



# Risiko Restlaufzeit

Die Probleme und Schwachstellen der vier ältesten deutschen Atomkraftwerke

Schwerpunkt Neckarwestheim-1

**GREENPEACE**

Erstellt für Greenpeace Deutschland

Helmut Hirsch, Oda Becker

Hannover, Juli 2005

V.i.S.d.P. Thomas Breuer, Greenpeace e.V., Große Elbstr. 39, 22767 Hamburg, [mail@greenpeace.de](mailto:mail@greenpeace.de), [www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de)  
Stand 8/2005  
Fotos: Greenpeace/Staub, Greenpeace/Röttgers , Greenpeace/Langer  
Grafiken: Ricke Penaranda

## **Inhalt:**

Einleitung: Was haben die vier Reaktoren Biblis A, Biblis B, Brunsbüttel und Neckarwestheim-1 gemeinsam? .....	4
Die Probleme von Neckarwestheim-1 .....	11
Wie gefährlich ist der Betrieb? .....	11
Verstöße gegen das Betriebshandbuch und Schlampereien .....	12
Standicherheit – Gefahr nicht nur bei Erdbeben .....	15
Werkstoffprobleme .....	16
Verwundbarkeit gegenüber Terrorangriffen .....	17
Anhang:	
Der Betriebsindikator (BI) .....	19
Glossar .....	20
Quellenangaben .....	24

## **Einleitung**

**Was haben die vier Reaktoren Biblis A, Biblis B, Brunsbüttel und Neckarwestheim-1 gemeinsam?**

### **1. Die Vier sind die ältesten noch in Betrieb befindlichen Atomkraftwerke in Deutschland.**

Biblis A und B, Brunsbüttel und Neckarwestheim-1 haben den kommerziellen Betrieb in den Jahren 1975 – 1977 aufgenommen. Als älteste Atomkraftwerke, die noch laufen, wären sie auch die nächsten, die gemäß der Atomgesetznovelle vom April 2002 abgeschaltet werden müssten. Mit dieser Gesetzesnovelle wurde unter der rot-grünen Bundesregierung das Auslaufen der Atomenergie in Deutschland geregelt.

Auf der Grundlage der im Atomgesetz festgelegten Stromkontingente, die von jedem Reaktor noch erzeugt werden dürfen, bevor die Betriebsgenehmigung erlischt, kommt Greenpeace zu folgender Prognose für die Stilllegung der vier ältesten Anlagen:

- |                    |      |
|--------------------|------|
| ➤ Biblis A         | 2008 |
| ➤ Biblis B         | 2008 |
| ➤ Neckarwestheim-1 | 2008 |
| ➤ Brunsbüttel      | 2009 |

Diese Prognose basiert auf der Annahme, dass die Reaktoren in den kommenden Jahren jeweils die Strommenge erzeugen, die sie im Durchschnitt in den Jahren 2000 bis 2004 erzeugt haben. Es ist möglich, dass Störfälle und ungeplante Stillstände die Stilllegungszeitpunkte weiter in die Zukunft verschieben.

Sollte es bei den zwischen 2000 und 2004 häufig abgeschalteten Reaktoren Brunsbüttel und Biblis A in den nächsten Jahren nicht zu größeren Störfällen kommen, ist es auch möglich, dass diese beiden Anlagen ihr Stromkontingent schon etwas früher ausgeschöpft haben.

Das Atomgesetz erlaubt auch die Übertragung von Strommengen zwischen Atomkraftwerken. Dadurch können sich die Laufzeiten ebenfalls verlängern - wie am Beispiel des AKW Obrigheim bereits durchexerziert.

## 2. Die Vier sind den ältesten noch laufenden Reaktortypen zuzurechnen; diese weisen besondere Schwachstellen auf.

Um die Sicherheit von Atomanlagen (so weit wie möglich) zu gewährleisten, ist im kerntechnischen Regelwerk festgeschrieben, Sicherheitssysteme (z.B. *Nachkühlung*, *Notkühlung*<sup>1</sup>, Notstromversorgung, Sicherheitsventile) nach den in der folgenden Grafik beschriebenen Grundsätzen auszulegen.

Sicherheitsgrundsätze in der Kerntechnik		
<p><b>QUALITÄTSSICHERUNG</b></p> <p>THEORIE: Bei der Auswahl der Werkstoffe und ihrer Verarbeitung werden eine Vielzahl von Kontrollen vorgenommen. Während des Reaktorbetriebes sind laufende Kontrollen vorgeschrieben.</p> <p>PRAXIS: Kontrollen werden zunehmend aus Kostengründen reduziert.</p>	<p><b>DIVERSITÄT</b></p> <p>Da auch mehrfach vorhandene gleichartige Sicherheitssysteme aus der gleichen Ursache (z.B. Konstruktionsfehler) versagen können, werden für den gleichen Zweck technisch unterschiedliche Einrichtungen vorgesehen.</p>	<p><b>ENTMASCHUNG</b></p> <p>THEORIE: Damit ein ausfallendes Sicherheitssystem das Nachbarsystem nicht beeinträchtigt, besitzen sie keine gemeinsamen Komponenten. Außerdem werden sie räumlich getrennt und baulich besonders geschützt angeordnet.</p> <p>PRAXIS: Bei älteren Reaktoren werden diese Standards nur zum Teil eingehalten.</p>
<p><b>FAIL-SAFE</b></p> <p>fail (engl.) = versagen. safe (engl.) = sicher, gefahrlos</p> <p>Soweit eine technische Realisierung möglich ist, wird die Reaktoranlage bei Ausfällen automatisch in einen sicheren Zustand überführt.</p>		<p><b>REDUNDANZ</b></p> <p>THEORIE: Wichtige Sicherheitssysteme werden mehrfach (redundant) angeordnet. Es sind mindestens zwei Systeme mehr vorhanden (n+2), als für die eigentliche Funktion benötigt werden.</p> <p>PRAXIS: Beim AKW Biblis spart der Betreiber RWE sich die zusätzliche Notstandswarte bis heute.</p>
<p><b>KONSERVATIVE AUSLEGUNG</b></p> <p>THEORIE: An vielen Stellen der gesamten Reaktoranlage sind sog. Auslegungsreserven vorgesehen.</p> <p>PRAXIS: Durch nachträgliche Erhöhung der thermischen Reaktorleistung werden diese Reserven zur Zeit verkleinert.</p>		<p><b>AUTOMATISCHE LEITTECHNIK</b></p> <p>Bei einer auftretenden Störung arbeitet das Reaktorsicherheitssystem selbstständig und läßt sich durch ein möglicherweise falsches Verhalten des Betriebspersonals nicht stören.</p>

© GREENPEACE

Grafik in Anlehnung an Informationskreis Kernenergie

Laut Atomgesetz sind die Betreiber von Atomanlagen verpflichtet, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zum Schutz von Leben und Gesundheit „erforderliche Vorsorge“ gegen Schäden zu gewährleisten. Von Politik und Atomindustrie wird öffentlich gerne suggeriert, die deutschen Atomkraftwerke würden dynamisch immer auf dem neuesten Stand gehalten – sprich, wenn der Stand von Wissenschaft und Technik sich ändere, würden alle Reaktoren sofort nachgerüstet.

Die Realität sieht anders aus. In der Praxis gibt es erhebliche Spielräume bei der Interpretation der gesetzlichen Regelungen: Was ist „erforderlich“? In wie weit

<sup>1</sup> Kursiv gedruckte Begriffe sind in einem Glossar im Anhang erläutert

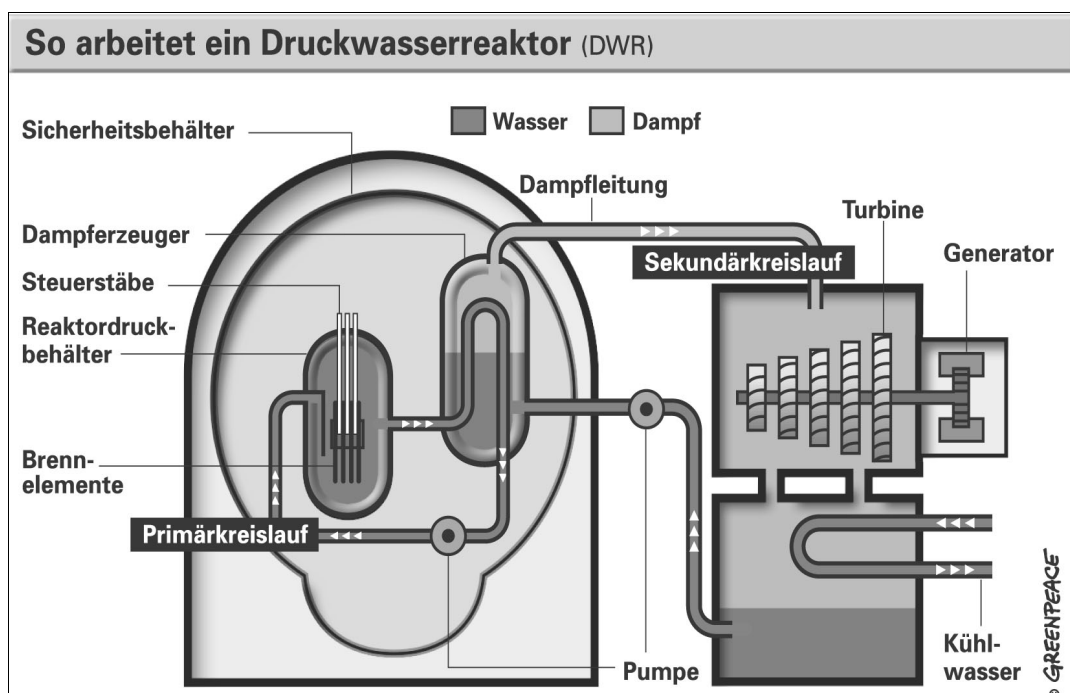
müssen Altanlagen nachgerüstet werden? Solche Fragen werden zwischen Atomaufsicht und Betreibern meist hinter verschlossenen Türen (oft kontrovers) diskutiert und verhandelt.

Ein erheblicher Teil der Sicherheitsstandards wird de facto bereits beim Bau des Atomkraftwerks fixiert und kann durch Nachrüstungen nicht mehr verbessert werden. Daher haben ältere Atomkraftwerke in der Regel ein niedrigeres Sicherheitsniveau als neue.

Biblis A, Biblis B und Neckarwestheim-1 sind *Druckwasserreaktoren* (DWR) der 2. Generation. Die beiden Reaktoren der 1. Generation (Obrigheim und Stade) sind bereits stillgelegt. Insgesamt umfasst die 2. Generation der DWR vier Anlagen (außer den drei genannten noch Unterweser, das aber später in Betrieb ging). Alle anderen laufenden DWR gehören zur 3. oder 4. Generation.

Die Druckwasserreaktoren der 2. Generation weisen gegenüber den neueren Generationen unter anderem folgende Schwachstellen auf:

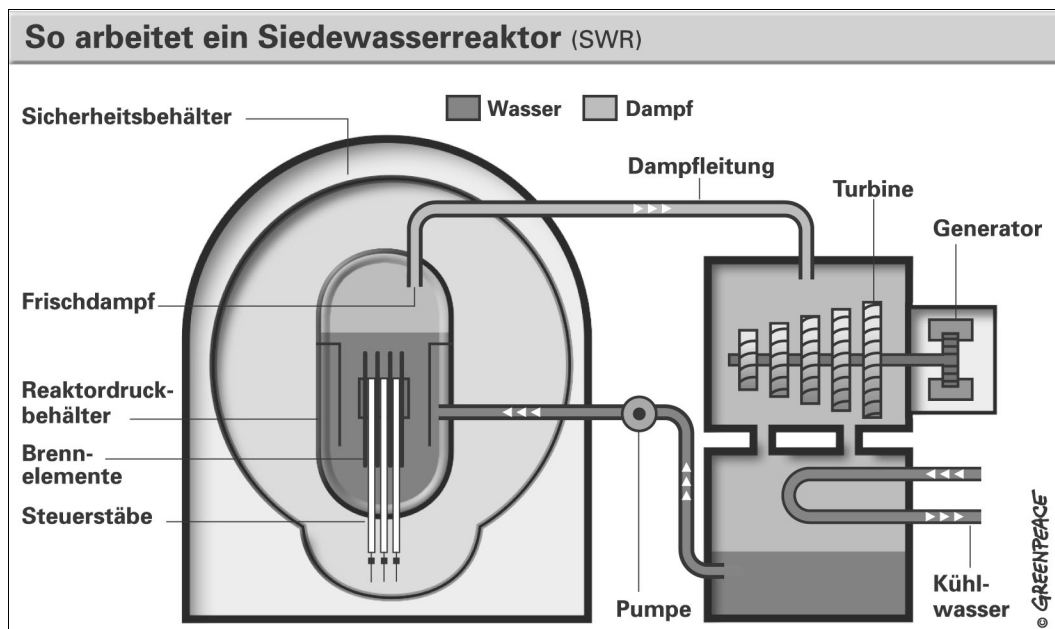
- Eingeschränkte Prüfbarkeit des *Primärkreislaufes* auf Risse oder sonstige Schädigungen.
- Mehr Schweißnähte an wichtigen Komponenten und Rohren des Primärkreislaufes. Schweißnähte sind besonders anfällig für Rissentstehung und Risswachstum.
- *Bruchausschlusskonzept* erst durch „Nachqualifizierung“ umgesetzt.
- Geringere Druck- und Temperaturfestigkeit des *Sicherheitsbehälters*.
- Weniger redundante Stränge bei der zusätzlichen Notstromversorgung gegen *äußere Einwirkungen* und der Gleichstromversorgung.
- Schlechtere räumliche Trennung bei der Notstromversorgung.



Brunsbüttel gehört zu den *Siedewasserreaktoren* (SWR) der Baulinie 69. Ein Reaktor dieses Typs wurde 1995 stillgelegt (Würgassen), ein weiterer fertig gestellt, aber nicht in Betrieb genommen (Zwentendorf in Österreich). In Deutschland sind noch drei weitere SWR 69 in Betrieb: Isar-1, Philippsburg-1 und Krümmel. Die beiden Siedewasserreaktoren in Gundremmingen gehören zur neueren Baulinie 72.

Die Siedewasserreaktoren der Baulinie 69 sind in folgenden Punkten schlechter als jene der Baulinie 72 <sup>ii</sup>:

- Eingeschränkte Prüffähigkeit des Kühlkreislaufes auf Risse oder sonstige Schädigungen.
- Keine nahtlosen Schmiederinge beim *Reaktordruckbehälter*. Schweißnähte sind besonders anfällig für Rissentstehung und Risswachstum.
- *Bruchausschlusskonzept* erst durch „Nachqualifizierung“ (z.T. mit Austausch von Rohrleitungen) umgesetzt.
- Weniger redundante Stränge im *Hochdruckteil des Notkühlsystems*, kein *Mitteldruckeinspeisesystem*.
- *Sicherheitsbehälter* anfällig für rasches Versagen durch Durchschmelzen nach unten.
- Insgesamt weniger *redundante* Stränge bei der Notstromversorgung.
- Notstromversorgung teilweise *vermascht*.



Diese speziellen Schwachstellen im Vergleich zu den neueren Reaktortypen dürfen nicht zu dem Schluss verleiten, dass die neueren Anlagen sicher sind. Auch in einem DWR der 3. oder 4. Generation oder einem SWR der Baulinie 72 kann ein schwerer Unfall eintreten. Die Schwachstellen der alten Anlagen bedeuten allerdings, dass diese Anlagen besonders anfällig für Störungen und Unfälle sind.

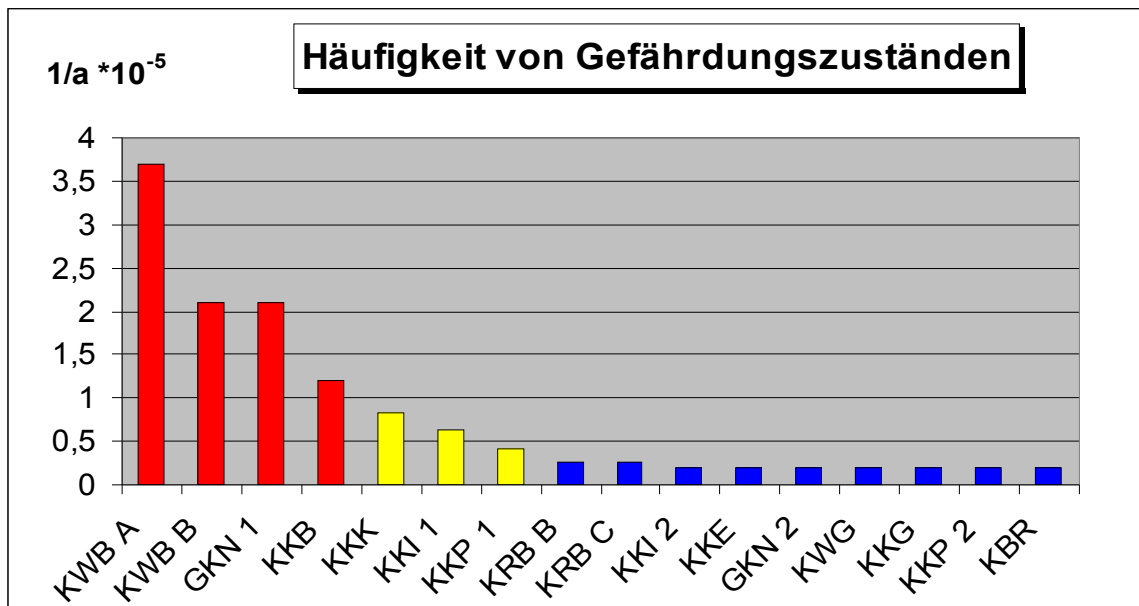
### 3. Die Vier sind die Spitzenreiter beim Unfallrisiko.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit von schweren Unfällen versucht man in der Kerntechnik mit dem Instrument der „*Probabilistischen Sicherheits-Analysen*“ zu ermitteln. Die PSA wird treffender als „*Probabilistische Risiko-Analysen*“, PRA, bezeichnet.

Angesichts der oben dargestellten Schwachstellen kann es nicht überraschen, dass die Anlagen der älteren Generationen bei einem Vergleich der Häufigkeit von Gefährdungszuständen mit PRA's die Spitzenreiter sind. Innerhalb der SWR der Baulinie 69 liegt Brunsbüttel auch noch an erster Stelle.

Konkret wurden

- für die Anlagen Biblis A, Biblis B, Brunsbüttel und Neckarwestheim-1 Häufigkeiten von Gefährdungszuständen im Bereich von  $1,2 \times 10^{-5}$  bis  $3,7 \times 10^{-5}$  pro Jahr ermittelt. (Dabei sind Brände und äußere Einwirkungen nicht berücksichtigt).
- Für die anderen laufenden Altanlagen liegen diese Häufigkeiten zwischen  $4,1 \times 10^{-6}$  und  $8,3 \times 10^{-6}$  pro Jahr, also bereits deutlich niedriger.
- Für neue Anlagen (DWR der 3. und 4. Generation, sowie SWR 72) werden Werte von  $2 \times 10^{-6}$  bis  $2,7 \times 10^{-6}$  pro Jahr angegeben, also etwa um eine ganze Größenordnung besser als bei den vier ältesten <sup>iii</sup>.



KWB-A	Biblis A	KKI 1	Isar 1	KKE	Emsland
KWB-B	Biblis B	KKP 1	Philippsburg 1	GKN 2	Neckarwestheim 2
GKN 1	Neckarwestheim 1	KRB B	Gundremmingen B	KWG	Grohnde
KKB	Brunsbüttel	KRB C	Gundremmingen C	KKG	Grafenrheinfeld
KKK	Krümmel	KKI 2	Isar 2	KBR	Brokdorf

Es ist zu erwarten, dass aufgrund der identifizierten Schwachstellen der vier Anlagen (insbesondere der schlechteren und dazu noch *vermaschten* Notstromversorgung) bei Berücksichtigung von Bränden und äußeren Einwirkungen in Risiko-

Analysen die Ergebnisse im Vergleich zu den neuen Anlagen noch ungünstiger werden.

Die aus PRA's resultierenden Zahlen, die im Allgemeinen in der Größenordnung von 1:100.000 pro Jahr ( $10^{-5}$ ) liegen, sind **absolut** gesehen nicht sehr aussagekräftig.

- Viele PRA's sind unvollständig und berücksichtigen etwa Brände in der Anlage oder äußere Einwirkungen wie Erdbeben nicht.
- Die Analysen sind mit großen Ungenauigkeiten behaftet.
- Komplexes menschliches Fehlverhalten lässt sich nicht erfassen.
- Das Auftreten neuer, bisher nicht bekannter Risikofaktoren kann nicht ausgeschlossen werden.
- Terror-Angriffe und Kriegseinwirkungen können überhaupt nicht in Risiko-Analysen erfasst werden.

Es spricht also vieles dafür, dass die Häufigkeit von Unfällen in Wirklichkeit größer ist als in PRA's ermittelt.

Dessen ungeachtet können die Ergebnisse der Risiko-Analyse jedoch zum **Vergleich** von Anlagen herangezogen werden. Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass die dargestellten Mängel der PRA sich bei verschiedenen Anlagen besonders unterschiedlich auswirken werden – besonders bei Vergleichen innerhalb eines Staates, in dem die Methodik der verschiedenen Analysen sowie das Ausmaß der Gefährdung durch menschliche Einwirkung in etwa die Gleiche sein wird. Daher können die Ergebnisse von PRA in Deutschland als **relative** Indikatoren für das Unfallrisiko eingesetzt werden.

Ein niedriges PRA-Ergebnis bedeutet nicht, dass eine Anlage sicher ist. Relativ gesehen besteht jedoch die Tendenz, dass ein schwerer Unfall eher in einem AKW mit hohen ermittelten Häufigkeiten zu erwarten ist, als in einem mit niedrigen rechnerischen Unfallhäufigkeiten – vorausgesetzt, die Kriegs- und Terrorgefahr ist in beiden Fällen etwa gleich einzuschätzen, und es bestehen keine großen Unterschiede bei der Erdbebengefahr.

#### **4. Die Vier sind besonders verwundbar gegenüber Terrorangriffen.**

In Deutschland sind die neueren Atomkraftwerke gegen den Absturz eines Phantom-Jagdbombers ausgelegt. Es gibt drei Altanlagen, deren Reaktorgebäude lediglich dem Absturz eines Sportflugzeugs standhalten kann – zwei davon sind Biblis A und Brunsbüttel. Die dritte ist Philippsburg-1. Weiterhin sind vier ältere Anlagen gegen den Absturz eines Starfighters (der erheblich leichter ist als die Phantom) geschützt. Dabei handelt es sich um Biblis B und Neckarwestheim-1 sowie Unterweser und Isar-1.

Es kann daher nicht überraschen, dass eine Studie der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit eine hohe Verwundbarkeit der vier hier behandelten Reaktoren (zusammen mit anderen Altanlagen) gegenüber einem gezielten Flugzeugabsturz zeigte. Schon der Absturz eines relativ kleinen Flugzeugs (z. B. Airbus A 320) kann bei diesen Anlagen zu einem nicht beherrschbaren Unfallablauf führen. Bei den neueren Anlagen ist dies nur bei einem Angriff mit einem Großflugzeug (Boeing 747, Airbus 340) der Fall <sup>iv</sup>.

Der mangelhafte Schutz ist besonders gravierend, weil aufgrund der aufgezeigten Schwachstellen der Vier die Möglichkeiten zur Beherrschung einer kritischen Situation besonders schlecht sind.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die vier Reaktoren, die in der kommenden Legislaturperiode das Ende ihrer gesetzlichen Laufzeit erreichen werden, Atomkraftwerke mit niedrigem Sicherheitsstandard bei Gebäuden und Komponenten sind, die eine hohe Unfallwahrscheinlichkeit haben.

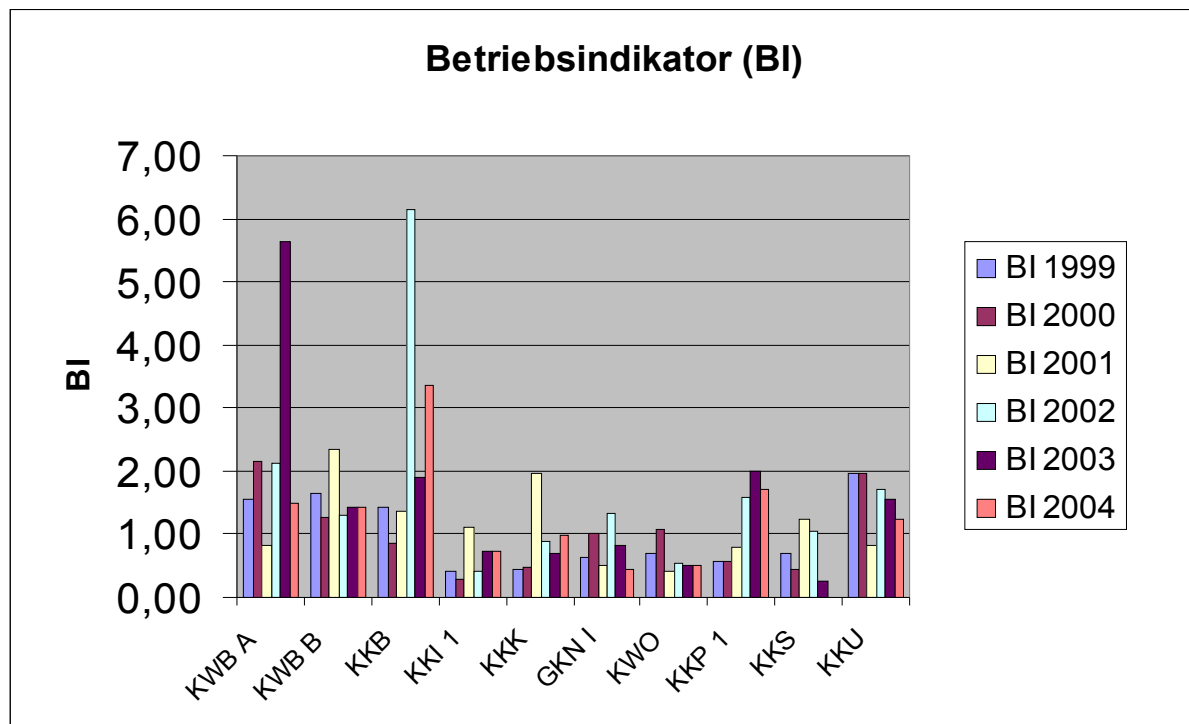
## Die Probleme von Neckarwestheim-1

### Wie gefährlich ist der Betrieb?

Gefahren, die von Atomkraftwerken ausgehen, lassen sich in drei Kategorien einordnen: grundsätzliche Gefahren der Atomenergie (z.B. der jahrzehntausende strahlende Müll); Gefahren, die durch die bauliche Auslegung der einzelnen Reaktoren begründet sind, und Gefahren, die durch die Art und Weise des täglichen Betriebs entstehen.

Um Betriebsrisiken zu vergleichen wurde im Auftrag von Greenpeace ein Indikator entwickelt. Dieser **Betriebsindikator (BI)** wird im Anhang näher erläutert. Er liegt tendenziell bei Altanlagen höher als bei neueren AKW.

Die folgende Grafik zeigt für die alten AKW in Deutschland (DWR 1. und 2. Generation, SWR 69) den BI für die Jahre 1999 – 2004.



KWB-A	Biblis A	GKN 1	Neckarwestheim 1
KWB-B	Biblis B	KWO	Obrigheim
KKB	Brunsbüttel	KKP 1	Philippsburg 1
KKI-1	Isar 1	KKS	Stade
KKK	Krümmel	KKU	Unterweser

Wie aus der Abbildung ersichtlich, weist Neckarwestheim-1 (GKN 1) in dem betrachteten Zeitraum einen weniger auffälligen BI auf. Ein höherer Wert wird im Jahr 2002 erreicht, in dem es zu mehreren Pannen kam (s.u.)

Bei der mit Hilfe von probabilistischen Sicherheitsanalysen ermittelten Risikowerte weist Neckarwestheim-1 zusammen mit Biblis B den zweithöchsten Wert der Unfallhäufigkeit auf (siehe Einleitung). Dies zeigt, dass von dieser Anlage eine besondere Gefährdung ausgeht.

### Verstöße gegen das Betriebshandbuch und Schlampereien

Als Ende 2001 zwei bedenkliche Störfälle im Atomkraftwerk Philippsburg-2 zu einem politischen Skandal eskaliert sind, lässt die baden-württembergische Atomaufsicht überprüfen, ob es auch in den anderen AKWs des Landes bei den Flutbehältern des *Not- und Nachkühlsystems* zu Verstößen gegen Betriebsvorschriften gekommen ist. Flutbehälter werden bei einem Leck im *Primärkühlkreislauf* des Reaktors benötigt, um Kühlmittel aufzufüllen und so eine Kernschmelze zu verhindern.

Und tatsächlich, nach der Revision 1997 war Neckarwestheim-1 mit einem zu geringen Wasserstand in drei Flutbehältern angefahren worden. Die Mannschaft ließ sich außerdem 16 Stunden Zeit, um die drei Behälter wieder auf den Sollwert aufzufüllen. Unverständlicherweise war nach Diskussion mit den anwesenden TÜV-Gutachtern entschieden worden, den Vorfall nicht zu melden<sup>v</sup>.

Nachdem dieser Regelverstoß bekannt wurde, musste die Auftakt-Veranstaltung zum 25-jährigen Jubiläum von Neckarwestheim-1 abgesagt werden. Betreiber und Belegschaft war die Festlaune gründlich vergangen, zudem sagte der Gastredner kurzfristig ab<sup>vi</sup>.

Ein Ausschuss der Reaktorsicherheitskommission stellte später bei einer Anhörung des Betreibers und der baden-württembergische Atomaufsicht fest, dass zum Teil über Jahre hinweg gegen die Vorgaben des Betriebshandbuchs verstoßen wurde. Der Bundesumweltminister dazu: „Wenn Betriebshandbücher als Richtwerte, nicht aber als verbindliche Vorschrift betrachtet werden, und wenn weder Gutachter noch die Landesatomaufsicht sich an dieser Praxis stoßen, dann deutet dies auf eklatante Mängel im Sicherheitsverständnis der Beteiligten hin“<sup>vii</sup>.

Letztendlich führte das baden-württembergische Umweltministerium aufgrund der Ereignisse in Philippsburg-2 eine „Kontrolle der Betriebsführung der baden-württembergischen Kernkraftwerke“ durch. Stichprobenartig kontrollierte im Jahr 2002 ein Inspektionsteam bestehend aus je vier Angehörigen der Aufsichtsbehörde und des TÜVs die Betriebsführung der AKWs. Die meisten der 17 Inspektionen wurden angekündigt, da der Betreiber ansonsten „organisatorische Probleme für die kompetente Betreuung der Inspektoren“ sah.

Ergebnis der Betriebskontrolle: ein sofortiges aufsichtliches Handeln der Landesatomaufsicht ist nicht erforderlich. Lediglich eine Reihe von Empfehlungen für bestimmte Handlungen und Regelungen wurden formuliert<sup>viii</sup>.

### *Der Pannensommer 2002*

Im Sommer 2002 sorgte erneut eine Pannenserie in den Atomkraftwerken Philippsburg und Neckarwestheim für Aufsehen. Und wiederum musste der Betreiber sich Defizite im Sicherheitsmanagement vorwerfen lassen.

Zwei der vier Aufsehen erregenden Pannen im Sommer 2002 ereigneten sich in Neckarwestheim-1: Bei der Installation einer sicherheitstechnisch wichtigen Lüftungsanlage wurde gepfuscht, ein Bauteil wurde falsch herum eingebaut und war damit funktionsuntüchtig. Außerdem kam es bei der Handhabung von Brennelementen zu einem Fehler (siehe unten)<sup>ix</sup>.

Der Betreiber hatte den besagten Vorfällen keine sicherheitstechnische Relevanz beigemessen. Eine vertiefte Analyse ergab später eine völlig andere Einschätzung: Bei sämtlichen Vorfällen hatten eigene oder betriebsfremde Mitarbeiter geschlumpt oder die Sicherheitsvorschriften bewusst missachtet.

Anlässlich der erneuten Pannenserie stand auch die baden-württembergische Atomaufsicht im Kreuzfeuer der Kritik. Laut Oppositionspartei sei im Atomuntersuchungsausschuss des Landtags, der die Pannenserie in Philippsburg aufklären und dabei auch die Rolle der Atomaufsicht untersuchen sollte, deutlich geworden, dass diese schlecht organisiert sei und mit Vorschriften lax umgehe. Eine weitere „große Schwachstelle“ sei der TÜV, der im Auftrag des Landes die Atomkraftwerke prüfe und begutachte – allerdings „ohne Vorgaben und Kontrollen des Ministeriums“. Das Land leiste sich einen „teuren Monopolgutachter“, der aber anscheinend nie etwas bemerke<sup>x</sup>.

Nach Eindruck der Oppositionspartei bestand in Baden-Württemberg eine Interessensgemeinschaft aus Betreibern, Gutachtern und Atomaufsicht, die sich gegenseitig nicht weh tue<sup>xi</sup>.

### *Nur ein kleiner Handhabungsfehler?*

Am 5. Juni 2002 kam es in Neckarwestheim-1 bei der Umsetzung von Brennelementen im Brennelement-Lagerbecken zu einem Handhabungsfehler. Unbeabsichtigt und unbemerkt wurde ein Brennelement mit dem Greifer der Lademaschine angehoben. Der Lademaschinenfahrer ignorierte mehrere Warnsignale und setzte automatische Sperren unerlaubt außer Kraft. Er bewegte den Greifarm (inklusive Brennelement) wieder durch das Becken und setzte es schließlich – immer noch in Unkenntnis der Situation – auf einer Stelle ab, auf der sich bereits ein Brennelement befand. Erst als daraufhin die Maschine blockierte, bemerkte er den Fehler.

Brennelement-Lademaschinen gehören zu den sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen. Bei einem Brennelement-Absturz kann die Brennelement-Kühlung beschädigt werden, radioaktive Freisetzungen aus zerstörten Brennelementen sind möglich.

Nach Entdeckung des Vorfalles wurde vorsorglich Räumungsalarm ausgelöst, weil unklar war, ob das Brennelemente bei seiner Irrfahrt intakt geblieben war. Glücklicherweise waren alle Brennstäbe des betroffenen Brennelementes unbeschädigt.

Der Betreiber meldete den Vorfall, frei nach Motto „ist ja nichts passiert“, als Vorkommnis ohne bzw. mit geringer sicherheitstechnischer Bedeutung.

Das Bundesumweltministerium bat die Reaktorsicherheitskommission (RSK) um eine Stellungnahme. Die RSK identifizierte eine ganze Reihe von Defiziten, die vor allem auf mangelnder Sorgfaltspflicht und Fachkunde sowie auf Mängel in der Arbeitsorganisation beruhten. Zum Beispiel verstieß der Lademaschinenfahrer trotz eindeutiger Kenntnis über die Unzulässigkeit seiner Handlung gegen Vorschriften. Doch der Fehler lag nicht bei ihm allein. Inkonsequenterweise war er zu der unzulässigen Aufhebung einer automatischen Verriegelung geschult worden; der zweite Anwesende, der Aufsichtsführende vor Ort, hatte nicht die notwendigen Fachkenntnisse und verließ sich auf den Lademaschinenfahrer<sup>xii</sup>.

Bemerkenswerterweise befand sich genau am Tag des Ereignisses selbst (5.6.2002) das Inspektionsteam, das aufgrund der Betriebsverstöße in Philippsburg Kontrollen durchführte, in der Anlage (siehe oben).

*Und nur eine kleine, unbedeutende Leckage ?*

Am 4. November 2003 leckte in Neckarwestheim-1 die Verdampferanlage der nuklearen Abwasseraufbereitung. Die automatische Überwachung erkannte den Fehler und sperrte die Verbindung ab. Der Verdampfer wurde ausgetauscht und die kontaminierten Anlagenbereiche gereinigt. Die Leckage war in einem geschlossenen Hilfssystem aufgetreten, Aktivität trat nicht aus.

Eigentlich kein bedeutsames Ereignis. Nach einer genaueren Ursachenanalyse zeigte sich aber, dass die Störung auf eine Verknüpfung von Ereignissen zurückzuführen war, bei denen „menschliche Fehlhandlungen und Nichtbeachtung administrativer Vorgaben“ im Vordergrund standen. Der Defekt einer Armatur, die Fehlstellung einer weiteren Armatur und der Füllstandsabfall in einem Behälter waren nicht erkannt worden. Beim Betrieb der Abwassersammelbehälter waren Vorgaben nicht eingehalten worden<sup>xiii</sup>.

Offensichtlich wurde also in Neckarwestheim-1 auch im Jahr 2003 weiter geschlampt und gegen Vorschriften verstoßen.

Berücksichtigt man, welches Aufsehen zu diesem Zeitpunkt bereits zwei Jahre lang Pannen und Regelverstöße in Neckarwestheim-1 erregt und zu Überprüfungen durch die Landes- und Bundesatomaufsicht geführt hatten, stellt sich die Frage: konnte oder wollte die Betriebsmannschaft nicht anders? Oder hatte die Betriebsmannschaft gar andere Sorgen als den sicheren Betrieb der Anlage?

Einen möglichen Erklärungsansatz liefern die Vorkommnisse im Nachbarblock. Dort wurde im Sommer 2004 Eberhard Grauf, der technische Leiter des GKN-2 von einem Tag auf den anderen entlassen. Kurz vor seiner Entlassung hatte Grauf erklärt, dass die Stimmungslage in der Anlage Anlass zu großer Sorge gäbe. Es herrschten inzwischen „völlig unakzeptable Arbeitsbelastungen“. Als Leiter der Anlage müsse er daher warnen, „dass der Frust ...zwischenzeitlich in einem für den sicheren Betrieb eines Kernkraftwerks bedenklichen Maße um sich gegriffen hat“<sup>xiv</sup>.

In welchem Umfang die Situation des Nachbarblocks auch für Neckarwestheim-1 zutreffend war, ist schwer zu sagen. Aber ein Grund des Unmuts in Neckarwestheim-2 betraf mit Sicherheit auch Neckarwestheim-1. Durch die geplante Eingliederung der vorher eigenständigen GKN-GmbH in den Energiekonzern EnBW verlor der Standort seine Unabhängigkeit und das Führungspersonal Kompetenzen. Auch die Gehaltsstruktur verschlechterte sich<sup>xv</sup>. Außerdem verringerte sich in beiden Blöcken zwischen 2002 und Mitte 2004 das Betriebspersonal deutlich.

Auch wenn die Gründe vermutlich vielschichtig sind: im Ergebnis hat es in Neckarwestheim-1 während vieler Jahre kleinere und größere Schlampereien gegeben, bei deren Aufklärung die Atomaufsicht und ihrer Gutachter nicht immer eine rühmliche Rolle gespielt haben. Ob bisher alle Unregelmäßigkeiten ans Licht kamen, ist fraglich.

Zu befürchten ist, dass auch in Zukunft, ähnlich wie bei den bisher aufgetretenen Ereignissen, mehrere Schlampereien/Betriebsverstöße in einen Störfall münden – sicherheitstechnisch höchst bedenklich bei fortschreitender Alterung der schlampig betriebenen Anlage.

#### Standsicherheit – Gefahr nicht nur bei Erdbeben

Ende 2002 rückte ein plötzlicher Erdeinbruch, nur 4,5 km vom AKW-Standort des GKN entfernt, die Zweifel an der geologischen Eignung des Untergrundes der Reaktoren erneut ins Blickfeld. Der Einbruch auf einem Acker nahe Besigheim kam ohne Vorwarnung und reichte bis in eine Tiefe von 18 Metern.

Schon 1988 hatte der Stuttgarter Geologe Behmel vor dem brüchigen Gestein und den Störzonen, auf dem die beiden Reaktorblöcke in Neckarwestheim stehen, gewarnt. An geologischen Orten, die eine Analogie zum Untergrund in Neckarwestheim aufweisen, seien Bauschäden wegen der Hohlräume unter der Erde offensichtlich. Der Geologe sah sich durch den Erdeinbruch auf dem Besigheimer Acker bestätigt. Der Boden unter dem Acker habe die gleiche Struktur wie der Untergrund am AKW Standort. In beiden Fällen werde eine Gipsschicht durch Grundwasser ausgelaugt. Dadurch entstünden Hohlräume, die spontan zusammenstürzen könnten.

Behmel schloss nicht aus, dass es jederzeit zu einem Einbruch unter Reaktorgebäude und Maschinenhaus, also auch unter wichtigen Rohrleitungen des Kühlsystems, kommen könnte. Das dementierte die zuständige Atomaufsicht: Im Untergrund seien empfindliche Geräte angebracht, die laufend und sorgfältig jede Bewegung messen. Es sei zwar von einer „makroporösen Struktur“ auszugehen, die Folgen, wie sie Behmel befürchte, seien aber unmöglich.

Der Erdeinbruch 2002 in Besigheim zeigte, dass die von Behmel geäußerte Gefahr keineswegs theoretischer Natur ist. Auf dem Kraftwerksgelände kommt hinzu, dass dort nicht nur eine Hohlraumbildung auf natürliche Weise vonstatten geht, sondern durch das jahrelange Abpumpen von Grundwasser pro Jahr ca. 1000 Kubikmeter gelöstes Gestein herausgespült werden. Dadurch werden Hohlräume vergrößert oder neu gebildet<sup>xvi</sup>.

Zur Zeit der Inbetriebnahme (1988) war die Standsicherheit des Nachbarblocks Neckarwestheim-2 heftig umstritten. Gesteinsaufbau und Grundwasserverhältnisse am Standort wurden als ungeeignet bezeichnet. Insbesondere auf die Gefahr der Hohlraumbildung im Untergrund wurde hingewiesen. Einige Jahre später wurden tatsächlich Hohlräume unter dem Kühlturm von Neckarwestheim-2 entdeckt. Das von der Landesregierung in Auftrag gegebene Gutachten bewertete den Turmbereich als „begrenzten Sonderfall“<sup>xvii</sup> und sah keine Gefahr für den Betrieb der beiden Reaktoren.

Die Diskussion um die Standsicherheit der beiden Atomkraftwerke in Neckarwestheim flammte 1999 erneut auf, als die Landesregierung zugeben musste, dass nach 1995 zwei weitere Hohlräume im Boden des AKW Geländes gefunden wurden. Sicherheitsbedenken bestünden deshalb jedoch nicht<sup>xviii</sup>.

Ein aktuelles Gutachten (2005) zum entstehenden Zwischenlager in Neckarwestheim stellt nun zusätzlich die bisherigen Berechnungen zur dortigen Erdbebensicherheit infrage. Professor Jentzsch (Jena), Präsident der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft und bereits mehrfach als Gutachter zur Erdbebengefährdung von Atomanlagen tätig, nahm das geologische und geotechnische Gutachten der Betreiber kritisch unter die Lupe. Nach Ansicht des Seismologen Jentzsch ist der Untergrund nicht so stabil wie in den Betreiber-Gutachten angenommen wird.

Für Jentzsch hat das Ergebnis zur Bodenbeschaffenheit gerade bei Erdbeben weit reichende Folgen: Die Intensität der Erschütterung wäre um mehr als 30 % stärker. Um folgenschwere Schäden zu vermeiden, müssten deshalb Baukonstruktionen stabiler errichtet werden.

Der Auftraggeber der Studie, der Bund der Bürgerinitiativen Mittlerer Neckar (BBMN), sieht daher nicht nur die Standsicherheit des Zwischenlagers in Gefahr. Auch der Untergrund unter den Reaktoren müsse neu untersucht werden<sup>xix</sup>. Noch aus einem anderen Grund ist die Standsicherheit von Neckarwestheim-1 möglicherweise bedroht. Laut Betreiber steht Neckarwestheim-1 bei einem für die Auslegung zugrunde zu legenden Hochwasser bereits 20 Zentimeter unter Wasser. Es sei aber gewährleistet, die Anlage abzuschalten und in einem sicheren Zustand zu halten<sup>xx</sup>. Zum einen ist dieses nach einer Überschwemmung im französischen AKW Blayais, bei dem auch sicherheitstechnisch Bereiche, die als geschützt gegen eindringendes Wasser galten, bei einem Hochwasser überflutet wurden<sup>xxi</sup>, anzuzweifeln.

Zum anderen ist bei der besonderen Untergrundsituation zu befürchten, dass heftige oder auch häufige Überschwemmungen gefährlich für die Standsicherheit werden können. Bisher war eher ein Wassermangel ein Problem am Standort, Neckarwestheim-1 musste in trockenen Sommern bereits mehrfach seine Leistung drosseln. Eine Folge der beobachteten Klimaänderungen ist das häufigere Auftreten von extremen Niederschlägen und Stürmen, somit steigt auch die Gefahr von Überschwemmungen.

## Werkstoffprobleme

Auch Neckarwestheim-1 wurde mehrfach von Werkstoffproblemen heimgesucht. Zunächst stellte sich heraus, dass die Kernumfassungsschrauben aus einem ungeeigneten Werkstoff hergestellt worden waren. Nach dem Auftreten zahlreicher Defekte wurden im Laufe einiger Jahre sämtliche Schrauben ersetzt. Die Kernumfassung ist ein Blechmantel, der den Reaktorkern eng umschließt. Er soll die Strömung des Kühlwassers lenken. Defekte an der Befestigung können besonders bei einem Kühlmittelverluststörfall zum Versagen der Kernumfassung führen, was den Verlauf des Störfalls weiter verschlimmern würde.

Bemerkenswerterweise wurde während der Revision im Juni 2005 erneut an mehreren Befestigungsschrauben der Kernumfassungsbleche Risse festgestellt. An der Klärung der Schadensursache wird noch gearbeitet<sup>xxii</sup>.

Eine andere Schwachstelle waren die Zentrierstifte der Brennelemente. Auch hier traten häufige Defekte auf. Die Stifte mussten durch solche aus einem anderen Werkstoff ersetzt werden, 74 Stifte Ende der 80er Jahre und die restlichen 280 dann 1993.

Defekte Stifte können dazu führen, dass sich Brennelemente verschieben. Dies kann bewirken, dass die Steuer- und Regelstäbe nicht ungestört von oben in den Reaktorkern einfallen können, sondern verklemmen und somit eine Schnellabschaltung der Kettenreaktion nicht mehr gewährleistet ist. Weiterhin können durch Verschiebungen der Brennelemente Ungleichmäßigkeiten der Kühlmittelströmung entstehen, wodurch Brennelemente gegeneinander schlagen und beschädigt werden können. Auch das Hantieren beim Brennelement-Wechsel kann dadurch erschwert werden.

## Verwundbarkeit gegenüber Terror-Angriffen

Neckarwestheim-1 zählt zu einem der gegen Terror-Angriffe besonders verwundbaren deutschen Atomkraftwerke. Die Kuppel des Reaktorgebäudes ist lediglich gegen den Absturz eines Starfighters ausgelegt.

Durch die Lage am Neckar, einer Bundeswasserstraße, wird die Terror-Bedrohung tendenziell vergrößert. Angriffe vom Wasser her sind denkbar – wie etwa die Anlandung einer Gruppe mit Waffen und Sprengmitteln, Beschuss vom Schiff aus oder auch ein Spreng-Angriff von Tauchern gegen die Kühlwasser-Entnahmebauwerke des Atomkraftwerkes.

Eine Besonderheit von Neckarwestheim-1 kann sich bei der Beherrschung eines *Kühlmittelstörfalls* in Folge eines Terroranschlags negativ auswirken: Von allen heute in Betrieb befindlichen Druckwasserreaktoren in Deutschland ist Neckarwestheim-1 der einzige mit nur drei Hauptkühlkreisen (Loops) im Primärkreislauf. Alle anderen haben vier.

Probleme kann es bei der so genannten Drei-Loop-Anlage aus folgendem Grund geben: Wie alle anderen deutschen Reaktoren besitzt Neckarwestheim-1 vier Notkühlstränge zur *Nachwärmeabfuhr*. Diese müssen jedoch im GKN-1 an nur drei Haupt-

kühlkreisläufe angeschlossen werden. Die Stränge des Notkühlsystems sind daher bis zu einem gewissen Grad *vermascht*, besitzen also gemeinsame Komponenten und sind nicht räumlich getrennt. Schäden in einem Notkühlstrang können so zu Schäden an einem anderen Strang führen.

Es ist daher zu befürchten, dass das Notkühlsystem bei Beschädigung durch einen Terrorangriff nicht mehr voll funktionsfähig ist und versagt. Diese Schwachstelle kann sich auch bei einem Störfall durch interne Ereignisse negativ auswirken.

## **Anhang:**

### **Der Betriebsindiaktor (BI)**

Die Gefahren, die von einem Atomkraftwerk ausgehen, hängen nicht nur von der Auslegung der Sicherheitssysteme, dem Schutz gegen Einwirkungen von außen und anderen konstruktiven Faktoren ab, sondern auch von der Art, in der es betrieben wird.

Details über den Betrieb, die beispielsweise die interne Organisation der Betriebsabläufe, die Qualität der Wartung, den Ausbildungsstandard des Personals und die Auswirkungen der wirtschaftlichen Faktoren betreffen, sind im Allgemeinen nicht zugänglich. Es können jedoch aus veröffentlichten Zahlen Indikatoren abgeleitet werden, die Hinweise auf das Ausmaß der betrieblichen Gefährdung geben.

Im Auftrag von Greenpeace Deutschland haben NuklearexpertInnen einen Satz Indikatoren entwickelt, der wichtige Aspekte der betrieblichen Sicherheit abdeckt. In den BI gehen die folgenden Aspekte mit der angegebenen Wichtigung ein:

- Ungeplante Stillstandszeiten (15%)
- Häufigkeit meldepflichtiger Ereignisse (40%)  
(unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung)
- Strahlenbelastung der in der Anlage Beschäftigten (20%)
- Radioaktive Emissionen mit der Abluft (12,5%)
- Radioaktive Emissionen mit dem Abwasser (12,5%)

Diese Teilindikatoren können spezifisch für jedes AKW und jedes Jahr ermittelt werden.

Für Vergleiche zwischen Anlagen und zur Trendbestimmung über die Jahre wurde weiterhin eine Methodik entwickelt, um die Teilindikatoren zu einer einzigen Zahl zu kombinieren. Zu diesem Zweck werden sie normiert (d. h. auf eine gemeinsame Skala gebracht); dies kann etwa durch Division mit dem jeweiligen Mittelwert für das Jahr 1999 geschehen. Dann werden sie gewichtet, wobei dem Teilindikator für die Ereignisse die größte Bedeutung zugeordnet wird.

Durch Addition der normierten, gewichteten Teilindikatoren wird schließlich AKW- und jahresspezifisch der **Betriebsindikator (BI)** ermittelt.

## **Glossar:**

### **Armaturen**

Oberbegriff für Ventile, Schieber, Hähne und Klappen bzw. Systeme aus solchen Komponenten.

### **Atom-Konsens**

(oder offiziell: Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000)

Erlangte mit der Änderung des Atomgesetzes am 22.04.2002 Gesetzeskraft. U. a. werden darin für jedes Atomkraftwerk Stromkontingente festgelegt; nach Ausschöpfen des Kontingentes ist die Anlage stillzulegen. Strommengen dürfen vom Betreiber von älteren auf neuere Anlagen übertragen werden. Eine Übertragung von neueren auf ältere Anlagen ist nicht ausgeschlossen, bedarf jedoch der Zustimmung der Bundesregierung.

### **Basissicherheit**

Die Basissicherheit ist ein wichtiges Element der Sicherheitsphilosophie deutscher Atomkraftwerke. Durch besondere Ansprüche an die Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe, ihre Verarbeitung und Kontrolle soll sichergestellt werden, dass rasch ablaufende Brüche von Rohren nicht auftreten können.

### **Bruchausschluss**

siehe Basissicherheit.

### **Containment**

siehe Sicherheitsbehälter

### **Dampferzeuger**

Bei einem Druckwasserreaktor (s. dort) Bindeglied zwischen dem primären Kühlkreislauf (durch den Reaktor) und dem sekundären Kühlkreislauf (der die Turbine treibt). Das unter hohem Druck stehende, heiße Wasser des Primärkreislaufs durchfließt im D. dünne Röhrchen (Heizrohre). Die Heizrohre sind außen vom Wasser des Sekundärkreislaufes umgeben, das erhitzt wird und verdampft.

Die in Betrieb befindlichen Druckwasserreaktoren in Deutschland haben i. A. vier Dampferzeuger und vier Hauptkühlkreise. Ausnahme ist Neckarwestheim 1 (drei).

### **Druckwasserreaktor (DWR)**

Leistungsreaktor mit zwei Kühlkreisläufen zwischen Reaktor und Turbine. Im primären Kühlkreislauf zirkuliert Wasser bei ca. 300° C, das durch hohen Druck (ca. 160 bar) flüssig bleibt. Dieser Kühlkreislauf führt die durch Kernspaltung entstehende Wärme aus dem Reaktorkern (s. dort) ab. In den Dampferzeugern (s. dort) wird die Wärme an den sekundären Kühlkreislauf abgegeben, der die Turbine und damit den Generator treibt. Ein dritter (tertiärer) Kühlkreislauf sorgt für die Abkühlung des Dampfes nach dem Turbinenaustritt. Das durch Kondensation entstehende Wasser wird zu den Dampferzeugern zurückgepumpt.

Der DWR ist komplizierter aufgebaut als der Siedewasserreaktor (s. dort), der lediglich einen Kühlkreislauf zwischen Reaktor und Turbine aufweist. Andererseits erreicht durch die Trennung der Kreisläufe erheblich weniger Radioaktivität die Turbine. Der gesamte Primärkreislauf des DWR ist im Containment (s. dort) eingeschlossen.

### **Entmaschung**

Damit ein ausfallendes Sicherheitssystem das Nachbarsystem nicht beeinträchtigt, besitzen sie keine gemeinsamen Komponenten. Außerdem werden sie räumlich getrennt und baulich besonders geschützt angeordnet.

### **Einwirkung von außen (EVA)**

Atomkraftwerke werden nicht nur gegen anlageninterne Störfälle, sondern auch gegen Einwirkungen von außen ausgelegt. Beispiele für Einwirkungen von außen (abgekürzt EVA): Erdbeben, Hochwasser, Sturm, Blitzschlag, Flugzeugabsturz, äußere Brände, Explosionen, Sabotage von außen.

### **Erdbebensicherheit**

Bei der Auslegung muß das nach wissenschaftlichen Erkenntnissen stärkste am Standort für möglich gehaltene Erdbeben berücksichtigt werden. Die Schutzmaßnahmen bestehen vor allem in elastischer Lagerung, z.B. von Druckleitungen, und in der zusätzlichen Bewehrung der Bauwerke.

### **Hochdruckeinspeisesystem**

Das Not- und Nachkühlsystem besteht aus drei Teilen – der Hochdruckeinspeisung, ein aktives System mit Pumpen, das auch bei hohem Druck im Kühlkreislauf (etwa bei einem kleinen Leck) Kühlwasser nachliefern kann; den Druckspeicher, ein passives System mit unter Druck stehenden Kühlwassertanks, die bei mittlerem Druck einspeisen (Mitteldruckeinspeisung); und das Niederdrucksystem, das bei einem Unfall einspeist, nachdem der Druck im Kühlkreislauf stark abgefallen ist, und das auch zur Nachkühlung verwendet wird.

### **Kühlmittelverlustunfall**

Das sind Unfälle, bei denen es zu einem teilweisen oder kompletten Verlust des Kühlmittels (Wasser) aus dem Reaktorkühlsystem kommt. Sie erfordern den Einsatz des Not- und Nachkühlsystems. Bei Funktion aller erforderlichen Systeme kann ein Kühlmittelstörfall beherrscht werden, da ein AKW entsprechend ausgelegt ist.  
Englisch: loss of coolant accident (LOCA)

### **Mitteldruckeinspeisesystem**

siehe Hochdruckeinspeisesystem

## **MSK-Skala**

Mit der 12-stufige MSK-Skala (Medvedev-Sponheuer-Karnik-Skala) wird die Stärke eines Erdbebens angegeben. Sie basiert auf der Beobachtung der Bebenwirkung auf Menschen, Gebäude und Natur im betroffenen Gebiet. Es ist also keine exakt messbare, sondern eine beschreibende Grösse, z.B. bedeutet:

Stufe 6: leichte Verputzschäden an Gebäuden

Stufe 7: Risse im Verputz, in Wänden und an Schornsteinen

Stufe 8: große Risse im Mauerwerk, Giebelteile und Dachsimse stürzen ein

Stufe 9: an einigen Gebäuden stürzen Wände und Dächer ein, es werden Erdbeben beobachtet

Stufe 10: Einsturz vieler Gebäude; Spalten im Boden.

## **Nachwärme**

Auch nach Abschalten des Atomkraftwerks wird durch radioaktiven Zerfall im Reaktor weiter Wärme, die so genannte Nachwärme, erzeugt. Diese Wärmeproduktion kann nicht beeinflusst oder abgeschaltet werden; eine zuverlässiger Abtransport der Nachzerfallswärme ist erforderlich, um eine Kernschmelze zu verhindern.

## **Niederdruckeinspeisesystem**

Siehe auch Hochdruckeinspeisesystem

## **Not- und Nachkühlsystem**

Das Not- und Nachkühlsystem hat neben Aufgaben im Betrieb des Reaktors die sicherheitstechnische wichtige Aufgabe, den Kern bei einem Kühlmittelverlust wieder zu fluten und langfristig die Nachwärme aus dem Reaktor und dem Brennelementlagerbecken abzuführen. (siehe auch Hochdruckeinspeisesystem)

## **Primärkreislauf**

Siehe Druckwasserreaktor.

## **Probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA)** (auch: probabilistische Risiko-Analysen – PRA)

Mit derartigen Analysen wird versucht, die zu erwartende Eintrittshäufigkeit schwerer Unfälle zu ermitteln. Dabei werden mögliche Unfallabläufe Schritt für Schritt erfasst, und es wird abgeschätzt, wie groß die Versagenswahrscheinlichkeit der einzelnen beteiligten Komponenten und Sicherheitssysteme ist. Probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) sind sehr ungenau und können nicht alle relevanten Faktoren erfassen; sie gestatten jedoch einen Vergleich von Anlagen untereinander.

## **Reaktorkern**

Herzstück eines Atomkraftwerkes. Im Reaktorkern befinden sich die Brennelemente mit spaltbarem Uran, hier findet die Wärme erzeugende Kettenreaktion statt. Der Reaktorkern

wird vom Reaktordruckbehälter eingeschlossen.

Bei einem Druckwasserreaktor der Größe von Biblis enthält er etwa 100 Tonnen Kernbrennstoff.

## **Revision**

Atomkraftwerke werden etwa in Jahresabständen zur Revision abgeschaltet. Dabei werden Wartungs- und Prüfarbeiten vorgenommen. Meist wird auch ein Teil der Brennelemente im Reaktor ausgetauscht.

Eine typische Revision kann zwischen zwei und sechs Wochen dauern.

## **Reaktordruckbehälter**

Zentraler Teil des Primärkreislaufes (siehe Druckwasserreaktor) bzw. des Hauptkühlkreislaufes eines Siedewasserreaktors (s. dort). Der Reaktordruckbehälter enthält den Reaktorkern (s. dort). Er steht während des Betriebes unter hohem Druck. Der Reaktordruckbehälter ist von größter sicherheitstechnischer Bedeutung. Sein Bersten kann nicht durch Sicherheitssysteme kompensiert werden und führt zwangsläufig zu einem schweren Unfall.

## **Redundanz**

Wichtige Sicherheitssysteme werden mehrfach (redundant) angeordnet. Es sind mindestens zwei Systeme mehr vorhanden ( $n + 2$ ), als für die eigentliche Funktion benötigt werden.

## **Sekundärkreislauf**

siehe Druckwasserreaktor

## **Sicherheitsbehälter, Sicherheitshülle (auch Containment)**

Weitgehend gasdichte Umhüllung um den Reaktordruckbehälter (s. dort) und die innersten Kühleinrichtungen des Reaktors. Der Sicherheitsbehälter soll als Barriere das Entweichen radioaktiver Stoffe in die Umgebung, auch bei Störfällen, erschweren. Bei schweren Unfällen mit Kernschmelze kann er diese Funktion allerdings nicht gewährleisten. Der Sicherheitsbehälter eines Druckwasserreaktors (s. dort) beispielsweise ist eine stählerne Kugel mit ca. 50 m Durchmesser und 30 mm Wandstärke. Das Containment von Siedewasserreaktoren (s. dort) ist kleiner.

## **Siedewasserreaktor (SWR)**

Leistungsreaktor mit einem Kühlkreislauf (Hauptkühlkreislauf) zwischen Reaktor und Turbine. Er umfasst den Reaktordruckbehälter (s. dort), in den Wasser in flüssiger Form eintritt, durch die Kernspaltung erhitzt wird und verdampft. Der Dampf verlässt den Behälter mit einer Temperatur von ca. 290°C und einem Druck von ca. 709 bar. Er wird direkt der Turbine zugeführt. Nach Durchgang durch die Turbine wird er durch einen zweiten Kühlkreislauf (Hauptkühlwassersystem) abgekühlt und kondensiert. Das entstehende Wasser wird in den Reaktordruckbehälter zurückgepumpt.

Der Siedewasserreaktor ist einfacher aufgebaut als der Druckwasserreaktor (s. dort), der zwei Kühlkreisläufe zwischen Reaktor und Turbine besitzt. Dafür wird beim SWR der

gesamte Bereich bis zur Turbine relativ stark radioaktiv verunreinigt. Der durch den Reaktor gehende Kühlkreislauf verlässt beim SWR das Containment (siehe dort).

### **Vermaschung**

siehe Entmaschung

**Quellenangaben:**

- <sup>i</sup> Übereinkommen über nukleare Sicherheit; Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland für die Dritte Überprüfungstagung im April 2005, Anhang 4
- <sup>ii</sup> S. Note 1 sowie H. Hirsch et al.: Nuclear Reactor Hazards, Report Prepared for Greenpeace International, Amsterdam, April 2005
- <sup>iii</sup> Convention on Nuclear Safety 2002, Second Review Process; Responses to the Questions on the National Report of Germany, p. 48. Bei der Auflistung der Häufigkeiten von Gefährdungszuständen fehlen bei Unterweser als einzigem laufendem AKW die Angaben.
- <sup>iv</sup> Schutz der deutschen Kernkraftwerke vor dem Hintergrund der terroristischen Anschläge in den USA vom 11. September 2001; Zusammenfassung der GRS-Studie durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bonn, 27.11.2002
- <sup>v</sup> Stuttgarter Nachrichten, 31.10.01
- <sup>vi</sup> Heilbronner Stimme, 07.11.01
- <sup>vii</sup> Stuttgarter Nachrichten, 03.11.01
- <sup>viii</sup> Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Bericht zum Aufsichtsschwerpunkt „Kontrolle der Betriebsführung der baden-württembergischen Kernkraftwerke durch ein anlagenübergreifendes Inspektionsteam“, August 2003, Rev. a vom September 2003
- <sup>ix</sup> BMU: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland, Jahresbericht 2002
- <sup>x</sup> Stuttgarter Zeitung, 15.08.02
- <sup>xi</sup> Junge Welt, 19.08.02
- <sup>xii</sup> RSK-Stellungnahme: Handhabungsfehler im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar beim Umsetzen eines Brennelementes (Block I, ME 03/2002) und einer Primärneutronenquelle (Block II, ME 02/2002); 11.12.2003 und BMU: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland, Jahresbericht 2002
- <sup>xiii</sup> BMU: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland, Jahresbericht 2003
- <sup>xiv</sup> Stuttgarter Zeitung, 07.12.04
- <sup>xv</sup> Stuttgarter Zeitung, 07.12.04
- <sup>xvi</sup> Stuttgarter Nachrichten, 28.02.03; Südwestpresse, 28.02.03; Bietigheimer Zeitung, 05.03.03; Stuttgarter Nachrichten, 08.03.03; Bietigheimer Zeitung, 15.03.03
- <sup>xvii</sup> Heilbronner Stimme, 10.06.99
- <sup>xviii</sup> Ludwigsburger Kreiszeitung, 3.8.99
- <sup>xix</sup> Heilbronner Stimme, 15.01.05
- <sup>xx</sup> Stuttgarter Zeitung, 22.08.02
- <sup>xxi</sup> Gorbachev, J.M. et al.: Report on flooding of Le Blayais power plant on 27 december 1999; Eurosafe 2000
- <sup>xxii</sup> Umweltministerium Baden-Württemberg: Meldepflichtige Ereignisse im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckarwestheim, unter [www.um.baden-wuerttemberg.de](http://www.um.baden-wuerttemberg.de), eingesehen im August 2005