserte Abschätzung der Wasserstände im Bereich sehr kleiner Eintrittswahrscheinlichkeiten erreicht werden kann. Diese Abschätzung der Wasserstände beruht nicht nur auf den mathematischen Eigenschaften der verwendeten Verteilungsfunktionen, sondern auf physikalischen Zusatzinformationen im Bereich der sehr seltenen Eintrittswahrscheinlichkeiten [JENSEN 2005].

Die Experten empfehlen, eine solche Vorgehensweise zusätzlich zur üblichen statistischen Datenauswertung hinzuzuziehen, um abgesicherte Entscheidungsgrundlagen zu erhalten.

Nach wissenschaftlichen Erkenntnissen besteht für das AKW Esenshamm ein nicht zu vernachlässigendes Risiko einer Überschwemmung des Anlagengeländes. Wie bereits in der Basisstudie gewarnt, steigt diese Gefahr aufgrund des Klimawandels stetig an.

#### **4.1.2 Überflutungsereignis im AKW Blayais (27.12.1999)**

Am 27.12.1999 fiel bei einem heftigen Sturm ein Teil des französischen Stromnetzes aus. Auch das AKW Blayais war von dem Stromausfall betroffen. Dieses führte zu einer automatischen Reaktorschnellabschaltung. Aufgrund des Ausfalls der externen Netzversorgung übernahmen die Notstromdiesel für rund 3 Stunden die Stromversorgung.

Zusätzlich verursachte eine Flutwelle, beeinflusst durch Tidehochwasser mit außergewöhnlich starkem Wind, eine teilweise Überflutung des AKW-Geländes. Das Wasser wurde durch den Wind über den Schutzdeich gedrückt. Es drang durch im Boden verlegte Servicetunnel in ein Gebäude ein, überschwemmte die Motoren einer Pumpe, sodass diese versagte. Dadurch fiel die Nachwärmeabfuhr aus.

Das französische Regelwerk enthält zwei Kriterien zum Hochwasserschutz: 1. Sicherheitsrelevante Komponenten sind oberhalb des Bemessungswasserstands anzuordnen und 2. alle Stellen, durch die Wasser in die Anlage eindringen könnte, sind abzudichten. Beide Kriterien waren jedoch nicht erfüllt.

Sicherheitsanalysen vor dem Überflutungsereignis zeigten, dass eine Erhöhung des Deiches um 0,5 m auf 5,70 m erforderlich ist. Die Arbeiten zur Deicherhöhung verzögerten sich aber. Allerdings schlugen die Wellen am 27.12.1999 sogar 1 m über das vorhandene Deichniveau [GORBATCHEV 2000; WISE 2000a, b].

#### **4.2 Regelwerk Hochwasser**

Hochwasser gehört nach den Störfall-Leitlinien zu den Störfällen durch Einwirkungen von außen, gegen die Schadensvorsorge getroffen werden muss. In dem vom BMU zurzeit entwickelten neuen Regelwerk für Atomkraftwerke wird das Hochwasser dementsprechend in die Sicherheitsebene 3 eingeordnet [BMU 2006a].

#### 4.2.1 KTA-Regel bezüglich Hochwasserauslegung

Die KTA-Regel 2207 „Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser“ stellt folgende Anforderungen:

- Das für den Hochwasserschutz zu unterstellende Bemessungshochwasser darf mit einer Wahrscheinlichkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr nicht überschritten werden. Das heißt, das 10.000-jährliche Hochwasser ist für die Festlegung der Schutzmaßnahmen zu unterstellen.
- Bei der Ermittlung des Bemessungshochwassers müssen alle bekannten Einflussgrößen und deren mögliche Überlagerung berücksichtigt werden.
- Gegen das Bemessungshochwasser müssen alle Anlagenteile, die zur Einhaltung der Schutzziele erforderlich sind, geschützt sein. Alle weiteren Anlagenteile, deren Ausfall oder Versagen durch Hochwasser, zu einer Beeinträchtigung der sicherheitstechnischen Funktionen der o. g. Anlagenteile führen würde, müssen in das Schutzkonzept einbezogen werden.

Eine Einwirkungskombination mit einer unabhängigen Einwirkung von außen, wie z. B. einem schweren Unwetter, muss jedoch laut KTA-Regel nicht betrachtet werden. Das erscheint unzureichend, da gerade bei Sturmfluten gleichzeitig extreme Witterungsbedingungen auf dem Land vorherrschen können (siehe Ereignis im AKW Blayais). Beispielsweise kann durch einen Sturm bereits die Netzversorgung ausgefallen sein, bevor der Standort überflutet wird. Das heißt, bei den Hochwasserschutzmaßnahmen müsste eigentlich ein bereits eingetretener Notstromfall unterstellt werden.

Dies wird auch im o. g. neuen Regelwerk des BMU verlangt. Dort wird eine Auslegung sicherheitsrelevanter Komponenten gefordert, bei der Kombinationen mehrerer naturbedingter oder sonstiger Einwirkungen von außen unterstellt werden müssen, wenn die zu kombinierenden Ereignisse in einem kausalen Zusammenhang stehen können oder wenn ihr gleichzeitiges Eintreten auf Grund von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen oder nach dem Stand von Wissenschaft und Technik unterstellt werden muss [BMU 2006b].

#### 4.3 Hochwasserschutz im AKW Esenshamm

Nach einem gefährlichen Überflutungsereignis im französischen AKW Blayais im Dezember 1999 forderte das BMU von den Ländern einen Bericht und Unterlagen zur Auslegung der deutschen Atomkraftwerke gegen Hochwasser an. Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) wurde mit der Erstellung eines Gutachtens beauftragt.

Dieses Gutachten sollte dem BMU als Grundlage zur Prüfung bundesaufsichtlicher Maßnahmen dienen. Laut Auszug eines Entwurfs dieses Gutachtens aus dem Jahr 2002 wurde das Bemessungshochwasser für das AKW Esenshamm aus dem höchsten bisher beobachteten Sturmflutwasserstand plus einem Sicherheitszuschlag von 0,77 m ermittelt. Zur Ermittlung des Bemessungswasserstands auf dem Gelände wurde ein kraftwerksnaher Deichbruch in einer Länge von 150 m unterstellt. Dabei ergibt sich ein Bemessungswasserstand von 3,70 m ü. NN. Das überflutungsgeschützte Niveau (Anlagensicherheitsgrenze) liegt bei 4 m ü. NN.

Diese Vorgehensweise entspricht eindeutig nicht der neuen KTA-Regel 2207. Der Hochwasserschutz des AKW Esenshamm beruht also auf veralteten Studien<sup>5</sup>. Dies wird auch an anderer Stelle des o. g. Gutachtenentwurfs deutlich.

Unter dem Stichwort Verfügbarkeit neuer Analysen wird ausgeführt, dass der Hochwasserschutz Gegenstand einer zusätzlichen TÜV-Analyse im Jahr 1987 war. Diese Analyse hätte ausreichenden Hochwasserschutz bestätigt, heißt es weiter.

Abschließend wird festgestellt, es hätte sich aus dem Ereignis von Blayais kein unmittelbarer Handlungsbedarf ergeben, die Auswertungen würden aber noch andauern. Sicherheitstechnisch relevante Gebäude seien zu den angrenzenden Rohr- und Kabelkanälen abgeschottet. Eindringen von Wasser werde so verhindert [BMU 2002a].

Bereits im Jahr 1997 wurden in einer anderen Studie im Auftrag des BMU die Auswirkungen einer „externe Überflutung“ untersucht. Referenzanlage der Studie war das AKW Esenshamm. Darin wird eine Stellungnahme zum möglichen Bemessungswasserstand auf dem Gelände des AKW Esenshamm zitiert. Diese beschrieb, dass das Gelände nach einem Deichbruch (150 m Länge) innerhalb von wenigen Minuten bis zu einer Höhe von 2,8 m überflutet wird. Das Erreichen der Anlagensicherheitsgrenze (gekennzeichnet durch den Ausfall des sicheren Betriebs der Anlage) von 4 m wird aber erst bei einer Deichbruchlänge von 220 m erreicht. Diese Deichbruchlänge wurde jedoch für unrealistisch gehalten. Bei der unterstellten Deichbruchlänge von 150 m bliebe der Wasserstand unterhalb der Sicherheitsgrenze [BMU 1997].

In der entsprechenden Stellungnahme aus dem Jahr 1995 wird ein 10.000-jährliches Hochwasser in Höhe von 6,00 m ü. NN ermittelt. Die damals verwendete Berechnungsweise entspricht schon seit langem nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik. Der mit diesem deutlich zu geringen Bemessungshochwasser ausgerechnete Wasserstand des AKW-Geländes unterhalb der Anlagensicherheitsgrenze unterschätzt die tatsächliche Gefahr weit.

Denn wenn es bei einem höheren Tidehochwasser zu einem Deichversagen kommt, ist zu erwarten, dass auch auf dem Gelände der Wasserstand höher sein wird als in der BMU-Studie angegeben. Es ist anzunehmen, dass bei einer Deichbruchlänge von 150 m oder sogar bei einer geringeren Deichbruchlänge, der Wasserstand oberhalb der Anlagensicherheitsgrenze liegt.

Auch der Betreiber und die herbeigezogenen Gutachter sehen grundsätzlich die Gefahr einer Überflutung:

- Im Rahmen der PSA wurden auslösende externe Ereignisse für Gefährdungszustände betrachtet. Ergebnis war, dass Hochwasser einen nennenswerten Einfluss auf die Gesamthäufigkeit von Gefährdungszuständen hat [OEHMGEN 2005].
- Bei der Präsentation der Ergebnisse der PSÜ 2001 im September 2007 erklärte E.ON, Gutachter hätten empfohlen, den Deichzustand regelmäßig zu überprüfen. Mit der Umsetzung der Empfehlung sei bereits begonnen worden [E.ON 2007a].

---

<sup>5</sup> Auch der im September 2003 erteilten Genehmigung zum Zwischenlager liegt bei einem 10.000-jährlichen Hochwasser der veraltete Hochwasserstand von 6,0 m ü. NN zugrunde.

Allerdings wird die Wahrscheinlichkeit für Gefährdungszustände vom Betreiber unterschätzt: In der probabilistischen Sicherheitsanalyse, als Bestandteil der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) 2001 erstellt, wurde für das AKW Esenshamm als Häufigkeit für eine Deichüberflutung  $6 \cdot 10^{-5}/a$  und für einen Deichbruch  $6 \cdot 10^{-6}/a$  angegeben. Das Erreichen der Anlagensicherheitsgrenze wurde daraus auf  $6,5 \cdot 10^{-7}/a$  abgeschätzt [RICHEI 2002]. Die genannten Wahrscheinlichkeiten entsprechen den in der BMU-Studie aus 1997 genannten Werten [BMU 1997].

Das lässt darauf schließen, dass für die PSÜ 2001 immer noch die veraltete Stellungnahme herangezogen wurde. Das heißt auch, dass diese Häufigkeiten nach wie vor auf einem Bemessungshochwasserstand von 6 m ü. NN beruhen und, dass der Hochwasserschutz des AKW Esenshamm weder den geltenden Regeln noch dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

#### 4.3.1 Ereignis bei Hochwasser im AKW Esenshamm (01.11.2006)

Die durch ein Orkantief am 01.11.2006 verursachte Sturmflut führte zu Überschwemmungen an der Nord- und Ostseeküste. Im AKW Esenshamm wurde eine deichnahe Pumpenkammer überflutet, wodurch eine Nebenkühlwasserpumpe ausfiel. Laut E.ON Kernkraft kam es infolge des erhöhten Weserwasserstands zum Eindringen von Wasser in eine der vier vorhandenen Pumpenkammern [BFS 2007c].

Als Ursache wurde nach Angaben von E.ON Kernkraft „eine Undichtigkeit einer Mauerdurchführung im Kühlwasserpumpenbauwerk“ festgestellt. Zur „Fehlerbehebung“ wurde die Mauerdurchführung geschlossen, das Weserwasser abgepumpt und die betroffenen Komponenten innerhalb der Pumpenkammer ausgetauscht [E.ON 2006]. Der Wasserstand der Weser während des Ereignisses, war, so weit bekannt, vergleichsweise niedrig. Dennoch drang Wasser in das Pumpengebäude ein.

Das Ereignis verdeutlicht, dass der Hochwasserschutz, wie in dem o. g. Gutachtenentwurf behauptet, so nicht überall besteht. Offenbar ist sogar ein Eindringen von Wasser in Gebäude ohne einen Deichbruch oder eine Überschreitung der Deichkronen möglich.

#### 4.4 Folgen einer Überflutung des AKW Esenshamm

Eine Überflutung des Geländes des AKW Esenshamm kann durch eine länger andauernde Deichüberflutung oder durch einen Deichbruch verursacht werden. Im Falle einer Überflutung sind zwei Möglichkeiten zu unterscheiden: a) der Wasserstand steigt über die Anlagensicherheitsgrenze oder b) der Wasserstand bleibt unterhalb der Sicherheitsgrenze.

a) Bei einem Wasserstand auf dem Gelände oberhalb der Sicherheitsgrenze versagt die Nachwärmeabfuhr. Der komplette Ausfall der Nachwärmeabfuhr führt nach etwa 2 Stunden zum Sieden des Kühlmittels im Primärkreislauf und schließlich zur Kernschmelze. Die Wahrscheinlichkeit für ein derartiges Ereignis ist nicht sehr hoch, in jedem Fall aber höher, als auf Grundlage der veralteten Berechnungsmethoden vom Betreiber ( $6,5 \cdot 10^{-7}/a$ ) angegeben wurde.



b) Auch eine Überflutung des Geländes mit einem Wasserstand unterhalb der Anlagensicherheitsgrenze kann in einen gefährlichen Kernschmelzunfall münden.

Möglicherweise fällt bei einem Sturm schon vor Eintreten der Sturmflut und Überflutung des Anlagengeländes die Stromversorgung des AKW Esenshamm aus und ein Notstromfall tritt ein. Laut BMU-Studie führt eine Überflutung des Anlagengeländes führt dann aber sehr rasch zum gefährlichen Notstromfall. Dann hängt die Nachwärmeabfuhr vom Funktionieren der Notstromversorgung und vom Hochwasserschutz der wichtigen, für die Nachkühlung erforderlichen Pumpen ab [BMU 1997; RICHEI 2002].

Im Notstromfall soll die erforderliche Stromversorgung durch die Diesellaggregate gewährleistet werden. Diese Notstromdiesel sind jedoch generell störungsanfällig. Zudem sind in dem Notstromdieselgebäude des AKW Esenshamm die Kraftstoffzuleitungen so angeordnet, dass das Nachfüllen der Dieseltanks ab einer gewissen Wasserhöhe nicht mehr möglich ist [BMU 1997].

Außerdem ist zu befürchten, dass aufgrund von Kurzschlüssen der möglicherweise vorgeschädigten Notstromkabel die Notstromversorgung ganz oder teilweise ausfällt (siehe Kapitel 5).

Wenn aber auch die Notstromdiesel versagen und/oder die Notstromversorgung ausfällt, ist ein schwerer Unfall kaum aufzuhalten. Ohne Stromversorgung kann die Betriebsmannschaft den Reaktorkern weder überwachen noch kühlen. Eine Kernschmelze droht<sup>6</sup>.

Darüber hinaus erschweren sowohl die örtlichen Gegebenheiten am AKW Esenshamm als auch die Sicherheitskultur im AKW Esenshamm die Beherrschung eines Überflutungsereignisses.

Bei den bisher weltweit aufgetretenen Überflutungsereignissen wurde deutlich, dass das Personal nicht vorbereitet war und Eingriffsmöglichkeiten von außen durch eine Isolation des Geländes erschwert waren [HIRSCH 2005].

Vom Verhalten der Betriebsmannschaft im AKW Esenshamm hängt die Beherrschung der Überflutungssituation ab. Angesichts der mangelhaften Sicherheitskultur, die sich bei den in Kapitel 7 beschriebenen Ereignissen zeigte, ist schwer vorstellbar, dass die Betriebsmannschaft eine gefährliche Extremsituation beherrschen kann. Zudem verringerte der Abbau von Sicherheitsmargen durch die Leistungssteigerung im Jahr 2000 die Interventionszeiten für Notfallschutzmaßnahmen.

Wissenschaftler simulierten die Konsequenzen eines Deichbruchs am AKW Esenshamm während der Sturmflut am 29.10.1996. Die Simulationen ergaben selbst bei diesem relativ harmlosen Hochwasserereignis, dass das AKW von den Zufahrtsstraßen abgeschnitten worden wäre [MAI 2002]. Eingriffsmöglichkeiten von außen wären also nur unter großen Schwierigkeiten möglich.

Außerdem muss davon ausgegangen werden, dass der reale Hochwasserschutz nicht dem theoretischen Hochwasserschutz entspricht. So wird zwar davon ausgegangen, dass sicherheitstechnisch relevante Gebäude zu den angrenzenden Rohr- und Kabelkanälen abgeschottet sind und das Eindringen von Wasser so verhindert wird.

---

<sup>6</sup> Auch der Brennstoff im Lagerbecken des Reaktorgebäudes wird im Laufe der Zeit überhitzt. Dadurch kann es zusätzlich zu radioaktiven Freisetzungen kommen.

Das Überflutungsereignis am 01.11.2006 zeigte aber, dass dieses nicht durchgehend der Fall ist.

Um das Risiko eines Überflutungsereignisses zu bewerten, muss ein weiterer Faktor berücksichtigt werden. Das die Überschwemmung verursachende Unwetter kann auch einen länger andauernden Netzausfall in der Umgebung bewirken. In diesem Fall ist mit einer Beeinträchtigung bei Verkehr und Kommunikation zu rechnen, die die erforderlichen Maßnahmen des Katastrophenschutzes zusätzlich erschweren.

#### **4.5 Fazit**

Anhand der vorliegenden Unterlagen und der wissenschaftlichen Studien zur Ermittlung des Gefährpotenzials von Hochwasser ist zusammenfassend festzustellen, dass für das AKW Esenshamm die Gefahr einer Überflutung des Anlagengeländes besteht. Da bei einem Wasserstand auf dem AKW-Gelände oberhalb der Anlagensicherheitsgrenze ein Kernschmelzunfall unvermeidbar und selbst bei einem Wasserstand unterhalb der Anlagensicherheitsgrenze schwer zu beherrschen ist, ist das aktuelle Hochwasserrisiko insgesamt als sehr hoch zu bewerten.

Es gibt deutliche Hinweise, dass in der erst im letzten Jahr vorgelegten Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) 2001 das Hochwasserrisiko deutlich unterschätzt wurde. Sollte dies tatsächlich der Fall sein, muss umgehend eine Neubewertung des Hochwasserrisikos erfolgen. Dabei muss vor allem geklärt werden, ob ein ausreichender Hochwasserschutz nachrüstbar ist.

## 5. Erhöhtes Brandrisiko durch Alterung in Atomkraftwerken

### 5.1 Grundsätzliches zur Alterung im AKW Esenshamm

In Atomkraftwerken unterliegen alle technischen Systeme, Komponenten und baulichen Einrichtungen einer Alterung. Die Basisstudie enthält bereits einen allgemeinen Überblick zur Alterungsproblematik in Atomkraftwerken. In der hier vorgelegten Studie wird die Alterung von Komponenten durch Änderung der Werkstoffeigenschaften vertiefend behandelt. Exemplarisch wird dieses am Beispiel elektrischer Mittelspannungskabel dargestellt.

Die Alterung bzw. die Qualitätseinbuße von Werkstoffeigenschaften und damit die abnehmende Funktionsfähigkeit von Komponenten und Systemen mit zunehmender Betriebsdauer einer Anlage ist eine unbestrittene Realität mit hohem Gefahrenpotenzial.

Das AKW Esenshamm ist einer der ältesten in der Bundesrepublik Deutschland in Betrieb befindlichen Druckwasserreaktoren. Es gehört genau wie die beiden Blöcke in Biblis zur 2. Generation der Druckwasserreaktoren und wurde 1978 in Betrieb genommen.

Die Alterung von Werkstoffen ist nach nunmehr 30 Betriebsjahren für diesen Reaktor bereits besonders relevant, da die negativen Auswirkungen von Alterungsphänomenen ab etwa 20 Betriebsjahren zu erwarten sind.

In der Basisstudie wurde auf eine Reihe von Auslegungsschwächen des AKW Esenshamm hingewiesen. Im Zusammenhang mit der Alterungsproblematik sind vor allem folgende Probleme von Bedeutung:

- Konstruktionsbedingt eingeschränkte Prüfbarkeit des Primärkreislaufs.
- Große Anzahl von Schweißnähten generell und insbesondere auch an mechanisch sowie thermisch hochbelasteten bzw. im Störfall sehr hochbelasteten Stellen.
- Das „Bruchausschlusskonzept“ wurde erst nach der Inbetriebnahme des Reaktors, durch Nachqualifizierung, umgesetzt.
- Verwendung nicht optimierter Werkstoffe für Komponenten und Rohrleitungen.

Diese Aspekte erhöhen die Problematik der Alterung für das AKW Esenshamm. Die Etablierung eines sogenannten Alterungsmanagements ist daher von hoher Bedeutung.

Ein Alterungsmanagement erfordert eine systematische und ganzheitliche Sicht der Alterungsphänomene und der erforderlichen technischen und organisatorischen Gegenmaßnahmen. Idealerweise hat dabei der Schwerpunkt auf der Vorbeugung zu liegen, so sollten Prüfungen häufiger und in größerem Umfang durchgeführt werden. In Deutschland besteht jedoch in vielen Bereichen ein gegenteiliger Trend.

Problematisch hinsichtlich der Einführung eines umfassenden und effektiven, auf Vorbeugung beruhenden Alterungsmanagementsystems ist zudem, dass bisher nicht alle Alterungsmechanismen ausreichend verstanden werden.

Im Jahr 2004 beschrieb die Reaktorsicherheitskommission (RSK) die Situation folgendermaßen: „*Alterungsbedingte Phänomene werden in den deutschen Anlagen unterschiedlich und zum Teil nicht systematisch erfasst. Im Rahmen von Instandhaltung oder als Folge von Ereignissen wurden in einzelnen Fällen auch unerwartete Alterungsphänomene, zum Teil zufällig, gefunden*“ [RSK 2004].

Da es zu diesem Zeitpunkt in Deutschland zum Alterungsmanagement weder ein Regelwerk noch eine sonstige, den Stand von Wissenschaft und Technik repräsentierende Vorschrift gab, verfasste die RSK eine Empfehlung zur „Beherrschung von Alterungsprozessen in Kernkraftwerken“.

Die Reaktorsicherheitskommission empfahl darin die Einrichtung eines umfassenden und systematischen Alterungsmanagement durch die Betreiber, „*als feste dauerhafte Aufgabe auf einer hohen hierarchischen Ebene*“. Weiterhin wurde empfohlen, der zuständigen Behörde jährlich einen Bericht zum Alterungsmanagement vorzulegen [RSK 2004].

Für die in dieser Studie betrachtete alterungsbedingte Brandinitiierung ist der Einsatz nicht optimierter Werkstoffe von besonderer Bedeutung. Von der Alterung betroffen sind auch Stromkabel und ihre Isolierungen. Alterungsphänomene können hier zu Spannungsabfällen oder Kurzschlüssen führen, die wiederum einen Funktionsverlust, d. h. ein Versagen sicherheitstechnisch erforderlicher Sicherheitssysteme, verursachen können. Die größte Gefahr hierbei ist aber, dass durch einen Kurzschluss oder einen anderen elektrischen Fehler ein Brand ausgelöst werden kann. Bevor auf die Alterung von Mittelspannungskabeln eingegangen wird, erfolgt daher zunächst eine Darstellung des Brandrisikos in Atomkraftwerken.

## 5.2 Brände in Atomkraftwerken

Brände in Atomkraftwerken gehören zu den besonders gefährlichen Ereignissen. Dies gilt insbesondere für ältere Anlagen wie das AKW Esenshamm. Denn die Auslegung der Altanlagen in Deutschland wurde vor dem Brand im amerikanischen AKW Browns Ferry (1975), der erst die Gefahr eines Brandes überhaupt verdeutlichte, festgelegt.

Problematisch ist in Altanlagen vor allem, dass die Kabel unterschiedlicher Sicherheitssysteme nicht ausreichend räumlich getrennt angeordnet sind und ein Brand so mehrfach vorhandene Sicherheitssysteme gleichzeitig zerstören kann. Dadurch besteht auch die Gefahr eines Kernschmelzunfalls mit hohen radioaktiven Freisetzungen und daraus resultierenden gravierenden Strahlenbelastungen für die Bevölkerung in der Umgebung.

Brände in Atomkraftwerken sind hinsichtlich Entzündungsprozess und Brandgeschehen, vor allem aber hinsichtlich ihrer Auswirkung sehr komplexe Phänomene. Es ist daher schwierig, gegen Brände soweit Vorsorge zu treffen, dass sie praktisch ausgeschlossen werden können. Das gilt insbesondere für Altanlagen, bei denen neben der Auslegung auch Konstruktion und Werkstoffeinsatz problematischer sind als bei neueren Anlagen [RÖWEKAMP 1998].

Mit Nachrüstungen kann nachträglich meist kein ausreichender, d. h. dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechender Brandschutz gewährleistet werden.

Dieses Problem der Altanlagen wird bei den Anforderungen zum Brandschutz im kerntechnischen Regelwerk „berücksichtigt“. Dort heißt es, wenn der für Brände erforderliche Schutz durch die Auslegung nicht sichergestellt ist, können stattdessen zusätzliche Maßnahmen zur Branderkennung und zur Brandbekämpfung festgelegt werden. In Altanlagen sollen also auslegungs- und materialbedingte Defizite durch einige zusätzliche Brandmelder und Löschanlagen kompensiert werden. Da diese Maßnahmen keinen ausreichenden Brandschutz gewährleisten, verdeutlichte eindrucksvoll der Transformatorbrand im AKW Krümmel im Sommer 2007.

Am 28.06.2007 brach ein heftiges Feuer in einem Transformator des AKW Krümmel aus. Ursache war mit großer Wahrscheinlichkeit ein alterungsbedingter elektrischer Fehler. Es zeigte sich, dass die Löschanlagen des Transformators zu gering dimensioniert waren. Zudem war – vor allem aufgrund fahrlässiger Personaleinsparungen – die Werksfeuerwehr erst nach mehr als 10 Minuten einsatzbereit. Das Feuer war inzwischen so heftig, dass es erst nach einigen Stunden, einzelne Glutnester erst nach Tagen, vollständig gelöscht werden konnte. Eine Reihe weiterer technischer Pannen und Bedienungsfehler führte zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Sicherheit des Reaktors.

Insgesamt ist in Altanlagen der Brandschutz auf einem deutlich geringeren Sicherheitsniveau als bei Neuanlagen, während gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Brandes deutlich erhöht ist.

Zwei wesentliche Ursachen zur Entstehung von Bränden sind die Entzündung von Hilfsstoffen (Schmierstoffe für bewegliche Komponententeile oder Kühlmittel) an Flächen mit erhöhter Temperatur und elektrische Kurzschlüsse. Bei den Kurzschlüssen spielen wiederum elektrische Kabel und Leitungen eine dominierende Rolle. Laut Auswertung der weltweiten Brandereignisse in Atomkraftwerken wurden annähernd die Hälfte der Brände durch einen elektrischen Fehler und etwa ein Drittel durch eine Öl- oder Wasserstoffleckage verursacht [IAEA 2004].

In Deutschland traten bisher nur wenige Brandereignisse in Atomkraftwerken auf, diese sind jedoch hinsichtlich Brandursache und -verlauf im Vergleich zu den internationalen Erfahrungen repräsentativ. Keiner dieser Brände beeinträchtigte die Sicherheit ernsthaft, allerdings hätten einige von ihnen unter anderen Randbedingungen gefährlich werden können, wie die unten genannten Beispiele verdeutlichen.

In der Vergangenheit wurde die Auslegung der deutschen Atomkraftwerke gegen Brand auf deterministischer Basis vorgenommen. Mithilfe von probabilistischen Analysen soll der Brandschutz nun neu bewertet werden [BERG 2004].

Probabilistische Brandanalysen (Brand-PSA) sind eine noch in der Entwicklung stehende Bewertungsmethode zur Überprüfung der Sicherheit von Atomkraftwerken. Es ist das Ziel einer Brand-PSA, die jährliche Häufigkeit von brandinduzierten Gefährdungszuständen zu ermitteln [TÜRSCHMANN 2006].

In einem aktuellen BMU-Bericht wird die Weiterentwicklung von Methoden zur Durchführung probabilistischer Brandanalysen vorgestellt. Die Methodik wurde beispielhaft für einen Siedewasserreaktor der Baulinie 69 (z. B. Brunsbüttel) erprobt. Nach bisherigem Stand der Methodik wurde bei Anwendung auf einen Siedewasserreaktor der Baulinie 69 eine Häufigkeit brandinduzierter Gefährdungszustände im Reaktorgebäude von  $3,8 \cdot 10^{-06}$  pro Jahr ermittelt [TÜRSCHMANN 2006].

Die Ergebnisse von PSA-Analysen mithilfe der neu entwickelten Methodik auf einen Druckwasserreaktor der 2. Generation sind bisher nicht bekannt. In der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) 2001 gab der Betreiber für das AKW Esenshamm eine Häufigkeit von Gefährdungszuständen in Höhe von  $4,6 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr an [RICHEI 2002]. Dieser Wert wurde jedoch offensichtlich mit einer inzwischen nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechenden Methodik ermittelt.

### 5.2.1 Kabel als Gefahrenpotenzial

Elektrische Kabel und Leitungen<sup>7</sup> sind für den bestimmungsgemäßen Betrieb eines Atomkraftwerks sowie für die Gewährleistung der Sicherheit bei Ereignissen und Störfällen von großer Bedeutung. Zur Versorgung und Steuerung von Systemen und zur Überwachung von Prozessen sind sie in großer Zahl vorhanden.

Kabel stellen in Bezug auf Brände in Atomkraftwerken aus folgenden Gründen ein großes Gefahrenpotenzial dar:

- Brandursache: Durch Kurzschluss oder Überhitzung können sich Kabel selbst entzünden.
- Brandlast: Kabel sind die Hauptbrandlast in Atomkraftwerken.
- Brandausbreitung: Ein Brand kann sich entlang der Kabelstränge über weite Bereiche ausbreiten.
- Brandauswirkung: Der Funktionsverlust einer erheblichen Anzahl sicherheitsrelevanter Komponenten und Systeme droht.

Im Reaktorgebäude gibt es fast keinen Raum, in dem keine Kabel verlegt sind. Daher sind Kabel mit ihren brennbaren Isolierungen die Hauptbrandlast in Atomkraftwerken. Durch Kurzschluss oder Überhitzung können sich Kabel selbst entzünden und somit Ursache eines Brandes sein.

Ein Brand kann sich vom Entzündungsort ausgehend über die Isolierung schnell entlang der Kabel ausbreiten. Wegen der Verlegung von Kabeln über große Abschnitte durch Tunnel und Schächte gilt das auch für weiter entfernt liegende und vom Raum der Brandentstehung getrennte Räume. In Brandversuchen wurden in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur Ausbreitungsgeschwindigkeiten bei horizontal verlegten Kabeln von 0,2 bis 1 Kabelmeter pro Minute ermittelt [HOSSER 2004].

Eine Brandausbreitung bzw. -verlagerung ist jedoch sogar unabhängig von den Kabeltrassen möglich. Sind Kabelisolierungen im Raum der Brandentstehung Temperaturerhöhungen ausgesetzt, kann das zu Pyrolyse führen. Die entstehenden Gase können sich über Kanäle ausbreiten und sich an anderer Stelle sammeln, wo sie sich entzünden können [BMU 2005d].

Bei einem Brand in einem AKW sind Funktionsausfälle von sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten und Systemen zu erwarten. Dies kann aber nicht nur das durch einen Kurzschluss direkt betroffene Kabel bzw. die entsprechende Systemkomponente betreffen. Im Brandfall kann durch thermische Belastungen oder Spannungsschwankungen die Funktion von Steuerungs- und Überwachungskabeln gestört werden, sodass die entsprechenden Systeme teilweise oder total ausfallen.

---

<sup>7</sup> Im Folgenden zusammenfassend mit Kabel bezeichnet.

In dem von der us-amerikanischen Aufsichtsbehörde initiierten internationalen Forschungsprojekt „Fire-Induced Damage to Electrical Cables and Circuits (FIDECC)“ wird diese Problematik bearbeitet [RÖWEKAMP 2004c].

Dieses Problem spielt insbesondere bei Anlagenauslegungen mit einem geringen Grad an Redundanztrennung eine große Rolle. Dies betrifft vor allem Altanlagen. Für diese haben sich brandinduzierte Funktionsfehler der Sicherheitssysteme als vergleichsweise häufig auftretende Probleme herausgestellt. Die Gefahr wird bei derzeitigen Brandschutzkonzepten nicht genügend berücksichtigt.

Das Auftreten von Funktionsfehler der Sicherheitssysteme im Brandfall ist seit dem Brand im amerikanischen Browns Ferry 1975 bekannt. Es ist aber auch bis heute noch ein ungelöstes Problem. Der gefährliche Funktionsverlust tritt selbst bei einem kurzen Brand auf, wie sowohl die Erfahrung mit Bränden als auch die aktuellen Brandanalysen zeigten.

Kabelbrände breiten sich nicht nur schnell aus und führen zu erheblichem Schaden, sondern sie sind auch schwer zu löschen. Während sich z. B. ein von einer kleinen Tropfleckage ausgehender Ölbrand mit Wasser bzw. Schaum innerhalb von Minuten löschen lässt, dauert die vollständige Löschung eines Kabelbrandes aufgrund immer wieder auftretender kleiner Glutnester oftmals deutlich länger [BMU 2005c].

Negative Begleiterscheinungen von Kabelbränden sind zudem länger andauernde hohe Temperaturen, starke Raucherzeugung, Freisetzung gefährlicher toxischer Verbrennungsprodukte.

Mittelspannungskabel, deren Isolierung aus PVC besteht, sind hinsichtlich Brandinitiierung besonders negativ zu bewerten [BMU 2005d]. In Altanlagen ist der Anteil von Kabeln mit PVC-Isolierung groß, für das AKW Brunsbüttel z. B. wurde der Anteil auf 75 % geschätzt. Für das AKW Esenshamm liegen hierzu keine genauen Angaben vor<sup>8</sup>.

### 5.2.2 Beispiele für Brandereignisse

Im Folgenden sind einige Beispiele für Brände in Atomkraftwerken aufgeführt, bei denen Kabel eine wichtige Rolle gespielt haben und die Folgen sehr weitreichend sein können.

Ein Brand im AKW Browns Ferry (USA) im Jahr 1975 verdeutlichte die unzureichende Auslegung der Atomkraftwerke gegen Brände. Der Brand wurde durch die Entzündung eines Kabels ausgelöst. Durch das Feuer verloren mehrere diversitäre und redundante Sicherheitssysteme ihre Funktionsfähigkeit. Es kam zu einem unkontrollierten Starten und Stoppen der Systeme (als würde ein „Geist in der Maschine“ agieren). Der Störfall konnte nur aufgrund des schnellen Eingreifens der Betriebsmannschaft beherrscht werden [SALLEY 2004].

Am 05.07.2000 kam es im AKW Grafenrheinfeld während des Wiederauffahrens nach der Revision zu einem Brand. Leckendes Schmieröl tropfte auf die erwärmte Isolierung der Hauptkühlmittelpumpe und entzündete sich. Das Feuer konnte innerhalb

---

<sup>8</sup> Die jetzt vielfach, statt der PVC-Kabel, eingesetzten PE-Kabel haben sich im Brandverhalten als besonders kritisch erwiesen.

von 3 Minuten gelöscht werden. Trotz der kurzen Branddauer wurden sicherheitsrelevante Kabel mehrerer Redundanzen zerstört oder beschädigt. Wäre die Anlage bereits im Leistungsbetrieb gewesen, hätte die Situation eskalieren können [RÖWE-KAMP 2004b].

Am 18.03.2001 wurde die externe Stromversorgung für das im Stand-by-Betrieb befindliche AKW Maanshan 1 (Taiwan) unterbrochen. Aufgrund der hieraus resultierenden Spannungsschwankungen kam es zu einem Kurzschluss, der zu einem Kabelbrand in der Anlage führte. Die für diesen Fall vorgesehene, sich automatisch einschaltende Notstromversorgung sprang jedoch trotz zweisträngiger Auslegung des Dieselgeneratorsystems nicht an. Ein Strang wurde daraufhin per Hand zugeschaltet, fiel aber nach 40 Sekunden aus. Der zweite Strang konnte nicht mehr per Hand zugeschaltet werden, da durch die Brandumstände kein Zugang mehr möglich war. Nach zwei Stunden konnte ein Ersatzdiesel angeschlossen werden. Der Vorfall verlief nur deshalb so glimpflich, weil der Reaktor 21 Stunden zuvor wegen äußerer Umstände, die zu Spannungsschwankungen geführt hatten, automatisch heruntergefahren worden war. Es war der erste Blackout in einem westlichen AKW [SCHNEIDER 2007].

Am 11.08.2002 kam es im inzwischen stillgelegten AKW Stade zu einem Brand in einer Schaltanlage. Ursache war ein elektrischer Kurzschluss in einer Redundanz des unabhängigen Notstandssystems. In dessen Folge traten diverse Kabelbeeinträchtigungen auf, sodass die Stromversorgung sicherheitstechnisch wichtiger Verbraucher teilweise eingeschränkt war. Die Anlage musste heruntergefahren werden.

Am 14.11.2006 brach im Eigenbedarfstransformator des AKW Ringhals 3 (Schweden) ein Brand aus. Dieser war erst nach zwei Stunden vollständig gelöscht und konnte sich einige Meter entlang der Kabeltrassen ausbreiten. Die Ursache des Brandes war ein Lichtbogen im Transformator (Kurzschluss). Ringhals 3 zählt mit einer Betriebsdauer von 25 Jahren zu den Altanlagen. Auch der Transformator war bereits 25 Jahre in Betrieb gewesen [SKI 2006].

### 5.3 Mittelspannungskabel

Für die Funktion eines Atomkraftwerkes sind Strom führende Kabel zur Versorgung wichtiger Systeme bzw. Komponenten eine unerlässliche Voraussetzung. Innerbetrieblich sind dies vor allem Kabel für die Nieder- und die Mittelspannungsebene, das heißt für Spannungen bis zu einigen 10 kV. Durch diese Kabel werden auch sicherheitstechnisch hochrelevante Einrichtungen versorgt. Mittelspannungskabel sind zum größeren Teil in Schächten und Tunneln verlegt, für die vor allem außerhalb von Gebäuden während der Reaktorlaufzeit keine Zugänglichkeit vorgesehen ist.

Ein Kurzschluss mit anschließendem kurzen Kabelbrand im Atomkraftwerk Brunsbüttel am 23.08.2004 verdeutlichte die Gefahr, die von diesen Kabeln ausgeht. Die Fachdiskussion zum Thema Alterung in Atomkraftwerken wurde aufgrund dieses Ereignisses um das Thema Mittelspannungskabel erweitert.

Aufgrund der exponierten Stellen, an denen sich Mittelspannungskabel befinden, kann deren Ausfall weitreichende Folgen haben. So kann z. B. ein gefährlicher Not-



stromfall eintreten. Dann hängen die Kühlung des Reaktorkerns und damit die Verhinderung einer Kernschmelze von dem Funktionieren der Notstromdiesel ab.

Besonders prekär ist, dass die Stromversorgung der Kühlwasserpumpen aus Notstromdiesel ebenfalls über Mittelspannungskabel erfolgt. Eine Kontrolle der entsprechenden Kabel nach dem oben genannten Ereignis im AKW Brunsbüttel zeigte, dass auch diese Kabel schädliche Veränderungen durch Alterungsprozesse aufwiesen. Wegen der Bedeutung des Ereignisses im AKW Brunsbüttel und der sich daraus ergebenden Erkenntnisse für die Sicherheit des AKW Esenshamm erfolgt hierzu eine kurze Darstellung.

### **5.3.1 Ereignis im AKW Brunsbüttel**

Am 23.08.2004 kam es im AKW Brunsbüttel zu einem Kurzschluss mit anschließendem kurzen Brand in einem Mittelspannungskabel (10 kV). In dessen Folge wurde die Reaktorschnellabschaltung ausgelöst. Der Brand trat im Bereich der Kabelverbindung zwischen Eigenbedarfstransformator und -schaltanlage auf. Mit dem betroffenen Kabel werden die Hauptkühlwasserpumpen mit Strom versorgt. Infolge des Vorfalls war auch ein Notstromdiesel nicht mehr verfügbar. Hätte sich der Brand in die Schaltanlage ausgebreitet, wäre der Ausfall mehrerer Sicherheitssysteme möglich gewesen.

Zur Ursachenaufklärung wurde das vom Kurzschluss betroffene Kabel, das in einem unterirdisch verlaufenden Kabeltunnel verlegt war, freigelegt. Auf einer Länge von etwa einem Meter war das Kabel vollkommen verbrannt, auch weitere Kabel in diesem Bereich waren durch den Brand beschädigt.

Bei einer Untersuchung der nicht verbrannten Teile des betroffenen Kabels wurden Schädigungen in der Isolierung des Kabels festgestellt. Deshalb wurden auch Mittelspannungskabel in anderen Bereichen untersucht. Es stellte sich heraus, dass viele der 10-kV-Kabel, und auch ein Teil der 6-kV-Kabel Alterungsschäden aufwiesen. Dabei handelte es sich um mehr als 30 Jahre alte Kabel, die während der Errichtung des AKW Brunsbüttel Mitte der 1970er Jahre verlegt worden waren.

### **5.3.2 Alterung von Mittelspannungskabeln**

Die Ursachenermittlung zu dem meldepflichtigen Ereignis im AKW Brunsbüttel ergab, dass eine fortgeschrittene Alterung der PVC-Kabel zu dem Kurzschluss und anschließendem Brand geführt hat. Gleiche Alterungsschäden wurden an allen derartigen Kabeln in dem sicherheitsrelevanten Bereich der Eigenbedarfs- und Notstromversorgung festgestellt. Die Alterung wurde zum Teil von Herstellungsfehlern begünstigt.

Die in Brunsbüttel untersuchten PVC-Kabel zeigten aufgrund unterschiedlicher Betriebstemperaturen, PVC-Mischungen und Fertigungsqualität unterschiedliches Alterungsverhalten. Die Kabel des Herstellers VDK wiesen insgesamt schlechtere Werte auf als vergleichbare Kabel anderer Hersteller. Es zeigte sich, dass für alle Mittelspannungskabel des Herstellers VDK aus dem Fertigungszeitraum 1970 bis 1978 Herstellungsfehler und schnelle Alterung zu unterstellen sind.

Die Untersuchungen der Mittelspannungskabel im AKW Brunsbüttel ergaben aber auch [RSK 2006], dass

- sicherheitsrelevante Alterungsprozesse auch bei fehlerfrei gefertigten Kabeln auftreten und
- spontane Erd- bzw. Kurzschlüsse aufgrund lokaler Schadstellen in der Isolierung auch ohne zusätzliche Beanspruchungen (wie beispielsweise eine erhöhte Umgebungstemperatur) möglich sind.

Bereits im Jahr 2004, also vor dem Ereignis im AKW Brunsbüttel, hat die Reaktorsicherheitskommission des Bundesumweltministeriums festgestellt, dass im Isoliermaterial von Kabeln durch Alterungsmechanismen (wie Versprödung oder Aushärtung) eine Schwächung der Isolation droht [RSK 2004].

Mögliche Alterungsschäden sind jedoch gerade auch für die im AKW Esenshamm verlegten Mittelspannungskabel schon sehr viel länger bekannt. Entsprechende Warnungen wurden jedoch ignoriert bzw. vom Betreiber nicht als relevant erkannt. Der Hersteller der 10-kV-Kabel hatte bereits 1993 den Austausch der Kabel empfohlen. Bei einer Untersuchung des Atomkraftwerks Würgassen waren bräunliche Verfärbungen der Isolierung aufgefallen. Dies wurde als Anzeichen einer thermischen Alterung bewertet. Betroffen waren Kabel, die bis 1977 hergestellt wurden [RSK 2006]. Doch die Betreiber in Brunsbüttel und soweit bekannt auch in den anderen bundesdeutschen Anlagen reagierten nicht. Die Kabel wurden nicht ausgetauscht, schlimmer noch, sie wurden nicht einmal überprüft bzw. überwacht.

Auch der Verband der Technischen Überwachungsvereine (VdTÜV) informierte 1990 über ein Alterungsproblem mit den 10-kV-PVC-Kabeln, das im Atomkraftwerk Grafenrheinfeld aufgetreten war. Betroffen waren dort alle Kabel des Herstellers (AEG), die bis zum Jahr 1978 gefertigt wurden. Diese Information führte jedoch nur zum Teil zu Austauschaktionen in anderen Atomkraftwerken. Zudem erhielten nicht alle Betreiber, Sachverständigen und Behörden diese Information [RSK 2006].

### 5.3.3 Gegenmaßnahmen

Die sicherste Maßnahme, mit der ein durch Alterung von Mittelspannungskabeln begünstigter oder verursachter gefährlicher Störfallablauf verhindert werden kann, ist die endgültige Stilllegung der älteren Anlagen. Ein Austausch aller Mittelspannungskabel erscheint wenig realistisch. Es ist davon auszugehen, dass nicht alle Kabel zugänglich sind bzw. ihr Austausch den Betreibern zu teuer ist. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten, der Konstruktion elektrischer Anlagen und der Auslegung der Sicherheitseinrichtungen ist eine Nachrüstung auf das Niveau des heutigen Standes der Technik nicht möglich. Nur durch eine Abschaltung wäre die im Atomgesetz geforderte Vorsorge gewährleistet.

Gegenmaßnahmen wie ein teilweiser Austausch der Mittelspannungskabel und eine wiederkehrende Prüfung der Funktionsfähigkeit der Kabel sind aus sicherheitstechnischer Sicht nur zweitbeste Lösungen. Sie gewähren nur sehr eingeschränkten Schutz vor gefährlichen Störfallabläufen aufgrund vorgeschädigter Kabel.

Die Regeln und Vorschriften im kerntechnischen Bereich nehmen wenig direkten Bezug auf die Mittelspannungskabel. In den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren wird allgemein der Nachweis der Funktionsfähigkeit der elektrischen Einrich-

tungen während der Nutzungsdauer der Anlage durch Prüfungen gefordert [RSK 1996]. Bei genauer Überlegung müssten Betreiber und Aufsichtsbehörden allerdings zu dem Schluss kommen, dass dies auch den Nachweis für die Kabel beinhaltet. Der Nachweis müsste durch Prüfungen in regelmäßigen Abständen (wiederkehrende Prüfungen) erbracht werden.

Vergleichbares gilt für die KTA-Regeln 2101.3 „Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen“ und 3701 „Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken“, in denen die Prüfung der Kabel zwar ebenfalls nicht explizit genannt ist, die Gültigkeit der gestellten Anforderungen für diese jedoch auf der Hand liegt.

In den als untergesetzliches Regelwerk anzusehenden RSK-Empfehlungen ist die Forderung nach Beachtung der Mittelspannungskabel seit 2004 enthalten. In Kapitel 5.2 der RSK-Empfehlung zum Alterungsmanagement wird für elektro- und leittechnische Komponenten von Sicherheitssystemen und sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen ein Alterungsmanagement gefordert. Dieses Management soll ausdrücklich auch die Prüfung von Kabeln und Leitungen enthalten [RSK 2004].

Noch konkreter wird die Forderung nach wiederkehrenden Prüfungen der Kabel in der RSK-Stellungnahme zu Mängeln an Mittelspannungskabeln mit sicherheitstechnischer Bedeutung in deutschen Kernkraftwerken erhoben. Die RSK hält danach regelmäßige Prüfungen von Mittelspannungskabeln für erforderlich [RSK 2006]. Ein konkretes Prüfintervall wurde allerdings nicht empfohlen.

Ein Prüfkonzept für Mittelspannungskabel zum Nachweis der Betriebssicherheit war bis August 2004 in deutschen Anlagen offenbar nicht existent. Prüfungen wurden bis dahin nur vereinzelt und unsystematisch (z. B. im Rahmen der Ursachenermittlung für meldepflichtige Ereignisse) durchgeführt [RSK 2006].

Das bis dato fehlende Prüfkonzept korrespondiert mit dem Fehlen eines geeigneten Prüfverfahrens. Derzeit gibt es für PVC-Kabel nur ein anerkanntes Prüfverfahren, die Ermittlung des Isolationswiderstands. Dieses Verfahren eignet sich jedoch nur zur Trendverfolgung<sup>9</sup>. Lokale Schwachstellen des Kabels können nicht identifiziert werden, da die Isolationswiderstandsmessung nur einen Wert über das gesamte Kabel anzeigt.

Ein lokaler Schaden führte aber zu dem Ereignis in Brunsbüttel. Dort trat der Kurzschluss an einem Ort auf, an dem die Alterung offenbar massiv beschleunigt wurde. Der Vorfall in Brunsbüttel hätte durch vorherige Isolationswiderstandsmessungen vermutlich nicht vermieden werden können.

Problematisch bei der Überwachung ist, dass für die PVC-Mittelspannungskabel noch keine gesicherte Modellvorstellung für eine Alterung vorhanden ist. Es ist daher nicht genau bekannt, warum die Kabel an manchen Stellen schneller altern. Das bedeutet, dass diese Bedingungen oder Belastungen nicht präventiv vermieden werden können. Daher ist es umso wichtiger, ein Prüfverfahren zu verwenden, das lokale Fehler feststellen kann. Darüber hinaus haben Untersuchungen von Kabeln

---

<sup>9</sup> Selbst eine Trendverfolgung ist durch Messung des Isolationswiderstands bei über 30 Jahre alten PVC-Kabeln, für die keine Literaturangaben vorliegen, nicht unproblematisch. Laut RSK sollten noch intensive Diskussionen zu den Messergebnissen geführt werden [RSK-2006].

gezeigt, dass selbst bei stofflich sehr ähnlichen Typen große Unterschiede im Verhalten auftreten [ALONSO 2007].

Ein weiteres Prüfverfahren zur Kontrolle und Überwachung von PVC-Kabeln ist die Teilentladungsmessung. Dieses Verfahren kann unter bestimmten Randbedingungen lokale Fehlerstellen in der Isolierung erfassen. Laut RSK soll überlegt werden, ob zukünftig Teilentladungsmessungen durchgeführt werden sollten, denn die aufgetretenen Schäden waren eindeutig auf Teilentladung und Alterung zurückzuführen. Allerdings ist dieses Verfahren noch nicht Stand der Technik.

Von einer Umsetzung der RSK-Empfehlungen zu wiederkehrenden Prüfungen von Mittelspannungskabeln in deutschen Atomkraftwerken ist bisher nichts bekannt. An Prüfkonzepten wird zwar hier und da gebastelt, eine systematische, den jeweiligen Mittelspannungskabeln entsprechende Vorgehensweise ist jedoch nicht vorhanden.

In den USA sind die Aufsichtsbehörden diesbezüglich restriktiver vorgegangen. Dort wurde den Betreibern 90 Tage Zeit gegeben, um eine detaillierte Beschreibung aller während der bisherigen Betriebszeit mit entsprechenden Kabeln aufgetretenen Probleme sowie der von ihnen vorgesehenen Inspektions-, Prüf- und Überwachungsmaßnahmen für die Kabel vorzulegen [NRC 2007].

Auch in Spanien wurde das Problem entschlossener bearbeitet. Dort wurde von den zuständigen Behörden ein Programm zur Erhebung der erforderlichen Daten und zur Etablierung von Prüf- und Überwachungsmaßnahmen für Kabel gefordert und mit den Betreibern im Jahr 2002 vereinbart. Die Ergebnisse sollen 2008 vorgelegt werden [ALONSO 2007].

Aber auch wenn es gelänge, in Deutschland zügig wiederkehrende Prüfungen von Mittelspannungskabeln einzuführen, wäre damit die Gefahr nur eingeschränkt, da diese Prüfergebnisse lediglich eine beschränkte sicherheitstechnische Aussagekraft haben. Weder im AKW Esenshamm noch in anderen deutschen Atomkraftwerken hat es vor der Inbetriebnahme eine Basisprüfung zur Ermittlung von Kennwerten für die Kabel gegeben. Eine Bewertung für existierende Kabel kann deshalb nur ausgehend vom aktuellen Zustand vorgenommen werden. Sicherheit könnte nur der komplette Austausch aller Mittelspannungskabel geben, der ist aber wie bereits erwähnt nicht möglich.

Die Herstellungsfehler wurden bei Kabeln, die bis 1978 gefertigt wurden, festgestellt. Das Kabelproblem betrifft also verstärkt die Altanlagen, die in den 1970er Jahren errichtet wurden. Aber auch bei später erbauten Anlagen ist nicht zwangsläufig davon auszugehen, dass nur nach 1978 gefertigte Kabel eingesetzt wurden. Zudem ergaben die Untersuchungen bzgl. der Kabel im AKW Brunsbüttel, dass zwar Herstellungsfehler die Alterung beschleunigt haben, die Alterungsprozesse aber auch bei fehlerfrei hergestellten Kabeln auftreten. Insgesamt betrifft das Kabelproblem alle deutschen Atomkraftwerke, Altanlagen, wie das AKW Esenshamm, aber besonders.

### 5.3.4 Probleme mit Mittelspannungskabeln im AKW Esenshamm

In der Vergangenheit traten im AKW Esenshamm bereits Fehler an den Mittelspannungskabeln auf.

Am 29.06.1992 kam es zu einem Erdschluss im 10-kV-Einspeisekabel (Mittelspannung) eines Notstromdieselgenerators [BMU 1993].

Am 17.02.1999 wurde eine Reaktorschnellabschaltung nach Kurzschluss in der Freiluftschaltanlage gemeldet [BFS 2000]. Ob es sich um einen Kurzschluss an einem Kabel handelt ist der Meldung zwar nicht zu entnehmen, dies ist aber anzunehmen.

Am 22.05.2005 wurde das AKW Esenshamm wegen eines Kurzschlusses automatisch vom Netz getrennt. Grund dafür war laut E.ON ein „Erdschluss am Generatorständer“. Als Folge davon hatte der Generator einen Defekt. Nach der Behebung des Fehlers blieb das AKW Esenshamm zur fälligen Revision vom Netz [NMU 2005a]. Die Probleme mit den Generatoren wurden bereits in der Basisstudie dargestellt. Während der Revision musste auch ein Schaden an einem Mittelspannungskabel beseitigt werden [E.ON 2005a]. Hierfür wurden einige Tage benötigt, um die sich die Revisionsdauer deshalb verlängerte. Die Schadensbeseitigung bestand im Austausch von „rund 2 km Kabel“ [E.ON 2005b].

Dieser aufwändige Vorgang wird vom Niedersächsischen Umweltministerium (NMU) in der üblichen Pressemitteilung zum Wiederaufstart des Reaktors bei der Aufzählung durchgeführter Arbeiten nicht erwähnt [NMU 2005b]. Bemerkenswerterweise taucht dieses Ereignis auch in den Berichten des BfS zu meldepflichtigen Ereignissen nicht auf. Entweder sind die Berichte unvollständig oder der Betreiber hat dieses Ereignis (möglicherweise in Einverständnis mit Aufsichtsbehörde und deren Gutachter) nicht gemeldet.

Während der Revision des AKW Esenshamm im Jahr 2006 wurden Kabel der 10-KV-Spannungsebene (Mittelspannung) überprüft [NMU 2006]. Ob dies aufgrund der RSK-Empfehlung erfolgte oder ob es hierfür einen konkreten Schadensanlass gab, ist bisher nicht bekannt.

Die vorstehenden Angaben zeigen, dass die Mittelspannungskabel auch im AKW Esenshamm ein Problem darstellen. Genau wie für andere deutsche Atomkraftwerke ist eine systematische Vorgehensweise zur Ermittlung des Istzustands der Mittelspannungskabel im AKW Esenshamm und für ihre zukünftige wiederkehrende Prüfung sowie ihre Überwachung nicht zu erkennen. Da weder von Betreiber- noch von Behördenseite hierzu Aussagen vorliegen, muss davon ausgegangen werden, dass es kein passendes Konzept gibt. Deshalb ist nicht auszuschließen, dass aufgrund von Alterung in einem Mittelspannungskabel ein ernsthafter Störfall verursacht wird.

Konkret ist zu befürchten, dass durch einen Schaden in einem Mittelspannungskabel ein Brand ausgelöst wird. In dessen Verlauf dann sicherheitsrelevante Systeme (wie Kühlpumpen) versagen, sodass ein Kernschmelzunfall mit erheblichen radioaktiven Freisetzungen droht.

Eine weitere Möglichkeit ist das Versagen von durch Alterung vorgeschädigten Mittelspannungskabeln des Notstromversorgungssystems, wenn dieses System bei einem Ereignisablauf (z. B. ausgelöst durch Hochwasser) aktiviert wird. Auch in diesem Fall ist ein Kernschmelzunfall möglich.

## **5.4 Fazit**

Die Alterung der Komponenten und Werkstoffe bedroht die Sicherheit des Atomkraftwerks Esenshamm von Jahr zu Jahr mehr. Beispielsweise kann ein durch Alterungsschäden in der Isolierung von Mittelspannungskabeln bedingter Kurzschluss einen Brand verursachen. Ein Brand im AKW Esenshamm kann schwerwiegende Folgen haben, da er zu einem teilweisen oder zu einem kompletten Versagen auch redundant vorhandener Sicherheitssysteme und damit im schlimmsten Fall zu einem Kernschmelzunfall führen kann.

Das Gefahrenpotenzial einer Brandauslösung wäre geringer, wenn alle Mittelspannungskabel älteren Herstellungsdatums ausgetauscht würden. Diesbezüglich gibt es zum AKW Esenshamm jedoch keine Bekanntmachung vonseiten des Betreibers oder einer Behörde. Es ist daher davon auszugehen, dass diese Gefahr nach wie vor besteht.

## 6. Klage auf Stilllegung des AKW Biblis B

Die Ärzteorganisation IPPNW führte bezüglich der Sicherheit von Biblis B einen kritischen Dialog mit der hessischen Atomaufsichtsbehörde. Zu den von der IPPNW vorgetragenen Kritikpunkten forderte die Behörde vom Betreiber (RWE Power) und von der zuständigen Gutachterorganisation (TÜV Süd) Stellungnahmen an. Diese Stellungnahmen wurden der IPPNW von der hessischen Atomaufsicht zur Verfügung gestellt.

Auf der Basis dieses Dialogs sowie auf der Grundlage weiterer Recherchen kam der IPPNW zu der Auffassung, dass Biblis B veraltet und grundlegend fehlerhaft ist.

Nach Meinung der IPPNW kann es in Biblis B wegen der zahlreichen Sicherheitsdefizite und der fehlenden Zuverlässigkeit der Betreibergesellschaft RWE jeden Tag zum GAU kommen – mit verheerenden wirtschaftlichen und gesundheitlichen Folgen für die Region, für Deutschland und für Europa.

Die IPPNW und Menschen aus der Region beantragten am 09.09.2005 bei der hessischen Atomaufsichtsbehörde, die Genehmigung für Biblis B zu widerrufen. Inzwischen wird beim Verwaltungsgerichtshof in Kassel auf Stilllegung von Biblis B geklagt.

Hierbei beruft sich die IPPNW auf das Recht auf Stilllegung des alten und gefährlichen Atomkraftwerks. Denn nach dem Atomgesetz und dem Kalkar-Urteil des Bundesverfassungsgerichts muss der Sicherheitsstandard von Atomkraftwerken dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik genügen, was für Biblis B nach Auffassung der IPPNW nicht gegeben ist. Im Gegenteil, die Anlage weiche in mehreren Dutzend grundlegenden Auslegungsmerkmalen vom Stand von Wissenschaft und Technik ab.

Der IPPNW-Atomexperte Paulitz listet mehr als 150 Sicherheitsdefizite von Biblis B auf. Dabei stützt er sich auf die sicherheitstechnischen Bewertungen der offiziellen Experten, z. B. vom TÜV Süd, von der Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) oder von der Reaktorsicherheitskommission (RSK).

Ein Teil der aufgelisteten Sicherheitsmängel wird im Folgenden dargestellt. Da es sich bei Biblis B und dem AKW Esenshamm um die gleichen Reaktortypen handelt, liegt die Vermutung nahe, dass das AKW Esenshamm gleiche oder ähnliche Schwachstellen aufweist. Aufgelistet sind Auslegungsdefizite, eine gefährliche Nachrüstung und häufig auftretende meldepflichtige Ereignisse. Letztere traten zum einen auch im AKW Esenshamm überproportional häufig auf und zum anderen sind aufgrund des gleichen Reaktortyps ähnliche Probleme zu erwarten.

Die hier verwendeten Informationen sind der Infozeitung „Biblis angeklagt“ entnommen [IPPNW 2007].

## 6.1 Auslegungsdefizit Sicherheitsbehälter (Containment)

Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) veröffentlichte 1997 einen internationalen Vergleich von Atomkraftwerken<sup>10</sup>. Der Vergleich ergab, dass in der deutschen Referenzanlage Biblis B die bei einer Kernschmelze zu erwartende Wasserstoffkonzentration im Sicherheitsbehälter größer ist als in den ausländischen Referenzanlagen.

Diese hohe Wasserstoffkonzentration führt laut OECD in Biblis B zu einer erhöhten Schadensanfälligkeit gegenüber Wasserstoffexplosionen in der frühen (und späten) Phase schwerer Unfallabläufe. Der hochexplosive Wasserstoff verursacht schwere Explosionen und somit einen massiven Druckaufbau im Sicherheitsbehälter (Containment), sodass dieser birst und große Mengen Radioaktivität freigesetzt werden.

Die meisten ausländischen Referenz-Atomkraftwerke haben einen Sicherheitsbehälter aus Beton und halten dadurch hohen Drücken stand. Die von Siemens errichteten Atomkraftwerke weisen hingegen mit ihrem Sicherheitsbehälter aus Stahl einen zentralen Konstruktionsfehler<sup>11</sup> auf: Der Stahlbehälter birst bereits bei niedrigeren Drücken und reißt außerdem großflächig auf, sodass es zu frühzeitigen und massiven Freisetzungen von Radioaktivität kommt.

## 6.2 Gefährliche Wasserstoffrekombinatoren

Um die Gefahr der o. g. Wasserstoffexplosionen zu minimieren, wurden in Biblis B sogenannte Wasserstoffrekombinatoren nachgerüstet. Die Geräte sollen den bei einer Kernschmelze entstehenden Wasserstoff abbauen, um die gefürchteten Wasserstoffexplosionen zu verhindern. Fachleute des Forschungszentrums Jülich und der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) halten diese Wasserstoffrekombinatoren aber für äußerst gefährlich.

Nach Bewertung des Forschungszentrums Jülich weisen diese eine Reihe von Unsicherheiten auf und entsprechen nur bedingt den sicherheitstechnischen Erfordernissen bei extremen Unfällen mit massiver Wasserstofffreisetzung. Insbesondere neigen sie aufgrund unzureichender Abfuhr der frei werdenden Reaktionswärme zur Überhitzung, sodass eine Zündung des Wasserstoff-/Luft-Gemischs möglich ist. Mit anderen Worten, die Wasserstoffrekombinatoren könnten die Wasserstoffexplosionen, die sie eigentlich verhindern sollen, herbeiführen.

## 6.3 Auslegungsdefizite des Notkühlsystems

Das Notkühlsystem im AKW Biblis B weist mehrere gravierende Schwachstellen auf.

1. Die vier Not- und Nachkühlstränge sind nicht ausreichend räumlich getrennt. Je zwei Stränge verlaufen überwiegend paarweise und können so aufgrund derselben Ursache ausfallen.

---

<sup>10</sup> Biblis B wurde hierbei mit Atomkraftwerken in Schweden (Ringhals), Großbritannien (Sizewell B), Japan (Japan 1100), den Niederlanden (Borssele), der Schweiz (Beznau) und den USA (Surry, Zion, Robinson, Maine Yankee) verglichen.

<sup>11</sup> Beim Europäischen Druckwasser-Reaktor (EPR) aus deutsch-französischer Zusammenarbeit musste sich Siemens vom Stahl-Containment verabschieden, der Sicherheitsbehälter wird aus Stahlbeton gefertigt.



2. Die Flutbehälter, in denen Wasser zur Sicherstellung der Kernkühlung im Störfall bevorratet wird, enthalten vergleichsweise wenig Wasser.
3. Die Hochdrucksicherheitseinspeisepumpen sind nicht in der Lage, während eines Störfalls oberhalb eines Reaktordruckes von 110 bar Wasser einzuspeisen. Dies könnte bei einem kleinen Leck im Primärkreislauf schwerwiegende Folgen haben.
4. Es sind nur vier statt – wie in neueren AKW – acht Druckspeicher vorhanden. Diese stehen außerdem unter verhältnismäßig geringem Druck (26 bar). Experimente des Herstellers Siemens in Großversuchsanlagen zeigten, dass diese vier Druckspeicher zum Fluten des Reaktorkerns mit Kühlwasser vermutlich nicht ausreichen. Eine Bespeisung mit nur vier Druckspeichern kann zwar das Kernschmelzen verzögern, aber nicht verhindern.

## 6.4 Meldepflichtige Ereignisse

### 6.4.1 Leittechnik

Die Pumpen zum Einspeisen von Kühlwasser müssen bei einem Störfall durch die Steuerung der Sicherheitssysteme (Leittechnik) zuverlässig ein- und ausgeschaltet werden. Im AKW Biblis B traten seit 2001 mindestens sieben Fehler in der Ansteuerung von sicherheitsrelevanten Pumpen auf.

### 6.4.2 Notstromdiesel

Die Notstromdiesel müssen im Notstromfall die Stromversorgung sicherheitsrelevanter Komponenten gewährleisten. In den letzten zehn Jahren traten jedoch mindestens zehn meldepflichtige Ereignisse bei Notstromdieseln auf.

### 6.4.3 Fehlerhafte elektrische Arbeiten

Bei elektrischen Arbeiten und bei Einstellungen an sicherheitsrelevanten Komponenten wurden in Biblis häufig Fehler gemacht. Seit 2002 führten mindestens acht derartige Fehler zu meldepflichtigen Ereignissen. Bei der Auswertung meldepflichtiger Ereignisse stellte die Aufsichtsbehörde fest, dass im AKW Biblis elektrische Arbeiten fehlerhaft geplant bzw. ausgeführt wurden<sup>12</sup>.

## 6.5 Fazit

Der aus Stahl gefertigte Sicherheitsbehälter (Containment) ist eine nicht nachrüstbare Auslegungsschwäche. Dadurch besteht – laut Studie der OECD für den typgleichen Reaktor Biblis B – eine höhere Wahrscheinlichkeit für ein frühzeitiges Containmentversagen.

Diese Gefahr besteht insbesondere, wenn die zur Verhinderung der Wasserstoffexplosion im Containment nachgerüsteten Rekombinatoren, wie vom Forschungszentrum Jülich aufgezeigt, unwirksam oder sogar kontraproduktiv sind.

Auch die Schwächen des Notkühlsystems sind, sofern sie in der von der IPPNW identifizierten Form für das AKW Esenshamm zutreffen, nicht oder nur sehr bedingt nachrüstbar.

---

<sup>12</sup> Dieses sagte auch ein in Biblis tätig gewesener Fachmann aus.

## 7. Weitere Aspekte

### 7.1 Mangelhafte betriebliche Sicherheit

Zu den Gefahren, die von Atomkraftwerken ausgehen, gehören neben den grundsätzliche Gefahren der Atomenergie (z. B. Atommüll, Niedrigstrahlungsbelastung), den Gefahren, die in der baulichen Auslegung der einzelnen Reaktortypen begründet sind, auch die Gefahren, die durch die Art und Weise des täglichen Betriebs eines speziellen Atomkraftwerks entstehen.

Im Auftrag von Greenpeace Deutschland wurde in den letzten Jahren ein Indikator entwickelt, der das betriebliche Risiko deutscher Atomkraftwerke vergleichend darstellt [GREENPEACE 2005]. Dieser Betriebsindikator (BI) berücksichtigt Störungen und Störfälle (meldepflichtige Ereignisse) im Betrieb, ungeplante Stillstandszeiten, radioaktive Abgaben und die Strahlenbelastung der in der Anlage Beschäftigten. Eine genauere Darstellung ist in der Basisstudie enthalten.

Bei der Erstellung der Basisstudie waren die Daten bis zum Jahr 2004 ausgewertet. Dabei wies das AKW Esenshamm einen hohen Betriebsindikator auf. Inzwischen liegen die Ergebnisse bis einschließlich 2006 vor. Das AKW Esenshamm weist nach wie vor einen hohen Betriebsindikator auf. Nur Biblis A und B und Brunsbüttel schneiden noch schlechter ab.

Die Zahl der meldepflichtigen Ereignisse als Teil des für Greenpeace ermittelten Betriebsindikators ist für das AKW Esenshamm ungewöhnlich hoch. Von 1998 bis einschließlich 2006 gab es 83 meldepflichtige Ereignisse. Davon wurden zwar nur zwei in der internationalen INES-Bewertungsskala mit mehr als geringer sicherheitstechnischer Bedeutung eingestuft (INES > 0), aber diese Einstufungen lassen keine Schlussfolgerungen über die tatsächliche Gefährdung bzgl. eines größeren Störfalls zu. Die INES-Skala ist an festgestellten Freisetzungen radioaktiver Stoffe orientiert, die aber selbst bei sehr gefährlichen Zuständen nicht unbedingt auftreten müssen.

Von den 83 meldepflichtigen Ereignissen waren 7 mit einer automatischen Reaktorschnellabschaltung verbunden. Die Reaktorschnellabschaltung ist eine sicherheitstechnisch wichtige Vorsorgemaßnahme, um den Eintritt nicht erwünschter Betriebszustände und damit bestimmte Unfallabläufe zu vermeiden. Sie werden auch oft vor Revisionen durchgeführt, um die Funktionssicherheit zu überprüfen. Andererseits sind diese Abschaltungen mit hohen Materialbelastungen für die Komponenten des Primärkreises verbunden. Der Reaktorbetrieb sollte deshalb so stattfinden, dass zusätzliche Reaktorschnellabschaltungen möglichst vermieden werden. Mit durchschnittlich knapp einer Schnellabschaltung pro Jahr in den letzten 9 Jahren ist für das AKW Esenshamm fast schon eine bedenkliche Grenze erreicht.

### 7.2 Mängel bei der Sicherheitskultur

In der Basisstudie wurden Ereignisse geschildert, die auf die erheblichen Mängel bei der Sicherheitskultur im AKW Esenshamm hinweisen.

Besonders hervorzuheben ist der Störfall (fehlerhaft eingestellte Ventile) im Jahr 1998. Aufgrund der Häufung menschlicher Fehler, die den Störfall verursachten, wurde dieser auf Stufe 2 der INES-Skala eingestuft. Der Atomexperte Lothar Hahn

sprach von „gravierenden Sicherheitsmängeln“ und äußerte „Zweifel an der Zuverlässigkeit und Fachkunde“ des Betreibers. Die vielen menschlichen Fehler seien nur durch mangelhafte Personalqualifikation oder schlechte betriebliche Organisation möglich gewesen.

Hervorzuheben sind weiterhin die 2002 aufgetretenen Abweichungen bei neu eingebauten Zwischenkühlern. Dieser Vorfall war nur durch grundlegende Schwächen bei den vom Betreiber durchgeführten Kontrollen möglich gewesen.

Im letzten Jahr sorgte ein weiteres Ereignis für Wirbel. Bei Routineüberprüfungen am 22.07.2007 wurde festgestellt, dass eine Armatur in einem der vier Stränge des Not- und Nachkühlsystems nicht korrekt eingestellt war. Ursache war eine fehlerhafte Justierung der elektronischen Stellungsanzeige an der Armatur, die ein Jahr zuvor in der Revision 2006 vorgenommen wurde.

Im Falle eines Störfalls hätte der Strang nicht die geforderte Kühlleistung erbringen können. Da aufgrund von Wartungsarbeiten ein weiterer Kühlstrang nicht zur Verfügung stand, hätte bei einem Ereignis in einem der anderen beiden Kühlstränge nur noch ein Kühlstrang zur Beherrschung des Störfalls zur Verfügung gestanden. Dieser hätte die erforderliche Kühlleistung nicht erbringen können.

Die Überprüfung dieses meldepflichtigen Ereignisses durch Betreiber und Behörde erfolgte mit dem SOL<sup>13</sup>-Verfahren. Dabei wird ein Ereignis nicht auf eine einzelne Ursache zurückgeführt, sondern es werden direkt und indirekt beitragende Faktoren im komplexen Mensch-Technik-Organisation-(MTO)-System identifiziert.

Als Faktor von hoher Bedeutung für das Ereignis erwiesen sich Schwächen im Arbeitsverhalten im AKW Esenshamm. Als Faktoren von mittlerer Bedeutung wurden zum einen Mängel bei verwendeten Vorschriften und Arbeitsunterlagen und zum anderen eine nicht ausreichende Eigenkontrolle sowie eine nicht ausreichende Kontrolle der atomrechtlich verantwortlichen Personen des Betreibers genannt.

Das heißt letztendlich die Sicherheitskultur im AKW Esenshamm ist nach wie vor mangelhaft. Die bereits in den Jahren 1998 und 2002 überdeutlich gewordenen Schwächen sind immer noch vorhanden.

### 7.3 Ereignisse mit Korrosion

In der Basisstudie wurden die wesentlichen Auslegungsdefizite des AKW Esenshamm aufgelistet. Dazu gehört die nachträgliche Umsetzung des sogenannten „Bruchabschlusskonzepts“.

In einem Forschungsvorhaben wurde eine systematische Analyse des Gefährdungspotenzials durch Korrosion vorgenommen. Ausgangsbasis waren Meldungen über Vorkommnisse in Atomkraftwerken aus den Jahren 1994 bis 2004, deren Ursache im Auftreten von Korrosion lag. In der folgenden Abbildung sind die Anzahl der Ereignisse in den einzelnen Atomkraftwerken, nach Reaktortypen zusammengefasst, dargestellt [BFS 2007a].

---

<sup>13</sup> Sicherheit durch Organisationales Lernen

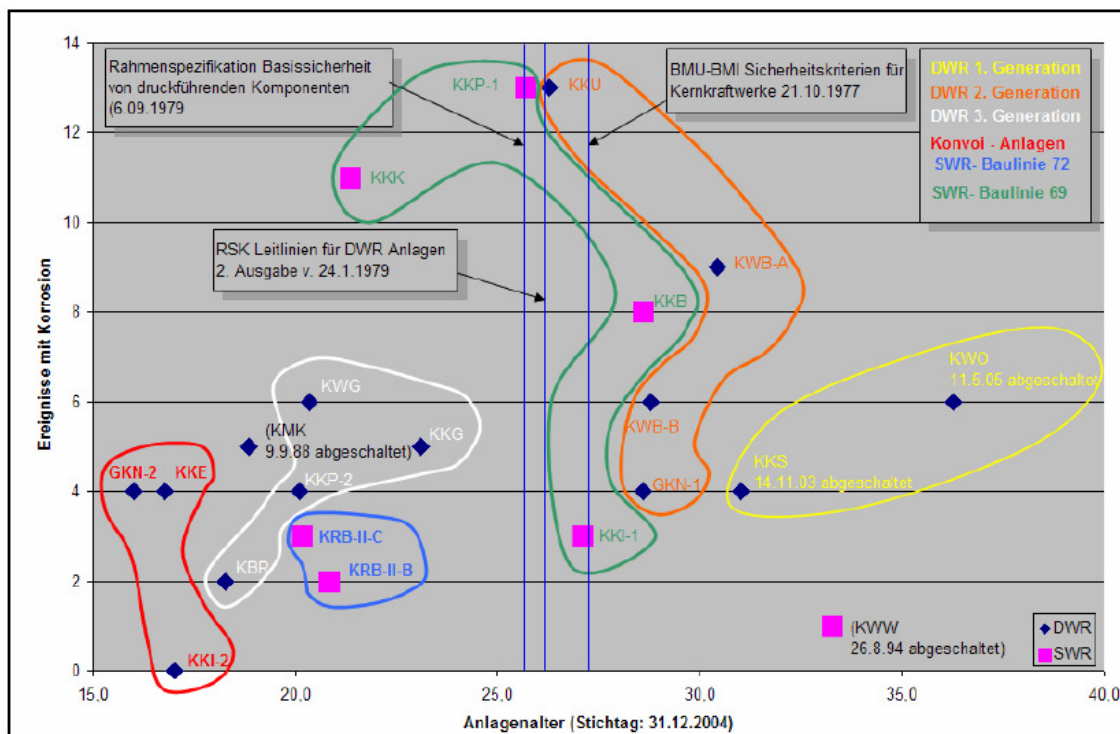


Abbildung 2: Ereignisse mit Korrosion aus den Jahren 1994 bis 2004 in Abhängigkeit vom Reaktoralter [BFS 2007a]

Im AKW Esenshamm (KKU) traten demnach in diesem Zeitraum am meisten Ereignisse mit Korrosionen auf. Korrosion verursacht unter anderem Risse in Rohrleitungen.

Generell weisen Altanlagen mehr korrosionsbedingte Ereignisse auf als Neuanlagen. Diese sind nach Meinung des Forschungsteams aber nicht ursächlich auf das Alter zurückzuführen, sondern auf die fehlenden kerntechnischen Regeln bei Auslegung der Anlagen. Zu den relevanten Regeln gehört neben den KTA-Regeln auch die Rahmenspezifikation Basissicherheit, die Grundlage des Bruchausschlusskonzepts ist.

#### 7.4 Gefahr durch Leistungserhöhung

Im Jahr 2000 wurde im AKW Esenshamm die thermische Reaktorleistung um 4,5 % (von 3733 auf 3900 MW<sub>th</sub>) erhöht. Wie in der Basisstudie dargestellt, wurde bisher bei keinem anderen Druckwasserreaktor der 2. Generation die thermische Reaktorleistung heraufgesetzt.

Die Anhebung der thermischen Reaktorleistung im AKW Esenshamm erfolgte ohne technische Umrüstungen, lediglich die leittechnischen Einstellwerte wurden geändert. Sicherheitstechnisch ist diese Vorgehensweise höchst bedenklich, alte Systeme wurden nicht durch neue und gegen höhere Belastungen ausgelegte Systeme ersetzt. Dass die höheren Belastungen sicherheitstechnisch „akzeptabel“ sind, wurde vor allem auf dem Papier – durch den Abbau von Sicherheitsmargen – nachgewiesen.

Als im Jahr 2001 für das AKW Grafenrheinfeld eine ähnliche Leistungserhöhung (von 3765 auf 3950 MW<sub>th</sub>) beantragt wurde, schaltete sich das BMU in das Genehmigungsverfahren ein und verlangte auf Empfehlung der RSK die Vorlage von zusätzlichen Sicherheitsnachweisen [RSK 2003]. Da diese bisher nicht erbracht werden konnten, ist die Genehmigung bis heute nicht erteilt.

## 7.5 Ein Kernschmelzunfall und seine Folgen

Bei einem Kernschmelzunfall mit offenem Containment sind hohe radioaktive Freisetzungen innerhalb kürzester Zeit zu erwarten. In der Basisstudie wurden für dieses Unfallszenario Ausbreitungsrechnungen für das Radionuklid Cäsium 137 durchgeführt. Dabei wurde eine Freisetzung von 40 % des Cäsiuminventars des Reaktorkerns angenommen. Dieser Term entspricht nicht der größtmöglichen Freisetzung aus dem Reaktorkern. Offizielle Studien, so auch die deutsche Risikostudie und eine aktuelle Sicherheitsanalyse zum AKW Neckarwestheim 2, gehen von einem Freisetzungsterm von 50 bis 90 % des Cäsiuminventars aus.

Bei einem terroristischen Anschlag ist eine zusätzliche Freisetzung aus dem reaktorinternen Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente zu befürchten.

In der Basisstudie wurden im ersten Schritt die Cäsium 137 Bodenkontaminationen in Rodenkirchen, Brake und Bremen berechnet. Die ermittelten Bodenkontaminationen waren zum Teil erheblich höher als in der verbotenen 30-km-Zone um den havarierten Reaktor in Tschernobyl.

In der Basisstudie sollte im zweiten Schritt geprüft werden, ob schon die aus Cäsium resultierenden Strahlenbelastungen Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich machen. Dazu werden die ermittelten Strahlenbelastungen mit den Eingreifrichtwerten der Katastrophenschutzmaßnahmen „Evakuierung“ und „langfristige Umsiedlung“ verglichen.

Ein Ergebnis der Studie war, dass im Falle eines derartigen Reaktorunfalls von einer sofortigen Evakuierung großer Gebiete ausgegangen werden muss.

Bei einem Kernschmelzunfall beträgt der Zeitraum von Auslösung des Unfalls, (z. B. durch einen Flugzeugabsturz, bis zur massiven radioaktiven Freisetzung nur ca. 2 bis 3 Stunden. Diese Zeitspanne erscheint schon für die Alarmierung der Bevölkerung knapp, eine Evakuierung erscheint unmöglich.

Von Fachleuten wurde vielfach bezweifelt, dass eine derart großflächige Evakuierung gelingen könne. Insbesondere, da Katastrophenschutzpläne nur bis zu einer Entfernung von 25 km vorliegen. Eine Evakuierung müsste aber laut Ergebnissen der Basisstudie auch in größerer Entfernung erfolgen.

Schon die Alarmierung der Bevölkerung um das AKW Esenshamm im Fall einer drohenden Freisetzung stößt auf Probleme. Laut eines von E.On herausgegebenen Ratgebers wird die Bevölkerung durch einen auf- und abschwellenden Heulton von einer Minute Dauer aufgefordert, die Rundfunkgeräte einzuschalten und auf Durchsagen zu achten [E.ON 2003].

Allerdings ist keine flächendeckende Versorgung mit Sirenen mehr vorhanden. In der Gemeinde Stadland z. B. standen früher 50 Sirenen auf den Dächern, heute sind es nur noch neun. In Kleinensiel, in unmittelbarer Nachbarschaft des Atomkraftwerks, gibt es überhaupt keine Sirene mehr. In Rodenkirchen sind die Anlagen dar-

über hinaus so ungleichmäßig verteilt, dass das Signal in mehreren Ortsteilen nicht gehört werden kann [KW 2005].

Potenzielle gesundheitsschädigende Folgen konnten im Rahmen der Basisstudie nur sehr grob abgeschätzt werden. Die Ergebnisse sind daher mit großen Unsicherheiten behaftet und können nur der Orientierung dienen. Es wurde dazu angenommen, dass sich die Personen in Häusern mit geringer Schutzfunktion aufhalten. Danach würden Personen in Rodenkirchen allein aus Bodenstrahlung bereits nach etwa 25 Minuten stark gesundheitsschädliche und nach mehr als 2 Stunden bereits tödliche Strahlenbelastungen erhalten. Selbst noch für Bremen wurden Strahlenbelastungen abgeschätzt, die eine erhöhte Krebsrate der Bevölkerung befürchten lassen.

Ein Vergleich der Strahlenbelastungen nach einem Jahr mit dem Eingreifrichtwert „langfristige Umsiedlung“ ergab, dass große Teile der Bevölkerung umgesiedelt werden müssen. Große Gebiete werden über Jahrzehnte nicht mehr bewohnbar sein. Je nach meteorologischen Bedingungen während und nach der Freisetzung ermittelten sich Gebiete von bis zu 2000 km<sup>2</sup>, aus denen die Bevölkerung langfristig umgesiedelt werden muss.

## 7.6 Kinderkrebs in der Umgebung von Atomkraftwerken

Im Dezember 2007 wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) die Untersuchung „Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie)“ veröffentlicht [BFS 2007b]. Das zentrale Ergebnis dieser Studie ist, dass die Zahl von Krebserkrankungen bei Kindern im Alter bis zu 5 Jahren mit der Verringerung der Wohnentfernung zu einem Reaktorstandort signifikant zunimmt. Im Umkreis von 50 km um einen Standort treten durchschnittlich 121 bis 275 zusätzliche Erkrankungen auf.

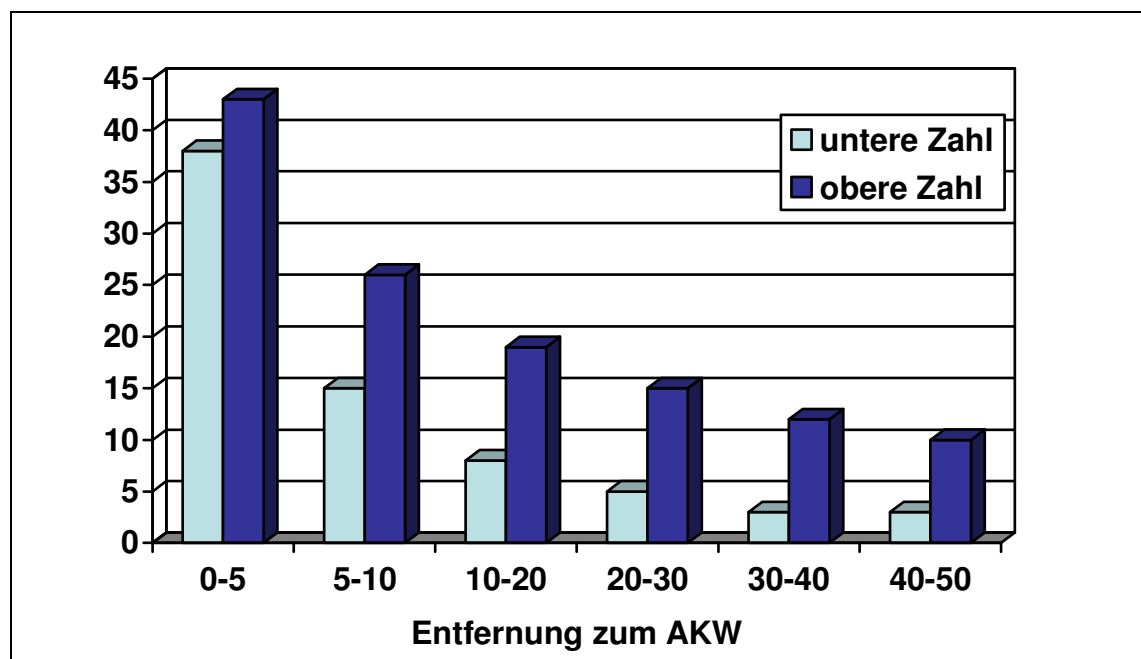


Abbildung 3: Krebserkrankungen bei Kindern im Alter bis 5 Jahre in der Umgebung von Atomkraftwerken [BFS 2007b]

Die Aussagen beziehen sich auf die 16 AKW-Standorte in der Bundesrepublik Deutschland. In die Untersuchung wurden alle Krebserkrankungen von Kindern unter 5 Jahren im Zeitraum 1980 bis 2003 einbezogen. Aufgrund der Fallzahlen sind epidemiologisch belastbare Aussagen („signifikante Erhöhung“) nur für die Gesamtheit der 16 betrachteten AKW-Standorte möglich. Die Repräsentativität der Aussage zur Erhöhung der Erkrankungen für alle Einzelstandorte legt als starkes Indiz die Prüfung des Gesamtergebnisses nahe. Dabei wurde die Berechnung unter jeweiligem Ausschluss eines Standorts für den Rest der Standorte durchgeführt. Alle Berechnungsergebnisse ergaben keinen wesentlichen Unterschied zum Gesamtergebnis.

Die Zahl der zusätzlichen Krebserkrankungen ist mit den veröffentlichten Emissionen von den deutschen AKW im Normalbetrieb und den offiziell gültigen Dosisberechnungsmodellen nicht erklärbar. Es konnte aber auch keine anderen Ursachen ermittelt werden, die die zusätzlichen Krebserkrankungen verursacht haben könnten. Im Rahmen der KiKK-Studie wurden diesbezüglich untersucht:

- mögliche oder tatsächliche Strahlenbelastungen von Mitgliedern der Familie bzw. des Kindes selbst,
- chemisch toxische Substanzen (u. a. Fungizide, Pestizide),
- soziale Umstände,
- weitere Lebensumstände.

All diese „Confounder“ kommen grundsätzlich als Ursache für Kinderkrebs infrage, konnten aber als Ursache für die KiKK-Ergebnisse weitgehend ausgeschlossen werden. Die teilweise von WissenschaftlerInnen in der Öffentlichkeit vertretene Ansicht, es könne sich um ein Zufallsergebnis handeln, erscheint eher abwegig. Eine wissenschaftliche Analyse der Gesamtsituation des Wissens geben einen überstarken Hinweis auf die Belastung mit ionisierender Strahlung aus dem Betrieb der AKW als Ursache [PFLUGBEIL 2008].

## **7.7 Fazit**

Ein schlechter Betriebsindikator bzw. eine relativ hohe Zahl meldepflichtiger Ereignisse ist für ältere Anlagen in der Grundtendenz „normal“. Der hohe Betriebsindikator für das AKW Esenshamm bedeutet aber auch, dass von diesem AKW durch die Art und Weise, wie es betrieben wird, ein überdurchschnittlich hohes Risiko ausgeht. Der hohe BI resultiert auch aus Defiziten in der Sicherheitskultur.

Grundsätzlich kann die Sicherheitskultur in einem Atomkraftwerk verbessert werden. Im AKW Esenshamm ist dies jedoch trotz wiederholter Bemühungen nach entsprechenden Ereignissen nicht gelungen. Dies hängt entweder mit mangelnder Kompetenz der Betriebsleitung oder mit einer aufgrund des Reaktoralters nicht möglichen Verbesserung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zusammen. Letzteres ist praktisch nicht behebbar.

Aufgrund der vielen meldepflichtigen Ereignisse ist die Wahrscheinlichkeit eines Störfalls im AKW Esenshamm überdurchschnittlich hoch. Sollte sich herausstellen, dass eine Vielzahl dieser Ereignisse im AKW Esenshamm die gleichen Anlagenbereiche bzw. Systeme betreffen wie im AKW Biblis B, ist das ein weiterer Beleg für die Schwächen dieses Reaktortyps. Seine Schwächen lassen sich offensichtlich auch

durch Nachrüstungen nur bedingt eindämmen. Durch Nachrüstungen ist grundsätzlich allenfalls eine Reduzierung des Abstands zum Sicherheitsniveau neuerer Anlagen möglich, dieses wird aber nicht erreicht.

Die hohe Zahl der meldepflichtigen Ereignisse resultiert auch aus den überdurchschnittlich vielen korrosionsbedingten Ereignissen. Die Korrosionsanfälligkeit im AKW Esenshamm wäre nur durch einen Austausch aller Rohrleitungen und Komponenten der bisher betroffenen und der vergleichbaren Bereiche zu beheben. Eine verstärkte Überwachung der entsprechenden Bereiche ist schon wegen der im Jahr 2000 durchgeführten Leistungserhöhung erforderlich, da die Belastung von Rohrleitungen und Komponenten dadurch höher ist.

Um nachzuweisen, dass die Leistungserhöhung im Jahr 2000 ohne Erhöhung des Sicherheitsrisikos durchgeführt wurde, hätten Sicherheitsanalysen im gleichen Umfang erfolgen müssen, wie sie das BMU für das AKW Grafenrheinfeld gefordert hat. Sollten derartige Analysen eine Reduzierung von Sicherheitsabständen zeigen, kann dieser Sicherheitsabbau durch eine Rücknahme der Leistungserhöhung rückgängig gemacht werden.

Das grundsätzliche Problem, dass bei einem Kernschmelzunfall nur eine relativ kurze Zeit zur Verfügung steht, um die Bevölkerung vor der Freisetzung radioaktiver Stoffe zu evakuieren und so vor gesundheitlichen Schäden zu bewahren, lässt sich nicht beheben. Eine umfassende Information der Bevölkerung über den möglichen Katastrophenfall und die dann erforderlichen Verhaltensweisen ist eine zwingend notwendige Voraussetzung für eine denkbare Evakuierung. Der hierzu existierende Ratgeber ist nicht ausreichend.

In der KIKK-Studie wird ein Zusammenhang zwischen zusätzlich auftretenden Kinderkrebserkrankungen und der Wohnortnähe zu Atomkraftwerken aufgezeigt. Nach gegenwärtig etabliertem Stand von Wissenschaft und Technik kann allerdings kein kausaler Zusammenhang zwischen Emissionen eines Atomkraftwerks und den zusätzlichen Erkrankungen bewiesen werden. Andere bekannte Krebsursachen konnten allerdings durch Prüfung ausgeschlossen werden.

Gegenmaßnahmen wären theoretisch dann möglich, wenn der Zusammenhang durch bisher nicht registrierte Freisetzungen aus dem AKW oder bisher nicht bekannte Effekte der Freisetzungen in der Umgebung erklärt werden kann. Ist die Ursache jedoch eine bisher nicht angenommene größere Empfindlichkeit des menschlichen Organismus bzw. des kindlichen Organismus, so wäre keine Gegenmaßnahme – außer einer Abschaltung des Reaktors – möglich.



## **8. Gesamtfazit**

Die Ergebnisse der hier vorgelegten Studie bestätigen das Fazit der Basisstudie. Das Gefahrenpotenzial für schwere Unfälle im AKW Esenshamm ist besonders hoch. Es besteht die Möglichkeit, dass durch einen terroristischen Angriff, durch eine Überflutung des Anlagengeländes oder durch einen Alterungsschaden ein Kernschmelzunfall ausgelöst wird. Die Folgen eines schweren Unfalls sind für die Bevölkerung gravierend.

Das Risiko, das vom AKW Esenshamm ausgeht, ist jetzt bereits hoch. Es wird in Zukunft – bedingt durch die fortschreitende Alterung und die wachsende Hochwassergefahr – noch weiter ansteigen.

## 9. Literatur

- 3SAT 2005 Störsender und Nebelwerfer für die Atomkraftwerke, Bericht vom 15.12.2005, unter [www.3sat.de](http://www.3sat.de), eingesehen im Januar 2007
- ALONSO 2007 J. Alonso and T.L. Vergara: Application of Condition Monitoring Techniques to Electrical Cables in Spanish Nuclear Power Plants; EU-ROSAFE Tribune 010; March 2007
- BECKER 2006 O. Becker und H. Hirsch: Schwere Unfälle im AKW Esenshamm und ihre Folgen - Schwerpunkt Terrorgefahren; April 2006
- BERG 2004 H.P. Berg and M. Röwekamp: German Practice on Active Fire Protection Features; in IAEA: Experience Gained From Fires In Nuclear Power Plants: Lessons Learned; IAEA-TECDOC-1421; 2004
- BFS 2000 Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland, Jahresbericht 1999, Ereignismeldung 99/011; 2000
- BFS 2007a Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben SR2521: Analyse und Bewertung des Gefährdungspotenzials durch Korrosion in deutschen LWR; 2007
- BFS 2007b Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie); Vorhaben StSch 4334; 2007
- BFS 2007c Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland, Jahresbericht 2006, Ereignismeldung 06/111; 2007
- BMU 1993 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Übersicht über meldepflichtige Ereignisse in Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1992, Ereignismeldung 099; 1992
- BMU 1997 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Vorgehensvorschlag zur Durchführung einer probabilistischen Sicherheitsanalyse für das Ereignis „Externe Überflutung“; Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-1998-497; Juni 1997
- BMU 2002 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 2002a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Hochwasserschutz deutscher Kernkraftwerke, Auszug aus dem Entwurf eines GRS-Gutachtens; 02.09.2002
- BMU 2004 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Atom/Sicherheit - Schutzkonzept der Betreiber nicht ausreichend; BMU Pressedienst Nr. 52/04, Berlin; 01.03.2004

- BMU 2004a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Trittin: Bayern stiehlt sich mit Ablenkungsmanövern aus der Verantwortung; BMU Pressedienst Nr. 019/04, Berlin; 28.01.2004
- BMU 2004b Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Sicherheit von Atomanlagen optimal gewährleisten; BMU Pressedienst Nr. 046/04, Berlin; 21.02.2004
- BMU 2005a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Wirksame Sicherheitsmaßnahmen statt Nebelkerzen; BMU Pressedienst Nr. 065/05, Berlin; 18.03.2005
- BMU 2005b Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Durchführung von weiterführenden Kabelbrandversuchen“, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-2005-663 Hossler et al.; 2005
- BMU 2005c Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Bewertung von Personalhandlungen bei der Brandentstehung, Branderkennung, und Brandbekämpfung in deutschen Kernkraftwerken“; M. Röwekamp, M. Türschmann; BMU-2005-664; 2005
- BMU 2005d Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Bundesumweltministerium setzt strenge Auflagen für "Vernebelungskonzept" der Betreiber durch Risiko kann gesenkt, aber nicht ausgeschlossen werden; BMU Pressedienst Nr. 259/05, Berlin; 16.09.2005
- BMU 2006a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke; Modul 03 (Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse) Revision B, eingesehen in <http://regelwerk.grs.de> im Februar 2008
- BMU 2006b Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke; Modul 01 (Grundlegende Sicherheitsanforderungen) Revision B, eingesehen in <http://regelwerk.grs.de> im Februar 2008
- E.ON 2003 E.ON Kernkraftwerk GmbH: Ratgeber für die Bevölkerung in der Umgebung des Kernkraftwerks Unterweser; Hannover; April 2003
- E.ON 2005a E.ON Kernkraft: Kernkraftwerk Unterweser wieder am Netz; Pressemitteilung; 15.08.2005
- E.ON 2005b E.ON Kernkraft: ddp-Meldung; 04.08.2005
- E.ON 2006 E.ON Kernkraft: Kernkraftwerk Unterweser: Nichtverfügbarkeit einer Nebenkühlwasserpumpe durch Überflutung; Pressemitteilung; 03.11.2006
- E.ON 2007 E.ON Kernkraftwerk: Informationen während einer Besichtigung des AKW Grohnde am 17.01.2007
- E.ON 2007a E.ON Kernkraft: Präsentation der PSÜ des KKW anlässlich der Landespressekonferenz, E. Steiner; 07.09.2007
- ENDRES 2000 Endres, Günter: Das große Buch der Passagierflugzeuge; Motorbuch Verlag, Stuttgart; 2000

- GORBATCHEV 2000 J.M. Gorbatchev et al.: Report on flooding of Le Blayais power plant on 27 december 1999; Eurosafe; 2000
- GPM 2004 Greenpeace Magazin: Nebel über deutschen Meilern, Carsten Jasner, 5/2004
- GPM 2006 Greenpeace Magazin: Grohnde. Nebelwerfer am Atomkraftwerk. Gibt es Schutz gegen Terror? Wolfgang Hasenstein, 2/2006
- GREENPEACE 2005 Risiko Restlaufzeit - Die Probleme und Schwachstellen der vier ältesten deutschen Atomkraftwerke (Serie von vier Publikationen mit den Schwerpunkten Biblis A, Biblis B, Brunsbüttel und Neckarwestheim-1); Greenpeace Deutschland, Hamburg; 2005
- HELLER 2006 W. Heller: Luftsicherheitsgesetz verfassungswidrig, ATW 51/5; Mai 2006
- HIRSCH 2005 H. Hirsch, O. Becker, M. Schneider, A. Froggatt: Nuclear Reactor Hazards, Ongoing Dangers of Operating Nuclear Technology in the 21st Century, im Auftrag von Greenpeace International; April 2005
- HONNELLIO 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
- HONNELLIO 2007 A.L. Honnellio, S. Rydell: Sabotage vulnerability of nuclear power plants; Inderscience International Journal of Nuclear Governance, Economy and Ecology Vol. 1, No. 3, 2007, zitiert in: Inderscience Publishers. "Three-pronged Nuclear Attack" ScienceDaily 31 July 2007, eingesehen unter [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com) im Mai 2008
- HOSSER 2004 D. Hosser; O. Riese; M. Schmeling: Brandversuche mit unterschiedlichen Kabelmaterialien; Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig - Materialprüfanstalt für das Bauwesen Braunschweig; 2004
- IAEA 2004 International Atomic Energy Agency: Experience Gained From Fires In Nuclear Power Plants: Lessons Learned; IAEA-TECDOC-1421; 2004
- IPCC 2007 4. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change der UN (IPCC) über Klimaänderungen; Kurzzusammenfassung: Auswirkungen Anpassungsstrategien, Verwundbarkeiten; 2007
- IPPNW 2007 IPPNW: Biblis angeklagt, Zeitung, Hrsg. IPPNW, BUND und EUROSOLAR; November 2007
- JENSEN 2005 J. Jensen, Chr. Mudersbach et al.: Projekt MUSE (Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der Deutschen Nordsee); Küsten Newsletter 5/2005; eingesehen unter [www.eucc-d.de](http://www.eucc-d.de) im Mai 2008
- KTA 1999 Kerntechnischer Ausschusses (KTA): Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken. Sicherheitstechnische Regel 3701, Fassung 6/99, bestätigt 11/04; 1999
- KTA 2000 Kerntechnischer Ausschuss (KTA): Sicherheitstechnische Regel des KTA 2101.3: Brandschutz in Kernkraftwerken, Teil 3: Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen; Fassung 12/00, bestätigt 11/05; 2000

- KTA 2004 Kerntechnisches Ausschusses (KTA): Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser; Sicherheitstechnische Regel 2207; 2004
- KW 2005 Kreiszeitung Wesermarsch; Artikel vom 12.03.2005 unter [www.uwe-stratmann.de](http://www.uwe-stratmann.de), eingesehen im März 2006
- MAI 2002 S. Mai et al.: Nuclear Power Plant against Flooding; in Proc. of the 6th. Int. Symposium "Littoral - The Changing Coast"; Porto (Portugal); 2002
- NMU 2005a Niedersächsisches Umweltministerium (NMU): Pressemitteilung Nr. 48; 30.05.2005
- NMU 2005b Niedersächsisches Umweltministerium (NMU): Pressemitteilung Nr. 79; 15.08.2005
- NMU 2006 Niedersächsische Umweltministerium (NMU): Pressemitteilung Nr. 81; 07.08.2006
- NMU 2007 Niedersächsische Umweltministerium (NMU): Sachstandinformationen Kernkraftwerk Grohnde unter [www.mu.niedersachsen.de](http://www.mu.niedersachsen.de), eingesehen im Januar 2007
- NMU 2008 Niedersächsisches Umweltministerium (NMU): Feststellung gemäß § 2a UVPG (Kernkraftwerk Unterweser), Nds. MBl. Nr. 17/2008, S. 510
- NRC 2007 U.S. Nuclear Regulatory Commission: News Releases Vol. 27, No. 6, February 9, 2007
- OEHMGEN 2005 Th. Oehmgen: Praktische Anwendung der PSA im Kernkraftwerk Unterweser; Jahrestagung Kerntechnik; 2005
- OSTERKAMP 2000 S. Osterkamp und M. Schirmer: Projekt Klimaänderung und Unterweserregion (KLIMU) Fallstudie Weserästuar des Bundes-Länderprogramms; Studie im Auftrag des BMBF; Universität Bremen; Dezember 2000
- PFLUGBEIL 2008 S. Pflugbeil: Die Kriterien von Bradford Hill; Strahlentelex Nr. 510-511 / 22. Jahrgang, 03.04.2008
- RICHEI 2002 A. Richei, Th. Oehmgen, S. Ressel: Probabilistische Sicherheitsanalyse für das Kernkraftwerk Unterweser; atw 47/5; Mai 2002
- RÖWEKAMP 1998 M. Röwekamp: Operational Experience and Data; in IAEA: Upgrading of fire safety in nuclear power plants; IAEA-TECDOC-1014; 1998
- RÖWEKAMP 2004b M. Röwekamp: German Experience from Reportable NPP Fire Events; in IAEA: Experience Gained From Fires In Nuclear Power Plants: Lessons Learned; IAEA-TECDOC-1421; 2004
- RÖWEKAMP 2004c M. Röwekamp: Fire & Safety 2004; 5. Fire and Safety conference, München, 11.-12.03.2004
- RSK 1996 Reaktor-Sicherheitskommission (RSK): RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren; Urfassung (3. Ausgabe vom 14. Oktober 1981) mit Änderungen vom 15.11.1996
- RSK 2003 Reaktor-Sicherheitskommission (RSK): Erhöhung der thermischen Reaktorleistung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld (KKG); Stellungnahme der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK), 18.09.2003

- RSK 2004 Reaktor-Sicherheitskommission (RSK): Beherrschung von Alterungsprozessen in Kernkraftwerken; Empfehlung der RSK; 22.07.2004
- RSK 2006 Reaktor-Sicherheitskommission (RSK): Mängel an Mittelspannungskabeln mit sicherheitstechnischer Bedeutung in deutschen Kernkraftwerken; Stellungnahme; 09.03.2006
- SALLEY 2004 M. H. Salley: Risk-Informing the Post-Fire Safe Shutdown Associated circuit analysis element; in IAEA: Experience Gained From Fires In Nuclear Power Plants: Lessons Learned; IAEA-TECDOC-1421; 2004
- SCHNEIDER 2007 M. Schneider et al.: Residual Risk - An Account of Events in Nuclear Power Plants since the Chernobyl Accident in 1986; May 2007
- SKI 2006 Swedish Nuclear Power Inspectorate (SKI): Transformatorbrand in Ringhals; Kärnsäkert 4/2006
- SZ 2008 Süddeutsche Zeitung: Verfassungsschutzbericht: Terror bedroht Deutschland; 15.05.2008, eingesehen unter [www.sueddeutsche.de](http://www.sueddeutsche.de) im Mai 2008
- TÜRSCHMANN 2006 M. Türschmann, M. Röwekamp und P. Berg: „Durchführung einer Brand-PSA mit aktuellen Methoden“, Jahrestagung Kerntechnik 2006, 16.-18.05.2006
- WISE 2000a WISE News Communiqué: French reactors flooded by storms, backup safety systems fail; 21.01.2000
- WISE 2000b WISE News Communiqué: Sea level rise: Flood protection for nuclear reactors failing; 03.03.2000
- WZ 2008 Wiener Zeitung; Schweden: Debatte um AKW-Sicherheit Sabotage-Verdacht nach Sprengstoff-Alarm im AKW Oskarshamm; 22.05.2008, eingesehen unter [www.wienerzeitung.at](http://www.wienerzeitung.at) im Mai 2008