

Überblick über die Chronologie der Ereignisse unmittelbar nach dem Tsunami

Die Darstellung der Chronologie der Ereignisse ist eine Zusammenfassung der Berichte verschiedener Organisationen. Für Details s. IAEA (2015a und 2015c), GRS (2016) und Japan (2011).

11. März 2011
14.47 Uhr
Seebeben

Reaktorschnellabschaltung in den Blöcken 1-3. Die externe Stromversorgung für das Kraftwerksgelände bricht zusammen. Start der Notstrom-Dieselegeneratoren.

Der Tsunami trifft auf die Wellenbrecher.



11. März 2011
15.35 Uhr
Mit dem Tsunami erreicht eine ca. 15 m hohe Welle die Anlage.

	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Blöcke 5 und 6
	<p>Mit dem Auftreffen des Tsunamis fiel durch in die Gebäude eindringendes Wasser neben den beiden dem Block zugeordneten Notstromdieseln auch die batteriegepufferte Gleichspannungsversorgung aus. Durch den Ausfall der gesamten Warteninstrumentierung war eine Überwachung des Anlagenzustands nicht mehr möglich, ebenso konnten Armaturen der Kühl- und Einspeisesysteme nicht mehr verfahren werden. Da zum Zeitpunkt des Ausfalls der Gleichspannungsversorgung der Notkondensator nicht in Betrieb war, konnte dieser nicht wieder in Betrieb genommen werden. Bis 21.30 Uhr wurden verschiedene Maßnahmen ergriffen, den Notkondensator in Betrieb zu setzen. Nach späteren Überprüfungen geht der Betreiber davon aus, dass diese Versuche nicht erfolgreich waren. Es konnte nicht bestätigt werden, dass das eigenmediumbetriebene Hochdruck-Einspeisesystem (HPCI) in Betrieb war.</p>	<p>Ähnlich wie im Block 1 fielen auch im Block 2 mit dem Auftreffen des Tsunamis die dem Block zugeordneten Notstromdiesel und kurze Zeit später die batteriegepufferte Gleichspannungsversorgung aus. Als Folge dieser Ausfälle stand die Warteninstrumentierung nicht mehr zur Verfügung. Ebenso fielen mit der Wechselstromversorgung auch die Aggregate der Nachkühlkette aus, so dass die Nachwärme nicht mehr aus dem Sicherheitsbehälter abgeführt wurde.</p> <p>Vor dem Auftreffen des Tsunamis war das eigenmediumbetriebene Hochdruck-Nachspeisesystem (RCIC) in Betrieb, sein Weiterbetrieb war aber zunächst wegen der fehlenden Instrumentierung ungewiss.</p>	<p>Im Gegensatz zu den Blöcken 1 und 2 kam es mit dem Auftreffen des Tsunamis zwar zu einem Ausfall der Notstromdiesel und damit der Nachkühlkette. Die batterieversorgte unterbrechungsfreie Gleichspannungsversorgung blieb aber in Teilen intakt, so dass nur ein Teil der Warteninstrumentierung nicht verfügbar war. Ebenso stand das eigenmediumbetriebene Hochdruck-Nachspeisesystem (RCIC) zur Einspeisung von Kühlmittel in den Reaktordruckbehälter zur Verfügung.</p>	<p>Mit dem Auftreffen des Tsunamis versagte der einzige dem Block zugeordnete verfügbare Notstromdiesel. Damit fiel die Kühlung des Reaktorkerns, der sich vollständig im Brennelementlagerbecken befand, aus.</p>	<p>Mit dem Tsunami kam es zum Ausfall der beiden Notstromdiesel des Blocks 5. Ein auf einem höheren Geländeniveau stehender luftgekühlter Notstromdiesel des Blocks 6 blieb jedoch verfügbar. Im Block 6 konnte jedoch aufgrund des Ausfalls des nuklearen Nebenkühlwassersystems die Nachwärme nicht mehr abgeführt werden.</p>
<p>11. März 2011 18.00 Uhr</p>	<p>Aufgrund des Ausfalls der Kühlung und Einspeisung geht der Betreiber davon aus, dass der Füllstand des Reaktordruckbehälters gegen 18.00 Uhr die Oberkante des Reaktorkerns erreichte.</p>				
<p>11. März 2011 21.50 Uhr</p>	<p>Gegen 21.50 Uhr konnte die Gleichspannungsversorgung von Teilen der Warte provisorisch wiederhergestellt werden. Es wurde ein ausreichend hoher Füllstand im Reaktordruckbehälter gemessen, woraus geschlossen wurde, dass das Nachspeisesystem in Betrieb war und den Füllstand hielt.</p>				
<p>11. März 2011 23.00 Uhr</p>	<p>Gegen 23.00 Uhr eine erhöhte Ortsdosisleistung auf dem Anlagengelände festgestellt.</p>				

Die überflutete Anlage



Versorgung von Warteninstrumenten mittels Autobatterien (Aufnahme vom 22.03.2011)

11. März 2011
24.00 Uhr

Kurz vor 24.00 Uhr konnten Teile der Instrumentierung provisorisch wieder in Betrieb genommen werden. Es wurde ein Druck im Sicherheitsbehälter von ca. 6 bar gemessen. Da dieser über dem Auslegungsdruck lag, wurden Vorbereitungen zum Venting des Sicherheitsbehälters getroffen.

12. März 2011
02.30 Uhr

Am 12. März gegen 2.30 Uhr wurde im Reaktordruckbehälter ein Druck von 9 bar gemessen. Im Sicherheitsbehälter wurde ein Druck von ca. 8,2 bar gemessen. Da dieser über längere Zeit konstant blieb und kein weiterer Druckaufbau stattfand, vermutete der Betreiber, dass in diesem ein Leck vorlag.

12. März 2011
04.00 Uhr

Ab 4.00 Uhr wurde mit einer Feuerlöschpumpe Wasser über Leitungen des Kernsprühsystems in den Reaktordruckbehälter eingespeist. Die Implementierung dieser Notfallmaßnahme war aufgrund der Unpassierbarkeit der Zuwege und der Zerstörungen außerhalb des Anlagengeländes erschwert. Es wird vermutet, dass der Reaktordruckbehälter zuvor insgesamt ca. 14 Stunden ohne Bespeisung, d. h. ohne Zufuhr von Reaktorkühlmittel war.

12. März 2011
12.00 Uhr

12. März 2011
14.00 Uhr

Gegen 14.00 Uhr wurde mit dem Venting des Sicherheitsbehälters begonnen. Hierzu mussten motorbetriebene Armaturen manuell geöffnet werden. Ebenso musste das pneumatisch vorgesteuerte Ventil einer Abluftleitung aus der Kondensationskammer geöffnet werden. Die nötige Steuerluft musste aufgrund des Station Blackouts durch herbeigeschaffte Kompressoren erzeugt werden. Um 14.30 Uhr wurde ein Druckabfall innerhalb des Sicherheitsbehälters beobachtet, es war zu dem Zeitpunkt jedoch unklar, ob dieser durch ein erfolgreiches Venting oder neue Leckagen verursacht wurde. Heute geht man davon aus, dass das Venting erfolgreich war.



Gegen Mittag des 12. März fiel das Hochdruck-Nachspeisesystem aus, vermutlich aufgrund der Anregung des Aggregateschutzes. Mit fallendem Füllstand startete daraufhin automatisch das eigenmediumbetriebene Hochdruck-Einspeisesystem (HPCI). Der Druck im Reaktordruckbehälter sank durch die große Dampfentnahme des Einspeisesystems in der Folge langsam ab, und die in den Reaktordruckbehälter geförderte Wassermenge sank kontinuierlich.

In den folgenden Tagen wurde der verfügbar gebliebene Notstromdiesel abwechselnd auf die Blöcke 5 und 6 geschaltet und sicherte so die Bespeisung der Reaktordruckbehälter über die Niederdrucksysteme.

Block 1

12. März 2011
15.30 Uhr

Etwa eine Stunde später gegen 15.36 Uhr ereignete sich im Reaktorgebäude eine Wasserstoffexplosion. Die Explosion führte zu Zerstörungen im oberen Teil des Reaktorgebäudes, das den Beckenflur schützt. Im Gegensatz zum unteren Teil ist dieser Teil bei der Anlage Fukushima Daiichi nicht in Beton ausgeführt. Als Folge der Explosion wurde das Dach des Brennelementlagerbeckens zerstört. Ob der Wasserstoff infolge des Ventings in das Reaktorgebäude eingetragen wurde oder bereits zuvor durch Leckagen am Sicherheitsbehälter, ist ungeklärt.

12. März 2011
19.00 Uhr

Nachdem die verfügbaren Frischwasservorräte erschöpft waren, wurde ab ca. 19.00 Uhr Meerwasser eingespeist. Dieses wurde später zur Vermeidung einer Rekritikalität mit Borsäure versetzt.

13. März 2011
02.30 Uhr

13. März 2011
08.00 Uhr

Das Reaktorgebäude von Block 1 nach der Explosion



© TEPCO

Block 2

Wegen ansteigendem Druck im Sicherheitsbehälter aufgrund der fehlenden Nachwärmeabfuhr wurde am Morgen des 13. März mit der Vorbereitung des Ventings begonnen (manuelle Öffnung einer Motorarmatur und Anschluss von Steuerluft an ein Abluftventil der Kondensationskammer). Ein Erfolg der Maßnahmen konnte nicht festgestellt werden: Es kam zu keinem Druckabfall im Sicherheitsbehälter. Ebenso wurde später festgestellt, dass eine in der Vent-Strecke befindliche Berstscheibe intakt blieb.

Block 3

Der Betreiber geht davon aus, dass der Füllstand im Reaktordruckbehälter am 13. März gegen 2.30 Uhr unter die Kernoberkante absank und erste Kernschäden auftraten.

In den Morgenstunden des 13. März wurde daher eine alternative Einspeisemöglichkeit mittels einer Feuerlöschpumpe vorbereitet, hierzu wurde das Hochdruck-Einspeisesystem manuell abgeschaltet. Dadurch stieg der Druck im Sicherheitsbehälter wieder auf den Begrenzungsdruck der Sicherheits- und Entlastungsventile an. Eine für die Einspeisung mittels der Feuerlöschpumpe nötige Druckentlastung scheiterte zunächst an der fehlenden Stromversorgung aufgrund der mittlerweile erschöpften Batterien der unterbrechungsfreien Gleichspannungsversorgung. Ebenso blieb ein Versuch, das Hochdruck-Einspeisesystem wieder zu starten, erfolglos. Gleichzeitig wurde ein Venting des Sicherheitsbehälters vorbereitet. Es gelang zwar, die Vent-Strecke zu öffnen, der Druck im Sicherheitsbehälter blieb aber zunächst unterhalb des Auslösedrucks der Berstscheibe. Gegen 21.20 Uhr konnte aber der Erfolg des Ventings bestätigt werden.

Schließlich gelang es mithilfe von Autobatterien, das Vorsteuerventil eines Sicherheits- und Entlastungsventils anzusteuern und den Reaktordruckbehälter zu druckentlasten. Ab ca. 9.25 Uhr konnte mit der Einspeisung von Wasser begonnen werden. Später wurde nach Erschöpfung der Frischwasservorräte Meerwasser eingespeist. Damit war der Reaktordruckbehälter für ca. 6,5 Stunden ohne Bespeisung gewesen.



© Japanisches Verteidigungsministerium

Wassereinbringung in Reaktor 3 durch ein Löschfahrzeug

	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Block 5+6
<p>14. März 2011 11.00 Uhr</p>		<p>Gegen Mittag des 14. März wurde ein Absinken des Füllstandes des Reaktor-druckbehälters beobachtet. Als Grund wird der Ausfall des Hochdruck-Einspeisesystems vermutet, entweder weil der Abdampf der Gegendruck-Antriebsturbine in der Kondensationskammer nicht mehr niedergeschlagen werden konnte, oder weil durch Überspeisen des Reaktor-druckbehälters Wasser in die Treibdampfleitung des Systems gelangte (dieses Phänomen könnte zuvor schon zu einer Selbstregelung der Einspeisemenge geführt haben). Aus diesem Grund wurde eine vorbereitete mobile Feuerlöschpumpe zur Einspeisung gestartet. Zuvor musste jedoch der Reaktor-druckbehälter druckentlastet werden, da die mobile Pumpe nicht gegen den vollen Reaktor-druck einspeisen konnte. Zur Druckentlastung wurden die Vorsteuerventile der Sicherheits- und Entlastungsventile mit Autobatterien behelfsmäßig angesteuert. Gegen 19.00 Uhr wurden Drücke unterhalb der Nullförderhöhe der Pumpe erreicht und es konnte mit der Einspeisung begonnen werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Reaktor-druckbehälter ca. 11 Stunden ohne Bespeisung war, und dass es gegen 18.00 Uhr zu einer teilweisen Kernfreilegung und ersten Kernschäden kam.</p>	<p>Am 14. März ereignete sich um 11.01 Uhr, ähnlich wie in Block 1, eine Wasserstoffexplosion, die den oberen Teil des Reaktor-gebäudes zerstörte. Es wird vermutet, dass sich im Zuge der Kernschmelze entstandener Wasserstoff durch Leckagen des Sicherheitsbehälters (z. B. an der Dichtung des Ladedeckels) im Reaktor-gebäude ansammeln konnte. Durch die Explosion wurde auch die notfallmäßige Einspeisung mit der Feuerlöschpumpe beeinträchtigt. Sie konnte erst gegen 15.30 Uhr wiederhergestellt werden.</p> <p>Die Bespeisung des Brennelement-lagerbeckens wurde zunächst mit Hubschraubern durch das beschädigte Dach des Reaktor-gebäudes versucht. Wegen dabei auftretender Schwierigkeiten und aus Gründen des Strahlenschutzes kamen dann Autobeton-pumpen zum Einsatz. Später wurde das Brennelement-lagerbecken über bestehende Leitungen bespeist.</p>	<p>Am 15. März kam es gegen 15.11 Uhr zu einer Explosion im Reaktor-gebäude. Diese zerstörte ähnlich wie im Block 1 und 3 den oberen Teil des Gebäudes, so dass der Beckenflur unter freiem Himmel lag. Der Wasserstoff wurde vermutlich aus dem Block 3 über gemeinsam genutzte Fortluftsysteme eingetragen. Hierbei könnte auch das in Block 3 durchgeführte Venting eine Rolle gespielt haben, da hierzu Komponenten des Lüftungs- und Fortluftsystems verwendet wurden.</p>	
<p>15. März 2011</p>		<p>Am 15. März wurde ein Absinken des Drucks im Sicherheitsbehälter auf null festgestellt. Die Ursache hierfür ist unbekannt, wahrscheinlich kam es zu einem Versagen des Behälters infolge des Überdrucks.</p>	 <p>© TEPCO</p>	<p>Blick auf die Blöcke 3 und 4</p>	
<p>19./20. März 2011</p>		<p>Ab dem 20. März wurde damit begonnen, auch das Brennelement-lagerbecken über bestehende Leitungen zu bespeisen.</p>	 <p>© TEPCO</p>	<p>Ab dem 20.3 wurde damit begonnen, das Brennelement-lagerbecken auf verschiedenen Wegen zu bespeisen. Dazu wurden auch Autobeton-pumpen herangezogen. Nach heutigem Kenntnisstand kam es in Block 4 zu keinen Brennstabschäden aufgrund fehlender Kühlung.</p>	<p>Ab dem 19. März wurde in beiden Blöcken eine provisorische Nebenkühlwasserpumpe betrieben, die die Abfuhr der Nachwärme aus den Reaktoren und den Brennelement-lager-becken gewährleistete.</p>
<p>31. März 2011</p>	<p>Ab dem 31. März wurde begonnen, mit einer Autobetonpumpe durch das zerstörte Dach des Reaktor-gebäudes Wasser in das Brennelement-lager-becken einzuspeisen, um den Verlust von Medium durch Verdampfen zu ergänzen.</p>			<p>Kühlung mit Autobetonpumpe</p>	
<p>Mai 2011</p>	<p>Bis Ende Mai konnte eine Bespeisungs-möglichkeit über bestehende Leitungen eingerichtet werden.</p>				