

5 Jahre Fukushima – Fragen und Antworten

Am 11.3.2011, um 14:46 Uhr japanischer Ortszeit (6:46 Uhr MEZ), erschütterte ein schweres Erdbeben der Stärke 9,0 die Ostküste Japans. Ein dadurch ausgelöster Tsunami mit Wellen bis zu einer Höhe von 38 Metern führte zu massiven Überschwemmungen sowie zu umfangreichen Zerstörungen von Straßen, Stromversorgung und weiterer Infrastruktur an der japanischen Ostküste. Von Erdbeben und Tsunami waren auch mehrere Kernkraftwerke betroffen, am schwersten der Kraftwerksstandort Fukushima Dai-ichi. Dort kam es in der Folge der Ereignisse zu Kernschmelzen, schweren Wasserstoffexplosionen und gravierenden Freisetzungen von Radioaktivität.

Nachfolgend hat das Öko-Institut die wichtigsten Fragen zum Unfallhergang, dessen heutiger Bewertung sowie zur aktuellen Lage in Fukushima zusammengestellt.

Überblick

1. Was ist vor fünf Jahren, am 11. März 2011, im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi geschehen?.....	1
2. Wer ist für den schwerwiegenden Unfall in Fukushima verantwortlich?	2
3. Wie ist die Situation auf dem Gelände des Kernkraftwerks heute?	2
4. Was wird dort heute noch zur Schadensbegrenzung getan?	3
5. Welche radiologischen Folgen des Unfalls sind heute auf dem Kraftwerksgelände und in der Umgebung zu beobachten?.....	3
6. Wie leben die Menschen, die vor fünf Jahren evakuiert wurden?	4
7. Gibt es heute gesundheitliche Auswirkungen auf die Arbeiter, die seit fünf Jahren auf dem Gelände arbeiten?	4
8. Ist die Strahlenbelastung im Meer vor der Küste von Fukushima nach fünf Jahren noch erhöht?	5
9. Welche Folgen hatte der Unfall für die Energiepolitik in Japan?	5
10. Wie sicher bzw. unsicher sind Lebensmittel in Japan heute?	6

1. Was ist vor fünf Jahren, am 11. März 2011, im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi geschehen?

Infolge von Erdbeben und Tsunami wurde der Standort Fukushima Dai-ichi großflächig überschwemmt und große Teile der Anlagen zerstört. Die zum Zeitpunkt des Erdbebens laufenden Reaktorblöcke wurden sofort automatisch abgeschaltet. Durch das Erdbeben fiel das öffentliche Stromnetz und damit die externe Stromversorgung des Kraftwerks aus. Infolge des Tsunami ging in allen sechs Reaktoren die Kühlwasserversorgung verloren, weiterhin fiel in fünf der sechs Reaktoren von Fukushima Dai-ichi die zuvor automatisch gestartete Notstromversorgung vollständig aus.

Der sogenannte „station blackout“ trat ein. Damit fielen auch die elektrisch angetriebenen Pumpen aus, die zur längerfristigen Nachwärmeabfuhr zwingend benötigt werden. Ersatzaggregate zur Stromversorgung konnten nicht rechtzeitig beschafft und angeschlossen werden. Damit war keine Kühlung mehr möglich, sodass sich das Wasser in den Reaktoren immer weiter aufheizte. Ohne ausreichende Kühlung verdampften die noch vorhandenen Wassermengen in den Blöcken 1 bis 3

von Fukushima Dai-ichi, bis schließlich die Brennelemente nicht mehr mit Wasser bedeckt waren. Danach stieg die Temperatur der Brennelemente sehr stark an.

Durch eine chemische Reaktion der metallischen Brennstabhüllen mit dem Wasserdampf wurden große Mengen Wasserstoff erzeugt. Dieser gelangte durch den hohen Druck in den Reaktoren und bei dem Versuch, Druck aus den Sicherheitsbehältern abzulassen, in das Innere der Reaktorgebäude und kam dort in Kontakt mit Sauerstoff. Dies verursachte eine Reihe von Explosionen, die zu unterschiedlich umfangreichen Zerstörungen in den Kraftwerksblöcken führten. Gleichzeitig erhitzen sich die Brennstäbe soweit, dass es in den Reaktorblöcken 1 bis 3 zu schweren Kernschäden bis hin zur Kernschmelze kam.

[Detaillierte Informationen im Artikel „Fukushima – Unfallablauf und wesentliche Ursachen“, Dr. Christoph Pistner, Öko-Institut, Fachzeitschrift „sicher ist sicher“, 2013](#)

2. Wer ist für den schwerwiegenden Unfall in Fukushima verantwortlich?

Das Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi war für Erdbeben dieser Stärke nicht ausgelegt oder nachgerüstet worden. Auch ein Tsunami war für die sicherheitstechnischen Einrichtungen der Anlage in dieser Schwere bzw. für eine solche Wellenhöhe nicht angenommen worden. Das bedeutet, dass es keine ausreichenden Vorkehrungen gab, einem solchen Beben mit folgendem Tsunami standzuhalten. Das Erdbeben war in der direkten Folge für den Verlust der externen Stromversorgung verantwortlich; der Tsunami ließ die gesamten Nebenkühlwassersysteme sowie weite Teile der elektrischen Energieversorgung der Anlage zusammenbrechen.

Geltende Reaktorsicherheitsprinzipien – wie etwa eine ausreichende räumliche Trennung der Notstromdiesel und Batterien zur Notstromversorgung – waren in der Anlage nicht konsequent umgesetzt. Sowohl seitens der Aufsichtsbehörden als auch des Betreibers der Anlage muss ein mangelndes Sicherheitsbewusstsein sowie ein konkretes Versagen bei der Gewährleistung der Sicherheit der Anlage festgestellt werden. Sie haben neuere Erkenntnisse zur potenziellen Gefährdung des Standorts ignoriert und internationale Empfehlungen, die Sicherheit zu verbessern, nicht umgesetzt. Vielmehr war dem Betreiber nach eigener Aussage daran gelegen, die Kosten niedrig zu halten und Debatten um die Sicherheit der Anlagen zu vermeiden.

Insgesamt hat der Unfall in Fukushima aber auch gezeigt, dass Situationen, die zuvor als unmöglich ausgeschlossen wurden, in der Realität dennoch eintreten können.

3. Wie ist die Situation auf dem Gelände des Kernkraftwerks heute?

Zur Verringerung der Freisetzungen von Radioaktivität und um das Eindringen von Wasser von außen in die beschädigten Gebäudeteile zu verhindern, wurden bis März 2014 die Einhausungen bei den Blöcken 1 bis 4 fertiggestellt. Diese unterscheiden sich in der Umsetzungsart und der gewählten Baukonstruktion. Der Block 1 des Kernkraftwerks Fukushima wurde bereits 2011 komplett eingehaust. Je nach Zustand des Reaktorgebäudes wurden unterschiedliche Stahlkonstruktionen mit Krananlagen zur Bergung der Brennelemente aus dem Kühlbecken bei den Blöcken 1 bis 3 eingebaut. Aus Block 4 wurden alle Brennelemente mithilfe einer neben und über das Reaktorgebäude gebauten Krananlage bereits geborgen. Ein wichtiger Bestandteil der Einhausungen sind Be- und Entlüftungsanlagen, die mit eingebauten Filtern die radioaktiven Stoffe zurückhalten sollen.

Um mittelfristig die Brennelemente aus dem Lagerbecken in Block 1 zu bergen, wird dort die Gebäudehülle derzeit teilweise rückgebaut, um so den Zugang zu den oberen Stockwerken des Blocks 1 zu eröffnen. Ende 2013 konnten Arbeiter die Trümmer des 5. Geschosses des 3. Kraft-

werksblocks beseitigen. Hier befindet sich die Krananlage zum Bergen der Brennelemente aus dem Lagerbecken, die ähnlich wie in Block 4 errichtet werden.

Wo die zum Teil beschädigten Reaktorkerne aus den Blöcken 1 bis 3 genau liegen und wie ihr Zustand ist, ist noch nicht endgültig geklärt. Die ersten Untersuchungen mit Myon-Strahlung von außen, die je nach ihrer Dichte die Konstruktionselemente unterschiedlich durchdringt, zeigten beim Block 1 eine deutliche Verlagerung des Kernes in die unteren Teile der Gebäude. Gleichzeitig sind die Sicherheitsbehälter dieser Blöcke beschädigt, sodass sie undicht sind und Radioaktivität austreten kann.

Auch heute müssen die Blöcke 1 bis 3 weiterhin dauerhaft mit Wasser gekühlt werden, das von außen in die Reaktordruckbehälter eingespeist wird. Durch den Kontakt mit den zerstörten Reaktorkernen wird das Kühlwasser kontaminiert, tritt durch Schäden an den Sicherheitsbehältern aus und sammelt sich in den Kellern der Gebäude. Das kontaminierte Wasser wird anschließend abgepumpt, weitgehend von radioaktiven Stoffen befreit und erneut zur Kühlung in den Reaktoren genutzt. Der so entstandene Kühlkreislauf ist nach außen hin offen und entspricht damit nicht einem normalen Kühlkreislauf.

Weil man heute immer noch nicht hinreichend konkret über den tatsächlichen Zustand der Sicherheitsbehälter und Reaktorkerne Bescheid weiß, ist aus Expertensicht offen, wie sicher der bislang erreichte Betriebszustand wirklich ist. Auch wie sich gar weitere Erdbeben oder andere Naturereignisse auswirken könnten, ist ungeklärt.

4. Was wird dort heute noch zur Schadensbegrenzung getan?

Zurzeit und in den kommenden Jahrzehnten müssen umfangreiche Arbeiten zum Rückbau der Gebäude sowie zur Bergung der Brennstäbe stattfinden. Experten rechnen damit, dass es dreißig bis vierzig Jahre dauern wird, sämtliches nukleares Brennmaterial aus den Blöcken 1 bis 3 aufzufinden und sicher zu bergen. Dafür müssen zunächst die Reaktorgebäude selbst aufgeräumt und dekontaminiert werden. Siehe dazu auch Frage 3.

Zunächst sind die Brennelemente aus den Lagerbecken zu sichern. Danach kann damit begonnen werden, den Brennstoff aus den zerstörten Reaktordruckbehältern zu holen. Die Sicherheitsbehälter müssen repariert und mit Wasser geflutet, beide Behälterarten geöffnet, der Brennstoff sicher verpackt und entfernt werden. Über das genaue Vorgehen wird derzeit intensiv diskutiert. Zudem werden alternative Ansätze bis hin zu einem langfristigen Verbleib der geschmolzenen Reaktorkerne in den zerstörten Reaktorgebäuden erörtert. Da der Brennstoff teilweise geschmolzen und ständig stark gekühlt werden muss, stellt dies das Team vor Ort vor große Herausforderungen. Auch die dauerhaft hohe Strahlenbelastung ist problematisch für die Reparatur- und Aufräumarbeiten. In den Anlagen herrschen auch fünf Jahre nach der Kernschmelze hohe Strahlenwerte, sodass Arbeiter die Reaktorgebäude nicht oder nur sehr kurz betreten dürfen. Zur radiologischen Situation siehe Frage 5.

5. Welche radiologischen Folgen des Unfalls sind heute auf dem Kraftwerksge- lände und in der Umgebung zu beobachten?

Nach wie vor sind Reaktordruckbehälter, Sicherheitsbehälter und Gebäudestrukturen – unter Umständen auch Fundamente – in großem Umfang zerstört und undicht. Es kommt deshalb weiterhin zu Freisetzungen von Radioaktivität. Zusätzlich zur Radioaktivität im Reaktorkern sind Anfang 2016 auf dem Gelände auch große Mengen kontaminierten Kühlwassers vorhanden, ebenso sind Strukturen und Systeme stark kontaminiert und stellen ein Gefahrenpotenzial dar.

In den vergangenen Jahren wurden weitreichende Maßnahmen umgesetzt, die eine Freisetzung der Radioaktivität ins Meer und die umliegende Umwelt verhindern sollen. So verhindert eine Spundwand an der Meeresseite weitere Freisetzungen in das Meereswasser. Das zuströmende, nicht kontaminierte Grundwasser an der Landseite des havarierten Kernkraftwerkes wird größtenteils abgepumpt und umgeleitet.

In den vom Unfall betroffenen Gebieten rund um die Anlage werden seit 2012 verschiedene Maßnahmen der Dekontamination durchgeführt, um Bereiche wieder bewohnbar zu machen beziehungsweise in bereits bewohnten Bereichen die Strahlenbelastung weiter zu reduzieren. Dazu werden beispielsweise Dachflächen abgespritzt, einige Zentimeter Bodenoberfläche abgetragen oder organisches Material gesammelt. Hierbei fallen sehr große Mengen schwach kontaminierter Abfälle an. Diese werden bislang in provisorischen Zwischenlagern in der Region Fukushima gelagert. Der langfristige Umgang mit diesen Abfällen ist noch ungeklärt. Auch wenn mit derartigen Maßnahmen zu einer Reduzierung der Strahlenbelastung der Bevölkerung beigetragen werden kann, ist der langfristige Erfolg solcher Aktivitäten durchaus fragwürdig. Zusätzlich können Wind oder Wasser radioaktive Stoffe aus ungereinigten Gebieten in die gereinigten Gebiete tragen.

6. Wie leben die Menschen, die vor fünf Jahren evakuiert wurden?

2011 wurden etwa 160.000 Menschen evakuiert, davon etwa die Hälfte aus der 20-Kilometer-Zone rund um das Kraftwerk. Seit 2012 werden Teilgebiete der evakuierten Zonen wieder in unterschiedlichem Umfang freigegeben. Dort können sich Menschen in bestimmten Bereichen tagsüber für einen begrenzten Zeitraum aufhalten und sich frei bewegen, ohne dort jedoch übernachten zu können. Weitere Bereiche können zumindest kurzzeitig aufgesucht werden. Große Bereiche verbleiben jedoch nach wie vor als Sperrgebiet, für das auch längerfristig nicht mit der Möglichkeit einer Rückkehr gerechnet werden kann.

Bis heute konnten über 100.000 Menschen nicht in ihre Heimat zurückkehren. Diese Menschen leben zum Teil immer noch in einfachen Lagern. Eine klare offizielle Strategie, ob sie dauerhaft zurückkehren können und wie langfristig mit den kontaminierten Gebieten umgegangen werden soll, ist nicht erkennbar. Diese Unklarheit nährt bei Evakuierten die verständliche, aber trügerische Hoffnung, möglicherweise doch wieder in ihre Heimat zurückkehren zu können.

7. Gibt es heute gesundheitliche Auswirkungen auf die Arbeiter, die seit fünf Jahren auf dem Gelände arbeiten?

Die Arbeiter, die zu Beginn unter hohem Zeitdruck auf dem Anlagengelände arbeiteten (bis zu 3.000 Personen), erhielten hohe Strahlendosen. Bei etwa 1.400 Menschen traten Belastungen oberhalb der in Japan normalerweise erlaubten Dosis für Personal in Kernkraftwerken von 20 Millisievert im Jahr auf. Die für die Notsituation auf 250 Millisievert erhöhte zulässige Dosis wurde nur in wenigen Fällen überschritten.

Inzwischen ist die Kontamination und Strahlungsintensität auf dem Anlagengelände und in den Gebäuden erfasst und viele der stark strahlenden sogenannten Hotspots sind entfernt worden. Hohe Belastungen für die mehreren tausend Personen, die sich täglich auf dem Gelände aufhalten, können damit heute vermieden werden. Die notwendigen Arbeiten sind aber nur unter massiven Schutzvorkehrungen und durch strikte Begrenzung von Arbeitszeiten in stark strahlenden Bereichen möglich. Da bestimmte Bereiche der Reaktoren aufgrund der extrem hohen Strahlung von Menschen gar nicht betreten werden können, wurden für die Erforschung des Zustands der Reaktoren spezielle Roboter entwickelt.

Durch die Strahlendosis steigt das Risiko der Arbeiter, an Krebs zu erkranken und zu sterben. Bei einem Arbeiter wurde im vergangenen Jahr bestätigt, dass seine Krebsdiagnose in direktem Zusammenhang mit seiner Tätigkeit auf dem Kernkraftwerksgelände steht. Bei den meisten Krebsarten dauert es jedoch sehr lange, bis sie entstehen. Außerdem stirbt etwa ein Drittel der japanischen Bevölkerung an Krebs, auch ohne die zusätzliche Belastung durch den Unfall in Fukushima. Statistisch war es daher bisher nicht möglich, erhöhte Erkrankungsraten bei den Arbeitern festzustellen, die eindeutig durch die zusätzliche Strahlung verursacht wurden. Es ist aber davon auszugehen, dass zusätzliche Krebsfälle auftreten werden.

8. Ist die Strahlenbelastung im Meer vor der Küste von Fukushima nach fünf Jahren noch erhöht?

Das Meerwasser selbst ist seit 2012 praktisch nicht mehr mit gelöstem Cäsium belastet. Das freigesetzte Cäsium liegt nun an Meeressedimente gebunden vor. Diese Sedimente weisen auch weit über die Grenzen der Evakuierungszone, zum Beispiel in 50 Kilometer Entfernung zu den Anlagen, bis heute noch bedenklich hohe Konzentrationen von bis zu einigen 100 Becquerel pro Kilogramm Sediment auf. Meerestiere können diese in Sedimenten abgelagerten Radionuklide aufnehmen und die radioaktive Belastung kann so wieder in die Nahrungskette gelangen.

In vielen Fischen, die stichprobenartig untersucht werden, wird im Umkreis von 20 Kilometern um die Anlage nach wie vor Cäsium aus der Anlage gefunden. In einigen Fällen liegen die Belastungen in Fischen auch noch über den japanischen Grenzwerten für Lebensmittel. Dabei handelt es sich durchweg um Fischarten, die am Ende der Nahrungskette stehen, also Fische, die sich von kleineren, weniger hochbelasteten Fischen ernähren oder die in der Nähe der noch immer hochbelasteten Meeressedimente leben. Der Meeresbereich von 20 Kilometern um die Anlage wird sich noch über lange Zeiträume hinweg nicht für den Fischfang eignen.

9. Welche Folgen hatte der Unfall für die Energiepolitik in Japan?

Nach dem Unfall in Fukushima wurden alle laufenden Kernkraftwerke in Japan bis Mitte 2012 schrittweise heruntergefahren. Nur zwei Reaktoren wurden 2012 bis 2013 für ein Jahr wieder angefahren. Davon abgesehen waren alle japanischen Kernkraftwerke seit 2011/2012 abgeschaltet. 11 von insgesamt 54 japanischen Kernkraftwerken sind seither endgültig stillgelegt. Zuletzt wurden Januar 2016 drei Anlagen wieder angefahren, obwohl sich die japanische Bevölkerung in Meinungsumfragen gegen die weitere Nutzung der Kernenergie für die Stromgewinnung ausgesprochen hat. Für weitere Kernkraftwerke liegen Anträge zur Wiederinbetriebnahme bei der japanischen Aufsichtsbehörde NRA vor. Sofern diese den Anträgen zustimmt, können auch weitere Kraftwerke wieder angefahren werden.

Die japanische Regierung hat nach einem umfangreichen formalen Prüfprozess Vorort-Prüfungen der Kernkraftwerke angeordnet, die das Sicherheitsniveau der Anlagen untersuchen sollen. Nach den Wahlen 2012 hat die jetzige liberaldemokratische Regierung neue Leitlinien für die Energiepolitik verabschiedet. Danach soll die Kernenergie auch weiterhin Bestandteil der japanischen Stromerzeugung bleiben. In welchem Umfang dies in Japan tatsächlich der Fall sein wird, ist gegenwärtig jedoch offen. Der weitere Zubau von neuen Kernkraftwerken wurde zwar gestoppt, ein expliziter Ausstieg wurde jedoch nicht beschlossen.

10. Wie sicher bzw. unsicher sind Lebensmittel in Japan heute?

Da sich die radioaktive Kontamination in der weiteren Umgebung des Kernkraftwerks fortlaufend weiter verdünnt und verteilt, fallen die Belastungen weniger hoch aus, sind aber noch merklich. Bedingt durch eine verbesserte Überwachung sind Überschreitungen der festgelegten Grenzwerte bei Lebensmitteln seltener geworden. Dennoch finden sich bei einzelnen Stichproben erhöhte Messwerte. Die Belastungen können wieder ansteigen, wenn größere Teile der Sperrzone zur Wiederbesiedlung freigegeben werden sollten.

Insgesamt bestehen bei kurzzeitigem Konsum oder bei Aufnahme einzelner Produkte keine Bedenken. Bei einem längerfristigen Aufenthalt empfiehlt es sich jedoch, sich über die Herkunft der Lebensmittel und über deren Überwachung kundig zu machen. Die Europäische Kommission hat im Februar 2016 beschlossen, Kontrollen von Lebens- und Futtermitteln aus der Region um das Kernkraftwerk Fukushima zu lockern. Demnach müssen Lebensmittel aus den folgenden Präfekturen nicht mehr auf radioaktive Belastung hin untersucht werden: Gemüse, Früchte (außer Kaki), tierische Erzeugnisse, Sojabohnen und Tee, die in Fukushima produziert werden; alle Lebensmittel, die aus Aomori und Saitama stammen sowie Reis und Sojabohnen aus den sechs Präfekturen Iwate, Miyagi, Ibaraki, Tochigi, Gunma und Chiba.

[Weitere Informationen in der Durchführungsverordnung 2016/6 im Amtsblatt der EU, 6. Januar 2016.](#)

Kontakt zum Öko-Institut

Zur Sicherheit kerntechnischer Anlagen:

Dr. Christoph Pistner
Stellv. Leiter des Institutsbereichs
Nukleartechnik & Anlagensicherheit

Öko-Institut e.V., Büro Darmstadt
Tel.: +49 6151 8191-190
E-Mail: c.pistner@oeko.de

Kontakt Pressestelle:

Mandy Schoßig
Leiterin Öffentlichkeit & Kommunikation
Pressestelle

Öko-Institut e.V., Büro Berlin
Tel.: +49 30 405085-334
E-Mail: m.schoessig@oeko.de

Zum Thema Strahlenschutz:

Christian Küppers
Stellv. Leiter des Institutsbereichs
Nukleartechnik & Anlagensicherheit

Öko-Institut e.V., Büro Darmstadt
Tel.: +49 6151 8191-123
E-Mail: c.kueppers@oeko.de

Dr. Veronika Ustohalova
Senior Researcher im Institutsbereich
Nukleartechnik & Anlagensicherheit

Öko-Institut e.V., Büro Darmstadt
Tel.: +49 6151 8191-151
E-Mail: v.ustohalova@oeko.de

Das Öko-Institut ist eines der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungsinstitute für eine nachhaltige Zukunft. Seit der Gründung im Jahr 1977 erarbeitet das Institut Grundlagen und Strategien, wie die Vision einer nachhaltigen Entwicklung global, national und lokal umgesetzt werden kann. Das Institut ist an den Standorten Freiburg, Darmstadt und Berlin vertreten.