

# Fukushima zwei Jahre nach dem Tsunami – Konsequenzen weltweit

Ludger Mohrbach

*Die Zerstörung von vier Blöcken des Kernkraftwerks Fukushima-Daiichi durch den Tsunami vom 11.3.2011 hat zu erheblichen Auswirkungen auf die Energiepolitik geführt – insbesondere in Deutschland. Umfangreiche Sicherheitsüberprüfungen der Kernkraftwerke in aller Welt haben inzwischen ergeben, dass nirgendwo außerhalb Japans aufgrund von evtl. vergleichbaren Auslegungsdefiziten wie in Fukushima-Daiichi auch nur vorübergehend Anlagen vom Netz genommen werden mussten. Während Deutschland als einziges Land der Welt Anlagen stillgelegt und einen kurzfristigen Ausstieg beschlossen hat, werden alle anderen 30 Kernenergie betreibenden Länder der Welt ihre Anlagen bis zum technischen Lebensdauerende von mindestens 40, in den meisten Fällen 60 Jahren weiter betreiben. Die allermeisten dieser Länder werden darüber hinaus ihre Anlagen durch Neubauten ersetzen bzw. ausbauen; mindestens sieben weitere Länder haben beschlossen, in die Kernenergie einzusteigen.*

Trotz der Kernschmelze von drei Reaktoren und einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in der Größenordnung von einem Zehntel der aus Tschernobyl 1986 freigesetzten Menge waren in Japan keine strahlenbedingten Akutschäden zu verzeichnen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit werden auch keine strahlenbedingten Spätschäden auftreten. Allerdings werden zusätzliche Folgen für die Gesundheit der Betroffenen infolge der Tsunami- und strahlenschutzbedingten Umsiedlungen erwartet. Der volkswirtschaftliche Schaden durch den Ausstieg aus der Kernenergie in Deutschland wird nach vorsichtigen Schätzungen vergleichbar sein mit dem durch Fukushima in Japan verursachten Schaden.

## Der Tsunami in Fukushima

Am 11.3.2011 riss die Erdkruste 30 km unter dem Meeresspiegel und 130 km östlich der auf der japanischen Hauptinsel Honshu gelegenen Stadt Sendai. Dort driftet die pazifische Kontinentalplatte mit einer Geschwindigkeit von 83 mm pro Jahr auf die eurasische Platte zu. Der Riss breitete sich mit einer Geschwindigkeit von mehreren Kilometern pro Sekunde nach Norden und Süden aus, nach wenigen Minuten war eine Bruchfläche von 200 x 500 km mit einer zentralen Plattenverschiebung von mehr als 20 m entstanden. Japan war näher an Amerika gerückt, aber auf einen Schlag waren auch 200 km<sup>3</sup> Wasser im Pazifik zu viel. Dieses Wasser konnte nur nach oben ausweichen – ein verheerender Tsunami entstand.

Weniger als eine Stunde nach dem Seebeben trafen mehrere Wellen die Nordostküste



Der entscheidende Faktor für den Unfalleintritt in Fukushima war eine unzureichende Auslegung gegen große, aber für Japan nicht seltene Tsunamis  
Foto: Tepco

Honshus. Auf einer Breite von 400 km wurden Überflutungshöhen von 10 m und mehr erreicht, im Maximum fast 40 m. Städte und Dörfer wurden überspült, teilweise Kilometer von der Küstenlinie entfernt. Nach offiziellen Angaben forderte dieser Tsunami bis heute 19 294 Tote und Vermisste. Bereits das Seebeben zerstörte auch das lokale Stromversorgungsnetz durch Erdrutsche, geknickte Hochspannungsmasten und Kurzschlüsse.

Das Beben war mit einer Magnitude von 9,0 das stärkste jemals in Japan gemessene und das fünftstärkste weltweit. Alle Kraftwerke an der Nordostküste von Honshu trennten sich vom Netz, unter ihnen elf Kernkraftwerksblöcke an den vier Standorten Tokai,

Fukushima-Daiichi, Fukushima-Daiichi und Onagawa. Die Bodenbeschleunigungen überschritten die Auslegungswerte der Anlagen nur in wenigen Fällen geringfügig (maximal 25 %). Die robusten Kernkraftwerke haben das Erdbeben wahrscheinlich ohne wesentliche Beschädigungen überstanden (in anderen Fällen bei Beschleunigungen zwei- bis dreifach über der Auslegung) und schalteten die notwendige Nachkühlung ihrer Reaktorkerne erfolgreich auf ihre Notstromdieselversorgungen um.

Wie auch am weiter entfernten Standort Tokai erreichte der Tsunami im relativ neuen, auf einer Höhe von 15 m über dem Meer errichteten Kernkraftwerk Onagawa das

Kraftwerksgelände knapp nicht. Anders an den beiden Fukushima-Standorten, die bei Geländehöhen von 10 m bis zu 4 m überflutet wurden.

Die Notstromdiesel der Fukushima-Anlagen (die mit sechs plus vier Blöcken mit zusammen 8 947 MWe das leistungsstärkste Kernkraftwerk der Welt bildeten) waren nicht – wie z. B. in Deutschland – gegen derartige Überflutungen gesichert und verbunkert. Die Notstromdiesel befanden sich in den Maschinenhauskellern, deren Türen als einfache Rolltore ausgeführt waren, die vom Wasser eingedrückt werden konnten (vgl. Abb. 1). Während in Fukushima-Daini die Stromversorgung noch aufrechterhalten werden konnte, versagten von den dreizehn Dieseln am Standort Fukushima-Daiichi zwölf durch Kurzschlüsse (in Deutschland verfügt jeder Block über sechs bis acht fest installierte Diesel oder äquivalente Lösungen). Aus den drei in Fukushima in Betrieb befindlichen Reaktoren und vier Lagerbecken mit abgebrannten Brennelementen konnte nachfolgend die Restwärme nicht mehr abgeführt werden, die Reaktoren dampften aus.

Eine Stunde nach Abschaltung bestand die durch radioaktiven Zerfall der Spaltprodukte erzeugte Nachzerfallwärme zwar nur noch aus wenigen Prozent der betrieblichen Leistung, dies entsprach jedoch noch zweistelligen Megawattbeträgen pro Block. Einspeisungen von Frisch- und später Meerwasser über Feuerweerpumpen kamen zu spät, bei Temperaturen über 900 °C oxidierte das Hüllrohrmaterial der freigelegten Brennstäbe mit dem Wasserdampf und setzte dabei Wasserstoff frei, der zu Explosionen in den Blöcken 1, 3 und 4 sowie wahrscheinlich einer Deflagration im Block 2 führte. Heute gilt durch Rechnungen bestätigt, dass der keramische Uran-Brennstoff der Blöcke eins bis drei weitgehend geschmolzen ist und sich nach Durchschmelzen der Reaktordruckbehälter auf die Böden der Reaktorgruben verlagert hat. Dort hat er wahrscheinlich den mehrere Meter dicken Beton bis in eine Tiefe von ca. einem Meter aufgeschmolzen.

## Radiologische Auswirkungen in Japan

Während dieser Vorgänge, die über wenige Stunden und Tage abliefen, wurden gas-

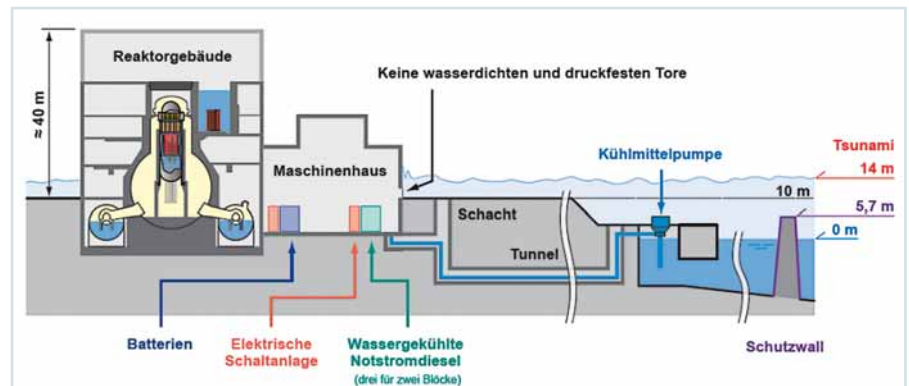


Abb. 1 Querschnitt durch Fukushima-Daiichi, Tsunamihöhe 14 m

Quelle: JANTI

und aerosolförmige Spaltprodukte in die Atmosphäre und den Pazifik freigesetzt. Die luftgetragenen Stoffe wurden aufgrund einer vorherrschenden Westwindwetterlage (bis auf eine kurze Phase am 13.3.2011 mit Südostwind) auf den Pazifik hinausgetragen und verdünnten sich schnell, ebenso wie die wassergetragenen Emissionen im Meerwasser.

Radioaktive Isotope mit kurzen Halbwertszeiten (hier relevant: Stunden) weisen eine hohe Radioaktivität auf, sind aber auch entsprechend schnell zerfallen. Lange Halbwertszeiten (z. B. im Bereich von Jahren) gehen mit geringeren Aktivitäten einher, und sind daher radiologisch akut weniger bedeutsam.

Bedeutsam für die Bewertung der Strahlenexposition des Kraftwerkspersonals und der Zivilbevölkerung sind daher vorrangig die – zu wenigen Prozent des jeweiligen Inventars freigesetzten – sog. „Leitnuklide“ Jod, Strontium und Cäsium mit Halbwertszeiten im Bereich von Tagen bis zu dreißig Jahren. Während das Kraftwerkspersonal dosimetrisch überwacht wurde, die Exposition als (kumulierte) Einmalbelastung zu verstehen ist und bedingt Schutzmaßnahmen Anwendung fanden, ordnete die Regierung zur Vermeidung von unzulässigen Dauerexpositionen die Evakuierung bzw. Vorsichtsmaßnahmen für die Bevölkerung im Radius von 20 bzw. 30 km um den Standort an.

Die Messungen, Aufzeichnungen und Bewertungen zeigen inzwischen, dass keine akuten Strahlenschäden zu verzeichnen sind. Der durch Fahrlässigkeit bei den

Schutzmaßnahmen höchstbelastete Arbeiter (678 mSv) wurde nach wenigen Tagen wieder aus dem Krankenhaus entlassen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit werden auch keine Spätschäden auftreten. Insgesamt erhielten nur sechs der zu zehntausenden eingesetzten Arbeiter Strahlendosen über der (von der Regierung von 100 auf 250 mSv angehobenen) zulässigen Dosis (161 Arbeiter erhielten Dosen zwischen 100 und 250 mSv) [1].

Die Zivilbevölkerung erhielt dank der Evakuierungen weit geringere Strahlendosen, der höchstbelastete Fall wurde unter sehr konservativen Annahmen zu 68 mSv berechnet. Gleichwohl stellt der Untersuchungsbericht des japanischen Parlaments fest, dass die drohende Gefahr, die Evakuierungen und die chaotische Informationspolitik der Regierung zu unvergleichlich schwerwiegenderen psychosomatischen Belastungen und zusätzlichen Unfällen geführt haben [2].

In Bezug auf mögliche Langzeitschäden ist ebenso einzuordnen, dass nach der von der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP angewendeten, konservativ alle Risiken abdeckenden linearen Dosis-Wirkungs-Beziehungsrechnung die 678 mSv-Dosis des höchstbelasteten Arbeiters sein persönliches Risiko, an Krebs zu erkranken, von z. B. 25 % (Durchschnittswert für nichtrauchende Japaner) auf ca. 32 % erhöhen wird (Vergleichswert für rauchende Japaner: 35 %). Zusätzlich wurden Langzeit-Überwachungsprogramme gestartet, u. a. in Bezug auf Schilddrüsenerkrankungen, die von kurzlebigen radioaktiven Jod ausgelöst werden können.

Inzwischen hat die Regierung große Teile der Evakuierungszonen wieder zum Betreten oder auch für den Daueraufenthalt freigegeben, besonders belastete Gebiete im Nordwesten außerhalb der 30 km-Zone allerdings auch zusätzlich gesperrt. In allen betroffenen Gebieten sind umfangreiche Dekontaminationsmaßnahmen angelaufen, so dass in naher Zukunft weitere Gebiete freigegeben werden sollten. Insgesamt hat der Betreiber des Kernkraftwerks Tokio Electric (Tepco) bis Ende 2012 über 100 Mrd. € für Entschädigungen, Stilllegungs- und Dekontaminationsmaßnahmen ausgegeben.

In den Fukushima-Kraftwerken sind vier Personen zu Tode gekommen (ein erdbebenbedingter Kranabsturz, zwei Ertrunkene und ein Herzinfarkt während der Aufräumarbeiten), ungefähr dreißig weitere sind verletzt worden, weitgehend durch die Wasserstoffexplosionen. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die durch die Kernkraftwerke verursachten gesundheitlichen Konsequenzen nicht vergleichbar mit denen des Tsunamis sind.

## Maßnahmen nach dem Unglück

Tepco hat einen ausführlichen Plan für die Sicherung des Kraftwerkstandorts vorgelegt [3]. Die anfängliche Verdampfungskühlung der Schmelzen konnte nach Wiederherstellung der Stromversorgung durch Kreislaufkühlung ersetzt werden. Hierzu wurden umfangreiche Reinigungsanlagen installiert, die das Wasser aus den Gebäudekellern (über 100 000 t) entnehmen und gereinigt zum Teil wieder den Reaktoren zuleiten. Die Kreislaufkühlung hat entscheidend die Freisetzungsraten reduziert und



Abb. 2 Geplante Gebäudehülle für Block 4  
Quelle: Tepco/WNA

ermöglicht, den Salzgehalt des Wassers und damit die Korrosionsgefahr zu verringern.

Weiterhin unklar ist der Grund für die Explosion in Block 4. Die zunächst befürchtete Zerstörung von Brennelementen mindestens im Lagerbecken von Block 4 nach Ausdampfen oder leckbedingtem Wasserverlust erscheint inzwischen unwahrscheinlich. Fotos zeigen eine intakte Lagergestelle mit sichtbaren Brennelementköpfen. Die ca. 1 500 Brennelemente in diesem Lagerbecken sollen bis Ende 2014 geborgen und mithilfe von zwei Transportbehältern in das (unbeschädigte) zentrale Nasslager am Standort (Entfernung ca. 50 m) verbracht werden.

Nach inzwischen abgeschlossener Beseitigung der Trümmer auf dem Gelände gibt Tepco als mittel- bis langfristige Maßnahme die Wiederherstellung der Begehrbarkeit der Maschinen- und Reaktorgebäude an. Hierzu musste zunächst auch die Lagerbeckenkühlung wieder auf Kreislaufbetrieb umgestellt werden, um die Lagerbeckentemperaturen und die fast hundertprozentige Luftfeuchtigkeit in den Gebäuden deutlich zurückzuführen. Die Entscheidung über die weiteren Maßnahmen kann allerdings erst erfolgen, wenn genauere Kenntnisse über den Zustand des geschmolzenen Brennstoffs und der Lagerbecken vorliegen. Für Arbeiten in Bereichen hoher Ortsdosisleistung stehen Fernhantiersysteme zur Verfügung.

Die durch die Wasserstoffexplosionen zerstörten Reaktorgebäude der Blöcke 1, 3 und 4 wurden bzw. werden mit zusätzlichen Gebäudehüllen umgeben, die unter Unterdruck gehalten werden können und somit eine weitere unkontrollierte Freisetzung von Radioaktivität verhindern (vgl. Abb. 2).

## Ursache: Kein Restrisikoereignis, sondern Fahrlässigkeit

Inzwischen steht die Ursache für das Fukushima-Unglück fest: Auslöser war nicht das Erdbeben, die Sicherheitstechnik der Anlagen oder Fehler der Betriebsmannschaft, sondern einzig die mangelhafte Auslegung gegen hohe, zu erwartende Tsunamis. Schon mit wenigen nicht aufwendigen Maßnahmen, wie z. B. wasserfesten Maschinenhaustüren, hätte Fukushima-Daiichi in den weltweiten Abendnachrichten des 11.3.2011 keine besondere

Erwähnung mehr gefunden. Dies hätte nur Onagawa erreicht, wo in einem der drei Blöcke im nichtnuklearen Teil ein Feuer ausbrach, das jedoch schnell gelöscht werden konnte.

Insbesondere ist damit klar, dass es sich nicht, wie in der Begründung für das deutsche Atomausstiegsgesetz angegeben, um ein „Restrisikoereignis“, also ein sehr seltenes, höchstens einmal in 10 000 bzw. 100 000 Reaktorbetriebsjahren (Überflutungen bzw. Erdbeben) stattfindendes, und daher durch die Anlagenauslegung nicht abzudeckendes Ereignis gehandelt hat. In den letzten 500 Jahren haben mindestens 16 Tsunamis mit Wellenhöhen über 10 m japanische Küsten getroffen – alle 30 Jahre einer. Die Nordostküste Honshus war zuletzt um Christi Geburt, 869, 1611, 1896 und 1933 betroffen.

In Japan erfolgte die Festlegung der Auslegungsgrenzen u. a. für Erdbeben und Tsunamis in den 1960er Jahren. In dieser Zeit wurde auch mit dem Bau des Kernkraftwerks Fukushima begonnen. Während die Erdbebenauslegung stets große Reserven aufwies und im Laufe der Jahre neuen Erkenntnissen angepasst wurde, erfolgte die Tsunami-Auslegung gegen die für den jeweiligen Standort bekannte historisch maximale Wellenhöhe mit jeweils einer geringen, nicht systematisch festgesetzten Reserve. Abschätzungen, welche Wellenhöhen realistischere auftreten könnten („probabilistischer Ansatz“) haben bis 2011 keinen Eingang in die behördliche Aufsichtspraxis und damit Anlagenauslegung gefunden.

Damit liegt grobe Fahrlässigkeit vor, bestätigt durch eine (zum ersten Mal in der Geschichte Japans) vom japanischen Parlament eingesetzte Untersuchungskommission („NAAIC-Report“): *„What must be admitted – very painfully – is that this was a disaster ‚Made in Japan‘. Its fundamental causes are to be found in the ingrained conventions of Japanese culture: our reflexive obedience; our reluctance to question authority; our devotion to ‚sticking with the program‘; our groupism; and our insularity. Had other Japanese been in the shoes of those who bear responsibility for this accident, the result may well have been the same“* [2].

Das standortspezifische Risiko in Fukushima wird quantitativ nachvollziehbar durch einen

Vergleich mit den Ergebnissen der weltweit für Kernkraftwerke in der Regel alle zehn Jahre durchgeführten „Probabilistischen Sicherheitsanalysen“, in denen die jeweilige Eintrittswahrscheinlichkeit für einen Kernschmelzunfall ermittelt wird (vgl. Abb. 3). Die Abbildung zeigt insbesondere auch die Fortschritte bei der integralen Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit. Alle zehn Jahre hat das Risiko einer Kernschmelze weltweit um den Faktor zehn abgenommen, jedoch nicht in Fukushima. Dort war es seit 1971, der Inbetriebnahme des ersten Blocks vorhanden. Die Grafik zeigt auch, wie weit das Risiko für Fukushima-Daiichi vom Restrisiko-Bereich (grün) entfernt liegt.

## Ökonomische Konsequenzen für Japan

Nach dem Tsunami gingen die ca. 30 (von insgesamt 54) weiterhin in Betrieb befindlichen Reaktoren nach und nach zu ihren regulären Brennelementwechseln innerhalb eines Jahres vom Netz. Bis auf Ohi-3 und -4, die Kansai Electric dringend zur Deckung akuter regionaler Versorgungsengpässe benötigte, haben bisher keine weiteren Kernkraftwerke die Erlaubnis zum Wiederanfahren bekommen. Die fehlende Kapazität (vor dem Erdbeben betrug der Kernenergieanteil ca. 25 %) muss seitdem durch Verbrauchseinschränkungen, intensive Nutzung der fossil befeuerten Reservekapazitäten (unter Einschluss der ebenfalls vom Tsunami zerstörten, jedoch innerhalb von wenigen Wochen bis Monaten reparierten Kraftwerke an der Nordostküste von Honshu) und damit mit massiv gestiegenen Importen von Steinkohle und Flüssiggas ausgeglichen werden. Die Kosten alleine für Flüssiggasimporte haben sich von 20 auf 50 Mrd. € pro Jahr erhöht. Die japanische Außenhandelsbilanz wies daher bereits 2011 zum ersten Mal seit 30 Jahren ein Defizit auf, das sich 2012 auf 58 Mrd. € erhöhte (Gesamtexporte 2012: 538 Mrd. €). Für die Entschädigung der Fukushima-bedingten Evakuierungsoffer und die Aufräum- und Dekontaminationsarbeiten haftet Tepco. Aufgrund mangelnder Versicherungsdeckung wurde Tepco inzwischen wieder rückverstaatlicht.

In den Wahlen am 16.12.2012 wurde die Mitte-Links-Regierung unter Ministerpräsident Noda, der für den langfristigen Verzicht auf

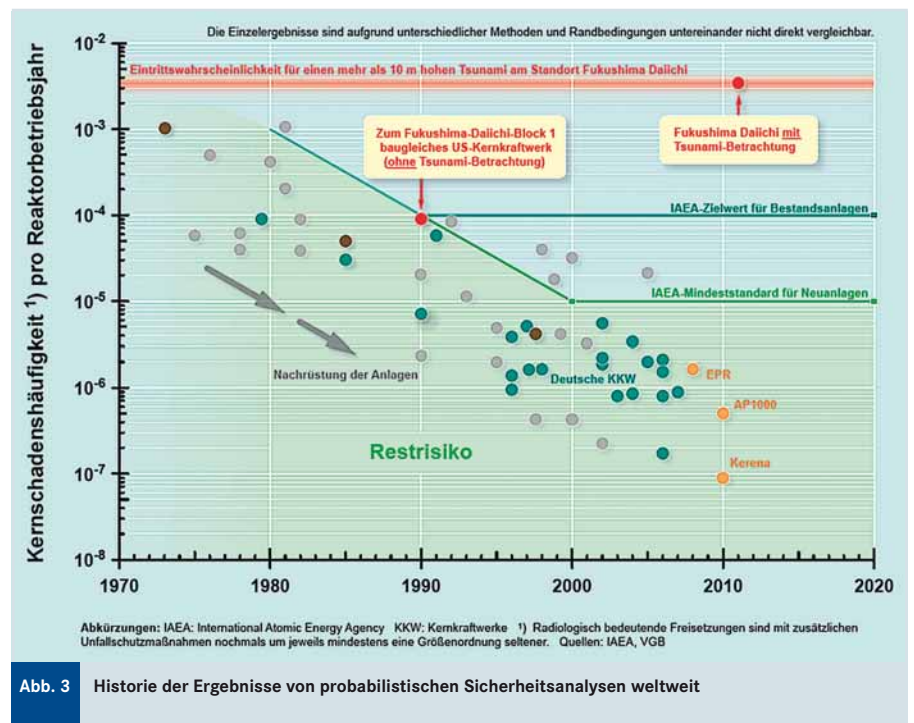


Abb. 3 Historie der Ergebnisse von probabilistischen Sicherheitsanalysen weltweit

Kernenergie plädiert hatte, mit deutlicher Zweidrittel-Mehrheit durch eine Koalition unter Liberaldemokratischer Führung abgelöst. Der neue Ministerpräsident Abe kündigte am 27.12.2012, drei Tage nach seiner Amtsübernahme und am ersten Arbeitstag der Regierung an, dass als sicher einzustufende Kernkraftwerke in den kommenden drei Jahren wieder in Betrieb genommen werden, sobald die neue Aufsichtsbehörde ihre Funktion erfüllen können wird. Auch im Bau befindliche Anlagen (derzeit zwei) können weitergebaut werden. Allerdings sind Wiederinbetriebnahmen in Japan traditionell auch abhängig von der Zustimmung von lokalen Behörden. Abzusehen sind daher langwierige politische Abstimmungsprozesse für jede einzelne Anlage.

## Weltweite Reaktionen

Nach dem Fukushima-Ereignis war in den Ländern, in denen Kernkraftwerke betrieben und/oder gebaut werden, den Regierungen und Betreibern klar, was zu tun war: Prüfen, ob die eigenen Anlagen gegen Tsunamis richtig geschützt sind, und prüfen, ob andere Gefährdungen (mit sog. „Cliff-edge“-Potenzial) existieren könnten.

In Deutschland veranlasste die Bundesregierung unmittelbar über die Reaktorsicherheitskommission eine Sicherheitsüberprüfung aller (auch der abgeschalteten) Anlagen. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass innerhalb der definierten Risikovor-

sorge (d. h. unterhalb des Restrisikos) keine Defizite existieren und die Anlagen darüber hinaus in unterschiedlichem, häufig erheblichem Maß zusätzliche Robustheit gegenüber auslegungüberschreitenden Ereignissen besitzen. Auch gegen alle anderen denkbaren Gefährdungen sind die Anlagen korrekt ausgelegt. Zeitlich kurz darauf wurden die deutschen Anlagen wie alle anderen europäischen Anlagen mit einem Aufwand von rd. 500 Mannjahren dem „EU-Stresstest“ unterzogen.

Nach monatelanger Untersuchung, Prüfung und Quervergleichen stellte die von der EU mit der Durchführung betraute European Nuclear Regulators Group ENSREG fest, dass ebenfalls für alle europäischen Anlagen die Anforderungen richtig formuliert sind und erfüllt werden. Es wurde außerdem festgestellt, dass rund die Hälfte der untersuchten Anlagen in Europa nicht über alle dem „Restrisikobereich“ zuzurechnenden Sicherheitseinrichtungen wie gefilterte Containment-Druckentlastungssysteme oder Wasserstoff-Abbausysteme verfügten. Diese Systeme, die in Fukushima die Evakuierungen überflüssig gemacht hätten, waren



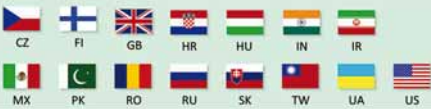





Strategie	Land
Kernenergieeinstieg	
Kernenergieländer mit neuen Projekten nach Fukushima	
Kernenergieländer, alle mit weiter bestehenden Neubauprogrammen (keine Änderung der Kernenergiepolitik)	
Neubau-Moratorium	
Noch nicht entschieden	
Restlaufzeiten	
Aufgabe der Wiedereinstiegspläne	
Stilllegung laufender Anlagen	

Abb. 4 Kernenergiepolitik weltweit nach Fukushima

u. a. in deutschen Anlagen auch vor dem Ereignis bereits flächendeckend vorhanden.

Weitere Empfehlungen betreffen die weitere Verstärkung der Notfallschutzeinrichtungen wie zusätzliche mobile Notstromdiesel, diversitäre Wärmesenken, verstärkte Batteriekapazitäten zur Notstromversorgung der Instrumentierung, zusätzliche Kühlmittel-einspeisemöglichkeiten für Reaktoren und Lagerbecken sowie zum Strahlenschutz. Diese sind inzwischen in den meisten Ländern umgesetzt. All diese waren in Deutschland bereits vor Fukushima weitgehend vorhanden, auch in den inzwischen stillgelegten Anlagen.

Weltweit haben die meisten Regierungen damit besonnen auf das Fukushima-Ereignis reagiert (vgl. Abb. 4), indem zuerst die Situation analysiert, bewertet und daraus Konsequenzen gezogen wurden. Bemerkenswert ist, dass seitdem eine Vielzahl von Ländern den Einstieg bzw. neue Projekte angekündigt hat. Andere, wie z. B. China, das 28 Blöcke im Bau und über 150 in der Planung hatte, hatten zunächst ein Moratorium für Neugenehmigungen erlassen. Der Bau oder gar Betrieb von Anlagen wurde nicht unterbrochen. Nach Prüfung aller Umstände wurde das Moratorium Ende 2012 wieder aufgehoben, seitdem ist bereits wieder mit dem Bau von sieben neuen Blöcken begonnen worden.

Nach Fukushima hat damit bis heute nur Deutschland laufende Anlagen vorzeitig – und dies mit deutlichem Abstand zur technischen Lebensdauer – vom Netz genommen. Bei einem veranschlagten durchschnittlichen Erzeugungsvorteil von 4 €/kWh und einer Jahresproduktion der Kernkraftwerke von 170 TWh ergibt sich damit gegenüber der weltweit angestrebten Betriebsdauer von 60 Reaktorbetriebsjahren durch die Abschaltung nach weniger als 30 Reaktorbetriebsjahren ein abgeschätzter volkswirtschaftlicher Verlust von rd. 200 Mrd €. In Deutschland galt allerdings schon vor dem Unglück eine Laufzeitbegrenzung auf durchschnittlich ca. 40 bis 44 Jahre.

### Deutscher Alleingang

Der entscheidende Faktor für den Unfallereignis in Fukushima war eine nicht ausreichende Auslegung gegen große, aber für Japan nicht seltene Tsunamis. Damit ist das Ereignis nicht wie in der Begründung für das deutsche Ausstiegsgesetz angegeben dem Bereich des anlagentechnischen Restrisikos zuzuordnen, sondern beruht auf einer unzureichenden Basisauslegung gegenüber Einwirkungen von außen.

Die inzwischen in vielen Ländern durchgeführten Überprüfungen (u. a. die „EU-Stress-

tests“) haben gezeigt, dass vergleichbare Auslegungsdefizite außerhalb Japans nicht vorhanden waren und sind. In Deutschland wurde die Einhaltung aller Anforderungen durch alle Anlagen zusätzlich durch die „RSK-Sicherheitsüberprüfung“ bestätigt. Es bestand und besteht demnach aus sicherheitstechnischer Sicht kein Grund, deutsche Kernkraftwerke vorzeitig und dauerhaft abzuschalten. Nirgendwo sonst auf der Welt, auch nicht in Japan, sind derartige Maßnahmen geplant.

### Anmerkungen

[1] Akute Strahlenschäden treten erst über 1 000 mSv auf, tödliche Dosen liegen im Bereich von 4 000-7 000 mSv. Die Gesamtlebensdosis über 70 Jahre aus natürlichen Quellen und medizinischen Anwendungen beträgt weltweit 200-600 mSv, z. B. bei Berufspiloten bis zu 120 mSv mehr.

[2] „NAIIC-Report“, siehe: [http://en.wikipedia.org/wiki/National\\_Diet\\_of\\_Japan\\_Fukushima\\_Nuclear\\_Accident\\_Independent\\_Investigation\\_Commission](http://en.wikipedia.org/wiki/National_Diet_of_Japan_Fukushima_Nuclear_Accident_Independent_Investigation_Commission)

[3] [www.tepco.co.jp](http://www.tepco.co.jp), siehe auch Hintergrund-Informationen auf [www.kit.edu/besuchen/6042.php](http://www.kit.edu/besuchen/6042.php)

### Weitere Literatur

Kuczera, B.; Mohrbach, L.; Tromm, W., Knebel, J.: Fukushima auch in Deutschland? In: Spektrum der Wissenschaft, 8/2011, S. 76-83.

Mohrbach, L.: Unterschiede im gestaffelten Sicherheitskonzept: Vergleich Fukushima Daiichi mit deutschen Anlagen. In: atomwirtschaft atw, 56. Jg. (2011), Heft 4/5, 242ff.

RSK-Stellungnahme, 11.-14.5.2011 (437. RSK-Sitzung): Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan), abrufbar unter: [www.rskonline.de/downloads/rsk\\_sn\\_sicherheitsueberpruefung\\_20110516\\_hp.pdf](http://www.rskonline.de/downloads/rsk_sn_sicherheitsueberpruefung_20110516_hp.pdf)  
<http://www.ensreg.eu/EU-Stress-Tests>

*Dr.-Ing. L. Mohrbach, Leiter Competence Center Kernkraftwerke, VGB PowerTech e. V., Essen*  
[Ludger.Mohrbach@VGB.org](mailto:Ludger.Mohrbach@VGB.org)