

**Asien ist auf Atomkurs**

**China: Führung setzt weiter auf den Ausbau von Kernkraftwerken**



Die Volksrepublik China will bis 2020 achtmal mehr elektrische Leistung aus Kernenergie gewinnen als im Moment. Der am Montag dieser Woche auf der Abschlussitzung des Volkskongresses in Peking verabschiedete Fünfjahresplan sieht zunächst eine Steigerung bei der Nutzung von Kernenergie auf 40 GW bis 2015 vor.

Zwar hat China die Bewilligung weiterer Kernkraftwerke angesichts des Atomunglücks in Japan vorerst ausgesetzt. Es befinden sich aber derzeit bereits **27 neue Kernkraftwerke wie beispielsweise in Taishan**, einer Stadt in der südchinesischen Provinz Guangdong, im Bau. Im Moment erzeugt die Volksrepublik in 13 Reaktoren 10,8 GW elektrische Leistung aus Kernkraft. Deutschlands 17 Reaktoren erzeugen zuletzt zusammen 21,5 GW. Die Energieeffizienz der chinesischen Wirtschaft soll nach den Plänen der Regierung deutlich gesteigert werden. Bis 2015 will das Land die Energiemenge, die für einen erwirtschafteten Yen aufgebracht werden muss, um 16 % senken. Der Treibhausgas-Ausstoß soll, gemessen an der Wirtschaftsleistung, um 17 % fallen. Wegen des verbleibenden starken Wachstums wird China dennoch der weltgrößte Produzent von Treibhausgasen bleiben. Momentan befriedigt China seinen Energiebedarf noch zum großen Teil aus fossilen Energieträgern. 66 % der Energie stammen aus Kohle, 20 % aus Erdöl und 6 % aus Erdgas. Der Anteil erneuerbarer Energien soll aber bis 2015 von 8 % auf 11,2 % wachsen. Kernenergie deckt im Augenblick etwa 1 % von Chinas Energieverbrauch. Durch den Bau der neuen Kernkraftwerke wird deren Anteil bis 2015 aber auf 4 % gesteigert werden.

**Indien: Kernkraft wächst bis 2030 um jährlich 5 %**

Um mit der Wirtschaftsdynamik des großen Rivalen China Schritt halten zu können, setzt auch Indien auf Kerntechnik. Bis 2030 soll dort die Energiegewinnung aus Kernkraft um jährlich 5 % wachsen, und damit stärker als jede andere Form der Energienutzung. Im Jahr 2004 besaß das Land nur zwölf Reaktoren. 2010 wurde bereits das zwanzigste Kraftwerk eingeweiht. Russland unterstützt die indischen Atombestrebungen. Unter russischer Beteiligung sind zwölf Anlagen geplant, drei davon befinden sich derzeit bereits im Bau. Insgesamt entstehen in Indien derzeit fünf neue Anlagen. Gemeinsam mit dem französischen Areva-Konzern soll in Indien das weltweit leistungsstärkste Kernkraftwerk errichtet werden. Es soll 10 GW an Leistung erzeugen.

**Pakistan: Finanzierung geplanter Anlagen unklar**

Indiens Nachbar Pakistan baut derzeit einen Reaktor mit 300 MW Leistung. Die Anlage soll noch 2011 in Betrieb gehen. Mit chinesischer Hilfe will man so die beiden bestehenden Reaktoren ergänzen. Sie wurden bereits in den siebziger Jahren gemeinsam mit Frankreich geplant, konnten aber erst in den Neunzigern mit Unterstützung Chinas fertiggestellt werden. Derzeit erzeugen sie 2,4 % des pakistanischen Stroms. Als unsicher gilt die Finanzierung weiterer Atompläne, die Pakistan hegt.

**Südostasien: Gemeinsame Initiative zur Nutzung von Kernkraft**

Auch die Länder Südasiens, die sich zur ASEAN-Gruppe zusammengeschlossen haben, wollen in Zukunft Atomkraft nutzen. Bislang steht in Südostasien kein einziges Kernkraftwerk. Es bestehen bereits gemeinsame Handlungskonzepte im Bereich Energie, so etwa für den Fall einer Knappheit bzw. eines Überangebotes an Erdöl. Ferner arbeiten die Länder am Aufbau eines integrierten Stromnetzes und einer Trans-ASEAN-Gaspipeline. Auf einem Treffen der Staaten Mitte Februar in Singapur wurde nun ein Beratungsgremium zur Entwicklung eines gemeinsamen Kernkraft-Konzepts gegründet.

Dabei sehen die einzelnen Mitglieder von ASEAN die Möglichkeiten der Kernenergie durchaus verschieden. Vietnam hat einen Auftrag in Höhe von 5,6 Mrd. \$ zum Bau des ersten Atomkraftwerks bis 2020 nach Russland gegeben. Indonesien und Malaysia wollen je zwei Kraftwerke bauen. Thailand prüft den Bau von Kernkraftwerken ab 2020, der philippinische Präsident will noch vor Ende seiner Amtszeit 2016 ein Atomprogramm beschließen. Die Regierung Singapurs hingegen schätzt die Chancen für ein Kernkraftwerk im eigenen Land schlecht ein. Der Staat sei zu dicht besiedelt, das Risiko der Folgen eines Unfalls deshalb zu hoch.

phum/rts  
VDI nachrichten, Düsseldorf, 18. 3. 11  
wmock@vdi-nachrichten.com

# Knackpunkt war Ausfall der Notstromdiesel

**KERNKRAFT:** Die erste Meldung kam am Freitag letzter Woche, dem 11. 3. 2011, um 10.24 Uhr via Reuters auf den Redaktionsticker: „Agentur Jiji meldet, dass im AKW Tepco Fukushima Daiichi das Kühlsystem ausgefallen ist.“ Seitdem hat sich die Entwicklung der Störfälle in vier der sechs Reaktorblöcke an der japanischen Pazifikküste dramatisch beschleunigt.

„Normalerweise geht man bei einem Erdbeben davon aus, dass die normale Stromversorgung ausfällt“, erklärt Simone Mohr, Diplom-Ingenieurin und wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Anlagensicherheit des Öko-Instituts in Darmstadt. „Dann übernehmen Notstromdiesel die Steuerung und Stromversorgung der Anlage.“ So schien es nach der ersten Meldung auch gewesen zu sein. Dann nahmen die Ereignisse innerhalb von zwei Stunden Fahrt auf:

**10.32 Uhr:** „Die Kühlsysteme der Atomkraftwerke in der Region Fukushima sind nach Behördenangaben intakt, wie die Agentur Jiji meldet. Jiji zufolge ist keine Radioaktivität freigesetzt.“ (Reuters)

**10.47 Uhr:** „Laut der UN-Atomenergiebehörde IAEA sind die vier Kernkraftwerke, die dem Epizentrum am nächsten liegen, sicher abgeschaltet.“ (Reuters)

**11.46 Uhr:** „Nach Angaben der japanischen Regierung gibt es kein Leck in den Atomreaktoren von Fukushima Daiichi.“ (Reuters)

**12.34 Uhr:** „Nach dem Versagen des Kühlsystems in einer Atomanlage in Japan ist am Freitag der Notstand ausgerufen worden. Zu einem Aus-

tritt von Radioaktivität kam es nicht, wie der japanische Kabinettssekretär Yukio Edano mitteilte. Die Atomanlage in Fukushima war nach dem verheerenden Erdbeben am Freitag geschlossen worden. Die Ausrufung des Notstands sei eine Vorsichtsmaßnahme, sagte Edano. Die Anlage sei nicht in unmittelbarer Gefahr.“ (dapd)

**Inzwischen** (Stand: 16. 3. 2011, 16.00 Uhr) sind die Reaktorblöcke 1 bis 4 des Kernkraftwerks in Fukushima Daiichi mehr oder weniger schwer beschädigt. Die Behörden geben nicht an, dass Brennstoff aus den Reaktoren ausgetreten ist. Aber ob die Lage weiter eskaliert oder die Techniker und Ingenieure des Anlagenbetreibers Tepco die Kontrolle über die Anlage wiedererlangen können, scheint weiter unklar.

Knackpunkt, so Simone Mohr, sei wohl der Ausfall der Notstromdiesel durch den Tsunami gewesen. Diese „haben in Fukushima wohl nicht ausreichend geschützt gegen den Tsunami gestanden und sind dann komplett in allen Anlagen ausgefallen. Damit war es zu einem sogenannten Station Blackout gekommen und die Sicherheitssysteme konnten nicht betrieben werden.“

## Das Schlimmste wurde nicht gedacht

**KERNKRAFT:** Der ernste Störfall in den japanischen Siedewasserreaktoren von Fukushima Daiichi hat die Sicherheitsdiskussion um Kernkraft weltweit neu angefacht. Das dreimonatige Aussetzen der Laufzeitverlängerung deutscher Kernkraftwerke ist dafür deutlicher Beleg.

Die Internationale Atomenergieagentur IAEA in Wien hat viele Belobigungen und Preise eingeehmt, darunter den Friedensnobelpreis des Jahres 2005. Doch im März 2011 besitzt die Organisation, die vertraglich mit den Vereinten Nationen verbunden ist, scheinbar nicht einmal eine aktuelle Skizze der Atomreaktorblöcke 1 bis 6 des japanischen Atomstandorts Fukushima 1.

Trotz ihrer Aufforderung an die japanische Regierung und Betreiberfirma „Tokyo Denryoku“ (Tokyo Electric Power Company – Tepco), Fakten zu nennen, kann die IAEA auf Anfrage lediglich einen Auszug aus dem Reaktorkonzept-Handbuch des Testtrainingszentrums der Kernkraft-Regulierungsbehörde in den USA (USNRC) liefern.

Dies beruht auf Informationen des Reaktorherstellers GE, der in den 1970ern die Blöcke 1, 2 und 4 des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi bestückte. Block 3 enthält Technologie von Toshiba. Weiß die IAEA also überhaupt, wie die Sicherheitssysteme dort wirklich aussehen?

Besser informiert wirkt das Krisenzentrum der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) in Köln. Stand 16. 3.: Die GRS meldete zum bereits vor dem Erdbeben abgeschalteten Daiichi-Block 4 „vermut-

lich Schäden am Reaktorgebäude (2 m x 8 m große Löcher). Der Brand wurde kurzfristig gelöscht.“

Das Abklingbecken von Block 4 gilt als eine wichtige Quelle für die erhöhte Strahlenbelastung in Fukushima. Es liegt oberhalb des inneren Beton-Containments und wurde durch eine vorherige Knallgasexplosion freigelegt. „Das Becken konnte aber bislang wohl noch nicht wieder aufgefüllt werden“, heißt es bei der GRS. „Versuche mit Hubschrauber bzw. Feuerlöschspritzen erfolgen. Dach der Reaktorhalle beschädigt, mindestens zwei Feuer im Brennelemente(BE)-Lagerbecken, Kernschäden im Lagerbecken.“

Wenn Brennelemente nicht mehr im Druckbehälter sind, können sie nicht selbst überlassen werden: Sie heizen sich auf. Durch die beiden Brände wurden erhebliche Mengen radioaktiven Materials in die Luft gewirbelt. Die kontaminierte Wolke trieb zumindest am Dienstag an der Megastadt Tokio vorbei. Daher der Versuch, durch Hubschrauber das Becken erneut mit Wasser zu füllen, welches aber immer schnell wieder verdampft.

Hans-Josef Allelein, Lehrstuhlinhaber für Reaktorsicherheit und -technik an der Fakultät für Maschinenwesen der RWTH Aachen, sieht „das nicht zu wässernde Brennelementelager von Block 4 wohl als das größte Problem. Was dort an radioaktivem Material rauskommt, kommt relativ direkt in die Umgebung, eine recht kritische Freisetzung.“

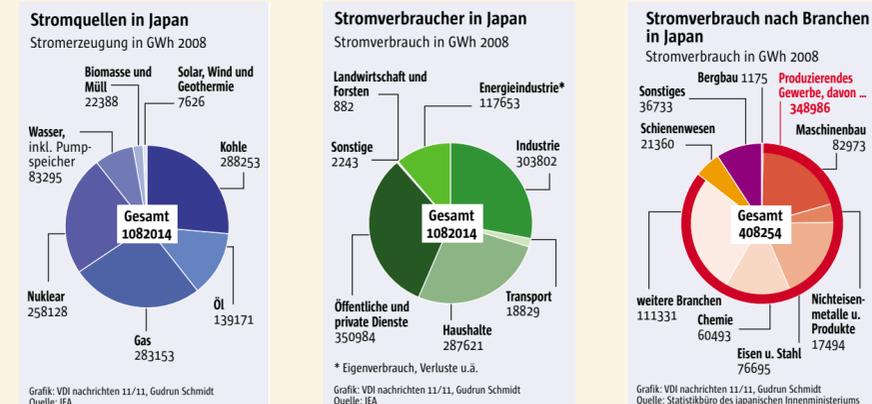
Aufgrund der hohen Strahlung wurde die Anlage am Mittwoch um 10.45 Uhr Ortszeit komplett geräumt. Die Ortsdosisleistung am Tor lag im Bereich von 2,5 mSv/h bis 6,5 mSv/h. Mittlerweile ist ein Teil der Mannschaft wegen gesunkener Strahlungspegel wieder aufs Anlagengelände zurückgekehrt.

### Kernkraftwerke Fukushima Daiichi

- ▶ Fukushima Daiichi – oder auch Fukushima I genannt – besteht aus sechs Blöcken.
- ▶ Betroffen von Erdbeben und Tsunami sind Blöcke 1 bis 4.
- ▶ Für die Blöcke 5 und 6 wurden am Mittwoch „steigende Temperatur“ des Abklingbeckens vermerkt.
- ▶ Die Blöcke gingen zwischen 1971 und 1979 ans Netz.
- ▶ Block 1, 2 und 6 bestückte General Electric (GE), die Technik für Block 3 und 5 kam von Toshiba. Für Block 4 lieferte Hitachi.

ep/swe  
Stand der Daten: 16. 3. 2011

### Japan – Stromversorgung und Stromverbrauch



In Japan sind die 54 am Netz befindlichen Reaktoren die dominierende heimische Energiequelle für die Stromerzeugung. Dennoch ist die Stromversorgung des Landes überwiegend durch importierte fossile Energieträger geprägt (li.). Im Hightech-Industrieland Japan sind die Dienste und die Haushalte für 60,5 % des Stromverbrauchs verantwortlich. Die Industrie kommt auf die 28,1 % (Mitte). Japans Hightechbranche findet sich vor allem in den Bereichen Nichteisenmetalle und Maschinenbau wieder (re.). Anmerkung: Die Daten stammen aus zwei Quellen, die Kategorisierung ist demnach verschieden.

Mohr weist darauf hin, es solle „2007 Warnungen von Wissenschaftlern gegeben haben, dass mit Tsunami in einer Höhe von 11 m zu rechnen sei bzw. diese nicht auszuschließen sind“. Diese Anlagen in Fukushima gehören zu den ältesten betriebenen Reaktoren der Welt. „Da hat man sich dann scheinbar nicht die Mühe gemacht, nachdem die Wissenschaftler diese Erkenntnisse ver-

öffentlicht hatten, diese alten Anlagen noch entsprechend nachzurüsten“, so Mohr.

Nachdem die Batteriestromversorgung erschöpft war, konnte sich Tepco nur noch auf das dampfbetriebene Hochdruck-Einspeisesystem als Kühlsystem stützen. „Dies ist das einzige System, was bei hohem Druck im Reaktor noch Kühlwasser einspeisen kann“, erklärt Mohr. Dies sei stan-

dardmäßig bei diesen japanischen wie auch einigen deutschen Anlagen vorhanden. „Dies sieht jedoch bei den japanischen Anlagen etwas anders aus als bei den deutschen. Hierzulande gibt es zwei einsträngige Systeme, in Japan ein System mit zwei Strängen.“

Die Hochdruck-Einspeisesysteme RCIC (Reactor Core Isolation Cooling System) haben wohl anfänglich noch



Power Station	Fukushima #1		
Unit	1	2	3
Electric / Thermal Power output (MW)	460 / 1380		780
Type of Reactor	BWR-3	BWR-4	BWR-4
Operation Status at the earthquake occurred	Service	Service	Service
Core and Fuel Integrity	Damaged	Damaged	Damaged
Containment Integrity	Not Damaged	Damage Suspected	Damage Suspected
Core cooling requiring AC power	Not Functional	Not Functional	Not Functional
Core cooling not requiring AC power	Not Functional	Not Functional	Not Functional
Building Integrity	Severely Damaged	Slightly Damaged	Severely Damaged
water level of the pressure vessel	Around half of the Fuel	Recovering after Dried-up	Around half of the Fuel
pressure of the pressure vessel	Stable	Fluctuating	Stable
Containment pressure	Stable	D/W: Unknown, S/P: Atmosphere	Stable
Water injection to core (Accident Management)	Continuing (Seawater)	Continuing (Seawater)	Continuing (Seawater)
Water injection to Containment Vessel (AM)	Continuing (Seawater)	to be decided (Seawater)	to be decided (Seawater)
Containment venting (AM)	Continuing (Seawater)	Preparing (Seawater)	Continuing (Seawater)
Fuel Integrity in the spent fuel pool	(No info)	(No info)	Level Low, Preparing Water Injection
Environmental effect			NPS border: 1937

„Schwer beschädigt“ („severely damaged“) sind die Außenhüllen („Building Integrity“) der Reaktoren 3 (li.) und 4 (Mitte) im japanischen

Sollte es zu Kernschmelzen gekommen sein, könnten diese wieder gestoppt werden, versichert Heinz-Christian Sonnenburg von der GRS. Auch hier sei laufende Kühlung nötig. Wenn der Wasserstand im Reaktorkern sinke und die Brennstäbe teilweise freiliegen, komme es zum „Candelling, also dem Abschmelzen der Brennstabspitzen. Die fallen dann als Debris in den unteren Teil des Reaktorkerns. Sofern Kühlwasser wieder zugeführt wird, bestehen gute Aussichten dieses Debris, wie in Three Mile Island, USA (Harrisburg, Kernschmelze am 28. 3. 1979), beobachtet, wieder zu kühlen.“

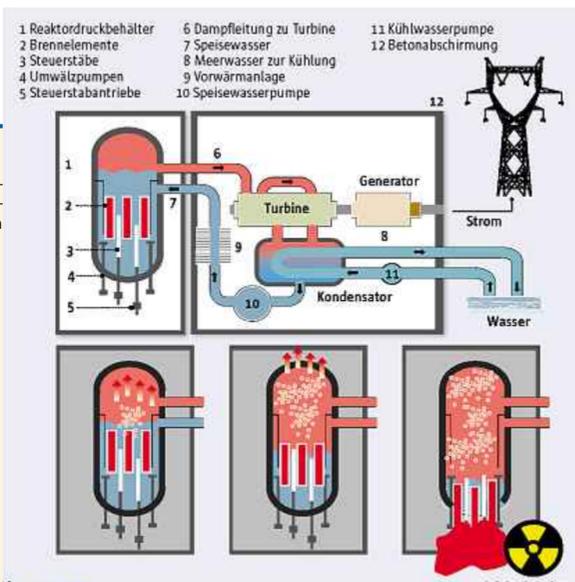
Allen japanischen Reaktorfehlern voraus ging das Problem: Aufgrund

des Erdbebens und der Tsunami wolle waren die Notfalldiesel nicht zu starten. Lediglich Batterien konnten die Notkühlpumpen noch 8 h lang antreiben, danach ging nichts mehr mit der Reaktorkühlung. Bei deutlichen Reaktoren wäre schon nach 2 h Batteriebetrieb Schluss gewesen.

Im Jahr 1999 veröffentlichten deutsche Sicherheitsforscher den GRS-Bericht A-2679 „Erkenntnisse aus dem UPTF-TRAM-Versuchsvorhaben“. Darin sahen sie den Ausfall sämtlicher Kühl- und Speisepumpen zumindest bei Druckwasserreaktoren als „weit ab von jeder Realität“ an. Die Auslegung hatte diesen möglichen Störfallzustand zunächst nicht vorgesehen: „Im TRAM-Programm

(Transient Accident Management) wurden auslegungüberschreitende Störfälle simuliert“, bestätigt Sonnenburg von der GRS.

Siedewasserreaktoren – die jetzt in Japan betroffenen sind solche – seien dagegen „zugegeben etwas stieftüftlich behandelt worden“, gibt Sonnenburg zu. Der Hauptgrund sei der gegenüber Druckwasserreaktoren (160 bar) recht niedrige Druck von 70 bar im Reaktordruckbehälter. Weshalb „Siedewasserreaktor-Störfallanalysen hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Kernkühlung immer relativ unkritisch waren“, so Sonnenburg. „Dennoch haben wir Siedewasserreaktoren weiterhin im Visier.“



**Siedewasserreaktoren** wie in Fukushima nutzen Wasser als Kühlmittel und als Moderator. (Der beeinflusste den Spaltprozess.) Der entstehende Dampf dient zum Antrieb einer Turbine (ob.). Ohne ausreichende Kühlung erhöht sich die Brennstofftemperatur. Ab 1900 °C schmelzen die Brennstäbe. Die Kernschmelze sammelt sich am Boden des Druckbehälters und kann durch dessen Boden schmelzen (unten).

funktioniert. Diese sind dann wohl später reihenweise nach Block 1 auch bei den anderen Reaktorblöcken ausgefallen. Am Montagabend, 20.30 Uhr japanischer Ortszeit, meldete das Japan Atomic Industry Forum (JAIF) – das Pendant zum Deutschen Atomforum – die RCIC-Systeme der Blöcke 1 bis 3 als „non functional“.

Störfällen für deutsche Kernkraftwerke hin: „Interessant ist, dass es offensichtlich nicht so gut ist, mehrere Reaktoren nebeneinander zu betreiben. Wenn in einer Anlage etwas passiert, können die anderen Anlagen offensichtlich mit geschädigt werden, etwa beim Wegsprengen des Sekundärcontainers.“

# Mittwochnachmittag spitzt sich die Lage in Fukushima zu

**KERNKRAFT:** Am Mittwochnachmittag schien es so, dass Japan den Kampf gegen einen drohenden katastrophalen Störfall im Kernkraftwerk Fukushima verliert. Auf der Suche nach Ursachen gerät die Betreiberfirma und auch ihre Informationspolitik ins Visier.

Versuche, die heiß gelaufenen Reaktoren zu kühlen, drohten am Mittwoch zu scheitern, berichteten Agenturen am Mittwochnachmittag kurz vor Redaktionsschluss dieser Ausgabe. Nur noch wenige Arbeiter waren im Einsatz, Hubschrauber konnten wegen der hohen Radioaktivität kein Kühlwasser abwerfen. Priorität hat nach Angaben des Betreibers Tepco (Tokyo Electric Power Company) der Reaktorblock 3, dessen Dach durch eine Explosion beschädigt wurde und aus dem zeitweise Dampf entwich.

Hubschrauber konnten die Anlage wegen der hohen Strahlung nicht aus der Luft mit Wasser kühlen. Dieser Reaktor ist seit Oktober 2010 mit plutoniumhaltigen Mischoxid-Brennelementen bestückt. Am Katastrophort räumten Arbeiter im Wettlauf mit der Zeit Schutt beiseite, um der Feuerwehr einen Weg zum Reaktorblock 4 des 240 km nördlich von Tokio gelegenen Kraftwerkskomplexes Fukushima zu bahnen. Wie verzweifelt die Lage ist, belegten Planungen der Polizei, Wasserwerfer zur Kühlung einzusetzen. Auch Soldaten sollen helfen. Die Lage in dem in Brand geratenen Meiler sei „nicht so gut“, räumte Tepco ein.

Die Lage als „nicht so gut“ zu bezeichnen, das ist nach deutschen Maßstäben wohl eher verharmlosend. Doch in Japan wird – ähnlich wie in Frankreich – anders gedacht über die Kernkraft als in Deutschland. Ist sie doch für das Land die einzige nennenswerte heimische Energiequelle. Hinzu kommt, dass eine kritische Öffentlichkeit wie in westlichen Demokratien auch seitens der Medien nicht in vergleichbarem Maße existiert.

Darüber hinaus ist Tepco nicht für Transparenz bekannt. 2002 wurde bekannt, dass der Konzern 16 Jahre lang Unfälle, Pannen und Reparaturen verschleppt oder nicht gemeldet hatte. Der Energieriese, der den Großraum Tokio mit Energie versorgt und zu den größten Energieversorgern der Welt gehört, hatte Berichte einfach gefälscht. Die Führungsspitze trat zurück, 17 Tepco-Reaktoren

mussten zu Überprüfungen heruntergefahren werden.

Selbst in den japanischen Medien wird inzwischen die Informationspolitik von Tepco, aber auch von Ministerpräsident Naoto Kan zunehmend kritisch beurteilt.

Kan seinerseits soll verärgert auf eine verspätete Unterrichtung durch den Kraftwerksbetreiber reagiert haben. „Was zum Teufel ist das los?“, herrschte er nach einer Meldung der Nachrichtenagentur Kyodo Manager von Tepco an. Kan hat die Atom- und Naturkatastrophe als größte Krise in Japan seit dem Zweiten Weltkrieg bezeichnet. Kaiser Akihito nahm die Katastrophe zum Anlass für eine seiner seltenen direkten Ansprachen an die Bevölkerung. Die Probleme in den Atomreaktoren seien nicht vorhersehbar gewesen, sagte der 77-jährige Tenno.

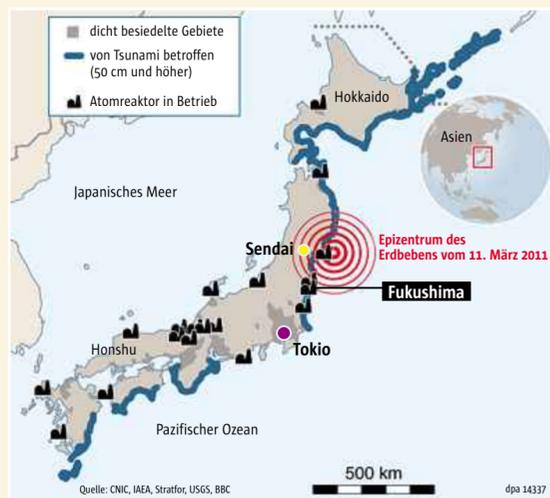
Selbst die sonst so geduldige Internationale Atomenergieagentur IAEA

zeigte sich erstmals frustriert über Japan und verlangte detaillierte Informationen. Diese sollten zudem schneller geliefert werden.

Experten zufolge haben die Japaner die Katastrophe durch die niedrige Einstufung in der siebenstufigen internationalen Störfallskala INES heruntergespielt.

Tepco meldet die Störfälle bislang als Stufe vier – also als „Unfall“ – nach Wien an die dort ansässige IAEA. Die INES-Skala geht bis sieben („Katastrophaler Unfall“), was dem Tschernobyl-Unfall entspricht. Selbst der Störfall 1979 in Harrisburg ist mit fünf („Ernster Unfall“) bisher höher eingestuft als die Vorfälle in Fukushima. Die französische Atomsicherheit ist der Ansicht, die Ereignisse in Fukushima müssen auf Stufe sechs statt auf Stufe vier eingeordnet werden. Für die französische Regierung verliert Japan die Kontrolle über die Reaktoren.

## Japan – Das Erdbeben und die Kernkraftwerke



**54 Kernkraftwerksblöcke** mit rund 49 GW Leistung sind in Japan am Netz. Der größte Teil von ihnen liegt eher geschützt am Japanischen Meer. Das pazifische Seebeben vom 11. März hatte vor allem Auswirkungen auf vier Standorte: Fukushima Daiichi (sechs Reaktoren), schwere Schäden in den Reaktoren 1 bis 4), Fukushima Daini (vier Reaktoren), auf den Reaktor in Tokai (zwei Dieselgeneratoren ausgefallen, ein Dieselgenerator funktionsfähig, von zwei Pumpen zur Kühlung steht eine nicht zur Verfügung) und drei in Onkagawa (Brand in der Turbinenhalle). Das Problem bei Fukushima Daiichi: Das Erdbeben kappte die Stromversorgung, der anschließende Tsunami flutete aufgrund von niedriger Schutzmauern auch die Notstromdieselaggregate für die Kühlung. Die Lage in Fukushima Daini gilt als „stabil“. Eine Stromversorgung aus dem Netz ist vorhanden. Zwar überschwemmte das Meerwasser hier Neben Kühlwasserpumpen, doch konnten diese repariert werden. (Informationsstand: 16. 3. 2011) ep/swe

# „Wir müssen jede der 17 Anlagen einzeln auf den Prüfstand stellen“

**KERNENERGIE:** Interview mit dem Atomexperten und Chef des Öko-Instituts, Michael Sailer, zur Sicherheit deutscher Kernkraftwerke.

**VDI NACHRICHTEN:** Herr Sailer, was unterscheidet Deutschlands Kernkraftwerke von den japanischen?

**SAILER:** Grundsätzlich haben beide Länder ähnliche Bautypen, an die auch ungefähr die gleichen Sicherheitsstandards angelegt werden. Japanische Reaktoren sind aber wesentlich stärker auf Erdbebensicherheit ausgerichtet. Hier wie dort gibt es Unterschiede zwischen älteren und neueren Anlagen.

**Wenn es zum Störfall kommt. Was sind die zentralen Säulen im Sicherheitssystem?**

Zunächst natürlich die Schnellabschaltung, die in Fukushima ja offenbar auch funktioniert hat. Danach müssen die Not- und Nachkühlssysteme und die Notstromversorgung greifen. Versagen sie – wie jetzt in Japan –, schmelzen die Brennstäbe im Reaktorkern.

**Die deutschen Kernkraftwerke sollen nun auf den Prüfstand. Wie soll das in der Praxis ablaufen?**

Wir müssen jede der 17 Anlagen einzeln auf den Prüfstand stellen, da die sicherheitstechnischen Details in unseren Anlagen sehr unterschiedlich sind. Zentral werden dabei sicher Fragen der möglichen Mehrfachaus-

fälle bei Stromversorgung der Sicherheitssysteme und bei der Notkühlung sein. Potenzielle Ursachen können Ereignisse wie Hochwasser, Brände, Flugzeugabsturz, böswillige Einwirkungen, interne Überflutungen in der Anlage sein, aber auch Dinge wie nicht identifizierte Konstruktionsfehler oder Fehler bei der Instandhaltung. Eine Fehlerquelle kann auch das Zusammenwirken von ursprünglichen Teilen und später ersetzten oder nachgerüsteten Teilen sein; eine Situation, wie sie bei 22 bis 37 Jahre alten Anlagen ja unvermeidlich besteht. Für Neckarwestheim, Philippsburg und Biblis muss auch die Frage der genügenden Erdbebenauslegung auf den Prüfstand, wegen der dort für europäische Verhältnisse höheren Erdbebengefährdung. Und wir müssen für die Beurteilung des Ganzen die sicherheitstechnischen Maßstäbe definieren.

**Ist der aktuellste Stand überhaupt umsetzbar?**

Das ist eine spannende Frage, der sich nach der Überprüfung die Betreiber und die zuständigen Behörden stellen müssen. Wenn der Maßstab für den modernsten Stand allerdings das Kernkraftwerk wäre, das gerade im finnischen Olkiluoto gebaut wird, wird das bei den Anlagen hierzulande kaum möglich sein.

Für die jetzt angesetzte Überprüfung muss deswegen ein aktueller Sicherheitsmaßstab aufgestellt werden, der natürlich auch die Lehren aus Fukushima enthält, aber auch alle anderen neueren Erkenntnisse.

**JUTTA WITTE**



„Für die jetzt angesetzte Überprüfung muss ein aktueller Sicherheitsmaßstab aufgestellt werden, der auch die Lehren aus Fukushima enthält.“

Michael Sailer, Chef des Öko-Institut e. V.



Nuclear Power Station	4	5	6
	2381		
BWR-4	BWR-4	BWR-4	BWR-5
Outage	Outage	Outage	Outage
No fuel rods	Not Damaged	Not Damaged	Not Damaged
Not Damaged	Not Damaged	Not Damaged	Not Damaged
Not necessary	Not necessary	Not necessary	Not necessary
Not necessary	Not necessary	Not necessary	Not necessary
Severely Damaged	Not Damaged	Not Damaged	Not Damaged
Safe	Safe	Safe	Safe
Safe	Safe	Safe	Safe
Safe	Safe	Safe	Safe
Not necessary	Not necessary	Not necessary	Not necessary
Not necessary	Not necessary	Not necessary	Not necessary
Not necessary	Not necessary	Not necessary	Not necessary
Level Low, Preparing Water Injection	Pool Temp. Increasing	Pool Temp. Increasing	
Damage to Fuel Rods Suspected			
0.1 Sv/h at 14:30, Mar. 16			

So wurde zuletzt 2007 die GRS-Sicherheitsstudie A-3291 für Siedewasserreaktoren der „Baulinie 69“ veröffentlicht. Darunter fällt neben deutschen Reaktoren Isar 1, Brunsbüttel, Philippsburg 1 und Krümmel auch das nie in Betrieb genommene österreichische Kernkraftwerk Zwentendorf.

Genau an diesem nicht radioaktiven Kernkraftwerk hat ein deutsch-österreichisches Team um Wolfgang Kromp von der Universität für Bodenkultur Wien im Auftrag mehrerer österreichischer Bundesländer im vergangenen Jahr einen „Schwachstellenbericht Siedewasserreaktoren Baulinie 69“ erarbeitet. Dessen Ergebnis: „Mit zunehmendem Alter

werden ursprünglich nachgewiesene Sicherheitsabstände kontinuierlich abgebaut; möglicherweise unentdeckt gebliebene Alterungserscheinungen erhöhen die Gefahr schwerer Unfälle.“

Weil man in Zwentendorf „an Schweißnähten unzulässig hohe Materialspannungen festgestellt“ habe, die man aber in laufenden Kernkraftwerken „nicht genau messen kann, schlagen wir vor: abschalten, ja freilich!“, so Kromp gegenüber den VDI nachrichten.

Zumindest für die nächsten drei Moratoriumsmonate hat die deutsche Bundesregierung diese Forderung bereits erfüllt.

HEINZ WRANESCHITZ

## Richtlinien & Fakten

### Erdbebensicherheit von Kernkraftwerken

Anforderungen an Erdbebenauslegung sind in den Sicherheitsrichtlinien und „Empfehlungen zur Bestimmung der seismischen Einwirkungen und der entsprechenden Bemessung von Kernkraftwerken“ der Internationalen Atomenergie Agentur (IAEA) und in länderspezifischen Normen festgelegt. In Deutschland ist dies die Regel KTA 2201 des Kerntechnischen Ausschusses „Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen“.

**Auslegungsgrundlagen von Kernkraftwerken** sind unabhängig von der standortspezifischen Erdbebengefährdung. „In Regionen mit sehr hoher Erdbebengefährdung ergeben sich höhere Beanspruchungen in den einzelnen Baustrukturen und hierdurch größere Querschnittsabmessungen bzw. Bewehrungsmengen“, erläutert Andreas Garg von Hochtief. „Dadurch, dass die gesamte Anlage für diese höheren Lasten ausgelegt wird, ist das Sicherheitsniveau der Anlage jedoch auf gleich hohem Stand wie bei Anlagen in Regionen ohne Erdbebengefährdung.“

**Basis für die Erdbebensicherheit:** Hierfür gelten sogenannte Sicherheitserdbeben mit einer Wiederkehrperiode zwischen 10 000 und 100 000 Jahren. Zusätzlich zu den seismologischen Standortdaten sind für die Erdbebenauslegung die bodendynamischen Kennwerte des Baugrunds nötig. Sie sind in der Regel Teil des Bodengutachtens am Standort.

**Reaktorschnellabschaltung (Resa):** „Kernkraftwerke werden“, so Garg, „mit Beschleunigungsmessgeräten ausgestattet, die im Fall bedeutender seismischer Einwirkungen eine Reaktorschnellabschaltung (Resa) auslösen.“ Werden wichtige Grenzwerte im nuklearen oder konventionellen Bereich erreicht oder fallen wesentliche Anlagenteile aus, so erfolgt automatisch eine Schnellabschaltung. Diese kann zusätzlich auch manuell von den Operateuren ausgelöst werden.

**Bei Siedewasserreaktoren** werden Steuerstäbe von unten in den Reaktor eingefahren. Im Normalbetrieb erfolgt dies durch elektrische Antriebe. Für die Schnellabschaltung steht ein unabhängiges, hydraulisches System zur Verfügung. Dabei gilt das sogenannte Fail-safe-Prinzip; das heißt, beim Ausfall zum Beispiel der Energieversorgung läuft die Schnellabschaltung durch in Drucktanks gespeicherte Energie automatisch ab. Sollte der gesamte Steuerstabsmechanismus ausfallen, kann die Kernreaktion auch durch eine Borsäureeinspeisung unterbrochen werden.

**Störfall in Japan:** „Das Erdbeben mit der Stärke 9,0 hat das Stromnetz und nahezu die gesamte Infrastruktur zerstört“, erklärt Dieter Marx, Generalbevollmächtigter des Deutschen Atomforums. „Der anschließende Tsunami führte zu einem Ausfall der Notstromanlage und des Kühlsystems.“ Eine Verkettung eines derart starken Erdbebens mit einem schweren Tsunami ist für Marx in Deutschland nicht vorstellbar. Deutsche Kernkraftwerke seien so ausgelegt, dass die Schutzziele auch bei starken Erdbeben eingehalten würden.

**Sicherheitssysteme:** Die grundsätzliche Funktionsweise japanischer und deutscher Siedewasserreaktor-Sicherheitssysteme ist vergleichbar. Unterschiede bestehen in der konkreten technischen Ausführung und den Details, die radioaktive Stoffe zurückhalten und die Brennelemente kühlen sollen.

„Der wesentliche Unterschied zu jüngeren Anlagen besteht in der Anzahl der Stränge der Sicherheitssysteme“, so Marx. „Die beiden japanischen Anlagen verfügen über zwei Stränge, während in deutschen Kernkraftwerken dieser Bauart vier Stränge vorgehalten werden. Darüber hinaus gibt es Unterschiede bei der Bauart der Sicherheitsbehälter, die die radioaktiven Systeme einschließen und die Hauptbarriere zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe bilden.“ In den deutschen Kernkraftwerken stehen mehr Dieselgeneratoren als in den betroffenen japanischen Anlagen zur Verfügung. Darüber hinaus sind in den deutschen Anlagen Anschlussstellen vorhanden, an die externe, transportable Generatoren angeschlossen werden können.

**Nachwärmeabfuhr:** Eine Kühlung der Brennelemente ist auch nach einer Unterbrechung der Kettenreaktion weiterhin nötig, weil der Brennstoff radioaktive Zerfallsprodukte enthält, die wegen ihrer Radioaktivität eine zunächst starke Wärmeleistung entwickeln. Unmittelbar nach Beendigung der Kettenreaktion beträgt die thermische Leistung noch 5 % bis 10 % der Reaktorleistung und nimmt dann rasch ab.

**Ausfallen der Nachwärmeabfuhr:** „Im Fall dauerhaft nicht ausreichender Nachkühlung verdampft Kühlmittel. Der dabei entstehende Dampf muss zur Druckentlastung aus dem Kühlkreislauf in das Containment abgegeben werden und von dort bei drohender Überlastung des Containmentbehälters kontrolliert über Filter an die Umgebung abgeführt werden“, erklärt Dieter Marx. „Wenn der Wasserstand im Reaktordruckbehälter zu stark absinkt, Brennelemente von oben beginnend freigelegt werden und auch die Kühlung durch den vorbeiziehenden Dampf nicht mehr ausreicht, würde der Prozess der Kernschmelze beginnen.“

ECKART PASCHKE