

# **Der Unfall im AKW Fukushima-Daiichi im März 2011**

Oda Becker, 28. Februar 2012

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	3
2 Unfallablauf.....	3
3 Freisetzungen .....	6
4 Ursache .....	7
5 Aktueller Zustand.....	8
6 Konsequenzen.....	9
7 Quellen .....	11

# 1 Einleitung

Das Atomkraftwerk Fukushima Daiichi liegt an der Ostküste des Pazifiks in der Präfektur Fukushima, ca. 250 km nördlich von Tokio. Hier befinden sich insgesamt sechs Siedewasserreaktorblöcke, deren Betrieb 1971 begann. Betreiber der Anlagen ist die Firma Tokyo Electric Power Company (TEPCO), die am 31.07.2012 durch die Zahlung von 12,5 Milliarden US Dollar ein staatseigener Betrieb wurde.<sup>1</sup>

Das AKW Fukushima Daiichi wurde am 11.03.2011 von einem Erdbeben und einem dadurch ausgelösten Tsunami getroffen. Es folgte das schwerste Atomunglück seit Tschernobyl 1986. Weit über Hunderttausend Menschen mussten ihre Häuser verlassen, viele von ihnen werden wohl niemals zurückkehren können. Die Folgen für Gesundheit und Leben erheblicher Teile der Bevölkerung sowie der Langzeitverlust durch nicht mehr nutzbare Landflächen sind noch unabsehbar.

Der katastrophale Unfall im AKW Fukushima Daiichi jährt sich im März 2013 zum zweiten Mal. Die Situation am AKW Standort ist nach wie vor schwierig. Nach und nach wurden Informationen zu Unfallablauf und -ursache veröffentlicht. Im Folgenden wird zusammenfassend dargestellt, was heute zum Unfall bekannt ist und an welchen entscheidenden Stellen noch Unklarheiten bestehen. Abschließend wird der aktuelle Zustand des Atomkraftwerks sowie Konsequenzen beschrieben.

## 2 Unfallablauf

Am 11.03.2011 um 14:46 Uhr Ortszeit ereignete sich vor der Nordostküste der japanischen Hauptinsel Honshu ein Erdbeben mit der Magnitude 9. Es war das stärkste jemals in Japan gemessene Erdbeben und das viertstärkste weltweit.<sup>2</sup>

In den Reaktoren 1 – 3 wurden die Reaktorschnellabschaltungen ausgelöst, die Blöcke 4 – 6 waren zum Zeitpunkt des Erdbebens zum Brennelementwechsel heruntergefahren. Durch das Erdbeben brach die externe Stromversorgung zusammen, so dass die Notstromdieselaggregate der einzelnen Blöcke starteten. Das Erdbeben verursachte ein kleines Leck im Kühlkreislauf von Block 1.<sup>3</sup> Welche Schäden das Erdbeben in den einzelnen Reaktoren verursachte, ist aufgrund des weiteren Unfallverlaufs noch unklar.

Knapp eine Stunde nach dem Erdbeben überschwemmten in kurzem Abstand zwei Tsunamiwellen das Anlagengelände. Die Höhe der zweiten Welle betrug ca. 14 m und übertraf den Schutzwall (5,7 m) um mehr als das Doppelte.<sup>4</sup> Die Überflutungen der Dieselgeneratoren selbst, ihrer Kühlsysteme und der Notstrom-Schaltanlagen führten innerhalb weniger Minuten in den Blöcken 1 – 4 zum Ausfall der Notstromversorgung, zum sogenannten *Station Blackout* (SBO).

Auch nach der Abschaltung eines Atomkraftwerks wird im Reaktorkern noch Wärme durch radioaktiven Zerfall erzeugt (z. B. hatte Block 1 nach einer Stunde noch eine Wärmeleistung

von rund 22.000 Kilowatt), diese muss mittels Nachkühlkette abgeführt werden. Dazu wird normalerweise Kühlwasser aus dem Reaktordruckbehälter entnommen, über einen Wärmetauscher geführt und dann abgekühlt wieder eingespeist. Auch der Wärmetauscher wiederum muss gekühlt werden, was mit dem Nebenkühlwasser (aus dem Meer entnommen) erfolgen soll. Dies war jedoch nicht mehr möglich, da durch die Überschwemmung der Notstromdiesel und der Nebenkühlwasserpumpen die gesamte Nachkühlkette ausfiel.<sup>5</sup>

### **Die genauen Unfallabläufe**

Die detaillierten Unfallabläufe sind nicht bekannt, unter anderem da mit dem Versagen der Notstromversorgungen die Instrumentierung der Reaktoren ausfiel. Da das Innere der Reaktorgebäude aufgrund der Strahlung nicht zugänglich ist, gibt es außer ferngesteuert durchgeführten Messungen keine Informationen zum Zustand der Reaktoren. Daher wird mithilfe von Modellrechnungen versucht, den Unfallablauf zu rekonstruieren.

**Block 1** besitzt ein automatisches Notkühlsystem, das ohne elektrische Pumpen die Wärme abführen kann (Notkondensator). Dieses wurde jedoch vor dem Tsunami manuell abgeschaltet. Versuche, das System wieder in Betrieb zu nehmen, misslingen. Als gegen Mitternacht mit Hilfe eines mobilen Generators die Instrumente mit Strom versorgt werden konnten, zeigte sich, dass der Druck im Sicherheitsbehälter bereits über dem Auslegungsdruck lag. Daher wurde sofort mit der Evakuierung der Umgebung und den Vorbereitungen für die ungefilterte Druckentlastung (Venting) begonnen. Jedoch wurde bereits vorher ein Anstieg der Strahlenbelastung beobachtet, die vermutlich durch Anheben des Deckels des Sicherheitsbehälters oder andere Undichtigkeiten entstand.

Als es schließlich am nächsten Morgen gelang, mit einer mobilen Feuerlöschpumpe Wasser in den Reaktor einzuspeisen, war der Kern bereits geschmolzen. Diese Notfallmaßnahme konnte nicht früher durchgeführt werden, da die Pumpe nicht gegen den hohen Druck einspeisen konnte und zudem das Löschfahrzeug nicht verfügbar war.<sup>6</sup>

Im **Block 2** fiel ebenfalls die gesamte Gleichstromversorgung und damit die Instrumentierung sowie die Steuerung der Notfallsysteme aus. Ein dampfgetriebenes Notkühlsystem, das Hochdrucknachspeisesystems (RCIC), hat offenbar dennoch – ungesteuert – die Kühlung des Kerns fast drei Tage bis zum 14.03.2011 aufrechterhalten. (Seine Pumpen werden über eine Turbine mit dem Dampf aus dem Reaktor angetrieben.) Als es nach Ausfall des Systems erst acht Stunden später gelang, die Kühlung des Reaktorkerns mit einer mobilen Feuerlöschpumpe wieder herzustellen, hatte die Kernschmelze bereits begonnen. Vorher konnte die Pumpe gegen den hohen Druck im Behälter nicht einspeisen, weshalb provisorisch über Gleichstrom aus Autobatterien die Ventile geöffnet werden mussten. Zudem zerstörte eine Explosion im Nachbarblock die vorher verlegten Leitungen, außerdem verfügte die Pumpe zwischenzeitlich über keinen Treibstoff mehr.<sup>7</sup>

Im **Block 3** wurde der Reaktor mit dem manuell in Betrieb genommenen dampfgetriebenen Hochdrucknachspeisesystem (RCIC) gekühlt, bis dieses nach ca. 20 Stunden (am 12.03.11, etwa 12:00 Uhr) ausfiel. Die erforderlichen Batterien waren entladen. Ein weiteres Notkühl-

system (HCPI) startete automatisch, dieses wurde aber fälschlicherweise am 13.03.11 um 2.42 Uhr manuell abgeschaltet. Mit einer provisorischen Autobatterieversorgung gelang es schließlich um 9.35 Uhr, den Druck im Reaktordruckbehälter soweit abzusenken, dass Wasser über eine Feuerlöschpumpe aus Zisternen und später aus Meerwasserbecken eingespeist werden konnte. Aber auch dort hatte die Kernschmelze bereits begonnen.<sup>8</sup>

Die Brennelemente im **Block 4** waren aus dem Reaktor entladen und befanden sich vollständig im Brennelementlagerbecken im oberen Bereich des Reaktorgebäudes. Als durch das Erdbeben die Kühlung ausfiel, wäre es möglich gewesen, manuell auf ein Notkühlsystem umzuschalten, dies erfolgte aber nicht. Nach dem Tsunami allerdings waren diese Systeme nicht mehr verfügbar. Nachdem durch eine Wasserstoffexplosion der obere Teil des Daches zerstört wurde, lagerten die Brennelemente unter freiem Himmel.<sup>9</sup>

Auch in den Blöcken 1 – 3 fiel die Kühlung der Brennelementlagerbecken mit dem Versagen der Notstromdiesel aus. Es wurde intensiv versucht, die Brennelemente mit Wasserwerfern zu kühlen, um eine massive radioaktive Freisetzung zu verhindern.

Ein Notstromdiesel des Blocks 6 war funktionsfähig geblieben, da er sich an einer erhöhten Position auf dem Anlagengelände befand. Für die Kühlung der Reaktorkerne und Lagerbecken der **Blöcke 5 und 6** stand daher Strom zur Verfügung; Notfallmaßnahmen verhinderten Schäden an den Brennelementen.<sup>10</sup>

### **Notfallmaßnahmen**

Nachdem die Notkühlsysteme ausgefallen waren, wurde versucht, Wasser in die Reaktoren 1 – 3 mit Hilfe der dieselgetriebenen Feuerlöschpumpen einzuspeisen (planmäßige Notfallmaßnahmen). Allerdings traten hierbei Verzögerungen auf, die auf die Auswirkungen des Erdbebens zurückzuführen waren. Die anlageninternen Notfallmaßnahmen für Ereignisse jenseits der Auslegung waren offenbar insgesamt nicht ausreichend vorgedacht und erprobt. Da sie nicht bzw. nicht rechtzeitig durchgeführt wurden, kam es in den Blöcken 1 – 3 zu einer Kernschmelze.<sup>11</sup>

### **Absichtliche Freisetzung radioaktiver Stoffe (Venting)**

Aufgrund der Nachwärmeleistung des Reaktorkerns stieg in den Reaktordruckbehältern der Blöcke 1 – 3 durch Verdampfen von Wasser der Druck. Der erzeugte Dampf wurde über die Ventile in den Sicherheitsbehälter abgeblasen. Er besteht aus einem birnenförmigen Stahlbetonbehälter, der den Reaktordruckbehälter umschließt (Druckkammer) und einem darunter liegenden ringförmiger Stahlbehälter („Donut“), der Kondensationskammer. Diese stellen die letzte Barriere gegen das Austreten der radioaktiven Stoffe dar.

Da aufgrund des Ausfalls der Nachkühlkette keine Möglichkeit bestand, die Wärme aus dem Sicherheitsbehälter abzuführen, wurden seine Auslegungsgrenzen (Druck und Temperatur) überschritten. Um ein großflächiges Versagen des Sicherheitsbehälters zu verhindern, wollte der Betreiber eine Druckentlastung, ein sogenanntes Venting, durchführen. Bei diesem Vorgang wird das radioaktive Gasgemisch ungefiltert über den Abgaskamin in die Atmosphäre

abgegeben. Das Venting war von einer Reihe von Schwierigkeiten begleitet, da wegen des Stromausfalls die dazu notwendigen Ventile von Hand vor Ort geöffnet werden mussten. Dies war aufgrund der hohen Strahlenbelastung nicht überall möglich. Das Venting in Block 2 misslang, die radioaktiven Stoffe entwichen jedoch über Undichtigkeiten des Sicherheitsbehälters.<sup>12</sup>

### **Wasserexplosion**

Eine Stunde nach dem Venting zerstörte am 12.03.11 in Block 1 eine Wasserstoffexplosion den oberen Bereich des Reaktorgebäudes. Wasserstoff entsteht ab ca.1000°C an den Brennstabhüllrohren aus der Reaktion des Hüllrohrmaterials (Zirkonium) mit Wasser bzw. Wasserdampf. Der auf diese Weise entstandene Wasserstoff strömte dann über Ventile in den Sicherheitsbehälter. Über Undichtigkeiten des Sicherheitsbehälters oder durch das Venting gelangte der Wasserstoff dann in das Reaktorgebäude, in dem sich schließlich ein zündfähiges Gemisch mit dem Sauerstoff der Luft (Knallgas) bildete.<sup>13</sup>

Auch in den Blöcken 3 und 4 ereigneten sich am 14.03.11 bzw. 15.03.11 Wasserstoffexplosionen. Als Ursache für die Explosion im Block 4 wird vermutet, dass Wasserstoff aus Block 3 über den gemeinsam genutzten Anschluss am Kamin geströmt ist. Der Zerstörungsgrad der Brennelemente im Lagerbecken ist nicht so erheblich, dass dort – wie zunächst angenommen – in großem Umfang Wasserstoff erzeugt wurde.<sup>14</sup>

In Block 2 entstand durch die Explosion im Nachbarblock eine Öffnung im Reaktorgebäude, die eine Ansammlung von Wasserstoff verhinderte. Im Sicherheitsbehälter wurden allerdings ein Knall und eine Erschütterung registriert, deren Ursache nach wie vor nicht geklärt ist.<sup>15</sup>

## **3 Freisetzungen**

Im Verlauf des Unfalls und in den folgenden Tagen gelangte eine große Menge an radioaktiven Stoffen in die Atmosphäre und in den angrenzenden Pazifik. Die japanische Behörde stufte den Unfall in die höchste Kategorie der internationalen Ereignisskala (INES 7) „katastrophalen Unfall“ ein.<sup>16</sup>

Ein Jahr später (24. Mai 2012) gestand TEPCO zu, dass deutlich mehr radioaktive Stoffe freigesetzt wurden als vorher angenommen. Die Gesamtfreisetzungen von Jod-131 wurden um den Faktor 3 nach oben korrigiert. TEPCO geht zurzeit davon aus, dass  $5 \times 10^{17}$  Becquerel (Bq) Jod-131 und je  $1 \times 10^{16}$  Bq Cäsium-137 und -134 in die Atmosphäre freigesetzt wurden.<sup>17</sup> Der Großteil wehte zum Ozean, nur ein Teil breitete sich über dem Land aus. Die Radionuklide Cäsium und Jod gefährden sowohl durch die Einatmung der radioaktiven Stoffe als auch durch die Strahlung der am Boden abgelagerten Stoffe die Gesundheit. Die Freisetzungen wurden nicht direkt gemessen, sondern müssen aus Messungen der Luft- und Bodenkontamination und aus der Modellierung des Anlagenverhaltens abgeschätzt werden.

Bereits im Oktober 2011 hatte ein internationales Forscherteam ermittelt, dass die Freisetzungen früher begonnen hatten, länger andauerten und größer waren als zuerst angenommen. Sie berücksichtigten eine große Anzahl von Messungen, u.a. zur Überwachung des Atomteststop-Vertrages (CTBTO). Laut ihrer Studie wurde insgesamt etwa  $3,6 \times 10^{16}$  Bq Cäsium-137 freigesetzt. Das entspricht etwa 40% der beim Unfall in Tschernobyl freigesetzten Menge.<sup>18</sup>

## **4 Ursache**

Während Erdbeben und Tsunami unbestritten die Auslöser waren, wurde nach und nach immer klarer, dass sie nicht die alleinige Ursache waren.

### **Auslegungsschwächen**

Die Blöcke 1 – 3, die zwischen 1970 und 1973 in Betrieb gingen, gehören zu den ältesten Atomkraftwerken in Japan. Die Auslegung hatte Schwächen, die nicht durch Nachrüstungen behoben wurden und die wesentlich zum Unfallablauf beitrugen: der unzureichende Schutz gegen Überflutung sowie die tiefliegende Anordnung von Notstromdiesel, Schaltschränken und Batterien. Gravierend war zudem, dass mit der Überschwemmung der am Meer gelegenen Nebenkühlwasserpumpen die komplette Nachwärmeabfuhr ausfiel.<sup>19</sup>

### **Erdbeben und Tsunami**

Noch im Januar 2011 wurde von der zuständigen japanischen Behörde die Wahrscheinlichkeit eines schweren Erdbebens innerhalb der nächsten 30 Jahre für den Standort Fukushima Daiichi mit Null angesetzt. Widersprechende Hinweise, insbesondere aus der Paleo-Tsunami-Forschung wurden, zwar – zuletzt in 2010 – vom Betreiber und der Aufsichtsbehörde diskutiert, hatten jedoch bis 2011 nicht zu Konsequenzen geführt. Als 1967 der Bau des AKWs begann, war noch wenig über die Entstehung und Gefährdung von Tsunami am Standort Fukushima bekannt. Das AKW wurde gegen eine Tsunami-Welle von 3,1 m Höhe geschützt; das Einlaufbauwerk erhielt eine 5,7 m hohe Kaimauer.<sup>20</sup> Im Jahr 2008 wurde von TEPCO erneut eine Tsunami-Bewertung durchgeführt. Dabei wurden Höhen von etwa 15 m ermittelt. Diese wurden jedoch als Auslegungsgrundlage wieder verworfen, da sie als nicht belastbar angesehen wurden. Die tatsächliche Tsunami-Welle am 11. März 2011 hatte eine Höhe von fast 14 m.<sup>21</sup>

### **Unfall vermeidbar und vorhersehbar**

Der Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi sei vorhersehbar gewesen und hätte verhindert werden können, so lautete am 5. Juli 2012 das Fazit der von der japanischen Regierung eingesetzten Untersuchungskommission (NAIIC). Unfallursache war nicht, wie vorher immer betont, das unkalkulierbare Restrisiko. Eine Vielzahl von Fehlern und vorsätzlichen Nachlässigkeiten hatten zum Reaktorunfall geführt. Die Kommission kritisierte die mangelnde Sicherheitskultur von TEPCO und betonte weiterhin, der Reaktorunfall sei das Ergebnis der Ab-

sprachen zwischen der Regierung, den Aufsichtsbehörden und der TEPCO gewesen. Die Aufsichtsbehörde habe zudem weltweit anerkannte Sicherheitsrichtlinien nur sehr schleppend eingeführt.<sup>22</sup>

### **TEPCOs spätes Schuldeingeständnis**

TEPCO bestätigte diese Aussagen der parlamentarischen Untersuchung. Anderthalb Jahre nach dem Unfall (am 12. Oktober 2012) räumte der Konzern erstmals ein, dass der Reaktorunfall hätte vermieden werden können. Schon vor dem Unfall waren Erkenntnisse über das Tsunami-Risiko und über notwendige Verbesserungen hinsichtlich der Maßnahmen zur Bewältigung schwerer Unfälle vorhanden. Aber es wurde kein Geld in Schutzmaßnahmen investiert, weil die möglichen Gefahren für zu unwahrscheinlich erachtet wurden. Zugleich gab TEPCO eine vorsätzliche Verharmlosung der Naturgefahren zu, da sie eine Stilllegung des AKWs sowie eine Verstärkung einer atomkritischen Haltung in der Bevölkerung befürchteten.<sup>23</sup>

## **5 Aktueller Zustand**

### **Reaktorkern, Reaktordruck- und Sicherheitsbehälter**

In Block 1 schmolzen alle Brennelemente des Reaktorkerns. Der Brennstoff drang durch den Reaktordruckbehälter und in den darunterliegenden Beton (bis zu 65 cm). In den Blöcken 2 und 3 wurde der Großteil der Brennelemente zerstört.<sup>24</sup>

Auch heute, zwei Jahre nach dem Unfall, müssen die zerstörten Reaktorkerne noch gekühlt werden.<sup>25</sup> Dazu wird Wasser mithilfe von neu verlegten Leitungen über Verbindungsstellen in die vorhandenen Kühlsysteme gepumpt. Um das Gesamtvolumen an kontaminiertem Wasser nicht unnötig zu erhöhen, wird teilweise das Kühlwasser durch eine Aufbereitungsanlage gereinigt und wieder zur Kühlung verwendet.<sup>26</sup> Gewaltige Mengen kontaminiertes Wasser, die in riesigen Tanks lagern, sind ein großes Problem am Standort.

Die Reaktorkerne sind zwar inzwischen auf 30 bis 50 °C abgekühlt<sup>27</sup>, jedoch befinden sich die Anlagen nicht in einem sicherheitstechnisch kontrollierten Zustand.<sup>28</sup>

Sehr wahrscheinlich sind die Sicherheitsbehälter der Blöcke 1, 2 und 3 undicht, da während des Unfalls der Auslegungsdruck und die -temperatur überschritten wurden. Um weitere Wasserstoffexplosionen zu verhindern, wird in die Sicherheitsbehälter Stickstoff eingespeist.<sup>29</sup>

### **Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente**

Der Zustand der insgesamt 4.441 Brennelemente, die sich in den Lagerbecken der Blöcke 1 – 4 befinden, ist nicht im Detail bekannt. Aus Messungen der Konzentration von radioaktiven Stoffen in Wasserproben und einzelnen Fotos wird bisher geschlossen, dass sie nicht massiv beschädigt sind.<sup>30</sup>

Wegen der hohen Zahl von Brennelementen im Lagerbecken (1.555) ist die Situation im Block 4 am schwierigsten. Mit Stahlstützen und zusätzlichen Betonmauern wurde das Becken inzwischen stabilisiert, Trümmerreste wurden geborgen.<sup>31</sup> Nuklearexperten warnen, dass ein erneutes Beben die gesamte Konstruktion zum Einsturz bringen oder das Becken leckschlagen kann. Laut TEPCO kann das Kühlbecken jedoch erneut ein Erdbeben der Stärke 9 aushalten.<sup>32</sup> Ende 2013 soll die Entladung von Lagerbecken 4 beginnen und Ende 2015 beendet sein. Falls die Brennelemente jedoch schwerer beschädigt sein sollten als zurzeit erwartet, wird die Arbeit länger dauern.<sup>33</sup>

### **Einhausung**

Zur „Einhausung“ von Block 1 wurde eine Stahlgerüstkonstruktion um das Reaktorgebäude gebaut, an der eine Membran aus Polyesterfasern montiert ist. Durch die Schutzhülle werden die radioaktiven Stoffe zum einen zurückgehalten, zum anderen schützt die erdbebensichere Hülle den beschädigten Reaktor vor äußeren Wettereinflüssen. Block 3 soll zusätzlich zur Einhausung der rechteckigen Gebäudestruktur einen zylinderförmigen Aufsatz erhalten, in dem die Geräte zur Bergung der Brennelemente untergebracht werden.<sup>34</sup> Am 8. Januar 2013 wurde mit der Einhausung von Block 4 begonnen.<sup>35</sup> Da dieser nicht so stark beschädigt ist wie die Blöcke 1 und 3, wird nicht das gesamte Reaktorgebäude umschlossen.

### **Notfall-Kontrollzentrum**

Der zentrale Kontrollraum, von dem aus die vier zerstörten und die beiden stillgelegten Reaktorblöcke überwacht werden, ist im erdbebensicheren Notfall-Kontrollzentrum untergebracht. Dieses liegt etwas oberhalb des Kraftwerks und war ein halbes Jahr vor der Katastrophe fertiggestellt worden.<sup>36</sup>

### **Gelände**

Durch die Bergung von Trümmerteilen, Versprühen von Bindemitteln auf Oberflächen, Anbringen von Abschirmungen und die Einhausung von Block 1 konnten die Dosisbelastungen auf dem Anlagengelände deutlich verringert werden.<sup>37</sup> Mehrere Tausend Menschen sind dort ständig beschäftigt, z. B. 5520 im Oktober 2012.<sup>38</sup>

### **Zeitplan**

Nach bisheriger Planung wird Ende 2013 damit begonnen die Brennelemente aus den Lagerbecken zu entnehmen, dafür ist ein Zeitraum von 10 Jahren geplant. Anschließend sollen die Brennstoffreste aus den Reaktoren geborgen werden, Dauer etwa 10 bis 15 Jahre. Der Rückbau der Reaktoren soll zwischen 2042 und 2052 abgeschlossen sein.<sup>39</sup>

## **6 Konsequenzen**

Derzeit sind nur noch zwei der 50 japanischen Atomkraftwerke am Netz. Es ist unklar, welche Anlagen wieder in Betrieb gehen dürfen, da die Erdbebengefährdung der anderen

Standorte überprüft wird. Die neue Atomaufsicht in Japan will als Reaktion auf die Atomkatastrophe von Fukushima insgesamt die Sicherheitsanforderungen deutlich erhöhen.<sup>40</sup>

Nach der Katastrophe in Japan wurden die Atomkraftwerke in Europa den sogenannten Stresstests unterzogen. Das Hauptziel lag in der Bewertung der Sicherheit im Falle extremer Erdbeben und Überflutungen. Offizielles Ergebnis ist, dass die AKWs hohe Sicherheitsstandards aufweisen, die Berichte zu den Stresstests lesen sich jedoch wie Schwachstellenanalysen. So werden z. B. die aktuellen Standards für die Risikoeinschätzung der Erdbebengefahr bei 91 und der Überflutungsgefahr bei 83 der 145 Reaktoren nicht angewandt; passive Maßnahmen zur Verhinderung von Wasserstoffexplosionen im Fall schwerer Unfälle fehlen bei 40 Reaktoren.<sup>41</sup>

Die Aufsichtsbehörden stellten zum Jahresende 2012 nationale Aktionspläne für die erforderlichen Nachrüstmaßnahmen auf, seit Anfang 2013 werden die Aktionspläne gegenseitigen Überprüfungen (Peer Reviews) unterzogen.

Der Industriausschuss im Europäischen Parlament forderte am 24. Januar 2013 die EU-Regierungen auf, die erforderlichen Nachrüstungen umzusetzen. Die Kosten (rund 25 Milliarden Euro) müssten von den Betreibern der Anlagen mitgetragen werden und dürften nicht auf Steuerzahler abgewälzt werden. Auch müsse sichergestellt werden, dass die Betreiber die Kosten eines Unfalls decken können.<sup>42</sup>

Seit dem Unfall in Tschernobyl 1986 wurden weltweit erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Sicherheit von Atomkraftwerken zu verbessern. Dennoch kam es 2011 im japanischen AKW Fukushima Daiichi erneut zu einem schweren Unfall mit erheblichen Freisetzen. Es wäre naiv, anzunehmen, dass die im Nachgang zu Fukushima geplanten Nachrüstungen einen weiteren schweren Unfall komplett verhindern werden.

Einige Staaten wie Deutschland, Schweiz, Italien zogen daher direkte Konsequenzen aus der Katastrophe. So wurde in Deutschland der lange von der Bevölkerung geforderte Atomausstieg selbst unter einer „kernenergiefreundlichen“ Regierung beschlossen und acht Atomkraftwerke sofort endgültig abgeschaltet.

## 7 Quellen

---

<sup>1</sup> Nucleonics Week; Auguste 2, 2012

<sup>2</sup> BFS 2012; Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Die Katastrophe im Kernkraftwerk Fukushima nach dem Seebeben vom 11. März 2011, Beschreibung und Bewertung von Ablauf und Ursachen; BfS-Sk-18/12, März 2012; [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

<sup>3</sup> Nuclear Monitor: NAIC Report: Fukushima Manmade; Minoar LOCA due to earthquake; No. 752; wise; July 13, 2012

<sup>4</sup> BFS 2012; s.o.

<sup>5</sup> GRS 2012; Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): Fukushima Daiichi 11. März 2011, Unfallablauf Radiologische Folgen; GRS –S-51; ISBN 978-3-939355-73-1; März 2012

<sup>6</sup> BFS 2012; GRS 2012; s.o.

<sup>7</sup> BFS 2012; GRS 2012; s.o.

<sup>8</sup> BFS 2012; GRS 2012; s.o.

<sup>9</sup> BFS 2012; GRS 2012; s.o.

<sup>10</sup> BFS 2012; GRS 2012; s.o.

<sup>11</sup> BFS 2012; GRS 2012; s.o.

<sup>12</sup> BFS 2012; GRS 2012; s.o.

<sup>13</sup> BFS 2012; GRS 2012; s.o.

<sup>14</sup> Nucleonics Week; December, 20, 2012

<sup>15</sup> World Nuclear News (WNN): Inspection sheds light on Fukushima torus; 24.04 2012; [http://www.world-nuclear-news.org/RS\\_Inspection\\_sheds\\_light\\_on\\_Fukushima\\_torus\\_2404121.html](http://www.world-nuclear-news.org/RS_Inspection_sheds_light_on_Fukushima_torus_2404121.html)

<sup>16</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): Zur INES-Einstufung vom 12. April 2011 der Ereignisse in Fukushima Daiichi; <http://fukushima.grs.de/content/zur-ines-einstufung-vom-12-april-2011-der-ereignisse-fukushima-daiichi>

<sup>17</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): Neue Erkenntnisse über die Freisetzung radioaktiver Stoffe und die gesundheitlichen Folgen des Unfalls; 25.05.2012; <http://fukushima.grs.de/content/neue-erkenntnisse-ueber-die-freisetzung-radioaktiver-stoffe-und-die-gesundheitlichen-folgen-des-unfalls>

<sup>18</sup> Standard 2011: Fukushima: Radioaktivität trat früher aus und war stärker als angenommen; 21. Oktober 2011; <http://derstandard.at/1319180868022/Atomkatastrophe-Japan-Fukushima-Radioaktivitaet-trat-frueher-aus-und-war-staerker-als-angenommen>

<sup>19</sup> BFS 2012; s.o.

<sup>20</sup> BFS 2012; s.o.

<sup>21</sup> GRS 2012; s.o.

<sup>22</sup> Nuklear Forum Schweiz 2012a: Fukushima-Unfall: von Menschen verursacht; 17.07.2012; [www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/fukushima-unfall-von-menschen-verursacht](http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/fukushima-unfall-von-menschen-verursacht)

<sup>23</sup> Nuklear Forum Schweiz 2012b: Fukushima: TEPCO gesteht Fehler ein; <http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/fukushima-tepcO-gesteht-fehler-ein>; eingesehen Januar 2013

- 
- <sup>24</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): TEPCO-Analysen zum Zustand der Reaktorkerne in den Blöcken 1 - 3 (Fukushima Daiichi) und vorläufige Einschätzung der GRS; 06.06.2011; <http://fukushima.grs.de/content/tepco-analysen-zum-zustand-der-reaktorkerne-den-bl%C3%B6cken-1-3-fukushima-daiichi-und-vorläufige>
- <sup>25</sup> GRS 2012a: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): Status of the Efforts towards the Decommissioning of Fukushima Daiich NPS Units 1-4, as of December 5, 2012. (compiled JAIF) [http://fukushima.grs.de/sites/default/files/Decommissioning\\_20121205.pdf](http://fukushima.grs.de/sites/default/files/Decommissioning_20121205.pdf)
- <sup>26</sup> BFS 2012; s.o.
- <sup>27</sup> GRS 2012a; s.o.
- <sup>28</sup> BFS 2012; s. o
- <sup>29</sup> BFS 2012; s. o.
- <sup>30</sup> BFS 2012; s. o.
- <sup>31</sup> Tagesschau: Zwei Jahre nach dem Super-Gau in Fukushima, Ausnahmezustand als Realität; 11.01.2013; <http://www.tagesschau.de/ausland/fukushima720.html>
- <sup>32</sup> Nucleonics Week; July 26, 2012
- <sup>33</sup> Nucleonics Week; June 7, 2012
- <sup>34</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): TEPCO stellt Planungen für den Bau einer Schutzhülle um Reaktor 3 vor; 16.11.2012; [http://fukushima.grs.de/content/tepcos\\_planungen\\_fuer\\_schutzhuelle\\_um\\_block\\_3](http://fukushima.grs.de/content/tepcos_planungen_fuer_schutzhuelle_um_block_3)
- <sup>35</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS):: TEPCO beginnt mit dem Bau des Stahlgerüsts für die Einhausung von Block 4; Stand: 08.01.2013; <http://fukushima.grs.de/content/tepco-beginnt-mit-bau-des-stahlgeruests-fuer-die-einhausung-von-block-4>
- <sup>36</sup> Tagesschau: Zwei Jahre nach dem Super-Gau in Fukushima, Ausnahmezustand als Realität; 11.01.2013; <http://www.tagesschau.de/ausland/fukushima720.html>
- <sup>37</sup> BFS 2012; s.o.
- <sup>38</sup> GRS 2012a; s.o.
- <sup>39</sup> Nucleonics Week; April 19, 2012;  
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): Fukushima Daiichi 11. März 2011, Unfallablauf Radiologische Folgen; GRS –S-51; ISBN 978-3-939355-73-1; März 2012
- <sup>40</sup> Handelsblatt: Neue Sicherheitsstandards machen Japans AKW-Betreibern zu schaffen, 01.02.2013; <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/stromkonzerne-neue-sicherheitsstandards-machen-japans-akw-betreibern-zu-schaffen/7719252.html>
- <sup>41</sup> Europäische Kommission: Stresstests von Kernkraftwerken: Hohe Sicherheitsstandards, aber weitere Verbesserungen notwendig; Brüssel; 04.10.2012; [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-12-1051\\_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1051_de.htm)
- <sup>42</sup> Europaparlament: Mehr Sicherheit für Kernkraft in der EU kostet 25 Milliarden Euro; 25.01.2013; <http://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/content/20130121STO05427/html/Mehr-Sicherheit-f%C3%BCr-Kernkraft-in-der-EU-kostet-25-Milliarden-Euro>