

Inhaltsverzeichnis

1. <u>Sachanalyse</u>	
1.1 Entstehung des Tsunami bei Fukushima	2
1.2 Aufbau und Funktion des Kraftwerks	2
1.3 Die Kernreaktion in einem Siedewasserreaktor	3
1.4 Unfallserie	4
1.5 Folgen und Auswirkungen	6
1.6 Schutzmaßnahmen	8
2. <u>Dokumentation der Arbeitsprozesse</u>	11
3. <u>Reflexion der Gruppenmitglieder</u>	
3.1 Leon Rauschecker	13
3.2 Alexander Fellner	14
3.3 David Mitterer	15
3.4 Felix Mitterer	16
4. <u>Literatur- und Quellenverzeichnis</u>	17
5. <u>Anhang</u>	18

1. Sachanalyse

erstellt: Leon Rauschecker

1.1 Entstehung des Tsunami bei Fukushima

Ein Tsunami kann auf mehrere Weisen verursacht werden. Bei Fukushima geschah dies durch ein Erdbeben am Meeresgrund, auch Seebeben genannt. Durch einen gewaltigen Stoß der Erdplatten werden riesige Wassermassen verdrängt und es entstehen gigantischen Wellen, die sich mit einer enormen Geschwindigkeit von ca. 100 km/h auf die Küste zu bewegen. Die Riesenwelle türmte sich vor dem Aufprall auf das Kraftwerk auf und erreicht somit eine Höhe von ungefähr 14 Metern.

1.2 Aufbau und Funktion des Kraftwerks

Der Kreislauf zur Stromerzeugung:

Der Siedewasserreaktor ist eine Bauart, bei dem das Wasser aus dem Reaktordruckbehälter direkt zur Turbine geleitet wird. Im Gegensatz dazu gibt es den Druckwasserreaktor, indem dieser Vorgang mit zwei Kreisläufen erfolgt. Der Ausgangspunkt des Kreislaufes ist der Kondensator. Er sammelt Wasser und dient auch als Vorratsbehälter. Das heiße Wasser, auch Speisewasser genannt, wird mittels einer Speisewasserpumpe durch einen Wärmetauscher vorgeheizt und anschließend in den Reaktordruckbehälter gepumpt. In diesem Behälter befinden sich Brennelemente, welche das Speisewasser so lange erhitzen, bis es verdampft. Der Dampf steht unter enormen Druck und hat eine hohe Temperatur von ca. 300° C. Der entstandene Dampf wird nun durch eine Rohrleitung weiter zu einer Turbine geleitet und dort entspannt. Die Turbine ist mit einem Generator verbunden und treibt diesen an. Der Generator ist wiederum mit der Leitung zum Stromnetz verbunden. Nun wird der Dampf wieder im Kondensator kondensiert. Bei deutschen Kernkraftwerken erfolgt die Kühlung durch einen Kühlturm und bei Fukushima durch Meerwasser.

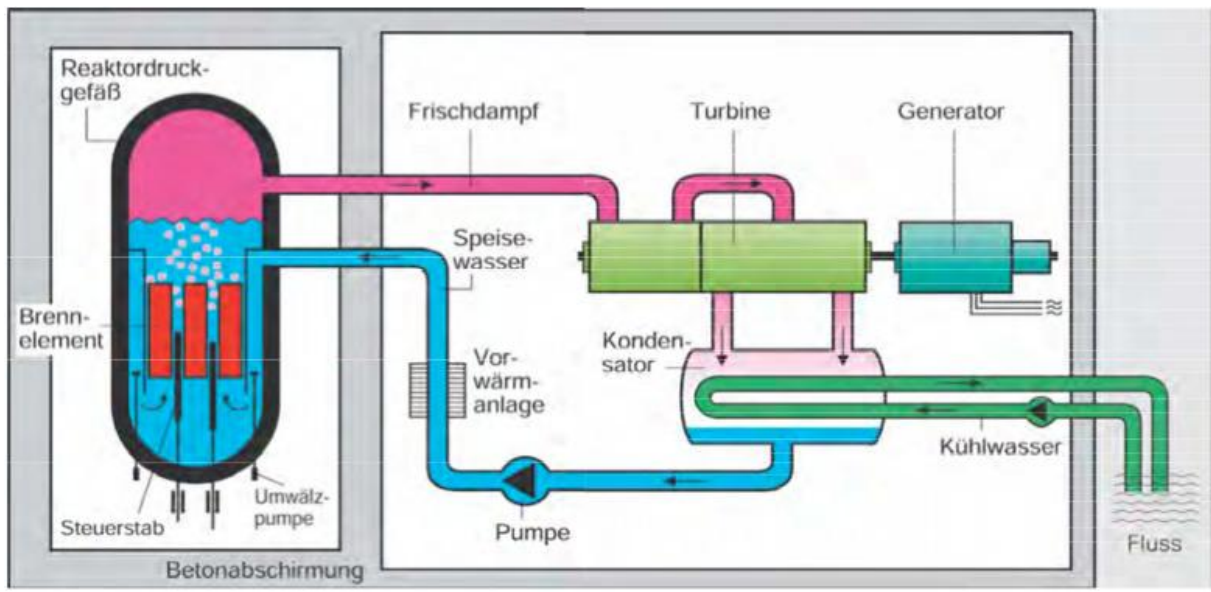


Abbildung: Siedewasserreaktor

1.3 Die Kernreaktion in einem Siedewasserreaktor:

Im Reaktionsbehälter befinden sich Brennelemente, die aus Bündeln mehrerer Meter langen und dünnen Brennstäbe bestehen. Diese enthalten den Kernbrennstoff und zwar uranhaltige Tabletten, welche auch Pellets genannt werden. Der Kernreaktor, welcher radioaktiv strahlt, ist luftdicht mit einer dickwandigen Stahlmauer eingeschlossen. Die Uranatome werden mit Neutronen beschossen. Dieses radioaktive Atom spaltet sich in zwei Atome. Häufige Spaltprodukte sind Iod, Cäsium, Strontium, Xenon und Barium. Da eine Kettenreaktion entsteht, müssen mit Steuerstäben Neutronen entfernt werden, um somit die Kettenreaktion zu kontrollieren. Zusätzlich benötigt man einen Moderator, um die Neutronen zu bremsen. Würde man die frei werdenden Partikel nicht abbremsen, könnte keine Reaktion stattfinden, da es nur mit langsamen Neutronen funktioniert. Somit kann auch keine Energie zur Dampfturbine transportiert werden. Wasser ist hier als Moderator einzusetzen. Bei einer Unterbrechung der Kernspaltung wird Nachzerfallswärme freigesetzt. Deshalb müssen die Brennstäbe weiterhin gekühlt werden. Wegen der Nachzerfallswärme werden die Brennstäbe auch nach dem Austausch in Abklingbecken weiterhin gekühlt.

1.4 Unfallserie

Am Freitag, den 11. März 2011, kam es zu einem Seebeben nahe der Stadt Sendai. In Folge dessen schalteten sich die Reaktoren 1 – 3 vom Atomkraftwerk Fukushima Daiichi, die zu dieser Zeit in Betrieb waren, automatisch ab. Da nach der Abschaltung immer noch Wärme erzeugt wurde, mussten die Reaktorkerne weiterhin gekühlt werden. Da das regionale Stromnetz zusammenbrach, sprangen die 13 Notstromgeneratoren an. Die Reaktoren 4 – 6 waren während des Bebens wegen Routineinspektionen abgeschaltet. Der Reaktorkern in Block 4 war bereits vollständig entladen, aber musste noch fortlaufend gekühlt werden. Das Seebeben selbst verursachte keine sicherheitsmaßgebenden Schäden am Werk.

Nach 41 Minuten traf die erste Welle von insgesamt sieben ein. Die größte der Flutwellen war mehr als 14 Meter hoch. Der Wassereinbruch in den Kellern verursachte das Versagen von 12 der 13 Notstromaggregate, die dort untergebracht waren. Da die Reaktoren 1 bis 4 zehn Meter über den Meeresspiegel gebaut wurden, befanden sie sich ebenfalls für einige Minuten fünf Meter unter Wasser. Die Reaktoren 5 und 6 wurden auf einer Anhöhe von 13 Metern gebaut und wurden somit von den Flutwellen verschont.

In den Kellerräumen der Maschinenhäuser befanden sich nicht nur die Notstromdieselaggregate, sondern auch Schaltsysteme für die Stromversorgung sowie Batterien. Dadurch fiel auch die Stromversorgung für die Nachkühlung aus und es fehlte eine Kühlung der Lagerbecken 1 bis 4 für mehrere Stunden.

Nach dem Rückzug der Flutwellen kam es zur Freilegung der Reaktorkerne, zum Ausdampfen des Kühlwassers und zur Überhitzung der Brennstäbe. Durch die chemische Reaktion der Zirkoniumlegierung der Brennstäbe mit dem Kühlwasserdampf entstand Wasserstoff. Somit stieg der Druck in den mit Stickstoff gefüllten Sicherheitsbehältern. Durch das Versagen der Deckeldichtungen der Behälter kam Wasserstoff in die Reaktorgebäude. In Reaktor 1, 3 und 4 kam es zu einer Explosion, die den oberen Teil der Gebäude schwer beschädigte. Es wurden 100.000 Terabecquerel Jod-Äquivalent freigesetzt. Dies entspricht 10 Prozent der Menge an Radioaktivität, die in Tschernobyl freigesetzt wurde. Die sich auf dem Gelände befindenden Mitarbeiter mussten die Anlage verlassen. In Block 2 entstand ein Explosionsdruck, der das Herausfallen einer Innenwand verursachte. Somit gab es eine Druckentlastung im Gebäude.

Die Außenmauern blieben unversehrt. Block 4 explodierte, da die Reaktoren 3 und 4 ein gemeinsames System hatten und so Wasserstoff von Block 3 zu Block 4 eindrang.

Für mehrere Tage fand durch den Ausfall der Notstromdiesel keine Kühlung der Brennstäbe statt. Mittels Hubschrauber wurden die Lagerbecken mit Meereswasser aufgefüllt. Als die externe Stromversorgung hergestellt werden konnte, wurden die Kühlkreisläufe wieder in Betrieb genommen.

Eine Beschädigung in den Reaktoren 5 und 6 konnte verhindert werden, da ein unversehrt gebliebener Notstromdiesel die Kühlung beider Blöcke in Stand hielt.

Die Kernschmelze ging durch den Boden des Reaktordruckbehälters bis hin zur 2,6 Meter dicken Fundamentschicht aus Beton. Diese drang zu einem Drittel dort ein, vermischte sich mit den Betonbestandteilen und kühlte wieder aus - bis hin zur Erstarrung.

Laut Computernachrechnungen schmolz im Reaktor 1 ein Großteil der Brennelemente auf. Mehr als die Hälfte des Brennstoffs müsste in Block 2 vernichtet worden sein. Im 3. Reaktor waren es circa zwei Drittel der Brennstäbe. In den Reaktoren 2 und 3 konnten trotz intensiverer Kühlung als in Block 1 die Kernschmelzen nicht zurückgehalten werden.

Drei Jahre später wurde im Rahmen einer Untersuchung festgestellt, dass sich die Böden der Reaktorgebäude unter Wasser befinden, dieses ist kontaminiert und findet durch den einzigen Wasserkreislauf Kontakt zum Maschinenhaus und Turbinen. So wird das ständig abgepumpte Wasser nachkontaminiert, muss gereinigt und auf dem Werksgelände zwischengelagert werden. Dies sind mittlerweile bereits über 500.000 Tonnen.

1.5 Folgen und Auswirkungen

1.5.1 Allgemeine Folgen:

Nach dem Super-Gau von Fukushima wurden eine 20 Kilometer große Evakuierungszone und ein 30 Kilometer großes Sperrgebiet eingerichtet. 8 % der japanischen Landfläche wurden radioaktiv verstrahlt. Die Emission radioaktiver Stoffe in der Luft, im Boden und im Pazifischen Ozean begann mit der Explosion und dauert bis heute an.

Rund 150.000 Menschen mussten die Region Fukushima verlassen. Lange machte die Regierung den Vertriebenen Hoffnungen auf Rückkehr. Erst im November 2013 erklärte ein Sprecher der japanischen Regierungspartei, dass die Gebiete benannt werden mussten, die wegen der radioaktiven Verseuchung niemals mehr bewohnbar seien. Die betroffenen ehemaligen Bewohner würden entschädigt werden. Zusammenfassend ist festzuhalten:

- 300.000 Liter kontaminiertes Wasser flossen pro Tag ins Meer
- 2.000 Arbeiter wurden verstrahlt
- 160.000 Menschen wurden evakuiert
- Sieben Hektar Meeresboden mussten zubetoniert werden
- 10.833 Brennelemente wurden auf dem Gelände gelagert, die gefährdet waren

Das Ausmaß der Katastrophe und deren Folgeschäden sind zum Teil auch durch die Behörden und dem Betreiber „TEPCO“ mit verschuldet worden. Der „Focus“ hat in einem Artikel ausführlich deren Versagen und die dilettantische Ausführung der Katastrophenschutzmaßnahmen seit März 2011 dokumentiert.

Ein Gericht in Japan hat dem Betreiber und den japanischen Behörden Nachlässigkeit im Umgang mit bekannten Sicherheitsrisiken an den Standorten in Fukushima vorgeworfen. Seit nun über sechs Jahren läuft ein Prozess zwischen den Betroffenen und der Betreiberfirma bzw. den japanischen Atomenergiebehörden.

Der Untersuchungsausschuss hatte 2011 von einer „menschengemachten“ Katastrophe gesprochen und Korruption sowie illegale Absprache zwischen der japanischen Atomindustrie, den Aufsichtsbehörden und der Politik für den mehrfachen Super-Gau von Fukushima verantwortlich gemacht.

Laut eines französischen Instituts für Klima- und Umweltwissenschaften in Paris wurden die bei der Fukushima-Katastrophe freigesetzten radioaktiven Substanzen durch Taifune später stark verbreitet. Die Wirbelstürme haben die Böden rund um Fukushima ausgewaschen, in denen sich radioaktives Material abgelagert hatte. Diese Substanzen gelangen so in Flüsse und Meere.

2017 wurden in allen vier zerstörten Reaktorblöcken so hohe Strahlungswerte gemessen, dass Menschen innerhalb weniger Minuten vor Ort sterben würden.

1.5.2 Kosten:

Die Fukushima-Katastrophe verursachte enorme Kosten für Japan: nach einer Schätzung von 2012 waren es circa 260 Milliarden US-Dollar.

1.5.3 Krankheiten:

Am 5. Juni 2016 veröffentlichte die Fukushima Medical University Zahlen ihrer Schilddrüsenuntersuchungen. Seit 2011 wurden bei Menschen im Gebiet Fukushima, die zum Zeitpunkt des Unglücks unter 18 Jahren waren, alle zwei Jahre dieses Organ untersucht. Ursprünglich sollte es dazu dienen, die Sorgen der Bevölkerung auf gesundheitliche Folgen zu mindern, haben sie aber besorgniserregende Ergebnisse gezeigt. In aktuellen Veröffentlichungen muss wieder eine enorm hohe Anzahl an Schilddrüsenkrebsfällen bei Kindern verzeichnet werden.

1.6 Schutzmaßnahmen

1.6.1 Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung

In der Präfektur Fukushima wurde am 11. März um 20:50 Uhr und somit rund 5 Stunden nach der Meldung des nuklearen Notfalls die Evakuierung der Bevölkerung in einem Radius von zwei Kilometern um den Reaktorblock 1 angeordnet. Schrittweise erfolgte in den folgenden 22 Stunden die Erweiterung des Radius auf 20 Kilometer (= Evakuierungszone). Von den etwa 78.000 betroffenen Menschen konnten bis zum 13. März 2011 bereits ca. 62.000 Menschen evakuiert werden.

Am 15. März 2011 erfolgte die Anweisung an weitere 62.000 Bewohner in 20 bis 30 Kilometer (= Erweiterungszone) vom Kraftwerk entfernten Gebieten, zunächst ihre Häuser nicht zu verlassen. Diese Menschen wurden am 25. März 2011 dazu aufgefordert, auch dieses Gebiet freiwillig zu verlassen.

Die betroffene Bevölkerung wurde in Notunterkünften untergebracht. In der Spitze waren dies bis zu 470.000 Personen. Teilweise wurden die Menschen jedoch aus Angst vor der Strahlung abgewiesen. Auch stellte die medizinische Versorgung der Bevölkerung eine große Herausforderung für das Land dar. Es war und ist deswegen auch auf die Unterstützung aus dem Ausland angewiesen.

Insgesamt haben rund 150.000 Menschen ihre Heimat sowie teilweise auch ihr gesamtes Hab und Gut verloren. Ein Teil der evakuierten Bevölkerung ist auch heute noch in Notfalleinrichtungen untergebracht. Manche Familien sind aber auch in die betroffenen Gebiete zurückgekehrt, sofern diese nicht mit einem staatlichen Zutrittsverbot belegt sind.

1.6.2 Schutzmaßnahmen für die Umwelt

Um die nukleare Katastrophe nicht noch weiter zu verschärfen, sind bis heute umfassende Kühlungsmaßnahmen an den Reaktorblöcken erforderlich. Hierzu werden Unmengen von Wasser benötigt. Zu Beginn der Kühlmaßnahmen wurde hierbei auf Salzwasser zurückgegriffen. Da dieses jedoch zu weiteren Schäden durch Salzablagerungen führte, wurde mittlerweile auf Süßwasser umgestellt. Das verwendete Wasser ist radioaktiv kontaminiert. Zu Beginn der Kühlung wurde das Wasser teilweise wieder in das Meer zurückgeleitet; nach internationalen Protesten wurde dies zwischenzeitlich jedoch wieder

eingestellt. Derzeit erfolgt die Lagerung des verstrahlten Wassers in riesigen Tankanlagen. Auch eine Wasserreinigungsanlage zur Dekontaminierung des verstrahlten Wassers wurde in Betrieb genommen.

Um die radioaktive Strahlung aus dem Kraftwerk weiter einzudämmen, wurden Teile der Reaktorgebäude mit einer Polyesterplane bedeckt. Dies führte jedoch nur bedingt zu einer geringeren Strahlenbelastung. Darüber hinaus erfolgte das Besprühen der Gebäude mit Kunstharz zur Reduzierung der Strahlung. Auch Planungen über die Errichtung eines Beton-Sarkophags - ähnlich wie in Tschernobyl - sind im Gespräch.

Auch die Böden in den zwischenzeitlich teilweise wieder besiedelten Gebieten sind atomar verseucht. Hier werden u.a. weiterhin die oberen Bodenschichten abgetragen und in speziellen Einrichtungen gelagert. Es ist jedoch offen, wie effektiv diese Maßnahmen zu einem langfristigen Schutz beitragen können.

Mit einer unterirdischen Eiswand wollte der AKW-Betreiber TEPCO verhindern, dass in Fukushima das Grundwasser weiter versucht wird. In 2016 mussten sie jedoch eingestehen, dass sich das Wasser nicht komplett zurückhalten lässt und es weiterhin zu einer Verseuchung von Grundwasserteilen kommt.

1.6.3 Schutzmaßnahmen vor künftigen Auswirkungen durch Tsunami

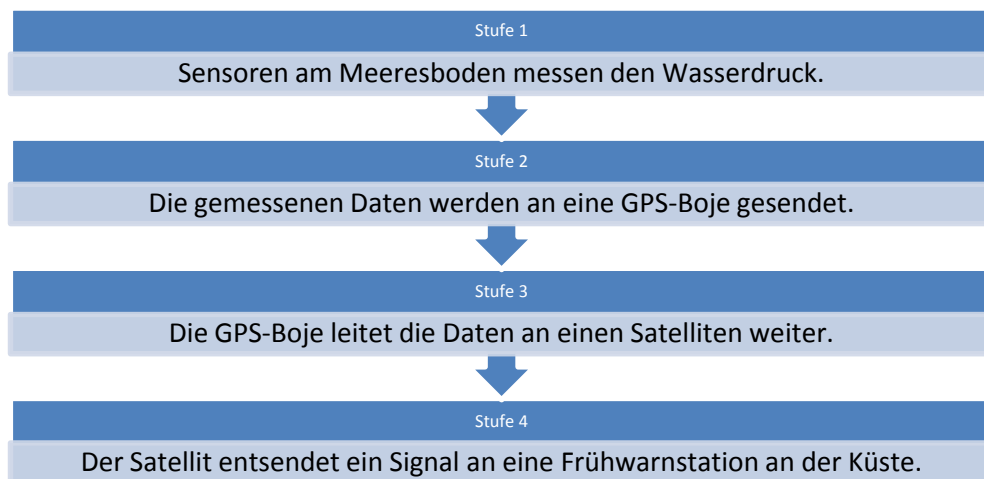
Aufgrund der geographischen Lage befindet sich Japan in einem besonders gefährdeten Tsunami-Gebiet. Darüber hinaus befinden sich mehrere Atomkraftwerke Japans in unmittelbarer Küstennähe. Um sich von den möglichen verheerenden Folgen durch künftige Tsunamis besser schützen zu können, wurden umfangreiche Maßnahmen eingeleitet.

So errichtet die japanische Regierung von 2015 bis 2020 an der besonders gefährdeten Ostküste auf einer Länge von 400 km eine durchgängige Betonschutzmauer, die in der Spitze eine Höhe von bis zu 14 Metern aufweist. Die Gesamtkosten für diese Investition belaufen sich auf rund 6 Mrd. EUR. Darüber hinaus werden weitere gefährdete Küstenabschnitte mit einzelnen Betonelementen ausgestattet, die die Kräfte der möglichen Tsunami-Wellen frühzeitig reduzieren und eindämmen sollen.

Aber auch insbesondere zum Schutz des Hinterlandes sollen vermehrt wieder natürliche Schutzwälle zum Einsatz kommen. So werden in einzelnen Landabschnitten wieder große Mangrovenwälder angelegt, die durch das

ausgeprägte Wurzelwerk die Kräfte der Tsunami-Wellen deutlich abschwächen können.

Durch die Einrichtung von Tsunami-Frühwarnsystemen können viele Menschen gerettet und ggf. rechtzeitig umfassende Vorsichtsmaßnahmen u.a. auch für die bestehenden und noch in Betrieb befindlichen Atomkraftwerke ergriffen werden. Nachfolgend wird kurz die Funktionsweise eines solchen Frühwarnsystems dargestellt:



1.6.4 Fazit zu den Schutzmaßnahmen

Die Belastungen für die Bevölkerung und für die Umwelt durch die Nuklearkatastrophe von Fukushima sind sehr weitreichend und können derzeit noch nicht abschließend eingeschätzt werden. Inwiefern die ergriffenen Schutzmaßnahmen tatsächlich eine langfristig positive Wirkung zeigen, kann daher noch nicht beurteilt werden.

Aufgrund der Erkenntnisse aus Tschernobyl muss jedoch sowohl für die Gesundheit der Menschen als auch für die Umwelt mit langfristigen Schäden gerechnet werden, die uns mit Sicherheit noch über Jahrzehnte hin belasten und begleiten werden.

2. Dokumentation der Arbeitsprozesse

<u>Datum</u>	<u>Wer?</u>	<u>Arbeitsschritt</u>	<u>Problem</u>	<u>Lösungsweg</u>	<u>Sonstiges</u>
13.10.2017 2 Stunden bei Alex	Alle	Erstellen des Organisationsplans			
21.10.2017 1 Stunde Zuhause	Leon	Materialsuche im Internet			
22.10.2017 1 Stunde Zuhause	Alex	Materialsuche im Internet			
23.10.2017 1 Stunde Zuhause	Felix	Materialsuche im Internet	Vielzahl an Unterlagen	Genaueres Durchlesen	
27.10.2017 1 Stunde Zuhause	Felix	Materialsuche im Internet	Vielzahl an Unterlagen	Genaueres Durchlesen	
12.11.2017 2 Stunden Zuhause	Felix	Prototyp Tsunami-Modell			
19.11.2017 2 Stunde Zuhause	Felix	Erstellung der Word-Vorlage zur Projektpräsentation			
20.11.2017 3 Stunden Zuhause	Alex	Erstellung der Sachanalyse	Schwierigkeiten bei der Formulierung	Genaueres durchlesen mit Fokus auf Abwechslung	Bereich: Unfallhergang
22.11.2017 4 Stunden	Alex	Arbeit am Fukushima-Modell			
23.11.2017 3 Stunden Schule	Alle	Erstellen PowerPoint Präsentation	Kein Internetzugang	Bearbeitung anhand der Entwürfe und Ausdrucke	
24.11.2017 3 Stunden Schule	Alle	Erstellen PowerPoint Präsentation	Kein Internetzugang	Bearbeitung anhand der Entwürfe und Ausdrucke	
16.12.2017 2 Stunden Zu Hause	Leon	Recherche im Internet und Notierung Stichpunkte			
26.12.2017 4 Stunden Zu Hause	Leon	Bearbeitung PowerPoint, Sachanalyse, Quellen und Anhang			
27.12.2017 2 Stunden Zuhause	Felix	Arbeiten an der PowerPoint Präsentation			
30.12.2017 2 Stunden Zuhause	Alex	Erstellung der Reflexion	Schwierigkeiten bei der Formulierung	Genaueres durchlesen mit Fokus auf	

				Abwechslung	
02.01.2018 2 Stunden Zuhause	Felix	Erstellung Sachanalyse	Herausforderung Formulierungen und Satzbau	Mehrmaliges Lesen der Abschnitte	
02.01.2018 1 Stunde Zuhause	Alex	Arbeiten an der PowerPoint Präsentation			
02.01.2018 2 Stunden Zuhause	David	Recherche im Internet und Notizen hierzu gefertigt	Informationen teilweise ungenau		
02.01.2018 3 Stunden	Leon	Erstellung Sachanalyse und Reflexion	abwechselnde Formulierungen	Überarbeitung des Textes mit Fokus auf die Formulierungen	
03.01.2018 2 Stunden Zuhause	Felix	Erstellung der Reflexion			
04.01.2018 3 Stunden Zu Hause	Leon	Fertigstellung der Sachanalyse und Reflexion	abwechselnde Formulierungen	Überarbeitung des Textes mit Fokus auf die Formulierungen	
04.01.2018 3 Stunden Zuhause	Alex	Fertigstellung Fukushima-Modell	Kleber zersetzt Styroporplatte	Styroporkleber verwenden	
04.01.2018 2 Stunden Zuhause	Felix	Fertigstellung Sachanalyse			
05.01.2018 3 Stunden Zuhause	Alex	Fertigstellung der PowerPoint- Präsentation			
08.01.2018 ½ Stunde Zuhause	Felix	Einfügung der Ausarbeitungen von Alex in die Projektpräsentation			
13.01.2018 ½ Stunde Zuhause	Felix	Einfügung der Ausarbeitung von Leon in die Projektpräsentation	Unterlagen erst am 13.01.2018 erhalten		
13.01.2018 3 Stunden Zuhause	David	Erstellung Sachanalyse und Reflexion			
14.01.2018 4 Stunden Zuhause	David	Fertigstellung Sachanalyse und Reflexion			
14.01.2018 ½ Stunde Zu Hause	Felix	Einfügung der Ausarbeitung von David in die Projektpräsentation	Unterlagen erst am 14.01.2018 erhalten		
14.01.2018 1 Stunde	Felix	Ausdruck und Fertigstellung der Präsentationsmappe			

4. Literatur- und Quellenverzeichnis

Internet:

- www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/.../024reaktorunfall_fukushima.pdf (Zugriff 30.12.17)
- www.nucleopedia.org/wiki/Kernkraftwerk_Fukushima-Daiichi (Zugriff 30.12.17)
- www.atomkraftwerkeplag.wikia.com/wiki/Der_GAU_von_Fukushima_und_die_Folgen (Zugriff 30.12.17)
- <https://www.aktion-deutschland-hilft.de> (Zugriff 27.10.2017)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Tsunami> (Zugriff 26.09.2017)
- https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Fukushima (Zugriff 03.01.2018)
- <https://www.lpb-bw.de/atomkatastrophe.html> (Zugriff 08.01.2018)
- <https://www.kernenergie.ch/de/uran-und-radioaktivitaet/vom-uranerz-zum-kernbrennstoff-und-wiederaufarbeitung.html> (Zugriff 02.01.2018)
- <https://www.welt.de/wissenschaft/article12779958/Wenn-eine-Wassersaeule-900-km-pro-Stunde-erreicht.html> (Zugriff 04.01.2018)
- https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Fukushima (Zugriff 04.01.2018)
- <https://www.bz-berlin.de/galerie-archiv/live-ticker-10-japan-ticker-us-militaer-bricht-einsatz-ab> (Zugriff: 04.01.2018)
- <https://www.thailand-spezialisten.com/2015/04/16/der-tsunami-von-2004-in-thailand/> (Zugriff: 16.12.2017)
- <http://www.fukushima-disaster.de/deutsche-information/super-gau.html> (Zugriff 14.01.2018)
- https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Fukushima (Zugriff 14.01.2018)
- <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Greenpeace-Folgen-des-Super-GAU-von-Fukushima-fuer-die-Umwelt-dauern-Hunderte-Jahre-3128477.html> (Zugriff 14.01.2018)
- <https://www.heise.de/tr/artikel/Eine-Frage-der-Ehre-3114016.html> (Zugriff 14.01.2018)

Bücher:

Volkmer, Martin (2006): Basiswissen Kernenergie. Informationskreis Kernenergie.

Knies & Schierack (2012): Elektrische Anlagentechnik: Kraftwerke, Netze, Schaltanlagen, Schutzeinrichtungen.

5. Anhang

Entstehung eines Tsunami/Aufbau des Kernkraftwerks:

Die Pellets werden in lange, dünne Rohre aus einer speziellen, sehr hitzebeständigen und neutronendurchlässigen Legierung eingefüllt. Diese Brennstäbe werden je nach Reaktortyp zu unterschiedlich großen Brennelementen gebündelt. Damit ist der Kernbrennstoff bereit zum Einsatz im Kernkraftwerk.

Nach rund fünf Jahren im Reaktor und zahllosen Kernspaltungen ist von den vier bis fünf Prozent Uran-235 in den Pellets weniger als ein Prozent übrig. Das Brennelement hat ausgedient. Deshalb wird beim alljährlichen Brennstoffwechsel ein Fünftel der Brennelemente gegen frische ausgetauscht. Die ausgedienten Brennelemente sind stark radioaktiv und geben auch nach dem Entladen aus dem Reaktor Strahlung und Wärme ab. Sie werden im Brennelementlagerbecken des Kernkraftwerks eingelagert, einem großen Wasserbecken, das die Brennelemente kühlt und ihre Strahlung zuverlässig abschirmt.

Im diesem Becken bleiben die Brennelemente für einige Jahre. Danach werden sie in dickwandige Transport- und Lagerbehälter verpackt und ins zentrale Zwischenlager (Zwilag) im aargauischen Würenlingen transportiert. Dort bleiben sie bis zur Inbetriebnahme des geologischen Tiefenlagers für hochaktive Abfälle zirka im Jahr 2050. In dieser Zeit klingt der größte Teil der Radioaktivität ab, und die Brennelemente kühlen auf eine für das Wirtsgestein im Tiefenlager angemessene Temperatur ab.

1.<https://www.kernenergie.ch/de/uran-und-radioaktivitaet/vom-uranerz-zum-kernbrennstoff-und-wiederaufarbeitung.html>

Vor der japanischen Küste stoßen zwei Kontinentalplatten aufeinander – die Eurasische und die Pazifische Platte. Dabei bauen sich zwangsläufig tektonische Spannungen auf, die sich immer wieder durch Erdbeben entladen. Japan liegt außerdem auf dem sogenannten pazifischen Feuerring, einem Gürtel von 450 aktiven Vulkanen, der sich von Neuseeland über Indonesien, Alaska, Kalifornien bis hinunter nach Feuerland erstreckt.

Beim Beben in Japan wurde der Meeresboden auf einer Fläche von 500 mal 100 Kilometer angehoben. Dieses ruckartige Anheben der Wassersäule führt zu einer vertikalen Schwingung, die sich mit großer Geschwindigkeit über das Meer ausbreitet. Das ist der Tsunami (Riesenwelle).

Je tiefer das Meer am Entstehungsort der Welle ist, umso schneller breitet sich der Tsunami aus. In tiefen Ozeanen können Tsunamis bis zu 900 Kilometer pro Stunde zurücklegen. Vor den Küsten werden sie allerdings stark abgebremst. Zum Vergleich: Normale Oberflächenwellen auf dem Meer sind maximal 100 Kilometer pro Stunde schnell.

2.<https://www.welt.de/wissenschaft/article12779958/Wenn-eine-Wassersaeule-900-km-pro-Stunde-erreicht.html>

Das Kernkraftwerk Fukushima I besteht aus sechs Reaktorblöcken mit je einem Siedewasserreaktor. In jedem Reaktorgebäude befindet sich neben dem eigentlichen Kernreaktor unter anderem ein Abklingbecken zur Zwischenlagerung verbrauchter und neuer Brennelemente. [30] Daneben gibt es auf dem Kraftwerksgelände ein größeres, zentrales Abklingbecken und ein Brennelement-Trockenlager mit Spezialbehältern. An jedes Reaktorgebäude schließt sich ein weiteres Gebäude an, in dem sich die Turbinen und Generatoren zur Stromerzeugung sowie die Zu- und Abläufe für Kühlwasser aus dem Meer befinden.

Reaktoren und Abklingbecken müssen laufend gekühlt werden, auch in abgeschaltetem Zustand. In gebrauchten oder „abgebrannten“ Elementen zerfallen weiterhin Atomkerne, die bei der Kernspaltung entstanden sind (Spaltprodukte). Dabei wird Wärme frei (Nachzerfallswärme), die die Brennelemente ohne ausreichende Kühlung zerstören würde. In jedem Reaktorblock gibt es daher mehrere Kühlkreisläufe, die zusätzlich redundant ausgelegt sind.

Ab 15:35 Uhr[54] trafen am Kraftwerk Tsunamiwellen mit einer Höhe von ungefähr 13 bis 15 Metern ein.[55][56] Laut IAEO war Fukushima I nicht an das vorhandene Tsunami-Warnsystem angeschlossen, sodass das Bedienpersonal keine frühzeitige Warnung erhielt,[57] während die NISA von einer Alarmierung unmittelbar nach dem Erdbeben spricht.[54] Für den meeresseitigen Teil des Geländes existierte nur eine 5,70 Meter hohe Schutzmauer; vorgeschrieben waren lediglich 3,12 Meter.[57] Die 10 Meter über dem Meeresspiegel gelegenen Reaktorblöcke 1 bis 4 wurden bis zu 5 Meter tief überschwemmt; die drei Meter höher erbauten Blöcke 5 und 6 nur bis zu einem Meter.[55] Die an der Küste positionierten

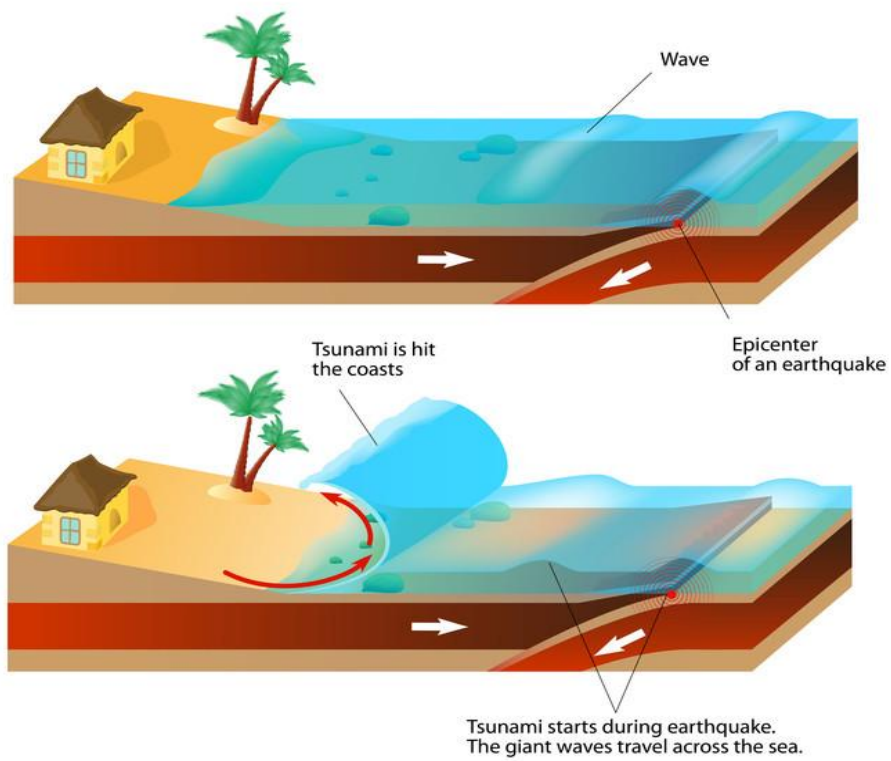
Meerwasserpumpen wurden zerstört; Wärme konnte nicht mehr an das Meerwasser abgegeben werden. Das Wasser lief in verschiedene Gebäude und überschwemmte dort fünf der zwölf laufenden Notstromaggregate und die meisten Stromverteilerschränke. [54][49] Der Kraftwerksbetreiber Tepco berichtete, dass die Generatoren um 15:41 Uhr ausfielen.[50] Ein Generator in Block 6 überstand den Tsunami, weil er in einem eigenen, höher gelegenen Gebäude untergebracht war.

3.https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Fukushima



4. <https://www.bz-berlin.de/galerie-archiv/live-ticker-10-japan-ticker-us-militaer-bricht-einsatz-ab>

TSUNAMI



5. <https://www.thailand-spezialisten.com/2015/04/16/der-tsunami-von-2004-in-thailand/>

Unfall und Stilllegung

Am 11. März 2011 kam es zu einem Erdbeben nahe der Stadt Sendai mit einer Magnitude von 9,0 auf der Richterskala. Infolge dessen schalteten sich die Reaktoren 1 bis 3 automatisch ab. Die Reaktoren 4 bis 6 waren zu der Zeit aufgrund Routineinspektionen abgeschaltet. Eine Stunde nach dem Erdbeben traf ein Tsunami auf die Anlage und überflutete und beschädigte die Schaltanlage für die



externe elektrische Versorgung der Anlage, sowie die Notstrom-Dieselmotoren. Infolge dessen kam es zu mehreren Störungen und drei Kernschmelzen im Kernkraftwerk, sowie zu einigen Wasserstoffexplosionen mit anschließender Freisetzung von radioaktiven Partikeln. Die Reaktoranlagen 1 bis 4 mussten dadurch abgeschrieben werden. Infolge dessen gab die Regierung bekannt, dass das Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi nie wieder zur Stromerzeugung angefahren wird. Am 20. Mai 2011 wurde offiziell die Stilllegung der Reaktoren beschlossen. Die Stilllegung der Blöcke 5 und 6 erfolgte formal am 17. Dezember 2013.

(www.nucleopedia.org/wiki/Kernkraftwerk_Fukushima-Daiichi)

Erdbeben, Tsunami und Explosionen

Am Freitag, dem 11. März 2011, barst 129 Kilometer östlich der japanischen Küste der Meeresboden, und ein Erdbeben von der Stärke 9,0 erschütterte den Osten Japans. Anschließend erreichten Tsunamis das Land, die sich an manchen Stellen bis zu 20 Meter erhoben. Als direkte Folge des Erdbebens und der Tsunamis starben 20.000 Menschen. Die Atomkraftwerke Tokai und Onagawa wurden nach Beschädigungen heruntergefahren.

Das Atomkraftwerk Fukushima Daiichi trafen 14 Meter hohe Wellen; die Mauern waren nur 11 Meter hoch. Es trat zwar eine automatische Schnellabschaltung in Kraft. Aufgrund der Naturkatastrophe brachen jedoch nacheinander Stromversorgung und Notstromversorgung zusammen. Versuche, die Kernelemente zu kühlen, scheiterten aufgrund defekter Wasserpumpen. Bei einer Explosion wurden in Reaktor 1 Reaktorhülle und Gebäudedach zerstört. In Reaktor 3 ereignete sich eine Wasserstoffexplosion, bei der Arbeiter verstrahlt und verletzt wurden. In Reaktor 2 kam es zu einer weiteren Explosion, als deren Folge Radioaktivität durch die zerstörte Außenhülle nach außen trat. Alle Arbeiter mussten das Gelände des AKW verlassen. Auch der Reaktor 4, der zwar abgeschaltet war, bei dem aber das Kühlwasser zu stark gesunken war, explodierte. Große Mengen an Radioaktivität wurden freigesetzt. Erst am 24. Mai gab der Betreiber TEPCO zu, dass in allen drei aktiven Reaktoren bereits unmittelbar nach dem Erdbeben Kernschmelzen eingesetzt hatten. Hersteller der vier explodierten Reaktoren waren drei renommierte internationale Gesellschaften gewesen: General Electric (Einheit 1), GE-Toshiba (Einheit 2), Toshiba (Einheit 3) und Hitachi (Einheit 4). Nachdem die Fukushima-Katastrophe in der Bewertungsskala INES zunächst in

Stufe 5 eingeordnet worden war, wurde sie am 12. April 2011 als katastrophaler Unfall der Stufe 7 (GAU) klassifiziert. Laut einer Analyse von 2013 wäre die Katastrophe von Fukushima in dieser Form vermeidbar gewesen. Sie ist u. a. darauf zurückzuführen, dass die vom Erdbeben und dem folgendem Tsunami ausgehenden Gefahren unterschätzt wurden. Mittlerweile gibt es Zweifel, dass der GAU ausschließlich durch den Tsunami verursacht wurde. Im November 2013 erklärte ein früherer Kraftwerksingenieur von TEPCO, Toshio Kimura, nach einer Analyse von Daten zu den Vorkommnissen im AKW, dass die Kühlflüssigkeit gleich nach dem Erdbeben in die falsche Richtung floss und aus dem Gleichgewicht geriet. Deswegen sei die Kühlung bereits vor dem Tsunami, als Folge des Erdbebens, komplett ausgefallen.

([www.atomkraftwerkeplag.wikia.com/wiki/Der GAU von Fukushima und die Folgen](http://www.atomkraftwerkeplag.wikia.com/wiki/Der_GAU_von_Fukushima_und_die_Folgen))

Unfallhergang – Was ist passiert?

Auslegungsgemäß schalteten sich die Reaktoren 1 bis 3, die zum Zeitpunkt des Bebens in Betrieb waren, automatisch ab. Infolge des Seebebens brach das Stromnetz der Region zusammen. Da Reaktorkerne auch nach einer Abschaltung weiter Wärme erzeugen (Nachwärme), mussten diese weiter gekühlt werden. Aufgrund der



fehlenden externen Stromversorgung sprangen auslegungsgemäß alle 13 Notstromdieselmotoren an und stellten die Nachkühlung der Reaktorkerne und der Brennelementlagerbecken sicher. Die Reaktoren 4 bis 6 waren für Revisionen abgeschaltet. Im Block 4 war dazu der Reaktorkern vollständig in das Brennelementlagerbecken entladen. Das Seebeben verursachte keine signifikanten sicherheitsrelevanten Schäden an den Anlagen.

Der erste von insgesamt sieben Tsunamis traf 41 Minuten nach dem Seebeben am Standort ein. Nach dem Auftreffen der größten, mehr als 14 Meter hohen Flutwelle versagten 12 von insgesamt 13 Notstromdieseln, die zum Großteil in den nicht gegen Wassereintrich geschützten Kellern der Maschinenhäuser untergebracht waren. Da die Reaktoren 1 bis 4 etwa 10 Meter oberhalb des Meeresspiegels errichtet worden waren – die Reaktoren 5 und 6 etwas höher auf

13 Metern Höhe –, stand das Anlagengelände im Bereich der Reaktoren 1 bis 4 während der größten Flutwelle einige Minuten lang 4 bis 5 Meter unter Wasser. Dadurch drang Wasser in die Kellerräume der Maschinenhäuser ein, in denen neben den ungeschützten Notstromdieseln auch Schaltanlagen für die Wechsel- und Gleichstromversorgung sowie Batterien untergebracht waren. Dadurch fiel die Stromversorgung der Nachkühlsysteme aus, die insbesondere zur Abfuhr der Nachwärme aus den Reaktoren 1 bis 3 sowie aus den Lagerbecken 1 bis 4 notwendig gewesen wären.

Die Notfallmaßnahmen waren nach Meinung von Experten nicht ausreichend und wurden zu spät eingeleitet, um Schäden an den Reaktorkernen der aktiven Blöcke 1 bis 3 zu vermeiden. Wegen einer teilweise über mehrere Stunden fehlenden bzw. unzureichenden

Kühlwassereinspeisung kam es in diesen drei Blöcken zur Freilegung der Reaktorkerne durch Ausdampfen des Kühlwassers und zur Überhitzung der Brennstoffhüllrohre. Die Bildung von Wasserstoff durch die chemische Oxidation des überhitzten Brennstabhüllrohrmaterials (eine Zirkoniumlegierung) mit Kühlwasserdampf führte zu einem weiteren Druckanstieg in den mit Stickstoff inertisierten Containments (Sicherheitsbehältern) und (wahrscheinlich nach Überdruckversagen der Containment Deckeldichtungen) zur Freisetzung von Wasserstoff in die Reaktorgebäude. Die Reaktorgebäude 1, 3 und 4 wurden jeweils im oberen Bereich durch Wasserstoffexplosionen schwer beschädigt. In Block 2 trat wahrscheinlich eine Wasserstoffdeflagration auf, die nach Herausbrechen einer einzelnen Wandplatte zu einer Überdruckentlastung des Gebäudes führte.

Nach japanischen Angaben explodierte Block 4 auf Grund des Eintrags von Wasserstoff von Block 3 über ein gemeinsames System.

Mit dem Versagen der Notstromdiesel war auch die Kühlung der Brennelementlagerbecken der Reaktoren 1 bis 4 ausgefallen. Nach

einigen Tagen gelang es, von außen Kühlwasser nach zu speisen. Später wurden provisorische Beckenkühlkreisläufe installiert bzw. die Kühlkreisläufe wieder in Betrieb genommen, als die externe Stromversorgung wiederhergestellt werden konnte.

In den Blöcken 5 und 6 unterblieb eine Beschädigung der Brennelemente, da einer der fünf zugeordneten Notstromdiesel (luftgekühlt) den Tsunami überstand und so durch abwechselnde Aufschaltung die Kühlung beider Blöcke sicherte.



Aktuelle Computernachrechnungen mit Schwerstörfallanalysecodes zum Zustand des Brennstoffs deuten darauf hin, dass im Reaktor 1 im

ungünstigsten Fall ein Großteil der Brennelemente aufgeschmolzen wurde. Der größte Teil der Kernschmelze dürfte sich zunächst bis auf den Boden des Reaktordruckbehälters und nach dessen Durchschmelzen von dort weiter auf die rund 2,6 Meter dicke Bodenbetonschicht im Sicherheitsbehälter verlagert haben. Hier dürften Wechselwirkungen zwischen der Kernschmelze und dem Beton dazu geführt haben, dass die Kernschmelze nach einer Eindringtiefe von etwa einem Drittel dieses Fundaments durch Vermischung und Verdünnung mit Betonbestandteilen auskühlte und wiedererstarre.

Im Reaktor 2 dürfte etwas mehr als die Hälfte des Brennstoffs geschmolzen sein. Im Reaktor 3 waren es laut Berechnung knapp zwei Drittel des Brennstoffs. Obwohl die Zeitspannen ohne Wassereinspeisung bei den Reaktoren 2 und 3 deutlich geringer als im Reaktor 1 waren, kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Kernschmelzen in den Reaktordruckbehältern zurückgehalten worden sind.

Im Jahr 2014 durchgeführte Endoskopuntersuchungen haben bestätigt, dass die Böden der Reaktorgebäude im Meterbereich unter

Wasser stehen. In die Reaktoren nachgespeistes Wasser sammelt sich hier, es bestehen offen bar Verbindungen mit den Maschinenhauskellern, sodass das dort abgepumpte Wasser ständig nachkontaminiert wird. Das gereinigte Wasser wird in großen Tanks (inzwischen über 500.000 Tonnen) auf dem

Kraftwerksgelände zwischen gelagert

(www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/.../024reaktorunfall_fukushima.pdf)



Bereich „Schutzmaßnahmen“

In Fukushima gibt es zwei Wasserprobleme: Da ist zum einen das Kühlwasser, das immer noch gebraucht wird, um die zerstörte Anlage im sicheren Bereich zu halten. Dieses Wasser kommt verstrahlt aus den Leitungen zurück und muss in riesigen Tanks gelagert werden - die lecken aber zum Teil und es fällt mehr strahlendes Wasser an, als derzeit "gereinigt" werden kann. Und dann ist da eben noch das Grundwasser, das auf dem Weg herunter von den Bergen, kurz vor dem Meer, noch die strahlende Ruine passiert und dabei selbst "strahlend" wird. Hier will die japanische Regierung jetzt für 360 Millionen Euro eine Eiswand als Barriere konstruieren lassen.

<https://www.tagesschau.de/ausland/fukushima890.html>

Atomkatastrophe von Fukushima



Sechs Jahre nach der Katastrophe im japanischen Atomkraftwerk Fukushima ist die Lage keineswegs entspannt. Regelmäßig erreichen uns Nachrichten, dass Unmengen von verseuchtem Wasser ins Meer fließen. Die Kühlsysteme fielen immer wieder aus und vom schwer beschädigten Reaktor 4 soll weiterhin eine immense Gefahr ausgehen. Die Strahlenbelastung für die Menschen in der Region um Fukushima ist immer noch hoch. Würde man die gleichen Maßstäbe anlegen, wie sie 1986 nach dem schweren Atomunfall im belorussischen Tschernobyl galten, müssten 1,6 Millionen Menschen, darunter 360.000 Kinder, evakuiert werden, heißt es in einem Medienbericht. Die Krebsrate bei Jugendlichen aus der Region ist einer Untersuchung zufolge 30 Mal höher als im Rest Japans. Die Regierung bestreitet jeden Zusammenhang der Krebserkrankungen mit dem Reaktorunglück.

Nach einem der stärksten jemals gemessenen Erdbeben und einem dadurch ausgelösten Tsunami mit einer zehn Meter hohen Welle kollabierten am 11. März 2011 mehrere Kühlsysteme im japanischen Atomkraftwerk Fukushima. Es folgte eine Unfallserie in den Reaktorblöcke 1 bis 4, bei der erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt wurden. In Reaktor 2 kam es wahrscheinlich zu einer teilweisen Kernschmelze. Die langfristigen Folgen für das dicht besiedelte Japan sind nicht absehbar. Mit der Atomkatastrophe in Fukushima hatte sich der Streit über die Zukunft der Atomenergie auch in Deutschland zugespitzt. Einen Monat nach der japanischen Atomkatastrophe

verkündete Kanzlerin Angela Merkel (CDU) die Energiewende. Deutschland soll den Einstieg ins Zeitalter der regenerativen Energien so schnell wie möglich vollziehen. Das Beben ereignete sich am 11. März 2011 (15.26 Uhr Ortszeit) 130 Kilometer östlich der Stadt Sendai und knapp 400 Kilometer nordöstlich der Hauptstadt Tokio. Die Stärke des Bebens revidierte die Behörden in Tokio von 8,8 auf 9,0 nach oben. Danach überschlugen sich die Schreckensmeldungen aus Japan: Durch das gewaltige Erdbeben und den dadurch ausgelösten Tsunami sind in Japan tausende Menschen ums Leben gekommen. Die genaue Zahl ist noch immer nicht bekannt. Bis zum Februar 2012 wurden 15.846 Tote gezählt, es werden aber noch immer über 3.000 Menschen vermisst. Mehr als 500.000 Menschen konnten fliehen und waren in Notunterkünften untergekommen. Große Landstriche waren verwüstet.

Nach Angaben von Wissenschaftlern hat die Wucht des Erdbebens die japanische Hauptinsel um 2,4 Meter verschoben.

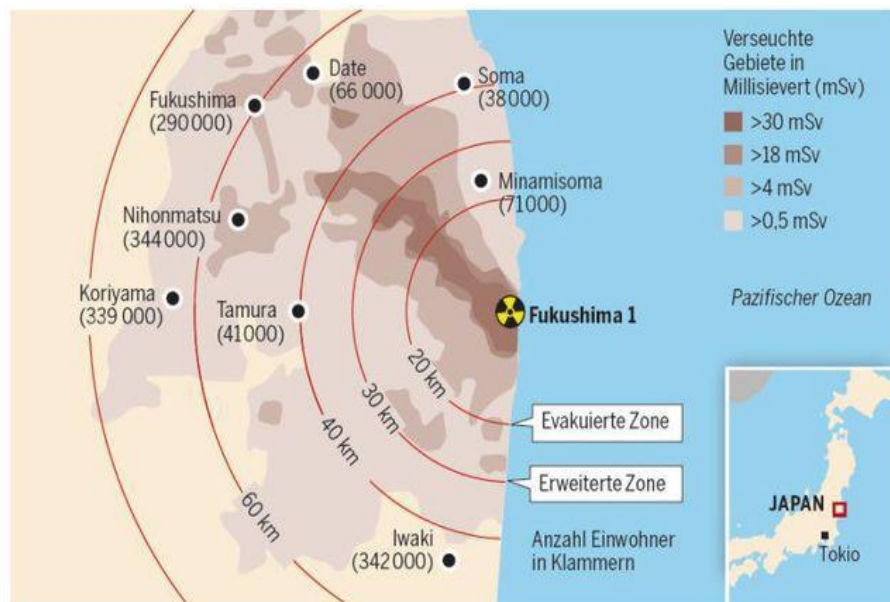
Der damalige Premierminister Naoto Kan bezeichnete das verheerende Erdbeben als die schlimmste Krise seit dem Zweiten Weltkrieg. Mehr als 1.400 Notlager wurden in fünf Präfekturen des Landes unter anderem in Schulen und Gemeindehäusern eingerichtet, 100.000 Soldaten unterstützten zunächst die Rettungsarbeiten. Die Regierung schätzt die Kosten der Katastrophe auf bis zu 310 Milliarden Dollar.

Die Erschütterungen waren auch in der Hauptstadt Tokio deutlich zu spüren. Die Wolkenkratzer der Innenstadt, die erdbebensicher gebaut sind, schwankten, hielten aber dem Erdbeben stand.

Nach Erdbeben und Tsunami kämpfte Japan mit einer dritten Katastrophe in Folge: einer atomaren Verstrahlung im Atomkraftwerk Fukushima, deren Ausmaß bis heute nicht abzuschätzen ist.

<https://www.lpb-bw.de/atomkatastrophe.html>

Bedrohte Städte im Umkreis von Fukushima 1





Evakuierung der Bevölkerung



Notunterkunft für die Bevölkerung



Besprühung der Werksgebäude
mit Kunstharz



Lagerstelle für verseuchte Erde



Neu errichtete
Betonschutzmauer an der
Ostküste Japans.



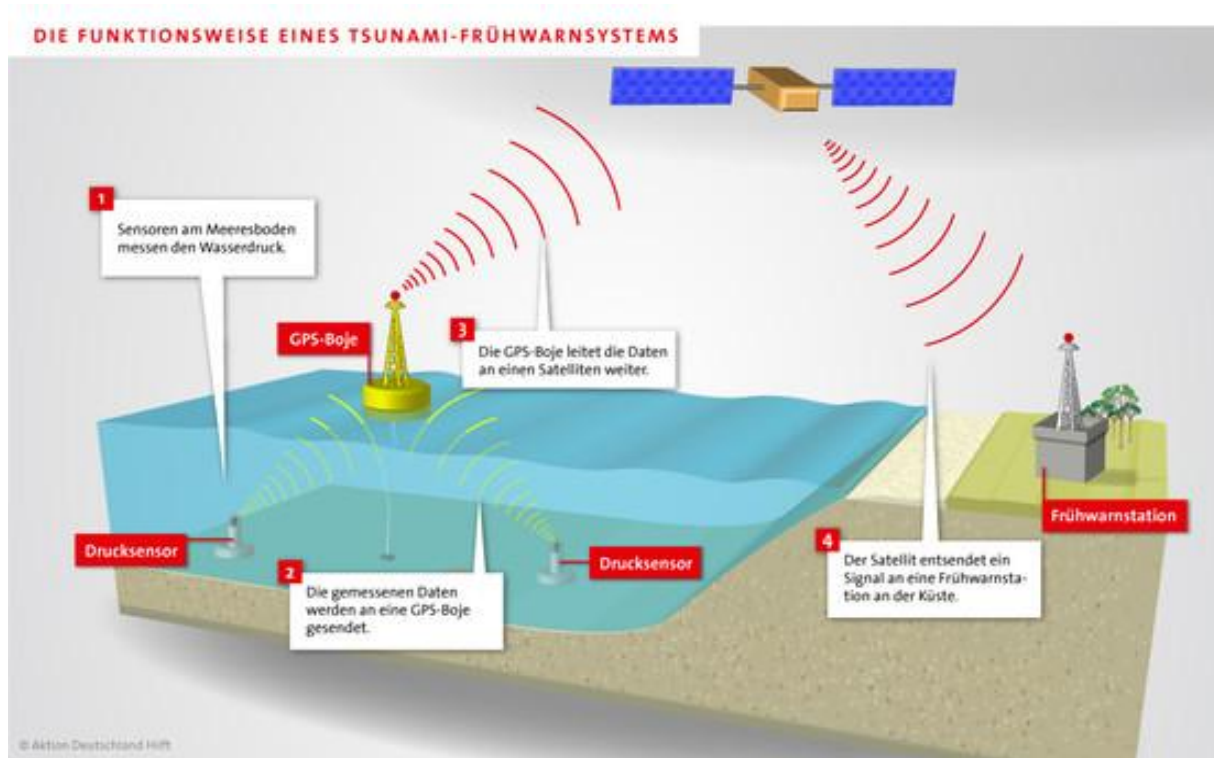
Einzelne Betonschutzelemente



Mangrove vor Tsunami



Mangrove nach Tsunami



Bilder-Quellverzeichnis (Zugriffe am 23.10.2017 und 27.10.2017):

http://bc02.rp-online.de/polopoly_fs/unmittelbare-folge-verheerenderbebens-nordostkueste-japans-prallte

1.1264318.1316042574|httpImage/365791889.jpg_gen/derivatives/d496x/365791889.jpg

<https://files.newsnetz.ch/story/2/8/6/28683535/20/topelement.jpg>

<https://www.welt.de/img/vermischtes/weltgeschehen/mobile101901527/5172507287-ci1021-w1024/japandanachNEU1-truemmerschiff-DW-Politik-Kisenuma-jpg.jpg>

[https://www.aktion-deutschland-](https://www.aktion-deutschland-hilft.de/fileadmin/_processed_/csm__06_Tsunamifru_ehwarnsystem-rev1_a1263dd54a.jpg)

[hilft.de/fileadmin/_processed_/csm__06_Tsunamifru_ehwarnsystem-rev1_a1263dd54a.jpg](https://www.aktion-deutschland-hilft.de/fileadmin/_processed_/csm__06_Tsunamifru_ehwarnsystem-rev1_a1263dd54a.jpg)

<http://www.tagesspiegel.de/images/mauer-japan/11272424/2-format43.jpg>

<https://media.gettyimages.com/photos/concrete-blocks-to-be-dropped-along-the-coast-for-tsunami-protection-picture-id528783834>

<https://www.swr.de/->

[/id=13359852/property=thumbnail/pubVersion=3/width=316/12j0r3c/Mangrovenbaum.jpg](https://www.swr.de/-/id=13359852/property=thumbnail/pubVersion=3/width=316/12j0r3c/Mangrovenbaum.jpg)

<https://www.sk-zag.de/Binaries/Binary1851/Mangrove.jpg>

https://www.sott.net/image/s12/258932/full/tsunami_japan_2011.jpg

http://www.tsunami-alarm-system.com/fileadmin/media/images/reseller/a3m_tsunami_risiko_h.jpg

<http://media-cdn.sueddeutsche.de/image/sz.1.1071378/940x528?v=1355683213>

https://bilder.t-online.de/b/44/95/38/80/id_44953880/920/tid_da/im-radius-von-20-kilometern-wurde-das-gebiet-um-das-katastrophen-kraftwerk-fukushima-1-evakuiert-die-vorbereitungen-fuer-weitere-evakuierungen-laufen-bereits-foto-ap-.jpg

[http://nuclearhotseat.com/wp-](http://nuclearhotseat.com/wp-content/uploads/2016/03/12347898_10203992483092319_6984591850525710268_n.jpg)

[content/uploads/2016/03/12347898_10203992483092319_6984591850525710268_n.jpg](http://nuclearhotseat.com/wp-content/uploads/2016/03/12347898_10203992483092319_6984591850525710268_n.jpg)

<https://bilder2.n-tv.de/img/incoming/origs3463441/1422537688-w1280-h960/2y5l2911.jpg>