



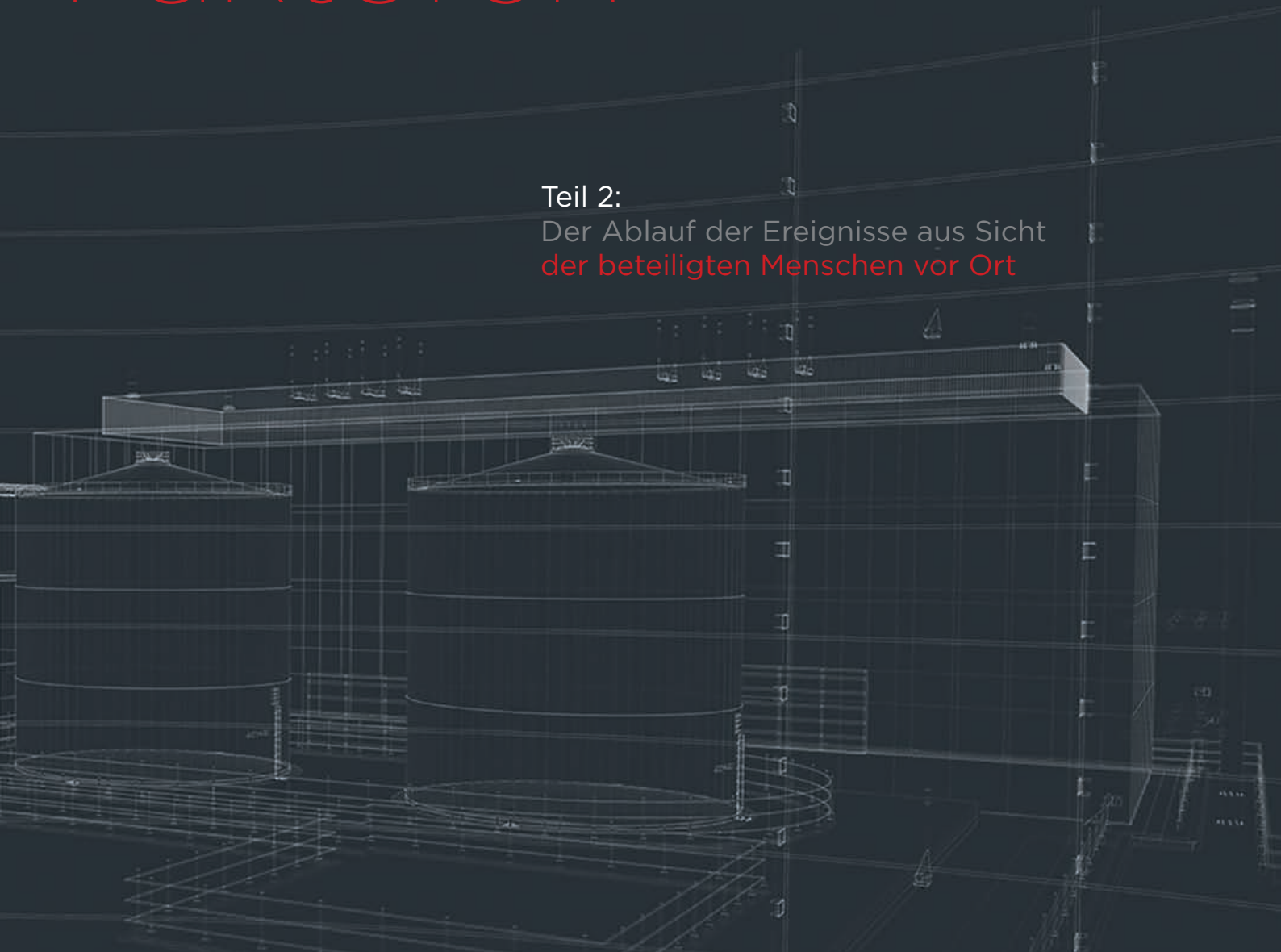
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI

Fukushima Daiichi Menschliche und organisatorische Faktoren

Teil 2:
Der Ablauf der Ereignisse aus Sicht
der beteiligten Menschen vor Ort



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Übersicht über die Lage	6
3	Unfallablauf	14
3.1	Was geschah im Block 1?	14
3.1.1	Zwischen dem Erdbeben und der Ankunft des Tsunamis	15
3.1.2	Ankunft des Tsunamis und Diagnostizierung des Zustands des Notkondensationssystems	17
3.1.3	Freilegung des Reaktorkerns und Vorbereitung der Druckentlastung des Primärcontainments	21
3.1.4	Die Arbeiten zur Wassereinspeisung in den RDB mithilfe von Feuerwehrfahrzeugen	26
3.1.5	Druckentlastung des Primärcontainments	30
3.1.6	Das Ende der Frischwassereinspeisung, die Meerwassereinspeisung und die Wasserstoffexplosion	32
3.2	Was geschah im Block 2?	38
3.2.1	Zwischen dem Erdbeben und der Ankunft des Tsunamis	39
3.2.2	Die Ankunft des Tsunamis und die Kontrolle der Kühlung des Reaktors	40
3.2.3	Erneute Vorbereitungsarbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments	45
3.2.4	Vorbereitung einer Leitung zur Meerwassereinspeisung	46
3.2.5	Der Verlust der Kernkühlung und die Weiterführung der Arbeiten zur Druckentlastung des RDB und des Primärcontainments	47
3.3	Was geschah im Block 3?	54
3.3.1	Zwischen dem Erdbeben und der Ankunft des Tsunamis	55
3.3.2	Die Ankunft des Tsunamis, die Vorbereitung der Druckentlastung des Primärcontainments und der Verlust der Kernkühlung	56
3.3.3	Weiterführung der Arbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments und des Reaktors sowie Wassereinspeisung in den RDB	59
3.3.3.1	Arbeiten zur Druckstabilisierung im Primärcontainment	60
3.3.3.2	Vorbereitungsarbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments	61
3.3.3.3	Druckentlastung des Primärcontainments und des RDB	62
3.3.3.4	Arbeiten zur Einspeisung von Frischwasser und Meerwasser in den Reaktor	64
3.3.3.5	Handlungen zur Vorbeugung von Explosionen und Fortsetzung der Arbeiten zur Wassereinspeisung in den RDB	66
3.3.4	Die Weiterführung der Arbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments und zur Wassereinspeisung in den RDB	67
3.3.5	Die Wasserstoffexplosion	70
3.3.6	Die Wiederaufnahme der Wassereinspeisung in den Reaktor	73
3.4	Was geschah im Block 4?	75
3.4.1	Der Ausfall der Stromversorgung und die Handlungen zu deren Wiederherstellung	76
3.4.2	Der Temperaturanstieg im Brennelementlagerbecken	77
3.4.3	Die Wasserstoffexplosion und der Brand im Reaktorgebäude	78
3.5	Was geschah in den Blöcken 5 und 6?	80
4	Betrachtungen aus menschlicher und organisatorischer Sicht	81
5	Abkürzungsverzeichnis	86
6	Quelldokumente	88
7	Endnoten	92
8	Anhang: Chronologie der Ereignisse	159

1 Einleitung

*«Ich versichere Ihnen, dass niemand jemals mit drei Kernkraftwerksblöcken auf einmal zu tun gehabt hat, und ich denke, um ehrlich zu sein, dass es wahrscheinlich nie wieder vorkommen wird. Ich will gar nicht erst darüber nachdenken.»
(M. Yoshida, Kraftwerksleiter [40], S. 123¹)*

Nachdem im Jahr 2015 der erste von drei Teilen der vertieften Analyse der menschlichen und organisatorischen Faktoren im Zusammenhang mit dem Unfall in Fukushima veröffentlicht wurde ([35]), folgt nun der zweite Teil. Während sich der erste Teil insbesondere auf die Erörterung der an der Bewältigung des Unfalls beteiligten Organisationen (Betreiber, Behörden, Notfallzentren) an verschiedenen Standorten fokussierte und eine grobe Darstellung der Eckdaten und des Ablaufs der Ereignisse präsentierte, befasst sich der vorliegende zweite Teil mit dem detaillierten Ablauf des Unfalls aus der Perspektive der an dessen Bewältigung beteiligten Menschen am Standort des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi. Diese Analyse soll anschliessend als Grundlage dienen für den dritten Teil, in welchem einige zentrale Erkenntnisse aus dem Ereignis aus menschlicher und organisatorischer Sicht vertieft und im Hinblick auf die Aufsicht im Bereich Mensch und Organisation reflektiert werden sollen.

Primäres Ziel des vorliegenden Berichts ist es, einen Eindruck der Umstände und Schwierigkeiten, mit welchen die beteiligten Mitarbeitenden am Standort Fukushima Daiichi zu kämpfen hatten, und der Komplexität des Unfalls und der daraus resultierenden Anforderungen an die einzelnen Personen, die Teams und an die Notfallorganisation, zu vermitteln. Für die Blöcke 1, 2, 3 und 4 werden der Ablauf der Ereignisse, von den Beteiligten getroffene Entscheidungen und deren Handlungen sowie, soweit sich dies aus den benutzten Quellen ableiten lässt, plausible Hypothesen über ihre Interpretation des Zustands der Anlagen zum jeweiligen Zeitpunkt (für den Zeitraum vom 11. bis zum 15. März 2011) chronologisch in erzählender Form geschildert. Die Leserinnen und Leser werden eingeladen,

sich gedanklich in die Situation der Beteiligten zu versetzen und sich vorzustellen, mit welcher äusserst schwierigen Bedingungen und schier unvorstellbaren Umständen diese über Tage und Wochen rangen, um die Auswirkungen des Erdbebens und des darauf folgenden Tsunamis nicht noch weiter eskalieren zu lassen – ohne dass sie dabei wussten, wie und wann die Situation wieder unter Kontrolle sein würde oder ob dies überhaupt gelingen würde.

Trotz des Versuchs, die Ge- und Begebenheiten möglichst umfassend und detailliert darzustellen, sind der Realitätsnähe des Berichts naturgemäss Grenzen gesetzt. Insbesondere kann aufgrund der Linearität der Erzählung (sequenzielle Darstellung der Entwicklungen in den vier Blöcken) und einer zwingenden Verkürzung und Vereinfachung der dargestellten Geschehnisse, der Komplexität des Geschehens und Erlebens nicht annähernd umfassend Rechnung getragen werden. Diese Tatsache gilt es beim Lesen stets im Sinn zu behalten. Um diese Problematik mindestens teilweise zu entschärfen, wurde der Ablauf der Ereignisse in den verschiedenen Blöcken im Anhang zu diesem Bericht tabellarisch dargestellt, sodass leichter ersichtlich wird, wie sich Entscheidungen, Tätigkeiten und Ereignisse parallel abgespielt und sich gegenseitig beeinflusst haben.

Ebenso ist es wichtig sich zu vergegenwärtigen, dass die Ereignisse in einem Bericht immer nachträglich rekonstruiert und beurteilt werden. In solchen Situationen unterliegen wir – Schreibende wie Lesende – fortwährend der Gefahr des so genannten Rückschaufehlers (Hindsight Bias, vgl. z. B. [37]): Wir nehmen die geschilderten Geschehnisse als eine geordnete Abfolge von sequenziell und kausal zusammenhängenden Ereignisbausteinen wahr und (re-)konstruieren aus ihnen eine kohärente Geschichte, welche von einem Auslöser hin zum uns bekannten Ergebnis führt. Dabei vergessen wir häufig, dass im Moment der Ereignisse deren weitere Entwicklung noch in der Zukunft liegt und für die Akteure nicht (mit Sicherheit) vorhersehbar ist. Die involvierten Personen befinden sich in einer

dynamischen Situation und müssen unter Ungewissheit handeln. Die noch bevorstehende «Geschichte» ist ihnen also (noch) nicht bekannt und sie wissen nicht, ob sich ihre Entscheidungen oder Handlungen als richtig herausstellen werden.

Mit diesen Hinweisen im Sinn, möchte das ENSI die Aufmerksamkeit der Lesenden insbesondere auf die folgenden Aspekte lenken, welche sich wie ein roter Faden durch die Beschreibung der Ereignisse ziehen werden:

- Die zeitliche Dimension: Die Umsetzung von Massnahmen nimmt häufig viel Zeit in Anspruch. Zwischen den Entscheidungen, der Erteilung von Aufträgen und deren (erfolgreichen) Umsetzung verstreicht häufig sehr viel Zeit. Gleichzeitig verschlechtert sich die Lage in den verschiedenen Blöcken rapide.
- Parallelitäten und Unterschiede zwischen den Blöcken: Die Grundmechanismen und die Chronologie der Ereignisabläufe in den verschiedenen Blöcken sind dieselben (vom Ausfall der Kühlmöglichkeiten des Reaktors bis zur Kernschmelze und Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt) und doch gibt es Unterschiede in den spezifischen zeitlichen Abläufen und den erforderlichen Eingriffen des Personals zwischen den Blöcken.
- Immer wieder auftretende Rückschläge: Das Personal ist immer wieder konfrontiert mit Misserfolgen und Rückschlägen und muss wiederholt mit der Vorbereitung und Umsetzung von Massnahmen von vorne beginnen.
- Die ausserordentliche Komplexität des Unfalls: Es handelt sich um eine absolute Ausnahme-situation, in welcher sich mehrere auslegungs-überschreitende Störfälle kumulieren. Ähnliche aber doch unterschiedliche Entwicklungen und Ereignisse finden parallel in 4 Blöcken der Anlage statt, wobei jeweils nicht nur die Reaktoren, sondern auch die Brennelementlager im Auge zu behalten sind. Die Ereignisse in den verschiedenen Blöcken beeinflussen einander teilweise gegenseitig. Ein Mangel an Kommunikationsmitteln erschwert die Verständigung zwischen den Individuen, Teams und der Notfallzentrale. Dasselbe Personal ist teilweise bei Massnahmen in verschiedenen Blöcken tätig: Den jederzeitigen Überblick über die Massnahmen und die Entwicklungen zu behalten ist schlicht unmöglich.
- Die erforderliche Priorisierung und wiederholte Neupriorisierung der getroffenen Massnahmen: In Abhängigkeit von den (festgestellten bzw. feststellbaren) Entwicklungen in den verschiedenen Blöcken musste die Priorität von Massnahmen immer wieder neu festgelegt werden. Die Fälle, in welchen solche Neupriorisierungen erfolgten, sind gute Beispiele, die zeigen, wie die Akteure im Fluss der Ereignisse nicht wissen konnten, wohin diese schliesslich führen würden.

Der vorliegende Bericht behandelt folgende Themen:

- Die allgemeine Entwicklung der Lage (Kapitel 2)
- Eine chronologische Darstellung der von den Mannschaften vor Ort eingeleiteten und umgesetzten Notfallmassnahmen, insbesondere zur Kühlung der Reaktoren und zur Druckentlastung der Sicherheitsbehälter (Primärcontainment) und der Reaktordruckbehälter (RDB) (Kapitel 3)
- Betrachtungen aus menschlicher und organisatorischer Sicht (Kapitel 4). Diese sollen anschließend im dritten Teil der Analyse weiter diskutiert werden.

Hinweise:

- Obwohl überprüft und mit diversen dokumentarischen Quellen verglichen, sollten insbesondere die Angaben zu den Daten und Zeiten mit Vorsicht betrachtet werden, da in einigen Fällen weiterhin Ungewissheit besteht und sich unterschiedliche Quellen teilweise widersprechen.
- Zur Förderung der Nachvollziehbarkeit der Aussagen im vorliegenden Bericht, wurden diese durch zahlreiche Endnoten ergänzt. Diese verweisen auf die Originalzitate in den dokumentarischen Quellen oder liefern ergänzende und vertiefende Informationen.

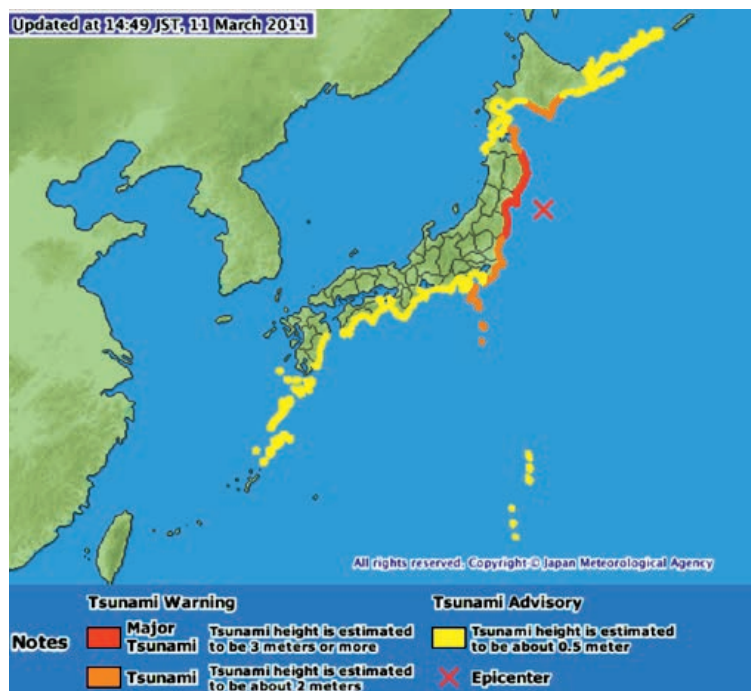
2 Übersicht über die Lage

Nach dem Erdbeben vom 11. März 2011 um 14:46 Uhr wurden die drei Reaktoren der Blöcke 1, 2 und 3 des Kernkraftwerksstandortes Fukushima Daiichi, welche in Betrieb waren, durch automatisches Einfahren der Steuerstäbe abgeschaltet.

Ab kurz nach dem Erdbeben setzte der japanische Wetterdienst verschiedene Warnungen vor der Ankunft eines Tsunami ab. Dabei wurde um 14:50 Uhr zunächst vor einem grösseren Tsunami von «drei Metern Höhe oder mehr» für die Präfektur Fukushima gewarnt (siehe folgende Abbildung [26]). Dieser Warnung folgten zwei weitere, welche jeweils um 15:14 Uhr von einem Tsunami von sechs Metern bzw. um 15:31 Uhr von zehn Metern warnten ([7]²,

[9]³, [27], [28])⁴. Aufgrund der Tsunami-Warnung wurde das Personal auf dem Kernkraftwerksgelände und in den Gebäuden über das Pager-System angewiesen, höher gelegene Standorte aufzusuchen ([7]⁵, [16]⁶, [29]⁷). Es ist den untersuchten Quellen allerdings nicht eindeutig zu entnehmen, inwiefern dem Personal in der Anlage und der Notfallzentrale (Emergency Response Center ERC) die Tatsache, dass die in den späteren Warnungen angekündigte Tsunamihöhe die Tsunami-Schutzwälle des Standorts Fukushima-Daiichi übersteigen und gar die höher gelegenen Hauptgebäude (Reaktorgebäude, Maschinenhäuser etc.) überfluten könnte, bereits vor dem Eintreffen des Tsunamis bewusst wurde⁸.

Abbildung 1:
Tsunamiwarnung
um 14:49 Uhr
(Quelle: Japan
Meteorological
Agency [26])



Tsunami Forecast Region	Classification of Tsunami Warning/Advisory
IWATE PREF.	TSUNAMI WARNING (MAJOR TSUNAMI)
MIYAGI PREF.	TSUNAMI WARNING (MAJOR TSUNAMI)
FUKUSHIMA PREF.	TSUNAMI WARNING (MAJOR TSUNAMI)
CENTRAL PART OF PACIFIC COAST OF HOKKAIDO	TSUNAMI WARNING (TSUNAMI)
PACIFIC COAST OF AOMORI PREF.	TSUNAMI WARNING (TSUNAMI)
IBARAKI PREF.	TSUNAMI WARNING (TSUNAMI)
KUJUKURI AND SOTOBO AREA, CHIBA PREF.	TSUNAMI WARNING (TSUNAMI)
IZU ISLANDS	TSUNAMI WARNING (TSUNAMI)
EASTERN PART OF PACIFIC COAST OF HOKKAIDO	TSUNAMI ADVISORY
WESTERN PART OF PACIFIC COAST OF HOKKAIDO	TSUNAMI ADVISORY
JAPAN SEA COAST OF AOMORI PREF.	TSUNAMI ADVISORY
UCHIBO AREA, CHIBA PREF.	TSUNAMI ADVISORY
OGASAWARA ISLANDS	TSUNAMI ADVISORY
SAGAMI BAY AND MIURA PENINSULA	TSUNAMI ADVISORY
SHIZUOKA PREF.	TSUNAMI ADVISORY
PACIFIC COAST OF AICHI PREF.	TSUNAMI ADVISORY
SOUTHERN PART OF MIE PREF.	TSUNAMI ADVISORY
WAKAYAMA PREF.	TSUNAMI ADVISORY
TOKUSHIMA PREF.	TSUNAMI ADVISORY
KOCHI PREF.	TSUNAMI ADVISORY
MIYAZAKI PREF.	TSUNAMI ADVISORY
TANEGASHIMA AND YAKUSHIMA AREA	TSUNAMI ADVISORY
AMAMI ISLANDS AND TOKARA ISLANDS	TSUNAMI ADVISORY

Ab 15:27 Uhr erreichten mehrere Tsunamiwellen das Kraftwerksgelände. Um 15:36 Uhr wurden die Anlagen und Ausrüstungen durch die zweite und höchste Tsunami-Welle überschwemmt, die den Verlust der Stromversorgung am Kernkraftwerksstandort verursachte und die Kühlsysteme der Reaktoren 1, 2 und 3 stark beeinträchtigte. Diese Welle war mit einer Höhe von 14 bis 15 Metern ([29]⁹) somit um vier bis fünf Meter höher als es die letzte Warnung des Wetterdienstes hatte voraussehen lassen.

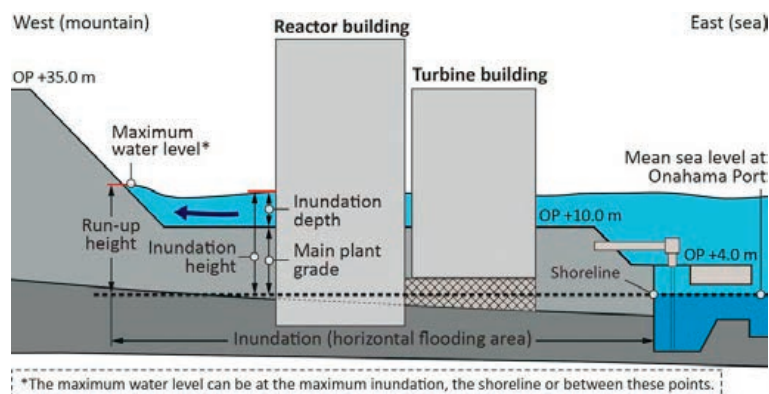


Abbildung 2:
Zustand des Ufers
nach dem Tsunami
(Quelle: TEPCO [7],
Attachment 2)

Abbildung 3:
Darstellung der
Überschwemmung
des Standorts
Fukushima Daiichi
(Quelle: TEPCO [4])



Abbildung 4:
Darstellung der
Überschwemmung
des Blocks 1
(Quelle: IAEA [29],
TV2, S. 25)



*«Es war ein unglaublicher Anblick aus dem Fenster der Umkleidekabine. Die Uferdämme fielen wie Dominosteine. Der Portalkran hatte die Meerwasserpumpe aufgespießt und mehrere Autos wurden weggespült. Ich konnte das Geräusch von Autohupen hören, die unerbittlich von unten heulten.»
(Voices from the field, [7], Attachment 2¹⁰)*

Die Temperatur des Brennstoffs, der nicht mehr gekühlt wurde, stieg an und der Brennstoff schmolz, was zu einem erhöhten Druck in den Reaktordruckbehältern und den Primärcontainments (Sicherheitsbehältern) führte. In der Folge wurden radioaktive Stoffe sowie Wasserstoff in die Reaktorgebäude freigesetzt.

Der Ausfall der Kühlsysteme und das Schmelzen des Brennstoffs fanden in den drei Reaktoren zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt, jedoch grundsätzlich auf ähnliche Weise. TEPCO fasst diesen Prozess wie folgt sequenziell zusammen [24]):

1. **Ausfall der Stromversorgungseinrichtungen**, die für den Betrieb der Sicherheitssysteme erforderlich sind, zunächst aufgrund des Erdbebens, das die externe Stromversorgung des Standorts beschädigte und dann aufgrund des Tsunamis, der die Notstromanlagen überschwemmte (den Grossteil der Batterien¹¹ und alle Diesel-Notgeneratoren der Blöcke 1–4, die angelaufen waren, nachdem das Erdbeben die externe Stromversorgung des Standorts zerstört hatte).
2. Der Ausfall der Stromversorgung trug zum **Ausfall der Kühlfunktionen der Reaktoren** bei.
3. **Abfall des Wasserspiegels in den Reaktoren** aufgrund fehlender Kühlung bzw. Einspeisung und des Temperaturanstiegs, der durch den Ausfall der Kühlung hervorgerufen wurde und das Wasser im RDB verdampfen liess.
4. **Kernschmelze in den Reaktoren 1, 2 und 3 mit Bildung von Wasserstoff**, als der überhitzte Brennstoff mit Wasser oder Dampf in Kontakt kam.
5. **Austritt von Wasserstoff und radioaktiven Stoffen** infolge Beschädigungen der RDB und Primärcontainments (Sicherheitsbehälter) in die Reaktorgebäude, wobei der Austritt von Wasserstoff mehrere Explosionen verursachte: Am 12. März um 15:36 Uhr in Block 1 und am 14. März um 11:01 Uhr in Block 3. Der Unfallablauf in Block 3 führte schliesslich am 15. März um 06:00 Uhr morgens auch zu einer Wasserstoffexplosion in Block 4.



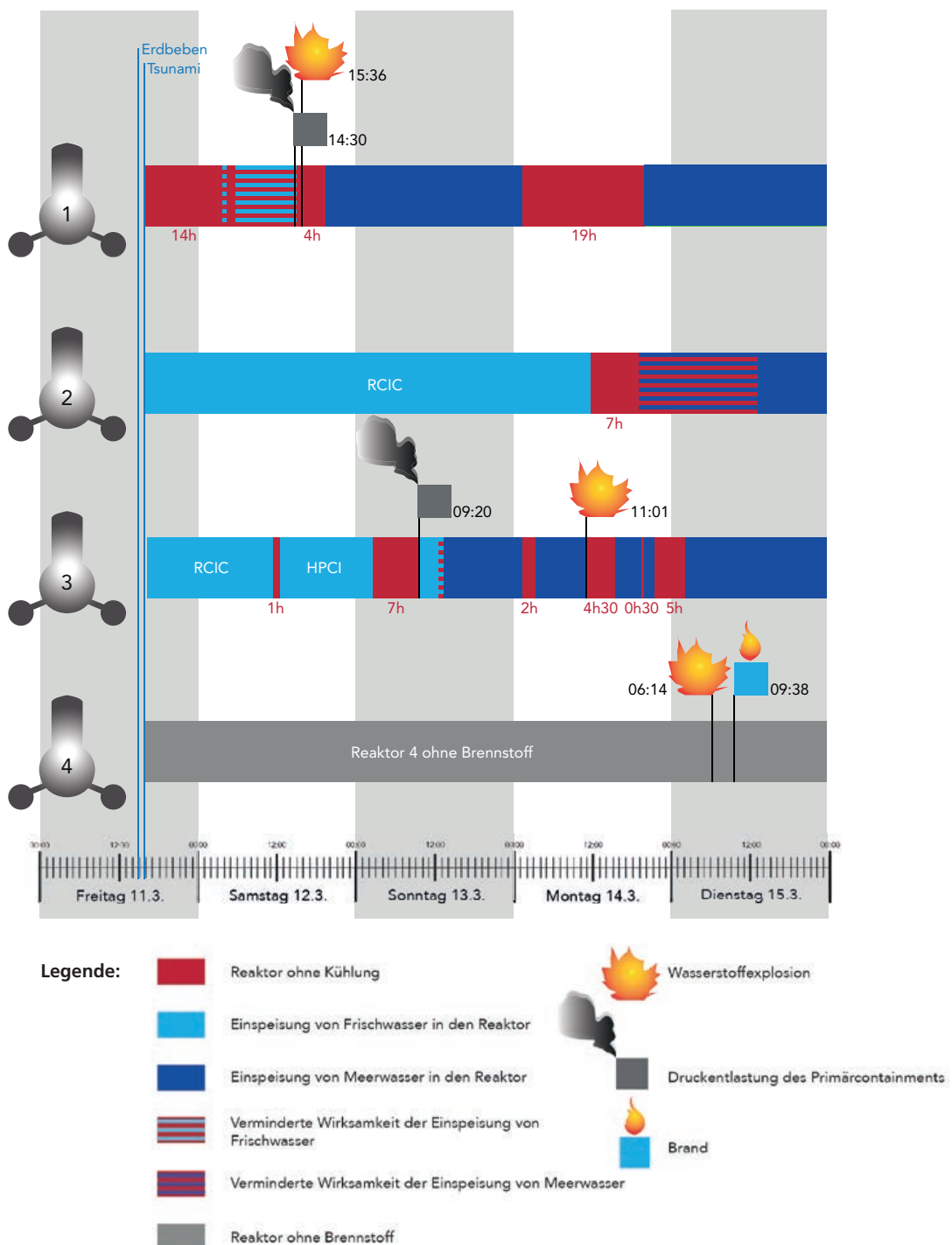
Abbildung 5: Beispiel der Überflutung der Elektroräume des Blocks 2 am Standort Fukushima Daiichi infolge des Tsunamis (Quelle: TEPCO [24])

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Lage in den Blöcken 1, 2, 3 und 4 ab dem Eintreffen des Tsunamis. In dieser Abbildung symbolisieren Farbcodes den jeweiligen Zustand der Reaktorkühlung¹², wie er bis heute rekonstruiert werden konnte. Dies auf Grundlage der Informationen von TEPCO und den verschiedenen japanischen und internationalen Organisationen, die den Ablauf des Unfalls analysiert haben.

- Rot: Die Reaktoren wurden nicht mehr gekühlt
- Hellblau: Einspeisung von Frischwasser mittels Notkühlsystemen oder Feuerwehrfahrzeugen
- Dunkelblau: Einspeisung von Meerwasser.

Die schraffierten Flächen stellen die Zeitperioden dar, in denen die Wirksamkeit der Wassereinspeisung in den Reaktor reduziert war.

Abbildung 6:
Chronologische
Zusammenfassung
des Ablaufs in
den Blöcken 1
bis 4 vom
11. bis 15. März



Die Abbildung gibt einen Überblick der Verkettungen der Ereignisse und der vielfältigen Schwierigkeiten, mit denen die Teams in den Kontrollräumen (der Blöcke 1–2 und 3–4) und in der ERC am Standort konfrontiert wurden¹³.

Im Block 1 fielen bereits am 11. März sämtliche Stromversorgungsquellen und Kühlfunktionen aus. Durch die heute verfügbaren Ereignisanalysen weiss man, dass bereits wenige Stunden nach dem Tsunami der Wasserspiegel im Reaktor unter die Kernoberkante sank. Die fortschreitende Kernabdeckung führte zur Kernschmelze und zur Bildung von Wasserstoff und folgend zum Austritt von Wasserstoff und radioaktiven Stoffen.

Dies war auch im Reaktor 3 ab dem 13. März und im Reaktor 2 am 14. März um die Mittagszeit der Fall.

Die Abbildung zeigt ausserdem die Zeitspannen an, während derer der jeweilige Reaktor nicht gekühlt wurde:

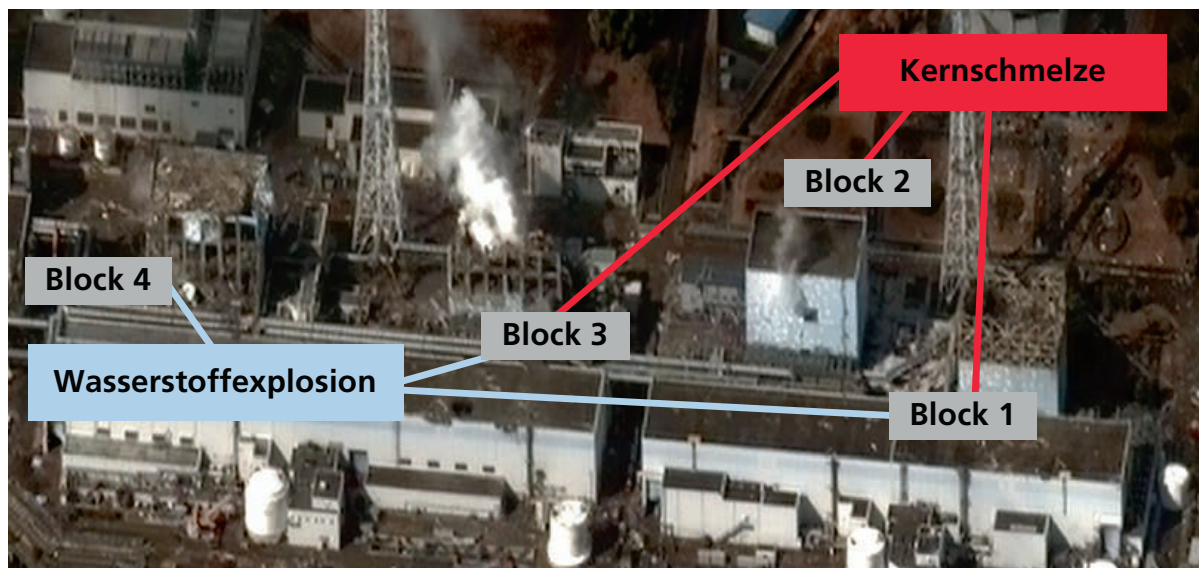
- Fast 14 Stunden für den Reaktor 1, vom 11. bis 12. März zwischen dem Ausfall der Stromversorgung (15:37 Uhr) infolge des Tsunamis und dem Beginn der Frischwassereinspeisung in den Reaktor durch die Feuerwehrfahrzeuge (am frühen Morgen vom 12. März); während vier Stunden infolge der Wasserstoffexplosion in diesem Block, welche die Frischwasserversorgung des Reaktors unterbrochen hatte und fast 19 Stunden bevor der Reaktor am Abend des 14. März erneut mit Meerwasser versorgt werden konnte;
- Reaktor 2 am 14. März mindestens sieben Stunden¹²;
- Reaktor 3 zwischen dem 11. und 13. März während acht Stunden und anschliessend wiederholt am 14. und 15. März über mehrere Stunden während der Einspeisung von Meerwasser.

Die drei anderen Reaktoren (4, 5 und 6) waren zum Zeitpunkt des Tsunamis abgeschaltet und blieben ohne dermassen schwerwiegende Brennstoffschäden¹⁴.

Schliesslich wurden die Gebäude der Reaktoren 1, 2, 3 und 4 durch die Explosionen in den Blöcken 1 und 3 (am 12. März um 15:36 Uhr und am 14. März um 11:01 Uhr) und anschliessend in Block 4 (am Morgen des 15. März – Explosion mit anschliessendem Brand) beschädigt.

Die folgende Abbildung fasst den Gesamtzustand der Blöcke 1, 2, 3 und 4 am 16. März 2011 zusammen.

Abbildung 7:
Gesamtzustand der
Blöcke 1, 2, 3 und
4 des Kernkraft-
werks Fukushima
Daiichi, Satelliten-
bild vom 16. März
2011 (Quelle:
Digital Globe –
Earthquake and
Tsunami damage-
Dai Ichi Power
Plant, Japan,
CC BY-SA 3.0,
[https://commons.
wikimedia.org/w/
index.php?curid
=14983011](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14983011))



Um den Unfallablauf besser zu verstehen, sollte stets im Auge behalten werden, dass in den Kontrollräumen und der ERC die Teams nur über sehr wenige Informationen über den tatsächlichen Zustand der Anlagen verfügten.

Im Kontrollraum der Blöcke 1 und 2 hatte das Personal keine (oder nur vorübergehend) funktionierende Instrumentierung zur Steuerung und Überwachung der Sicherheitssysteme. Man muss sich eine Situation vorstellen, in der die Arbeitsteams in den Kontrollräumen keine Alarmer oder Informationen an den Parameterschreibern ablesen konnten (Wasserstand im Reaktor, Druck, Temperatur, Zustand der Einrichtungen usw.) und auch über keine Möglichkeit zur Steuerung der Anlagen verfügten. In der ERC funktionierte das System, welches die wesentlichen Informationen zur Nachverfolgung des Reaktorzustandes (Safety Parameters Display System, SPDS) anzeigt, nicht mehr.

«Es fühlte sich an, als würde uns gesagt, dass wir ein Flugzeug bedienen sollen, obwohl alle Triebwerke ausgefallen waren und wir die Überwachungsinstrumente nicht ablesen konnten.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [34]¹⁵)

Für das Personal kamen zu diesem Mangel an Mitteln weitere situationsbedingte Umstände hinzu, welche die Arbeit zusätzlich erschwerten:

- Einsätze in fast völlig dunklen Räumen (inklusive Kontrollraum der Blöcke 1–2)
- Zahlreiche Nachbeben in den Tagen nach dem Hauptbeben
- Durch die Nachbeben und weitere Tsunami-Warnungen musste das Personal immer wieder von vor Ort in den Kontrollraum oder in das erdbebensichere Gebäude zurückkehren.

- Das Personal musste eine schwerwiegende Situation mit fehlerhaften Kommunikationssystemen und unterschiedlichen Sicherheitssystemen in den Blöcken¹⁶ meistern. Teilweise gab es für die eingetretene Situation und die vorzunehmenden Handlungen keine Vorschriften oder nur solche, die der Situation nicht gerecht wurden; in manchen Fällen wurden situativ Vorschriften festgelegt ([29]¹⁷). Ausserdem bestand ein Mangel an Ausbildung und Schulung für einen solchen Notfall und die Mitarbeiter bangten um ihre eigenen Familien, wobei einige Personen im Werk kein Lebenszeichen von ihren Angehörigen erhalten hatten usw.

«(...) viele Nachbeben mit einer Stärke von über 5 oder fast 6 (von 7) auf der japanischen seismischen Intensitätsskala, traten in dieser Nacht auf. Ich wies die Arbeiter an, sich jedes Mal von ihren Posten in Schutz zu bringen. So war die Situation, in der wir arbeiteten.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [31]¹⁸)

Diese Bedingungen beeinträchtigten für die Mitarbeiter die Möglichkeiten zur Feststellung des Zustands des jeweiligen Reaktors. Ausserdem wurden die Entscheidungsprozesse und die Kommunikation zwischen den Organisationen, Gruppen und Unternehmen sowie die Umsetzung der Notfallmassnahmen am Kernkraftwerksstandort und deren Überwachung erschwert ([7], [14]).

Die Dokumente, die durch das ENSI zur Erstellung dieser Analyse berücksichtigt wurden, sind in Bezug auf die Details nicht immer schlüssig. Insbesondere ist es schwierig festzustellen, wann und wie in der Notfallzentrale (ERC) und in den Kontrollräumen die entsprechenden Entscheidungen getroffen wurden.

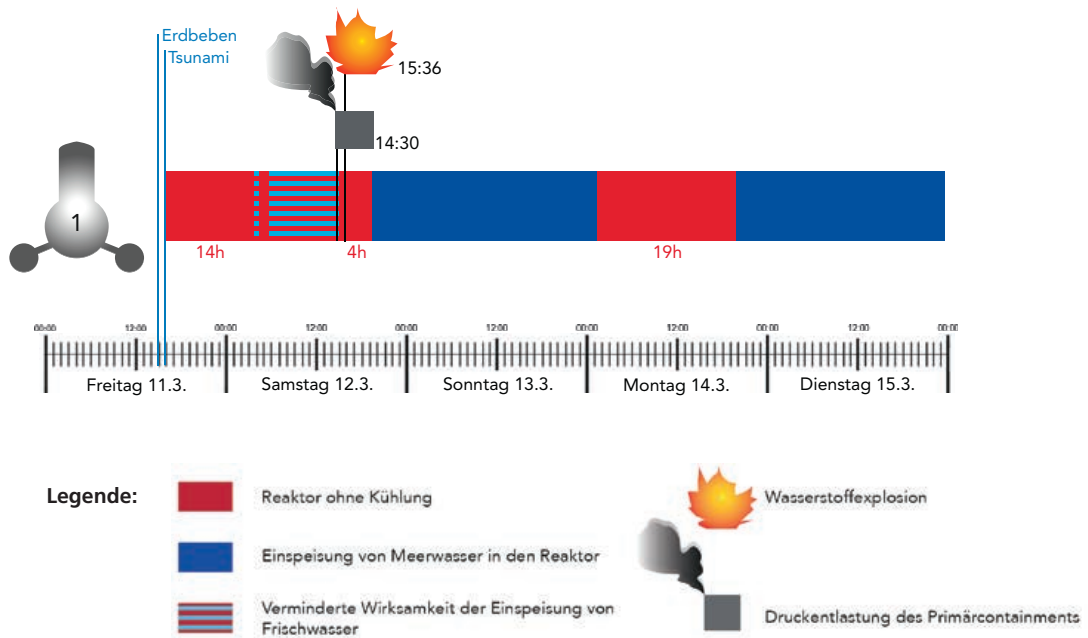
Das nächste Kapitel beschreibt die Situation und die wichtigsten Massnahmen, die durch das Personal für jeden Reaktor ausgeführt wurden, insbesondere im Zusammenhang mit der Kühlung der Reaktoren und der Druckentlastung (Venting) des jeweiligen Primärcontainments. Hervorzuheben ist, dass diese sequenzielle und lineare Beschreibung das Verständnis für die Abfolge der Ereignisse auf Basis des heutigen Kenntnisstandes erleichtern soll. Sie entspricht allerdings nicht der Situation, wie sie das Personal vor Ort erlebte: Dieses musste in mehreren Blöcken gleichzeitig mit den Auswirkungen des Ereignisses umgehen, auf der Basis spärlicher Informationen – einige davon falsch – die sie nur unter schwierigsten Umständen sammeln und weitergeben konnten. Insbesondere betrifft dies die Kommunikation zwischen den Kontrollräumen und der ERC. Die Lage am Kernkraftwerksstandort war demzufolge zumindest in den ersten Tagen nach dem Unfall noch komplexer und unübersichtlicher, als die folgende Diskussion vermuten lässt.

3 Unfallablauf

3.1 Was geschah im Block 1?

Die Abfolge der Ereignisse und Handlungen der Operateure in Block 1 wird in der Abbildung und den folgenden Abschnitten dargestellt.

Abbildung 8:
Chronologische
Zusammenfassung
des Ablaufs im
Block 1 vom
11. bis 15. März



3.1.1 Zwischen dem Erdbeben und der Ankunft des Tsunamis

11. März 2011

Um 14:46 Uhr versagte aufgrund des Erdbebens die gesamte externe Stromversorgung. Der Reaktor schaltete sich unverzüglich automatisch ab ([7], [24]).

Durch den Verlust der externen Stromversorgung wurden die Dieselgeneratoren automatisch angefordert ([7]¹⁹) und ermöglichten damit die Versorgung wichtiger Sicherheitssysteme sowie die Beleuchtung und die Versorgung der Aufzeichnungsgeräte und der Steuerungen im Kontrollraum.

Um 14:52 Uhr startete das Notkondensationssystem (Isolation Condenser, IC), welches die Nachwärme abführt und damit die Kühlung des Reaktors gewährleisten und den Wasserstand im Reaktor aufrechterhalten soll, automatisch ([7]²⁰, [23]).

Der IC ([7]²¹, [13]²²) verfügt über zwei Stränge (A und B) mit je einem eigenen Wassertank (links auf der folgenden Abbildung der Strang A und sein Wassertank und rechts Strang B und sein Wassertank). Jeder Strang des Kondensators umfasst 4 elektrisch steuerbare Ventile (motor operated valve – MO – siehe Abbildung). Die Ventile 1 und 2 verbinden den Reaktor mit dem Kondensator, während das Wasser über die Ventile 3 und 4 zum Reaktor zurückgeführt wird. Je nachdem, ob die Ventile innerhalb oder ausserhalb des Primärcontainments angeordnet sind, ist die notwendige elektrische Versorgung zur Steuerung der Ventile unterschiedlich:

- Zwei Ventile innerhalb des Primärcontainments mit Wechselstrom (externe Stromversorgung und Diesel) (Strang A: MO1A und MO4A; Strang B: MO1B und MO4B);
- Zwei Ventile ausserhalb des Primärcontainments im Reaktorgebäude mit Gleichstrom (Batterie) (Strang A: MO2A und MO3A; Strang B: MO2B und MO3B).

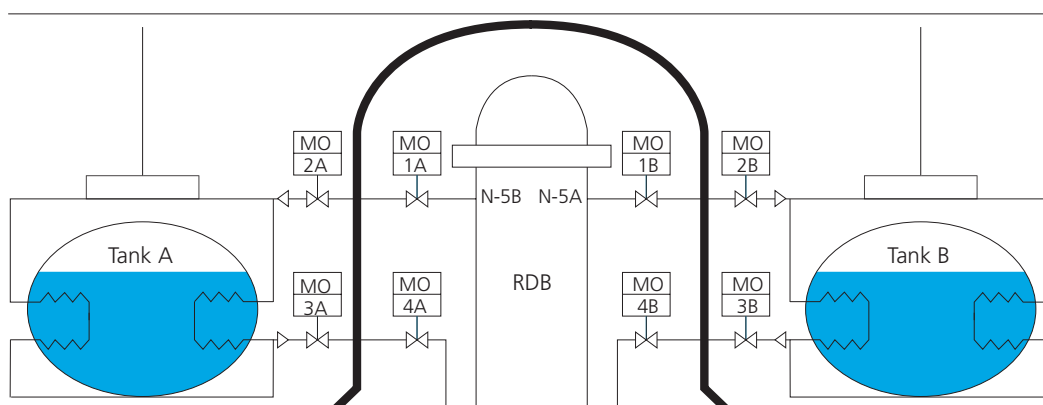


Abbildung 9:
Darstellung
des Kreislaufs
des Isolation
Condensers
(in Anlehnung an
TEPCO [4])

Um 15:03 Uhr, also ca. 10 Minuten später, schalteten die Operateure vom Kontrollraum aus die beiden Stränge des Systems ab (Betätigung der Ventile 3A und 3B). Daraufhin stieg bis 15:17 Uhr der Reaktordruck von etwa 4.5 auf 7 MPa (rel.) an ([3]²³). Nach Angaben von TEPCO bezweckten sie damit, den Abfahrgradienten des Reaktors und den Druck in Übereinstimmung mit den Betriebsvorschriften zu halten ([7]^{24,25,26,27}, [23]²⁸, [29]^{29,30}). Eine andere mögliche Motivation der Operateure für diese Intervention wird namentlich von der Untersuchungskommission des japanischen Parlaments vorgebracht, wonach die Operateure dadurch das Vorhandensein eines Lecks in den Leitungen prüfen wollten ([3]^{31,32}).

Zwischen 15:17 Uhr und 15:34 Uhr öffneten und schlossen die Operateure mehrmals ein Ventil des Strangs A des Systems (Ventil 3A) und hielten dadurch den Reaktordruck im Bereich von 6 bis 7 MPa (rel.). Die Betriebsmannschaft teilte dies der ERC mit ([7]³³). Der 2. Strang des Systems wurde bewusst

geschlossen gehalten (Ventil 3B) ([7]³⁴, [23], [24]). Die letzte Tätigkeit der Steuerung des IC-Betriebs vor dem Totalausfall der Stromversorgung war, dass der IC gestoppt (d. h. Ventil 3A geschlossen) wurde ([7]³⁵, [29]³⁶) (siehe folgende Tabelle in Anlehnung an den Bericht der japanischen Aufsichtsbehörde NRA 2014, [23]³⁷).

Als die Stromversorgung aufgrund des Tsunamis unterbrochen wurde, war der Notkondensator also seit etwa 3 Minuten im ausgeschalteten Zustand und der Reaktor somit nicht mehr mit Kühlwasser versorgt. Zudem schlossen die Ventile 2A und 2B sehr wahrscheinlich infolge eines bei Ausfall der Gleichstromversorgung generierten Schliessbefehls; 3A und 3B waren bereits durch die Operateure geschlossen worden ([7]³⁸, [23]^{39,40}). In der Folge waren der Zustand und die Funktion des Systems jedoch Gegenstand von Diskussionen und Hypothesen beim Personal am Standort^{41,42}.

Tabelle 1:
Zustand der
Ventile der Not-
kondensatoren
(IC) und deren
Ansteuerung,
Stränge A und B
bis 15:37 Uhr
(in Anlehnung an
NRA [23])

Zeit am 11.03.11	Kommentar	Teil-System des IC								Automatisch / Manuell
		A				B				
		1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B	
	Reaktor in Betrieb	o	o	x	o	o	o	x	o	
14:46	Erdbeben									
14:52		o	o	o	o	o	o	o	o	Automatisch
15:03		o	o	x	o	o	o	x	o	Manuell
15:17–15:19		o	o	o	o	o	o	x	o	Manuell
		o	o	x	o	o	o	x	o	Manuell
15:24–15:26		o	o	o	o	o	o	x	o	Manuell
		o	o	x	o	o	o	x	o	Manuell
15:32–15:34		o	o	o	o	o	o	x	o	Manuell
		o	o	x	o	o	o	x	o	Manuell
15:36	2. Tsunami-Welle und Station Black Out (SBO)									
15:37		?	x	x	?	?	x	x	?	Automatisch

Legende: o = Ventil offen x = Ventil geschlossen ? = Zustand unklar

3.1.2 Ankunft des Tsunamis und Diagnostizierung des Zustands des Notkondensationssystems

Um 15:36 Uhr zerstörte die zweite Welle des Tsunamis die Kühlwassereinläufe, die das Meerwasser für die Systeme zur Kühlung des Reaktors zur Verfügung stellen.

Die Notstromaggregate und Batterien, die den Block 1 seit dem Erdbeben und dem Verlust der externen Stromversorgung mit Strom versorgten, wurden überflutet und fielen aus.

Durch den Stromausfall war der Kontrollraum dunkel (mit Ausnahme der Notbeleuchtung in jener Hälfte des Kontrollraums, in welcher der Reaktor 1 gesteuert und überwacht wurde [7]⁴³). Die Instrumente waren vollständig ausgefallen und das Team erhielt keine direkten Informationen über den Zustand des Reaktors, der Anlagen und Einrichtungen und konnte diese somit nicht mehr steuern ([7]⁴⁴, [16]⁴⁵).

«(...) Instrumente (...) fielen nacheinander aus, bis die Beleuchtung auf der Seite von Reaktor 1 des Kontrollraums schließlich nur noch aus Notlichtern bestand und die Seite von Reaktor 2 in völlige Dunkelheit getaucht wurde. Die akustischen Alarme wurden leiser und der Kontrollraum war für eine Sekunde völlig geräuschlos. Ohne zu wissen, was passiert war, bezweifelten die Operateure, ob das, was sie sahen, tatsächlich Realität war oder nicht.» ([7], Attachment 2, S. 9f.⁴⁶)

Der Kontrollraum und die ERC haben keine Fenster (vgl. Abbildung 11). Demzufolge konnten die Operateure das Ausmass der Wellen, die sich auf den Kernkraftwerksstandort niedergeschlagen und an den Einrichtungen erhebliche Schäden verursacht hatten, nicht direkt erkennen ([7]⁴⁷, [16]⁴⁸).



Abbildung 10: Kühlwasserpumpenhaus für Meerwasser (Quelle: TEPCO [24])

«In diesem Moment, wo wir uns gerade befinden, haben wir keine Kamera, die das Meer überwacht. Wir sind in einer Situation, in der die Daten der Überwachungskamera nicht zum Runden Tisch in der ERC kommen. Und so wissen wir nichts darüber, was da draußen vor sich geht. Wir wissen durch das Fernsehen nur, dass es eine Tsunami-Warnung gibt, und dann haben wir einige seltene Informationen von vor Ort. Wir können also nicht wissen, wie der Zustand des Meeres ist, wo wir uns befinden. Was die Ankunft des Tsunamis anbelangt, so können die Menschen in den Kontrollräumen auch nichts davon wissen, da man das Äußere nicht sehen kann.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [40], S. 49)

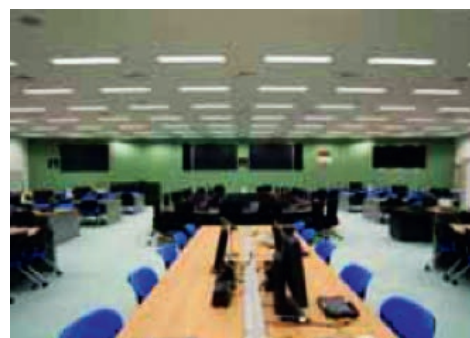


Abbildung 11: Die fensterlose Notfallzentrale (ERC) im erdbebensicheren Gebäude (Quelle: TEPCO [7], Attachment 4–5)

Im Kontrollraum stellten die Operateure den Stromausfall fest und informierten die ERC ([7]⁴⁹, [16]⁵⁰).

Der Kraftwerksleiter erkannte, dass die Situation extrem gravierend war und informierte den Hauptsitz der TEPCO sowie die Behörden ([9]⁵¹, [40]⁵²). Er forderte die Mitglieder der ERC auf, die Ursache für den Stromverlust zu suchen und beantragte bei der Zentrale, Fahrzeuge mit Stromgeneratoren an den Kernkraftwerksstandort zu schicken ([7]⁵³).

«Ich war verzweifelt. Tief im Inneren. Wir befanden uns in einer Situation mit einem schweren Unfall. (...) Wenn der IC und die RCICs ausfallen, dann wird es das HPCI geben; aber wenn all dies ausfällt, wenn die Batterie ausfällt, wie werden wir dann kühlen? Ich hatte den Befehl gegeben, darüber nachzudenken, aber ich konnte selbst nicht den Schimmer einer Lösung finden.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [40], S. 62f.⁵⁴)

Durch den Verlust der Instrumentierung im Kontrollraum erhielten die Operateure keine direkten Informationen über den Zustand des Notkondensationsystems (IC) ([4]⁵⁵, [7]^{56,57}, [16]⁵⁸). Das Gleiche gilt für das Personal in der ERC, wo das SPDS ausgefallen war und nur noch eine Hotline zu den Kontrollräumen zur Verfügung stand ([4]⁵⁹, [7]⁶⁰, [9]⁶¹, [16]⁶²)⁶³.

«Meine Mitarbeiter waren wie Piloten mit verbundenen Augen im Cockpit eines Flugzeugs, in dem die Hydraulik und der ganze Rest in Stücke zerschossen waren. Wie sollten sie sicher landen? Wir wussten nicht, in welcher Position sich die Ventile befanden, als der Strom ausfiel.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [16], S. 43⁶⁴)

Das andere Hochdruck-Kühlsystem, das dampfbetriebene HPCI (High Pressure Coolant Injection System)⁶⁵, das dem Block zur Kompensierung des Wasserverlustes im RDB diente, konnte aufgrund des Verlustes der gesamten Stromversorgung nicht gestartet werden⁶⁶. Das Wasser im RDB würde aufgrund der Nachwärme der Brennelemente in den folgenden Stunden verdampfen und der Brennstoff würde abgedeckt, wenn weder Kühlmittel nachgespeist noch der IC wieder in Betrieb genommen würden.

Die Zugänglichkeit der Einrichtungen war ebenfalls eingeschränkt ([3], [7], [18]), weshalb es für die Operateure extrem schwierig war, das System vor Ort zu untersuchen.

Da der Schichtleiter nicht in der Lage war, aus dem Kontrollraum heraus zu überprüfen, ob Dampf aus den Abblaseleitungen des IC (vgl. Abbildung 12) austrat, beantragte er um 16:44 Uhr die Durchführung dieser Kontrolle durch die ERC. Mitarbeiter des für die Analyse des Anlagenzustands zuständigen Teams der ERC (Plant Operation Team) bestätigten mündlich, dass Dampf aus dem Reaktorgebäude komme ([7]⁶⁷, [10]⁶⁸, [15]⁶⁹).

Im Nachhinein wurde bekannt, dass das Personal für den Betrieb des IC und das entsprechende Verständnis für dessen Funktionsweise nicht ausreichend trainiert worden war ([3]⁷⁰)⁷¹ und dass diese Einrichtung auch nicht regelmässig einem Funktionstest unterzogen wurde ([15]⁷²). ERC-Mitglieder, die sich mit der IC-Funktionsweise auskannten, waren an anderen Orten als dem runden Tisch tätig [15]⁷³.

Abbildung 12:
Abblaseleitungen
des IC (Quelle:
TEPCO [7],
Attachment 2)



Ab 16:42 Uhr verfügte das Team im Kontrollraum bis etwa 17:00 Uhr über die Anzeige des Füllstands im RDB, wobei die Operateure nicht wussten, warum diese Information nun ermittelt werden konnte ([7], [9]⁷⁴, [29]⁷⁵). Sie stellten fest, dass der Füllstand zwar niedriger war als vor dem Tsunami, dass er also sank, dass er jedoch noch bei mehr als zwei Meter über der Kernoberkante lag ([7]⁷⁶, [29]⁷⁷).

Der Schichtleiter im Kontrollraum schickte mehrere Gruppen vor Ort, um die Situation zu beurteilen. Um 16:55 Uhr wurde eine erste Gruppe entsandt, um die dieselbetriebene Pumpe des Feuerlöschsystems (Diesel-driven fire pump DDFP), auf seine Funktion zu prüfen. Das Personal kehrte jedoch aufgrund einer erneuten Tsunami-Warnung zurück ([7]⁷⁸, [29]⁷⁹). Um 17:12 Uhr forderte der Kraftwerksleiter, dass eine alternative Wassereinspeisung in den Reaktor eruiert und umgesetzt würde, beispielsweise mithilfe der DDFP oder mit Feuerwehrfahrzeugen ([7]^{80,81}, [29]⁸²).

Um 17:15 schätzte das ERC-Team die verbleibende Zeit bis zur Kernabdeckung auf eine Stunde ([9]⁸³, [29]⁸⁴).

Um 17:19 Uhr wurde eine zweite Gruppe zur Überprüfung der Instrumentierung des Reaktors und des Wasserpegels im Tank des IC geschickt. Die Gruppe gab jedoch wegen einer zu hohen Ortsdosisleistung an den Eingangstüren des Reaktorgebäudes ebenfalls auf ([7]⁸⁵, [16]⁸⁶). Das Personal kehrte um 17:50 Uhr zurück und berichtete über die Situation ([7]⁸⁷).

Weitere Operateure wurden ebenfalls um 17:19 Uhr zur Überprüfung der DDFP geschickt. Sie konnten die Pumpe an der Bedientafel vor Ort in Betrieb setzen. Da jedoch die Wasserleitung zum Reaktor noch nicht hergestellt war, stellten die Operateure die Pumpe auf Stand-by, um Treibstoff zu sparen ([7]⁸⁸, [16]⁸⁹). Die Operateure mussten sich vor Ort abwechseln, um den automatischen Start der DDFP zu verhindern ([7]⁹⁰). Die Operation dauerte eine

halbe Stunde und die Operateure kehrten kurz vor 18:00 Uhr in den Kontrollraum zurück ([16]⁹¹).

Ein Teil der Stromversorgung (Batterien) konnte vorübergehend wiedergewonnen werden, als die Teams sich vor Ort befanden. Die Operateure fanden somit einige Anzeigen auf der Anzeigentafel des IC im Kontrollraum. Sie stellten fest, dass die Ventile 2 und 3 des Strangs A (ausserhalb des Primärcontainments) geschlossen waren ([7]⁹², [23]), was bedeutete, dass der IC ausser Betrieb war. Die erhaltenen Informationen gaben jedoch nicht die Position der Ventile an, die sich im Inneren des Containments befanden (Ventile 1 und 4 des Strangs A). Diese Unsicherheiten erzeugten Diskussionen innerhalb der Betriebsmannschaft in Bezug auf den Zustand dieser Ventile, insbesondere hinsichtlich deren automatischer Schliessung bei einem Stromausfall. Nach der Besprechung gingen die Operateure davon aus, dass die beiden Ventile offen waren ([7]⁹³).

Um 18:18 Uhr setzte einer der Operateure den IC vom Kontrollraum aus manuell in Betrieb, indem er die beiden Ventile des Strangs A, die ausserhalb des Primärcontainments angeordnet sind, öffnete (Ventile 2 und 3). Im Anschluss an diese Aktion stellte die Mannschaft fest, dass diese Ventile am Leitstand im Kontrollraum als offen angezeigt wurden ([7]⁹⁴, [23], [24]). Die Operateure sahen und hörten, dass Dampf über dem Reaktorgebäude entwich ([7]⁹⁵, [29]⁹⁶). Das Team berichtete dem Zustandsanalyseteam (Plant Operation Team) der ERC⁹⁷, dass die Ventile des IC geöffnet wurden. Dieser Bericht wurde innerhalb der ERC dahingehend interpretiert, dass der IC funktionierte ([7]⁹⁸, [15]⁹⁹)¹⁰⁰. Allerdings wurde der Dampf, den die Operateure beobachtet hatten, nur in geringen Mengen ausgestossen und stoppte kurz danach ([7]¹⁰¹, [24], [29]¹⁰²). Die geringe Menge an ausgestossenem Dampf liess das Personal im Kontrollraum zweifeln, ob der IC tatsächlich funktionierte ([7]¹⁰³).

Um 18:25 Uhr schlossen die Techniker das Ventil 3A des IC ([7]^{104,105}, [21], [23], [25]¹⁰⁶, [29]¹⁰⁷).

Die Tatsache, dass die Betriebsmannschaft den IC absichtlich angehalten hatte, wurde zwar aus dem Kontrollraum an die ERC weitergeleitet. Diese Information erreichte jedoch den Kraftwerksleiter nicht, der folglich, gemeinsam mit seinen engsten Mitarbeitern, nicht wusste, dass der Reaktor nicht mehr gekühlt wurde ([5], [7]¹⁰⁸, [15]^{109,110}, [17]¹¹¹).

Die Teams der ERC waren sich der Schwere der Situation bewusst, wurden jedoch durch die verschiedensten gleichzeitig zu erfüllenden Aufgaben

überlastet ([15]^{112,113}, [20]¹¹⁴). Der Informationsfluss zwischen den verschiedenen Akteuren über den Zustand des IC wurde dadurch beeinträchtigt ([7]¹¹⁵). Zudem hielten die Mitglieder der ERC zu diesem Zeitpunkt die Situation in Block 2 für dringender ([15]^{116,117}, [20], [25]).

Folglich realisierte das Personal in der ERC erst am späten Abend des 11. März, dass der IC nicht funktionierte und demzufolge Reaktor 1 nicht gekühlt wurde ([7]¹¹⁸, [15]¹¹⁹) (vgl. Kap. 3.1.3).

Tabelle 2:
Zustand der Ventile der Notkondensatoren (IC) und deren Ansteuerung, Stränge A und B ab 15:37 Uhr (in Anlehnung an NRA [23])

Zeit am 11.03.11	Kommentar	Teil-System des IC								Automatisch / Manuell Bemerkung
		A				B				
		1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B	
15:37		?	x	x	?	?	x	x	?	Automatisch
	Temporäre Verfügbarkeit einiger batteriebetriebener Anzeigen									
		?(o)	x	x	?(o)					Anzeigen für 2&3, Annahmen für 1&4
18:18		?(o)	o	o	?(o)					Manuell + Annahmen
18:25		?(o)	o	x	?(o)					Manuell + Annahmen

Legende: o = Ventil offen x = Ventil geschlossen ? = Zustand unklar

3.1.3 Freilegung des Reaktorkerns und Vorbereitung der Druckentlastung des Primärcontainments

Das Wiederherstellungsteam (Restoration Team) bestätigte dem Kraftwerksleiter, dass die erneute Stromversorgung auf kurze Sicht unmöglich sei und dass Fahrzeuge mit Notstromgenerator zur Ersatzversorgung erwartet würden. Parallel dazu suchte das Team nach Batterien als vorübergehende Lösung zur Versorgung einiger Systeme im Kontrollraum. Die vor Ort gefundenen Batterien kamen gegen Abend zum Einsatz ([7]^{120,121}, [40]¹²²).

Gegen 18:30 Uhr ging auf Antrag des Schichtleiters im Kontrollraum ([16]¹²³) eine Gruppe von fünf Operateuren das System konfigurieren, welches für die Zufuhr von Wasser aus dem Feuerlöschsystem über eine dieselbetriebene Feuerlöschpumpe in den Reaktor sorgen sollte ([7]¹²⁴, [16]¹²⁵). Dieser Vorgang endete gegen 20:00 Uhr ([16]¹²⁶).

Um 20:07 Uhr schickte das Kontrollraumpersonal, welches über keinerlei Angaben in Bezug auf den Reaktordruck verfügte, ein Team in das Reaktorgebäude, um die Einrichtungen vor Ort zu überprüfen ([7]¹²⁷, [25]¹²⁸).

Um 20:47 Uhr konnte die Beleuchtung im Kontrollraum mithilfe eines kleinen Generators provisorisch wiederhergestellt werden ([7]¹²⁹).

Ab 21:19 Uhr schlossen die Operateure Batterien, die sie aus einem Bus und einem Lager, das einem Lieferanten des Kraftwerksstandortes gehörte, entnommen hatten ([7]¹²¹), an die Anzeigetafeln des Kontrollraums 1-2 an. Es konnte auf diese Weise das Niveau des Füllstands im RDB des Blocks 1 abgelesen werden. Die Niveauanzeige zeigte, dass der Wasserspiegel nach wie vor oberhalb der Brennstoffoberkante lag ([7]¹³⁰, [25]¹³¹). Heute weiss man, dass die Informationen auf den Anzeigen falsch waren, da die entsprechenden Sensoren nicht korrekt funktionierten ([15], [20]¹³²). Allerdings wussten dies die Mitarbeiter zu jenem Zeitpunkt nicht. Da ihnen sonst keine weiteren Anzeigen zur Verifizierung des Wertes zur Verfügung standen, glaubten sie der falschen Anzeige ([7]¹³³, [15]¹³⁴).

Die anschliessenden Analysen, welche nach dem Ereignis durchgeführt wurden, legen nahe, dass die Beschädigung des Reaktorkerns zwischen 17:00 Uhr und 19:00 Uhr begann (siehe den ersten Teil dieses Berichts, [35]).

Während dieser Zeit kamen weitere Personen in den Kontrollraum, sodass sich gegen 21:00 Uhr ca. 30 Personen im Kontrollraum der Reaktoren 1 und 2 befanden ([7]¹³⁵, [16]^{136,137}, [35]).

Um 20:50 Uhr war das System für die Zufuhr von Wasser aus dem Feuerlöschsystem in den RDB mittels der Feuerlöschpumpe (DDFP) bereit zur Inbetriebnahme. Die Feuerlöschpumpe wurde gestartet. Die Einspeisung konnte jedoch erst erfolgen, nachdem der Druck im RDB auf ein Niveau unterhalb des Einspeisedruckes des Feuerlöschsystems entlastet wurde ([7]^{138,139}).

Um 21:30 Uhr öffnete die Betriebsmannschaft den Strang A des IC (Ventil 3A) ([7]¹⁴⁰) (vgl. Tabelle 3). Die Operateure stellten fest, dass Dampf aus dem Reaktorgebäude entwich ([7]¹⁴¹, [25]¹⁴²), wobei der Austritt von Dampf später aufhörte ([29]¹⁴³). Obschon der Wasserspiegel im RDB kurzzeitig zu steigen schien, funktionierte der IC vermutlich nicht oder nur unzureichend ([7]¹⁴⁴, [29]¹⁴⁵).

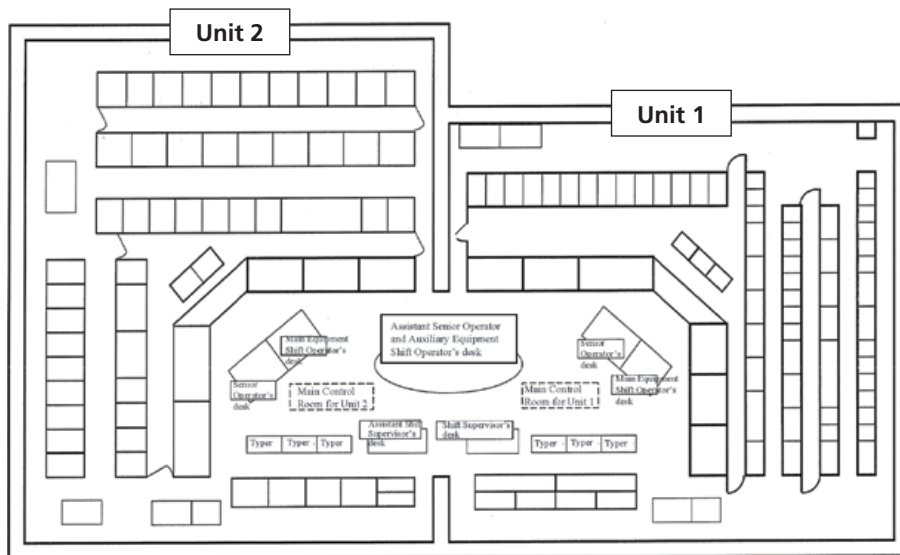
Aufgrund der verlegten Kabel, die den mobilen Generator mit dem Kontrollraum verbanden, konnten die Raumtüren nicht geschlossen werden und die Ortsdosisleistung stieg an diversen Stellen im Gebäude gleichzeitig an. Dies zwang die Operateure, sich im Kontrollraum in den Bereich der Überwachung des Blocks 2 zu begeben (siehe Abbildung 13) ([29]¹⁴⁶).

Tabelle 3:
Zustand der
Ventile der Not-
kondensatoren
(IC) und deren
Ansteuerung,
Stränge A und B
ab 21:30 Uhr
(in Anlehnung an
NRA [23])

Zeit am 11.03.11	Kommentar	Teil-System des IC								Automatisch / Manuell Bemerkung
		A				B				
		1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B	
21:30		?(o)	o	o	?(o)					Manuell + Annahmen
			o				x			Untersuchun- gen der NRA (2013)
			o	o			x	x		Untersuchun- gen von TEPCO (2011)

Legende: o = Ventil offen x = Ventil geschlossen ? = Zustand unklar

Abbildung 13:
Layout des Kontroll-
raums der Blöcke
1 und 2 (Quelle:
ICANPS [9],
Attachment IV-3,
gemäss TEPCO)



Um etwa 23:50 Uhr konnten die Techniker den kleinen Generator, der bis dahin für die Beleuchtung im Kontrollraum genutzt wurde, für die Stromversorgung anderer Anzeigeeinstrumente anschließen. Darunter befand sich die Anzeige des Drucks im Primärcontainment. Der um 23:50 Uhr gemessene Druck war höher als der Auslegungsdruck ([5]¹⁴⁷, [6]¹⁴⁸, [7]^{149, 150}, [25]¹⁵¹). Das Team im Kontrollraum informierte daraufhin die ERC ([7]¹⁵², [12]). Der Kraftwerksleiter zog deshalb die Möglichkeit in Betracht, dass das Notkondensationssystem (IC) nicht in Betrieb sei ([7]¹⁵³).

12. März 2011

Der Kraftwerksleiter wies das Personal um 00:06 Uhr an, die Druckentlastung des Primärcontainments (Venting) vorzubereiten ([7]¹⁵⁴). Er beauftragte das Team im Kontrollraum 1–2 mit der Überprüfung der Verfahren und Vorschriften sowie der erforderlichen Handlungen ([6]¹⁵⁵, [7]¹⁵⁶, [10]).

Diese Situation unterstand Artikel 15 des nuklearen Notfallvorsorgegesetzes (Nuclear Emergency Preparedness Act; anormal erhöhter Druck im Primärcontainment), da das Venting des Primärcontainments zur Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Atmosphäre führt. Vor der Druckentlastung mussten daher alle Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor den freigesetzten Radionukliden getroffen werden ([7]¹⁵⁷).

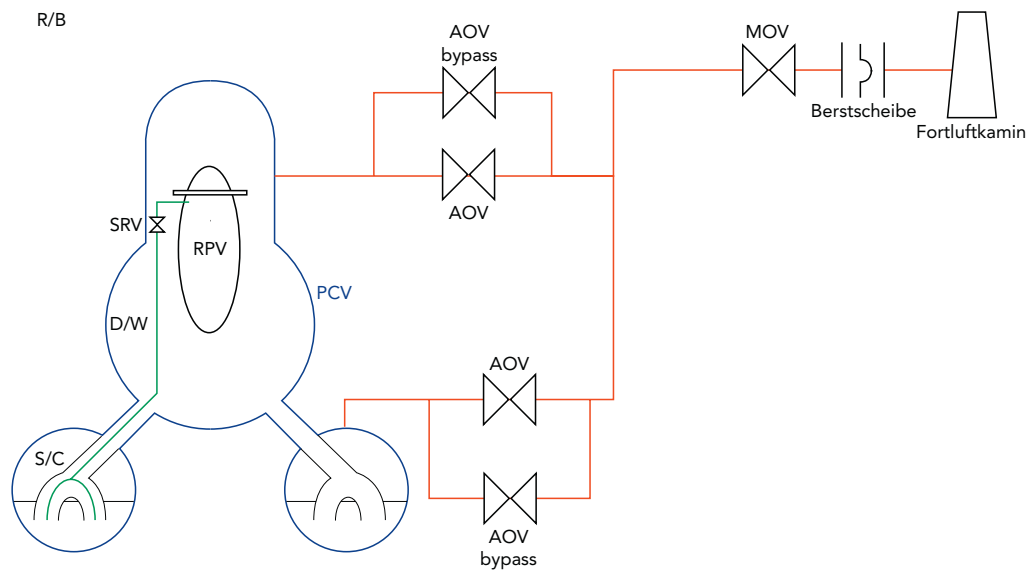
Um 01:30 Uhr wurden der Premierminister, der Minister für Wirtschaft, Handel und Industrie und die NISA informiert und die Genehmigung, das Venting für die Blöcke 1 und 2 durchzuführen bzw. vorzubereiten wurde beantragt. Die Behörden erteilten TEPCO die Genehmigung, ab 03:00 Uhr das Venting vorzunehmen. Das vorgesehene Venting sollte im Rahmen einer Pressekonferenz um 03:00 Uhr angekündigt werden ([7]¹⁵⁸).

Zu diesem Zeitpunkt war die Bevölkerung rund um das Werk jedoch noch nicht vollständig evakuiert ([7], [29]¹⁵⁹).

Obschon zunächst aus Gründen der einfacheren praktischen Umsetzbarkeit das Venting von Block 2 priorisiert worden war (vgl. Kap. 3.2.2), wurde kurz vor der Pressekonferenz das Venting von Block 1 als prioritär bestimmt ([7]¹⁶⁰).

Während der Pressekonferenz verkündeten der Minister für Wirtschaft, Handel und Industrie, ein Direktor von TEPCO und der Direktor der NISA um 03:06 Uhr, dass das Venting stattfinden würde ([7]¹⁶¹, [9]¹⁶², [29]). Wie sich zeigen sollte, vergingen allerdings noch etliche Stunden, bevor die Druckentlastung effektiv stattfand (vgl. Kap. 3.1.5).

Abbildung 14:
Diagramm zur
Erläuterung der
Druckentlastung
des Primärcontain-
ments (Venting)
und der Druck-
entlastung des RDB



- Legende:** R/B (Reactor Building) : Reaktorgebäude
D/W (Drywell) : Druckkammer
S/C (Suppression Chamber / Torus) : Kondensationskammer, Torus
PCV (Primary Containment Vessel) : Primärcontainment, Sicherheitsbehälter (D/W + S/C)
RPV (Reactor Pressure Vessel) : Reaktordruckbehälter (RDB)
SRV (Safety Relief Valve) : Sicherheits- und Abblaseventil
AOV (Air Operated Valve) : Pneumatisches Ventil
MOV (Motor Operated Valve) : Elektrisches Ventil
Druckentlastungsleitung für Primärcontainment, Ventingleitung
Druckentlastungsleitung für RDB

Die **Druckentlastung des Primärcontainments** (Venting) ist die Entlastung des Gasdrucks aus dem Primärcontainment (Sicherheitsbehälter) nach aussen. Die Entlastungsleitung ab dem Primärcontainment führt zu einem Fortluftkamin und ermöglicht eine Druckentlastung des Primärcontainments, indem das Luftgemisch in die Atmosphäre abgegeben wird. Der Leitungsteil vor dem Fortluftkamin ist mit einer Berstscheibe ausgestattet, welche bei einem Ansprechdruck von 0,427 MPa bersten sollte, wenn der Druck im Primärcontainment den Auslegungsdruck deutlich überschreitet. Der Berstscheibe vorgelagert ist ein elektrisch ansteuerbares Motorventil mit Fernbetätigung (MOV). Der vorgelagerte Systemteil besteht aus zwei Strängen, in denen jeweils zwei pneumatisch angesteuerte, parallel angeordnete Ventile eingebaut sind. Zur elektrischen Ansteuerung (Fernbetätigung) dieser pneumatischen Ventile werden Magnetvorsteuerventile (solenoid valve) benötigt. Diese werden jedoch der Einfachheit halber in der Abbildung nicht dargestellt. Ein Strang des Druckentlastungssystems vom Primärcontainment ist mit dem oberen Teil des Sicherheitsbehälters (Druckkammer, Drywell) und der andere Strang mit dem Torus (Kondensationskammer) verbunden. Zum Druckentlasten des Sicherheitsbehälters müssen die Operateure die pneumatischen Ventile des einen oder anderen Leitungsstranges sowie das motorgesteuerte Ventil (MOV) (vom Kontrollraum aus oder manuell vor Ort) betätigen ([7]¹⁶³, [18])¹⁶⁴.

Die **Druckentlastung des RDB** besteht in der Entlastung des Drucks aus dem RDB in den Torus, der aus diesem Grund auch Druckentlastungskammer (oder Kondensationskammer) genannt wird (Suppression Chamber SC). Das Wasser im Torus ermöglicht es, radioaktive Elemente zurück zu halten. Die Druckentlastung des RDB erfolgt durch die Sicherheits- und Abblaseventile (Safety Relief Valve SRV). Jeder Reaktor verfügt über mehrere SRV¹⁶⁵. Sie sind jedoch in der Abbildung der Einfachheit halber nicht alle dargestellt.

3.1.4 Die Arbeiten zur Wassereinspeisung in den RDB mithilfe von Feuerwehrfahrzeugen

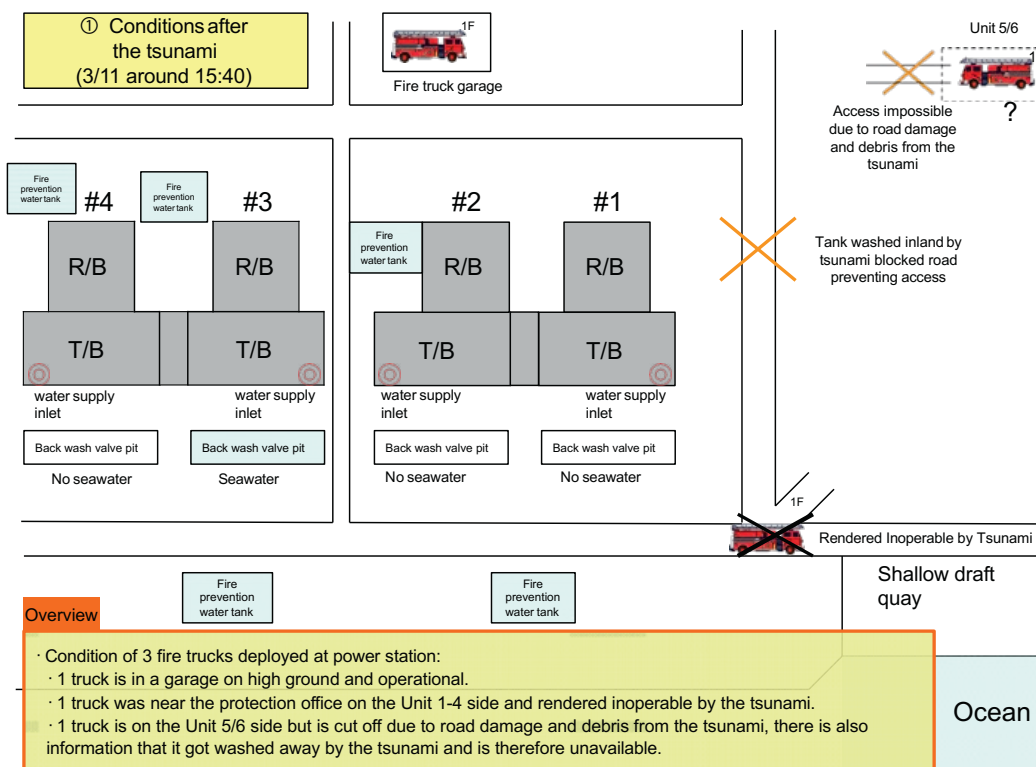
Um den Reaktor zu kühlen, wurde das Verfahren für die Zufuhr von Frischwasser in den RDB über die Feuerlöschpumpe mit Dieselantrieb (DDFP) vorbereitet. Um 01:48 Uhr wurde entdeckt, dass die bis dahin funktionierende DDFP-Pumpe mangels Treibstoff ausser Betrieb war ([7]¹⁶⁶, [29]¹⁶⁷). Von 02:10 Uhr bis 02:56 Uhr wurde die DDFP-Pumpe erneut betankt, um sie wieder starten zu können. Der anschliessende Versuch der Wiederinbetriebnahme der DDFP-Pumpe blieb jedoch erfolglos ([7]¹⁶⁸, [29]¹⁶⁹).

Um 02:03 Uhr besprachen die ERC-Manager die verbleibenden Möglichkeiten zum Einspeisen von Wasser in den Reaktor. Sie kamen zum Schluss, dass dies mit Feuerwehrfahrzeugen möglich sei ([7]¹⁷⁰, [16]¹⁷¹, [40]¹⁷²).

Um 02:30 Uhr stellten die Operateure fest, dass der gemessene Druck im Primärcontainment gestiegen war ([7]¹⁷³, [25]¹⁷⁴, [29]¹⁷⁵). Ausserdem stellten sie um 02:45 Uhr eine wesentliche Absenkung des Drucks im RDB fest ([7]^{176,177}).

Zwei Unternehmen, die in der Brandbekämpfung spezialisiert sind und vor dem Erdbeben mit TEPCO unter Vertrag standen («Nanmei Kosan Co. Ltd», im Folgenden «Nanmei» genannt und «Japan Nuclear Security System Co., Ltd.» (JNSS)) führten die Vorgänge zur Vorbereitung der Wassereinspeisung in den RDB mittels Feuerwehrfahrzeugen durch ([9]¹⁷⁸). Am 11. März um 17:12 Uhr hatte der Kraftwerksleiter diese Möglichkeit bereits vorgeschlagen ([7]⁸⁰, siehe Kap. 3.1.2). Um Wasser einzuspeisen, musste das Personal die Fahrzeuge so nah wie möglich an

Abbildung 15: Darstellung der Möglichkeiten zur Wassereinspeisung in die RDB mittels Feuerwehrfahrzeugen nach dem Tsunami (11. März um 15:40 Uhr) (Quelle: TEPCO ([7], Attachment 10–4 (3)))



das Maschinenhaus fahren und dann die Anschlüsse suchen, um die Rohrleitungen für die Wassereinspeisung aus dem LKW anzuschliessen. Dabei stiess es auf diverse Schwierigkeiten: Von den drei Feuerwehrfahrzeugen mit Behältern, die sich am 11. März am Kraftwerksstandort befanden, war nach dem Tsunami nur noch ein einziges Fahrzeug einsatzfähig ([7]^{179,180}, [9]¹⁸¹, [16]¹⁸²) (siehe Abbildung 15). Die weiteren zur Hilfe angeforderten LKWs kamen erst am 12. März vormittags bzw. am frühen Nachmittag auf dem Gelände an: Zwei Fahrzeuge wurden durch das Militär, eines durch das Kernkraftwerk Kashiwazaki Kariwa und eines durch den Standort Fukushima Dai-ni zur Verfügung gestellt ([7]¹⁸³). Des Weiteren war es dem Personal zwischen ca. 02:00 Uhr und 04:00 Uhr morgens nicht möglich, die Anschlüsse für die Schläuche der Feuerwehrfahrzeuge zu finden, um dann darüber das Wasser in den RDB einspeisen zu können. Es lag überall der vom Tsunami hinterlassene Schutt auf dem Boden verteilt, was die Einsätze in diesem Bereich zusätzlich erschwerte (siehe z. B. nebenstehendes Foto von TEPCO) ([7]¹⁸⁴).

Da das Personal die Anschlussstellen für die Wasserschläuche nicht fand, kehrte es um 03:30 Uhr zur ERC zurück, um neue Hinweise über deren Lage zu erhalten. Die Mitglieder der ERC bestätigten schliesslich den Ort der Anschlussstellen beim Maschinenhaus ([7]^{185,186}, [9]¹⁸⁷).

Gegen 03:30 Uhr gingen die Mitarbeiter des Unternehmens Nanmei in Begleitung eines Technikers, der die Einrichtungen kannte, in Richtung Maschinenhaus, um die Anschlüsse zu orten. Sie fanden diese schliesslich auch. Die Anschlüsse waren durch einen Verschluss geschützt, der durch die Wucht der Wellen des Tsunamis verbogen worden war ([7]¹⁸⁸, [9]¹⁸⁹).

Um 04:00 Uhr gelang es dem Personal, den Tank eines Feuerwehrfahrzeugs an den Kühlkreis des Reaktors anzuschliessen ([5], [9], [15], [29]¹⁹⁰) (siehe Abbildung 17). 1300 Liter Wasser wurden so eingespeist ([7]¹⁹¹, [25])¹⁹².



Abbildung 16:
Feuerwehrfahrzeuge (Quelle: TEPCO [7], Attachment 2, Foto am 16. März 2011 aufgenommen)

Das Personal versuchte ausserdem, das Wasser aus einem Feuerwehrfahrzeug, welches durch den Tsunami beschädigt wurde, zu nutzen. Gerade als dies zu gelingen schien, musste das Personal um 04:22 Uhr aufgrund der Zunahme der Ortsdosisleistung um den Reaktor 1 seine Tätigkeit unterbrechen ([14]¹⁹³). Um 05:46 Uhr begab sich das Team erneut auf das Gelände, um Wasser einzuspeisen ([7]¹⁹⁴, [29]¹⁹⁵). Die Techniker waren dabei mit Atemschutzmasken ausgestattet, was auch für das Kontrollraumpersonal erforderlich wurde ([29]).

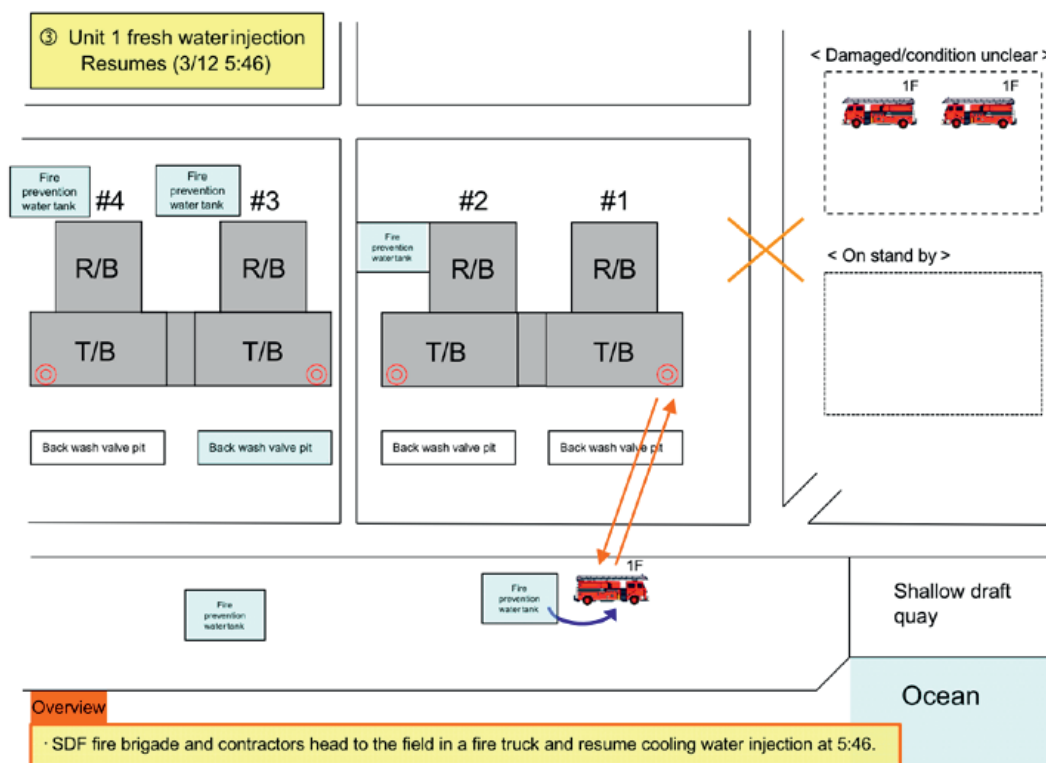




Abbildung 18: Wiederaufnahme der Wassereinspeisung mittels Feuerwehrfahrzeugen (12. März um 05:46 Uhr) (Quelle: TEPCO [7], Attachment 10-4 (3))

Legende:  Tank des Feuerwehrfahrzeugs wird befüllt
 Feuerwehrfahrzeug wird verschoben

TEPCO präzisierte ausserdem, dass um die Rohre und Wärmetauscher des Kühlsystems des Reaktor Gebäudes 1 und am Gebäude für die Behandlung radioaktiver Abfälle hohe Ortsdosisleistungen festgestellt wurden. Die Ursachen für diese Radioaktivität waren nicht bekannt und wurden auch nach dem Unfall weiter untersucht, da diese Radioaktivität Auswirkungen auf die Zugänglichkeit der Einrichtungen nach dem Unfall hatte ([25]²⁰¹).

Um 07:11 Uhr besuchte der Premierminister den Kernkraftwerksstandort ([7]²⁰²). Noch vor seinem Eintreffen in der ERC äusserte er seine Sorge darüber, dass das Venting noch nicht stattgefunden hatte. Der Kraftwerksleiter versicherte ihm die Durchführung und gab um 08:03 Uhr als Ziel vor, die Druckentlastung um 09:00 Uhr durchzuführen ([7]²⁰³, [16]²⁰⁴). Der Premierminister verliess den Standort um 08:04 Uhr wieder ([16]²⁰⁵)²⁰⁶.

3.1.5 Druckentlastung des Primärcontainments

Parallel zu den Wassereinspeisversuchen aus dem Feuerwehrfahrzeug und dem Tank des Feuerlöschsystems in den Reaktor wurden die Massnahmen, um den Druck im Primärcontainment zu reduzieren, fortgeführt.

Aufgrund der fehlenden Stromversorgung, die es ermöglicht hätte, die Ventile der Druckentlastungsleitungen vom Kontrollraum aus zu steuern, ermittelte das Personal die Örtlichkeiten dieser Ausrüstungen anhand von Systemunterlagen ([7]²⁰⁷).

Nachdem die Vorgehensweise für die Druckentlastung des Primärcontainments gemäss der Aufforderung der ERC kurz nach Mitternacht ([7]²⁰⁸, [16]²⁰⁹) festgelegt worden war (vgl. Kap. 3.1.3), begannen die Operateure mit den Vorbereitungen. Sowohl beim Zugang der Örtlichkeiten als auch beim Betätigen des motorgesteuerten Ventils (Ventil «MOV», auf der zweiten Etage des Reaktorgebäudes, vgl. Abbildung 14) und des pneumatischen Ventils (Ventil «AOV», oberhalb des Torus, vgl. Abbildung 14) von Hand vor Ort stiessen die Operateure auf neue Schwierigkeiten. Insbesondere erschwerten die hohen Ortsdosisleistungen im Torusraum (im Reaktorgebäude) und die vorherrschende Dunkelheit in den Räumlichkeiten ihren Einsatz.

Um 08:27 Uhr wurde die ERC darüber informiert, dass die Evakuierung der Bevölkerung rund um den Kernkraftwerksstandort noch nicht vollständig abgeschlossen sei. Um 09:02 Uhr war es dann soweit und zwei Minuten später wies der Kraftwerksleiter seine Mitarbeiter an, mit der Druckentlastung des Primärcontainments zu beginnen ([7]²¹⁰, [16]²¹¹).

«Zu diesem Zeitpunkt hielten wir es für notwendig, manuell vorzugehen, da alle unsere Versuche, ein Fernsteuerungsmanöver durchzuführen, fehlgeschlagen waren. Ich wusste, dass das Personal der Strahlung ausgesetzt sein würde, aber ich hielt es für die letzte Lösung. Das ist der Moment, als ich befahl, die Operation um 9:00 Uhr morgens durchzuführen.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [40], S. 111²¹²)

Die Operateure im Kontrollraum hatten bereits in der Nacht festgelegt, dass die Druckentlastung durch zwei Teams mit jeweils zwei Operateuren erfolgen sollte, wobei ein drittes Team als Nothilfe zur Verfügung stehen sollte, falls den beiden anderen Teams die Erfüllung der Aufgabe nicht gelänge ([16]²¹³, [31]²¹⁴). Erfahrene ältere Mitarbeiter wurden für diesen Vorgang ausgewählt ([31]²¹⁵). Um 09:04 Uhr verliess das erste von drei Teams den Kontrollraum. Nur mit Taschenlampen ausgerüstet, um sich in der Dunkelheit zurechtzufinden, gelangten die beiden Operateure dieses Teams in die zweite Etage des Reaktorgebäudes und konnten das der Berstscheibe vorgelagerte Ventil öffnen (Ventil «MOV» in Abbildung 14). Der Vorgang endete um 09:15 Uhr ([7]²¹⁶).

Um 09:24 Uhr wurde eine zweite Gruppe von Operateuren zur Öffnung eines weiteren Ventils in das erste Untergeschoss des Reaktorgebäudes entsandt (Ventil «AOV bypass» beim Torus in Abbildung 14). Sie konnten ihren Auftrag aufgrund der hohen Ortsdosisleistung nicht erfüllen ([7]²¹⁷, [32]²¹⁸). Aus den gleichen Gründen wurde der Einsatz der Reservemannschaft abgesagt ([7]²¹⁹, [40]²²⁰).

«Ich dachte, es sei ein Kampf gegen die Strahlung, genauso wie gegen die Zeit.» (ein Operateur des zweiten Einsatzteams [32]²²¹)

Von 10:17 Uhr bis 10:24 Uhr versuchten die Operateure in der Folge dreimal mithilfe des kleinen Generators, welcher zur temporären Wiederherstellung der Beleuchtung im Kontrollraum benutzt wurde (vgl. Kap. 3.1.3), das Ventil fernbetätigt vom Kontrollraum aus anzusteuern und zu öffnen (Ventil «AOV bypass» beim Torus in Abbildung 14), wobei den Operateuren zunächst nicht klar war, ob dies gelungen war ([7]^{222,223}, [25]²²⁴). Dieser Vorgang scheiterte ebenfalls, wie sich wenig später herausstellen sollte ([29]²²⁵).

Ab 10:40 Uhr wurde an der Haupttür des Reaktorgebäudes eine erhöhte Ortsdosisleistung festgestellt. Das Personal der ERC glaubte, dies sei auf die Freisetzung von radioaktiven Elementen aufgrund der Druckentlastung des Primärcontainments zurückzuführen. Um 11:15 Uhr wurde jedoch festgestellt, dass die Ortsdosisleistung wieder abnahm, wobei sich der Druck im Primärcontainment nicht veränderte. Das Personal zog daher den Schluss, dass die Druckentlastung nicht ausreichend funktioniert hatte ([7]²²⁶, [25]²²⁷).

«(...) Wir haben verschiedene Dinge ausprobiert – auch wenn es nur eine begrenzte Verfügbarkeit von Werkzeugen gab. Was wir taten, war nur selten erfolgreich. In den Diskussionen jetzt im Nachhinein verstehen diejenigen, die glauben, dass das Venting sofort durchgeführt werden könnte, nichts von den Schwierigkeiten, die wir hatten. (...) in Wirklichkeit hatten diejenigen, die an der Front arbeiteten, eine viel härtere Zeit als ich. Einige von ihnen bekamen dort tatsächlich Dosen von fast 100 (Millisievert).» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [31])

Über die Schwierigkeiten des Personals beim Öffnen des Bypassventils im Kontrollraum informiert, suchte die ERC nach Luftkompressoren, um das pneumatische Hauptventil der Leitung vom Torus zu öffnen ([7]²²⁸). Es stellte sich heraus, dass eines der externen Unternehmen auf dem Werksgelände über Luftkompressoren verfügte. Das Wiederherstellungsteam suchte demnach die Räumlichkeiten dieses Unternehmens auf. Parallel dazu überprüften die Mitarbeiter die Pläne zur Bestimmung des passenden Anschlussorts für den Kompressor ([7]²²⁹). Um 12:30 Uhr wurde ein Kompressor gefunden und es gelang ihnen, diesen mit der pneumatischen Ansteuerung für das Hauptventil zu verbinden und um 14:00 Uhr vom Kontrollraum aus in Betrieb zu nehmen (Ventil "AOV" beim Torus in Abbildung 14) ([7]²³⁰, [10]²³¹, [18], [19], [25]²³²).

Um 14:30 Uhr erschien Dampf am Kamin und es wurde ein Druckabfall im Primärcontainment bestätigt, was darauf hindeutete, dass die Druckentlastung funktioniert hatte (siehe Abbildung unten – [5], [6], [7]²³³, [16]²³⁴, [20], [25]).



Abbildung 19:
Dampf tritt aus dem Kamin aus – Foto vom 12. März um 15:00 Uhr (Quelle: TEPCO [7], Attachment 8.4)

Um 15:18 Uhr informierte der Kraftwerksleiter die Behörden darüber, dass die Druckentlastung erfolgt sei und dass Vorbereitungen zur Einspeisung von Meerwasser in den Reaktor getroffen würden ([7]²³⁵).

Seit dem Auftrag des Kraftwerksleiters um 00:06 Uhr am 12. März, die Druckentlastung vorzubereiten und der anschließenden Genehmigung zur Durchführung um ca. 09:00 Uhr bis schlussendlich zur Umsetzung um 14:00 Uhr waren somit, mit all den aufgetretenen Schwierigkeiten, rund 14 Stunden vergangen.

3.1.6 Das Ende der Frischwassereinspeisung, die Meerwassereinspeisung und die Wasserstoffexplosion

«Man könnte meinen, dass das Einpumpen von Meerwasser in das System etwas war, was jeder tun konnte, aber ich versichere Ihnen, dass das nicht der Fall ist. Einige Leute reden, als ob es eine einfache Aufgabe wäre (...). Diese Leute haben keine Ahnung, was wir durchgemacht haben, um eine Wasserversorgung zu finden und eine Versorgungsroute zu erstellen. Es dauert länger, es tatsächlich zu tun, als einfach nur darüber nachzudenken.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [16], S. 66²³⁶)

Die Frischwassereinspeisung in den RDB aus den Tanks des Feuerlöschsystems mittels Feuerwehrfahrzeugen wurde zwischen 04:00 Uhr und 14:53 Uhr am 12. März (Zeitpunkt, an dem die Frischwasserressourcen erschöpft waren) intermittierend fortgesetzt [7] (vgl. Kap. 3.1.4). Da das Kernkraftwerk für die Frischwasserzufuhr über keine anderen Quellen mehr verfügte, war die einzig verbleibende Option die Verwendung von Meerwasser zur Kühlung des Reaktors.

Das Kraftwerk liegt direkt am Meer, aber das Hochpumpen von Meerwasser in den Reaktor war nicht einfach, da die Blöcke 1–4 des Standortes Daiichi etwa zehn Meter über dem Meeresspiegel liegen ([40]²³⁷). Der Tsunami-Alarm, welcher tags zuvor um 14:30 Uhr vor einem Tsunami von zehn Metern gewarnt hatte, war ausserdem nach wie vor aktiv und wies auf eine erhebliche Gefahr für das Personal, welches auf Meereshöhe arbeitete, und die benutzten Geräte und Einrichtungen hin, von einer weiteren Tsunami-Welle weggespült zu werden ([7]²³⁸). Der Kraftwerksleiter beauftragte ein

Team mit der Findung einer Lösung. Dieses schlug vor, Wasser aus einem Kühlwasseraufnahmebecken (backwash valve pit)²³⁹ zu holen, das sich vor dem Turbinengebäude des Blocks 3 befand und sich während des Tsunamis mit Meerwasser gefüllt hatte ([9]²⁴⁰, [16]²⁴¹, [40]²⁴²) (siehe folgende Abbildung). Drei Feuerwehrfahrzeuge, jeweils mit Pumpen ausgestattet, wurden daraufhin so positioniert, dass das Pumpen von Meerwasser durchgeführt werden konnte ([7]²⁴³, [9]²⁴⁴, [25]).

«Ursprünglich wurde für den Reaktor 1 das vom Tsunami zurückgelassene Wasser verwendet. Eine sehr bodenständige Lösung. Aber wir konnten es einfach nicht besser machen.» (Kraftwerksleiter M. Yoshida [40], S. 66²⁴⁵)

Um 15:36 Uhr, kurz nachdem diese Vorbereitungen abgeschlossen worden waren, ereignete sich eine Wasserstoffexplosion im Block 1 und machte die Hoffnungen des Personals, nun mit der Meerwassereinspeisung beginnen zu können, zunichte ([40]). Die Explosion überraschte das Personal, welches nicht auf eine solche gefasst war ([40]²⁴⁶).

«Wir hatten endlich Wege gefunden, um Wasser einzubringen, wir dachten, wir könnten endlich kühlen, ein Schimmer der Hoffnung begann zu leuchten und dann, bumm, wurde diese Hoffnung zerschmettert.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [40], S. 116²⁴⁷)

Abbildung 20:
Kühlwasser-
aufnahmebecken
vor Block 3
(Quelle: TEPCO [7],
Attachment 2)



Die Explosion richtete grosse Schäden an den Einrichtungen an und setzte radioaktive Elemente in die Atmosphäre frei ([2], [5], [7], [25]²⁴⁸, [16]). Das Dach und die Aussenwände der obersten Etage des Reaktorgebäudes wurden stark beschädigt (siehe Abbildung 22), wie auch das Lüftungssystem der ERC, das in der Konsequenz von aussen nicht mehr isoliert war ([7]²⁴⁹, [16]²⁵⁰).

«(Der Schichtleiter) und sein Team wurden vom Boden gehoben. Es war ganz anders als die Nachbeben des Erdbebens, die sie immer wieder heimgesucht hatten. Die Menschen fielen von ihren Stühlen oder wurden vom Boden hochgeschleudert, noch immer in sitzender Position, während die anderen einfach umgestürzt wurden. Leuchtstoffröhren und Lüftungsgitter stürzten von der Decke herunter.» ([16], S. 151)

«Später erfuhr ich, dass es sich um eine Wasserstoffexplosion im Gebäude handelte, aber zu diesem Zeitpunkt dachte ich, dass der RDB selbst explodiert wäre (...). Ich dachte, es wäre alles vorbei.» (ein Mitglied der Mannschaft, die sich im Kontrollraum 1–2 befand, als sich die Explosion ereignete [33])

Der Kraftwerksleiter gab dem sich auf dem Areal und in den Kontrollräumen 1–2 und 3–4 befindenden Personal, mit Ausnahme einer kleinen Anzahl von erfahrenen Personen, die Anweisung zur Evakuierung ins erdbebengeschützte Gebäude, in welchem die ERC untergebracht war (vgl. die nebenstehende Abbildung) ([7]²⁵¹, [29]²⁵²). Drei Mitarbeiter von TEPCO und zwei Fremdmitarbeiter wurden bei der Explosion verletzt und später ins Krankenhaus gebracht ([7]²⁵³, [16]²⁵⁴).



Abbildung 21: Erdbebengeschütztes Gebäude, in welchem die ERC untergebracht war (Quelle: TEPCO [7], Attachment 4–5; [7])

Die installierte Feuerlöschleitung, die den Reaktor mit Meerwasser versorgen sollte, wurde bei der Explosion beschädigt und musste repariert werden. Durch die Reparaturen wurde die Wassereinspeisung weiter verzögert. Ausserdem waren aufgrund der Explosion zahlreiche Trümmer auf dem Boden verstreut, die meisten davon radioaktiv ([7]²⁵⁵).

Das Brennelementlagerbecken wurde durch die Explosion und den Gebäudeschaden am Reaktorgebäude zur Atmosphäre freigelegt ([7]) (vgl. Abbildung 22).

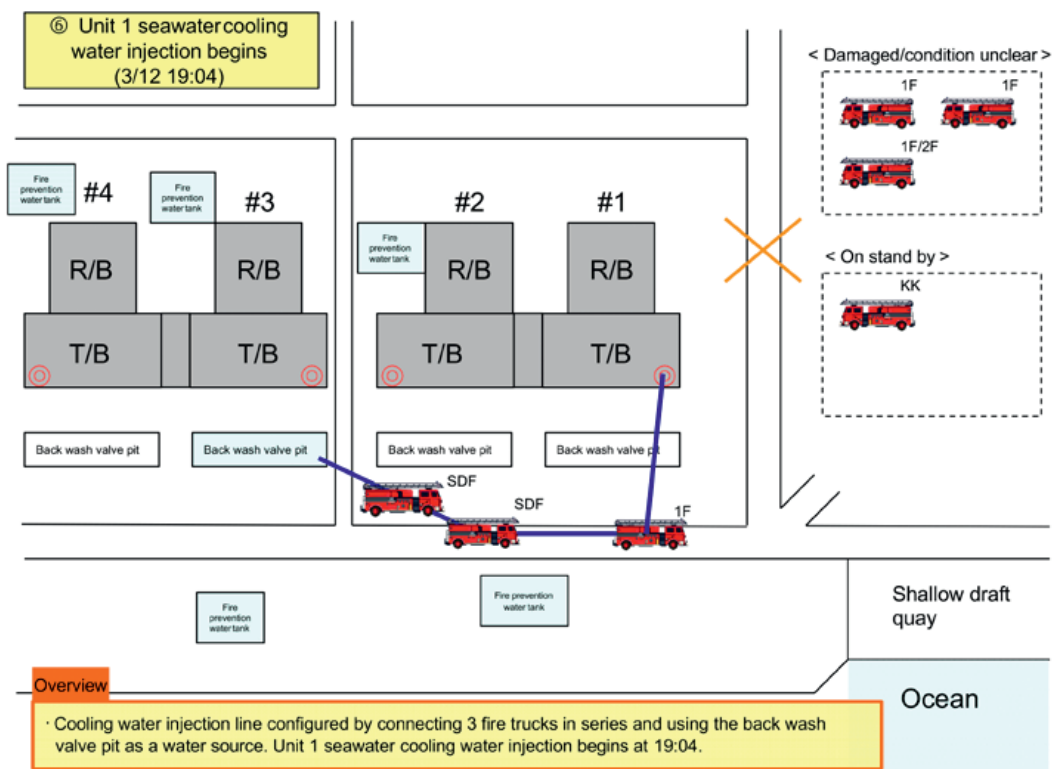
Zunächst war der Mannschaft nicht klar, was die Ursache für die Explosion gewesen sein könnte. Verschiedene Hypothesen wurden diskutiert. Noch am selben Tag kam man jedoch zum Schluss, dass die Explosion am wahrscheinlichsten auf den Austritt von Wasserstoff aus dem Primärcontainment zurückzuführen sei ([40]²⁵⁶).

Um ca. 17:00 Uhr wurde die Arbeit auf dem Werksgelände wieder freigegeben. Daher wurden um 17:20 Uhr die Reparaturarbeiten an der Leitung für die Versorgung des RDB mit Meerwasser wieder aufgenommen ([7]²⁵⁷). Um 19:04 Uhr war die Leitung repariert und die Einspeisung von Meerwasser in den Reaktor startete ([9], [29]) (siehe Abbildung 23). Die Aufsichtsbehörde NISA wurde um 19:06 Uhr darüber informiert ([7]²⁵⁸).

Abbildung 22:
Beschädigungen
am Reaktorge-
bäude von Block 1
nach der Explosion
vom 12. März
(Quelle: TEPCO
https://i2.wp.com/enformable.com/wp-content/uploads/2012/09/その4_031.png)



Abbildung 23:
Situation nach
dem Beginn der
Meerwassereinspei-
sung (12. März um
19:04 Uhr) (Quelle:
TEPCO [7], Attach-
ment 10-4 (3))



Legende: — Wassereinspeisung erfolgt

Um 19:25 Uhr war diese Aktion gerade angelaufen, als ein TEPCO-Vertreter, der sich im Hause des Premierministers befand, die ERC kontaktierte mit der Mitteilung, dass die Genehmigung zur Nutzung von Meerwasser zur Kühlung des Reaktors beim Premierminister diskutiert würde und nicht unbestritten sei, da die Gefahr der Rekritikalität bestünde²⁵⁹ ([3]²⁶⁰, [7]^{261,262}, [10]²⁶³, [30]²⁶⁴, [40]²⁶⁵). Nach einer Videokonferenz zwischen dem TEPCO-Sitz und dem Werk wurde diesem dringend empfohlen, die Einspeisung von Meerwasser zu stoppen ([7]²⁶⁶). Trotz dieser Anordnung hielt der Kraftwerksleiter die Wassereinspeisung aufrecht. Diese wurde in der Tat nie gestoppt ([3]²⁶⁷, [6], [7]²⁶⁸, [9]²⁶⁹, [16]²⁷⁰, [40]²⁷¹).

Um 20:45 Uhr wurde Borsäure in das Meerwasser im Kühlwasseraufnahmebecken gegeben, um jegliches Risiko der Rekritikalität auszuschliessen ([6], [7], [9]²⁷²).

Auf der Grundlage der im Nachgang durchgeführten Simulationen wurde jedoch erkannt, dass ein Teil des eingespeisten Wassers den Reaktor wahrscheinlich nicht erreicht hat. Weitere Studien werden durchgeführt, um die tatsächliche Menge an Wasser festzustellen, die in den RDB eingespeist werden konnte ([25]²⁷³).

13. März 2011

Die Einspeisung von Meerwasser und die Überwachung der diversen Parameter wurden den ganzen Tag fortgesetzt.

14. März 2011

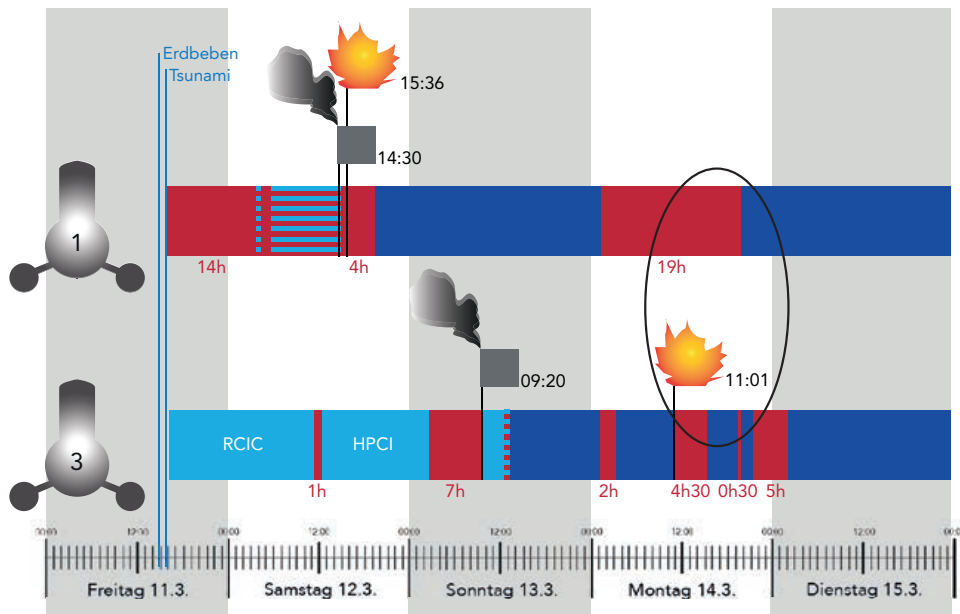
Die Einspeisung von Meerwasser in den RDB des Blocks 1 wurde um 01:10 Uhr unterbrochen, als die Wasserquelle versiegte ([7]²⁷⁴, [25]).

Um 11:01 Uhr war das Kühlwasseraufnahmebecken des Blocks 3 wieder mit Meerwasser gefüllt, aber die Explosion, die sich dann in Block 3 ereignete (siehe Kap. 3.3.5) verursachte Schäden, sodass die weitere Versorgung des Reaktors 1 mit Meerwasser aus diesem Becken nicht mehr möglich war ([29]²⁷⁵) (vgl. Abbildung 24).

Die Einspeisung von Meerwasser in den Reaktor wurde am späteren Abend des 14. März mithilfe von Feuerwehrfahrzeugen direkt aus dem Ozean wieder aufgenommen (siehe Abbildung 25) ([7], [29]²⁷⁶). TEPCO präzisierte, dass diese zwischen 01:10 Uhr und 20:00 Uhr unterbrochen gewesen war. Die möglichen Auswirkungen dieser Unterbrechung der Wassereinspeisung auf den Verlauf des Unfalls sind Gegenstand zusätzlicher Untersuchungen ([25]²⁷⁷).

Zusätzlich zu den Schwierigkeiten, den Reaktor zu kühlen, wurden die Teams mit der steigenden Temperatur des Wassers im Brennelementlagerbecken konfrontiert, was zu einer Verringerung des Füllstandes durch Verdunstung führte. Am 31. März von 13:03 Uhr bis 16:04 Uhr wurde es zum ersten Mal möglich, mittels einer Autobetonpumpe Wasser in das Brennelementlagerbecken einzuspeisen und damit den Wasserstand wieder zu erhöhen ([1]).

Abbildung 24:
Chronologische
Zusammenfassung
des Ablaufs in
den Blöcken 1
und 3 vom
11. bis 15. März –
Darstellung der in
Block 3 erfolgten
Explosion, welche
die weitere
Versorgung des
Blocks 1 mit
Meerwasser
beeinträchtigte



Legende:

- Reaktor ohne Kühlung
- Einspeisung von Frischwasser in den Reaktor
- Einspeisung von Meerwasser in den Reaktor
- Verminderte Wirksamkeit der Einspeisung von Frischwasser
- Wasserstoffexplosion
- Druckentlastung des Primärcontainers

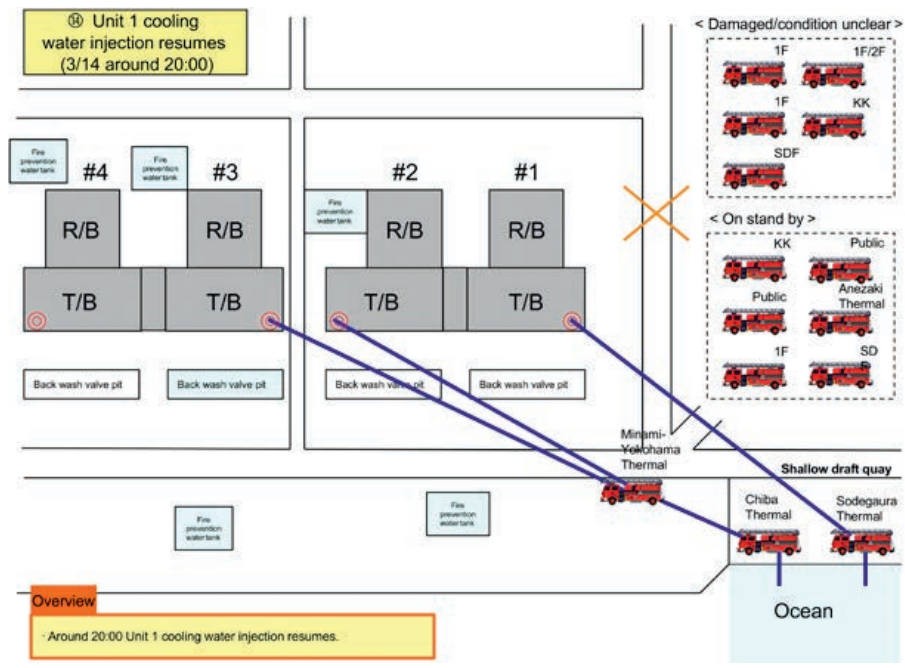


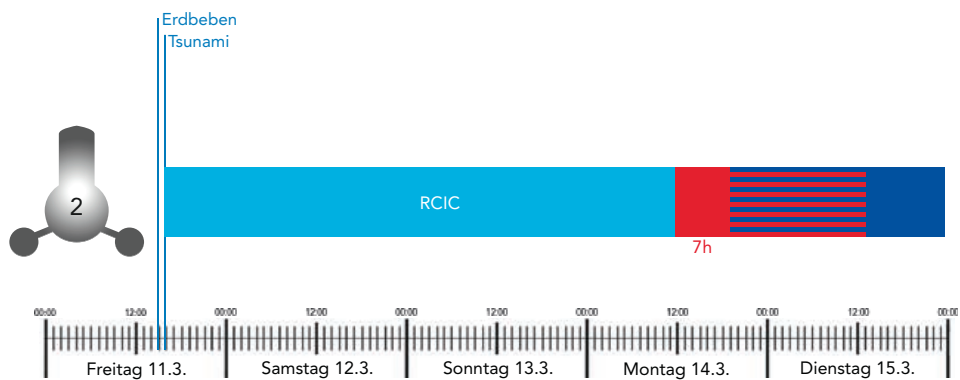
Abbildung 25: Wiederaufnahme der Einspeisung von Meerwasser in Reaktor 1 (14. März um ungefähr 20:00 Uhr) (Quelle TEPCO [7], Attachment 10-4 (3))

Legende: — Wassereinspeisung erfolgt

3.2 Was geschah im Block 2?

Die Abfolge der Ereignisse und Handlungen der Operateure in Block 2 wird in der Abbildung und den folgenden Abschnitten dargestellt.

Abbildung 26:
Chronologische
Zusammenfassung
des Ablaufs im
Block 2 vom
11. bis 15. März



- Legende:**
- Reaktor ohne Kühlung
 - Einspeisung von Frischwasser in den Reaktor
 - Einspeisung von Meerwasser in den Reaktor
 - Verminderte Wirksamkeit der Einspeisung von Meerwasser

3.2.1 Zwischen dem Erdbeben und der Ankunft des Tsunamis

11. März 2011

Um 14:47 Uhr wurde der Reaktor infolge des Erdbebens automatisch abgeschaltet ([7], [24]²⁷⁸).

Aufgrund des Verlustes der externen Stromversorgung wurden die Dieselgeneratoren angefordert und starteten automatisch. Sie ermöglichten die Versorgung wichtiger Sicherheitssysteme sowie die Beleuchtung des Kontrollraums und die Versorgung der Anzeigen und Aufzeichnungsgeräte sowie der Steuerungen.

Um 14:50 Uhr starteten die Operateure im Kontrollraum das dampfbetriebene Hochdruck-Nachspeisensystem (Reactor Core Isolation Cooling System RCIC²⁷⁹; deutsch: Kernisoliationskühlung), um damit den RDB mit dem zur Kühlung benötigten Wasser zu versorgen. Da der Wasserspiegel im Reaktor hoch war, schaltete das System eine Minute später automatisch wieder ab. Um 15:02 Uhr aktivierten die Techniker das RCIC erneut, welches um 15:28 Uhr wiederum automatisch abschaltete ([7]²⁸⁰).

3.2.2 Die Ankunft des Tsunamis und die Kontrolle der Kühlung des Reaktors

Um 15:36 Uhr traf die zweite Tsunami-Welle auf das Kraftwerksgelände und überflutete diverse Gebäude sowie die Bereiche rund um das Reaktorgebäude ([7], [29]).

Die Operateure setzten um 15:39 Uhr das Nachspeisesystem (RCIC) erneut in Betrieb; dies geschah noch kurz vor Ausfall der Stromversorgung ([7]²⁸¹, [29]). Der Reaktor von Block 2 wurde also, im Gegensatz zum Reaktor des Blocks 1, weiterhin gekühlt ([7], [24]²⁸²). Das System sollte bis zum 14. März funktionieren.

Aufgrund der Überflutung der Gebäude durch den Tsunami waren ab 15:41 Uhr die Dieselgeneratoren und die Batterien, die seit dem Erdbeben funktioniert hatten, nicht mehr funktionsfähig ([7], [24], [25], [29]^{283,284}).

Durch den Stromausfall war der Kontrollraum, der auch für den Block 1 genutzt wurde, völlig dunkel (mit Ausnahme der Notbeleuchtung in der Raumhälfte von Block 1) ([7]²⁸⁵). Fast alle Überwachungs- und Steuermittel waren ausgefallen ([7]²⁸⁶, [16]²⁸⁷, [24]²⁸⁸, [25]²⁸⁹).

Mit dem Verlust der elektrischen Versorgung gingen auch die notwendigen Sicherheitssysteme verloren, mit Ausnahme des RCIC ([24]²⁹⁰). Das ebenfalls dampfbetriebene Einspeisesystem HPCI war nicht verfügbar²⁹¹.

Um 16:36 Uhr sahen sich die Operateure nicht in der Lage, den Füllstand im Reaktor oder den Zustand der Einspeisung in den Reaktor zu bestimmen und erklärten deshalb – wie für diesen Fall vorgesehen – das Vorliegen eines Nuklear-Desaster-Notfalls (Emergency for Nuclear Disaster) auf der Grundlage von Artikel 15 des «Nuclear Disaster Act» ([29]²⁹²).

Um 17:12 Uhr beauftragte der Kraftwerksleiter ein Team mit der Suche nach alternativen Möglichkeiten zur Einspeisung von Kühlwasser in den Reaktor. Die Operateure suchten in den Vorschriften und bestätigten, dass es möglich sei, das Brandschutzsystem zu nutzen ([7]²⁹³, [9], [29]²⁹⁴) (siehe Kap. 3.1.2).

Um 17:35 Uhr konnten die Operateure anhand von noch funktionsfähigen Anzeigen, die sich an der Tafel hinter dem Hauptleitstand im Kontrollraum befanden, bestätigen, dass der Füllstand im Reaktor stabil war. Der Schichtleiter leitete diese Information an die ERC weiter ([7]²⁹⁵). Um 18:12 Uhr waren die Batterien, die die Schreiber noch mit Strom versorgt hatten, auch spannungslos und der Wasserstand im Reaktor konnte nicht mehr überwacht und bestätigt werden ([7]²⁹⁶).

Dank der nachträglichen Modellierungen des Unfalls weiss man heute, dass das RCIC funktionierte, als sich die Operateure um dessen Zustand noch im Ungewissen befanden (bis 02:55 Uhr des 12. März) ([15]²⁹⁷). Das System sollte noch bis zum 14. März weiter funktionieren ([24]²⁹⁸)²⁹⁹ (vgl. Kap. 3.2.5). Am 11. März konnten die Teams den Status dieses Systems jedoch nicht vom Kontrollraum aus überprüfen, da sie dort nicht mehr über die notwendige funktionierende Instrumentierung verfügten.

Um 20:47 Uhr installierte das Wiederherstellungsteam einen kleinen Generator, der eine provisorische Wiederherstellung der Beleuchtung im Kontrollraum ermöglichte ([7]³⁰⁰) (vgl. Kap. 3.1.3).

Ab 21:00 Uhr wurde damit begonnen, eine Wassereinspeisemöglichkeit unter Nutzung des Brandschutzsystems via das Nachwärmeabfuhrsystem (Residual Heat Removal System – RHR) und der dieselbetriebenen Feuerlöschpumpe DDFP ([7]³⁰¹, [29]³⁰²) zu schaffen. Hierzu begaben sich, aufgrund des Verlustes der Mess- und Regeltechnik im Kontrollraum, zehn Operateure in Teams in das Reaktorgebäude und öffneten vier Ventile von Hand, darunter die Ventile des RHR-Systems. Die Betätigung dieser Ventile war schwierig und dauerte ca. eine

Stunde ([7]³⁰³). Die Handräder dieser Ventile, deren Durchmesser ca. 60 cm beträgt, waren schwer von Hand zu betätigen. Darüber hinaus wurden diese Aktionen unter schwierigen Bedingungen ausgeführt: Im Lichtkegel von Taschenlampen, welche die Operateure mit sich führten, in einer in völlige Dunkelheit getauchten Anlage, in einem beengten Arbeitsraum und mit Atemschutzmasken ausgestattet (siehe nebenstehendes Bild) ([7]³⁰⁴). Die Arbeiten hierzu waren gegen 22:00 Uhr abgeschlossen. Die DDFP wurde in Betrieb genommen ([29]³⁰⁵). Deren Förderhöhe war jedoch deutlich kleiner als der zu dieser Zeit vorliegende Reaktordruck³⁰⁶.

Um 21:02 Uhr erfolgte aufgrund der Berechnungen, die auf der Grundlage des Wasserstands im Kern vor dem Unfall und in der Annahme einer fehlenden Kühlung seit dem Tsunami erstellt wurden, die Information des Kraftwerksleiters an die Behörden, dass das Wasser um 21:40 Uhr die Kernoberkante erreichen könnte ([7]³⁰⁷).

Um 21:50 Uhr wurde jedoch die Funktion der Messung des Füllstandes im Reaktor wiedererlangt, die aufzeigte, dass der Reaktorkern nicht abgedeckt war ([7]³⁰⁸). Die Operateure übermittelten diese Information an die Mitarbeiter der ERC, die sie wiederum um 22:10 Uhr an die Behörden weiterleiteten ([7]³⁰⁹).

Der Zustand des Kühlsystems (RCIC) selbst war weiterhin unklar ([7]³¹⁰).

Nach den heute vorliegenden Informationen ist erwiesen, dass die Reaktor-Füllstandhaltung mit diesem System bis zum 14. März funktioniert hat. Die zur Überwachung des RCIC-Zustands notwendigen Informationen waren jedoch im Kontrollraum nicht verfügbar und es war schwierig, in die entsprechenden Räumlichkeiten zu gelangen, um diese Informationen zu erhalten. Heute weiss man auch, dass das RCIC nur mit verminderter Leistung funktionierte ([25]³¹¹).

Um 23:25 Uhr fand das Personal auf der zweiten Etage des Reaktorgebäudes eine Anzeige des Drucks des Primärcontainments. Dieser Wert erreichte nicht ein Niveau, das eine Druckentlastung des Containments nötig machte ([7]³¹², [29]³¹³).



Abbildung 27:
Beispiel für einen Einsatz an einem RHR-Ventil (Foto von Block 5 mit Beleuchtung) (Quelle: TEPCO [7], Attachment 2, S. 87)

12. März 2011

Gegen 01:00 Uhr brachen die Operateure in Richtung des Raumes auf, in dem sich das RCIC befindet, um seinen Zustand zu kontrollieren. Wie schon vorher, mussten sie sich weiterhin in der Dunkelheit bewegen, verschafften sich mit Taschenlampen Licht und trugen Atemschutzmasken (vgl. die folgenden Abbildungen). Vor den Türen des Raumes befand sich bereits Wasser. Doch als sie die Türen öffneten, floss noch mehr Wasser aus dem Raum. Sie schlossen die Türen unverzüglich wieder. Sie hörten ein metallisches Geräusch, konnten jedoch die Funktion des RCIC nicht bestätigen und kehrten zum Kontrollraum zurück ([7]³¹⁴).

Um 01:20 Uhr wurde festgestellt, dass die DDFP nicht mehr in Betrieb war ([7]³¹⁵, [29]³¹⁶).

Um ca. 01:30 Uhr genehmigten der Premierminister, der Minister für Wirtschaft, Handel und Industrie und die NISA der TEPCO, nachdem sie über die Lage informiert wurden, die Durchführung bzw. Vorbereitung der Druckentlastung des Containments der Reaktoren 1 und 2 ab 03:00 Uhr (vgl. Kap. 3.1.3).

Ein anderes Team kehrte um 02:12 Uhr zum RCIC-Raum zurück. Es gelang den Operateuren, den Raum zu betreten, obschon der Wasserstand nun noch höher war als zuvor. Sie nahmen Schwingungen wahr und hörten ein Geräusch, das wahrscheinlich vom System ausging ([7]³¹⁷). Diese Kontrolle vor Ort, welche normalerweise 10 Minuten in Anspruch nimmt, erforderte annähernd eine Stunde und hohe Anstrengungen durch das Personal, da die Bedingungen stark erschwert waren (die Anlage befand sich im Dunkeln; häufige Nachbeben; die Operateure mussten Atemschutzmasken tragen usw.) ([7]³¹⁸). Erst um 02:55 Uhr kehrte das Team, nachdem es zusätzlich verschiedene Informationen im Reaktorgebäude gesammelt hatte (Förderdruck der Pumpe des RCIC, Reaktordruck), in den Kontrollraum zurück und berichtete der ERC, dass das RCIC funktionierte ([7]³¹⁹).

Um 02:34 Uhr wurde beschlossen, die Containment-Druckentlastung von Block 2 zu priorisieren, da dort im Vergleich zum Block 1 die Dosisleistung noch schwach war und es noch möglich sein musste, die Ventile der Entlastungsleitung lokal zu erreichen ([7]³²⁰). Da jedoch um 02:55 Uhr der Betrieb des RCIC und dementsprechend die Kühlung des Reaktors von Block 2 bestätigt werden konnten, wurde beschlossen, die Druckentlastung des Containments von Reaktor 1 vordringlich voranzutreiben und weiterhin die Parameter vom Reaktor 2 zu überwachen ([7]³²¹, [29]³²²).

Abbildung 28:
Tätigkeit im
RCIC-Raum
(Quelle: TEPCO
[7], Attachment 2,
S. 88)



Um 02:56 Uhr wurde vor Ort festgestellt, dass das Niveau im Kondensatvorratsbehälter, woraus das RCIC gespeist wurde, unter die halb-voll-Markierung abgesunken war ([7]³²³). Daraufhin beschloss der Schichtleiter, das RCIC nicht mehr aus diesem Behälter, sondern aus dem Torus zu versorgen, um die Reaktordruckabbaufunktion des Primärcontainments zu erhalten ([29]³²⁴)³²⁵ und das Inventar in diesem Behälter für eine (allfällige) spätere alternative Reaktoreinspeisung zu bewahren. Vier Operateure rüsteten sich gegen 04:20 Uhr aus, um diese Operation in Schutzanzügen und mit Atemschutzmasken vorzunehmen ([7]³²⁶). Sie mussten im RCIC-Raum drei Ventile manuell betätigen ([7]³²⁷). Sie gingen dabei mit Umsicht vor, um nicht unbeabsichtigt den Ausfall des Systems zu riskieren. Die Arbeiten zur Umstellung des RCIC-Wasserbezugs aus dem Kondensatvorratsbehälter auf den Torus konnten um 05:00 Uhr abgeschlossen werden ([7]³²⁸, [29]³²⁹).

Um 06:50 Uhr ordnete der Minister für Wirtschaft, Handel und Industrie die Druckentlastung des Containments des Reaktors in Block 2 an ([7]³³⁰, [16]³³¹).

An diesem Tag wurde der Reaktor noch gekühlt. Der Grossteil der Arbeiten betraf die Wiederherstellung der Stromversorgung und den als vordringlich eingestuften Reaktor von Block 1: Kühlung des Reaktors mit Frischwasser; Druckentlastung des Containments, deren erfolgreiche Durchführung um 15:18 Uhr durch den Kraftwerksleiter bestätigt wurde; Vorbereitungsarbeiten zur Einspeisung von Meerwasser zur Kühlung des Reaktors ([7]) (s. Kap. 3.1).



Abbildung 29:
Ausrüstung
im RCIC-Raum
(Quelle: TEPCO
[7], Attachment 2,
S. 89)

Um 15:36 Uhr ereignete sich die Explosion am Reaktorblock 1 (vgl. Kap. 3.1.6). Diese verursachte die Öffnung einer Blende (blowout panel) im oberen Teil des Reaktorgebäudes von Block 2 (s. Abbildung 30). Die Mannschaften bemerkten dies erst am 14. März, aber wahrscheinlich verhinderte diese Öffnung eine Wasserstoffanreicherung und somit eine Explosion wie im Block 1 ([7]^{332,333}, [10]³³⁴, [24]³³⁵, [25]³³⁶, [40]³³⁷).

Obschon das RCIC weiter funktionierte und der Druck im Primärcontainment stabil blieb, wurde erwartet, dass eine Druckentlastung des Primärcontainments später doch noch erforderlich sein würde. Um 17:30 Uhr gab der Kraftwerksleiter deshalb die Anweisung, mit den Vorbereitungsarbeiten zur Druckentlastung des Containments von Block 2 zu

beginnen ([7]³³⁸). Es wurde beschlossen, dass die für das Venting erforderlichen Ventile geöffnet würden, solange die Dosisleistung vor Ort noch nicht hoch war ([7]³³⁹). Die Vorgehensweise wurde erörtert und entsprechende Vorschriften wurden erarbeitet ([7]³⁴⁰). Mitarbeiter des Wiederherstellungsteams öffneten demnach das Ventil vor der Berstscheibe (Ventil «MOV» in Abbildung 14) um 25%. Anschliessend begaben sie sich zum Torus-Raum, um den Status des Torus-Entlastungsventils (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) zu prüfen. Sie mussten das Vorhaben jedoch aufgeben, da Dampf austrat, als sie die Tür zum Raum öffneten und der Innenraum so heiss war, dass sie ihn nicht betreten konnten ([7]³⁴¹). In der Folge wurde das zuvor geöffnete Ventil vor der Berstscheibe, auf Anordnung der ERC, wieder geschlossen ([7]³⁴²).

Abbildung 30:
Offene Blende
(blowout panel)
im oberen Teil des
Gebäudes von
Reaktor 2 (Quelle:
TEPCO)



3.2.3 Erneute Vorbereitungsarbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments

13. März 2011

Um 03:00 Uhr setzte das Wiederherstellungsteam (Restoration Team) im Kontrollraum die Containment-Druckmessung wieder in Stand ([7]³⁴³).

Die Entlastungsleitung des Containments war noch geschlossen und es würden noch verschiedene Schritte notwendig werden, um die Druckentlastung durchführen zu können.

Um 08:10 Uhr betraten die Techniker des Wiederherstellungsteams das Reaktorgebäude und öffneten teilweise das Ventil vor der Berstscheibe (Ventil «MOV» in Abbildung 14). Die Techniker trugen Atemschutzmasken und benutzten Taschenlampen zur Beleuchtung ([7]³⁴⁴).

Da noch weitere Arbeitsschritte zu erledigen blieben, konnte die Druckentlastung des Primärcontainments zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgen. Um 10:15 Uhr gab der Kraftwerksleiter Anweisung zur Durchführung des Ventings ([7]³⁴⁵, [29]³⁴⁶, [40]³⁴⁷).

Die Techniker des Wiederherstellungsteams betraten das Reaktorgebäude und schafften es, unter Verwendung des kleinen Generators, welcher zur Beleuchtung des Kontrollraumes benutzt wurde, das Entlastungsventil des Torus zu öffnen (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) ([7]³⁴⁸).

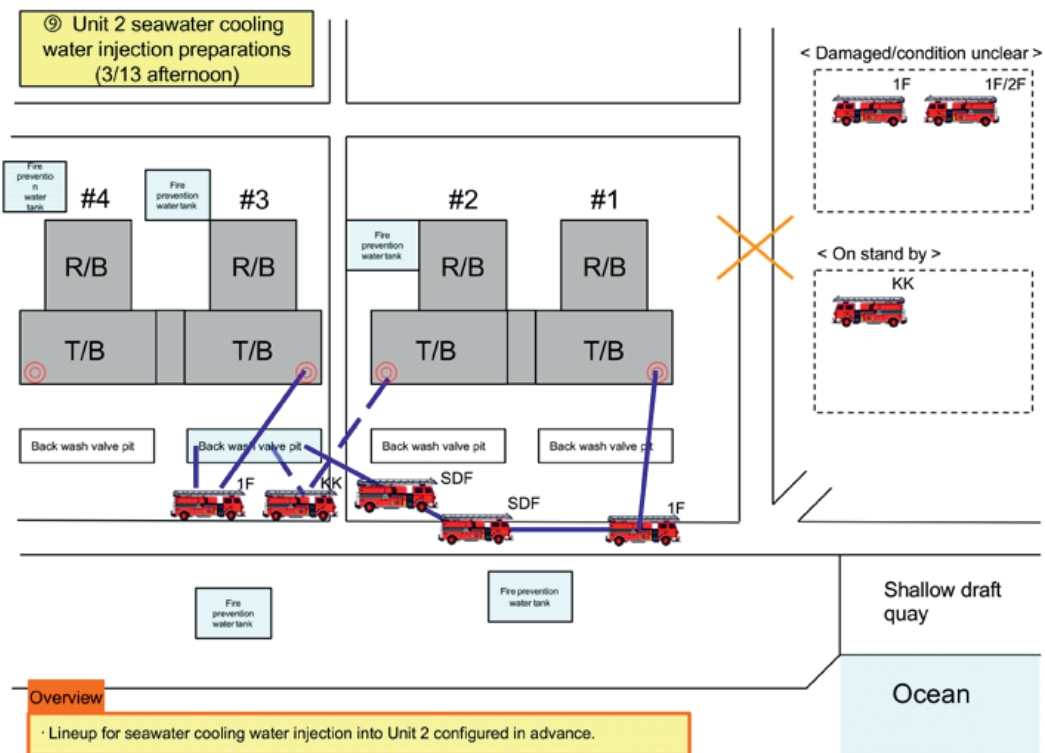
Um 11:00 Uhr war demnach die Druckentlastungsleitung, so wie vom Kraftwerksleiter gefordert, vorbereitet ([7]³⁴⁹). Da jedoch der Druck vor der Berstscheibe noch nicht ausreichend hoch war, barst diese nicht und dementsprechend fand eine Druckentlastung des Primärcontainments nicht statt. Die Operateure hielten das Ventil offen³⁵⁰ und überwachten den Druck im Primärcontainment ([7]³⁵¹).

3.2.4 Vorbereitung einer Leitung zur Meerwassereinspeisung

Um 12:05 Uhr gab der Kraftwerksleiter den Teams die Anweisung, eine Einspeiseleitung für Meerwasser vorzubereiten, da er befürchtete, dass das RCIC, welches den Reaktor noch kühlt, stehenbleiben könnte. Der Reaktor von Block 2 sollte aus dem durch den Tsunami gefüllten Kühlwasseraufnahmebecken (backwash valve pit) (vgl. Kap. 3.1.6) mit Wasser versorgt werden ([9]³⁵²). Ausserdem sollten sie nach anderen möglichen Örtlichkeiten suchen, von denen man ggf. Wasser heranzupumpen könnte.

Eine Feuerwehrmannschaft wurde mit dieser Aufgabe betraut. Sie nahm erhebliche Zeit in Anspruch, denn Trümmer, die vom Wasser des Tsunamis zurückgelassen wurden, als sich dieser zurückzog, bedeckten den Boden rund um die Reaktorgebäude. Ausserdem führte das Team diese Arbeit zeitgleich am Block 3 durch (vgl. Kap. 3.3.3.4) ([7]³⁵³, [40]³⁵⁴).

Abbildung 31: Vorbereitung einer Leitung zur Einspeisung von Meerwasser in den Reaktor 2 (13. März, Nachmittag) (Quelle: TEPCO ([7], Attachment 10-4 (3))



- Legende:**
- Wassereinspeisung erfolgt
 - - - Leitung ist gelegt, Wassereinspeisung erfolgt jedoch nicht

3.2.5 Der Verlust der Kernkühlung und die Weiterführung der Arbeiten zur Druckentlastung des RDB und des Primärcontainments

Gegen 07:00 Uhr hatte die ERC die Mitarbeiter gebeten, die Batterien ihrer Autos zur Verfügung zu stellen, damit eine alternative Ansteuerung der Sicherheits- und Abblaseventile (SRV – Safety Relief Valve, vgl. Abbildung 14) in Block 3 vorbereitet werden konnte (vgl. Kap. 3.3.3.3). Vorsorglich waren auch für Block 2 Autobatterien beschafft und in den Kontrollraum transportiert worden ([7]³⁵⁵).

Um 13:10 Uhr gelang es dem Wiederherstellungsteam – mit dem Ziel, den Druck im RDB zu reduzieren und schliesslich Wasser in den Reaktor einzuspeisen – die Batterien an der Schalttafel im Kontrollraum anzuschliessen, um ein SRV-Ventil zu steuern ([7]³⁵⁶). Diese Arbeiten waren heikel, da ein Kurzschlussrisiko und andere elektrische Risiken bestanden. Da die Techniker Masken trugen und ihnen nur Taschenlampen zur Verfügung standen, war ihr Sichtfeld im Dunkeln stark eingeschränkt und ihre Tätigkeit durch die notwendigen Schutzhandschuhe erschwert ([7]³⁵⁷).

Um 15:18 Uhr teilte der Kraftwerksleiter den Behörden die geschätzte Menge an Radionukliden, die durch die Druckentlastung des Primärcontainments des Blocks 2 an die Umwelt abgegeben würde, mit ([7]).

Um 22:22 Uhr verlangte der Kraftwerksleiter die Beschaffung transportabler Luftkompressoren von anderen Kernkraftwerksstandorten, um das Entlastungsventil des Torus offenhalten zu können. (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) ([7]³⁵⁸).

14. März 2011

Die Kompressoren vom Standort Fukushima Daini trafen um 01:52 Uhr am 14. März ein ([7]³⁵⁹).

Um 11:01 Uhr beschädigte eine Explosion im Block 3 (vgl. Kap. 3.3.5), die Wassereinspeiseleitung in den Reaktor, die gerade fertiggestellt worden war ([17]³⁶⁰, [24]³⁶¹, [29]³⁶²) (vgl. Abbildung 32). Trümmer und radioaktiver Schutt lagen in und um das Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3 und die Feuerwehrfahrzeuge und -schläuche waren beschädigt worden ([9]³⁶³). Die Wassereinspeiseleitung in den Reaktor 2 musste repariert werden.

Das Entlastungsventil des Torus (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) wurde ausserdem um 12:50 Uhr im geschlossenen Zustand vorgefunden ([7]³⁶⁴)³⁶⁵.

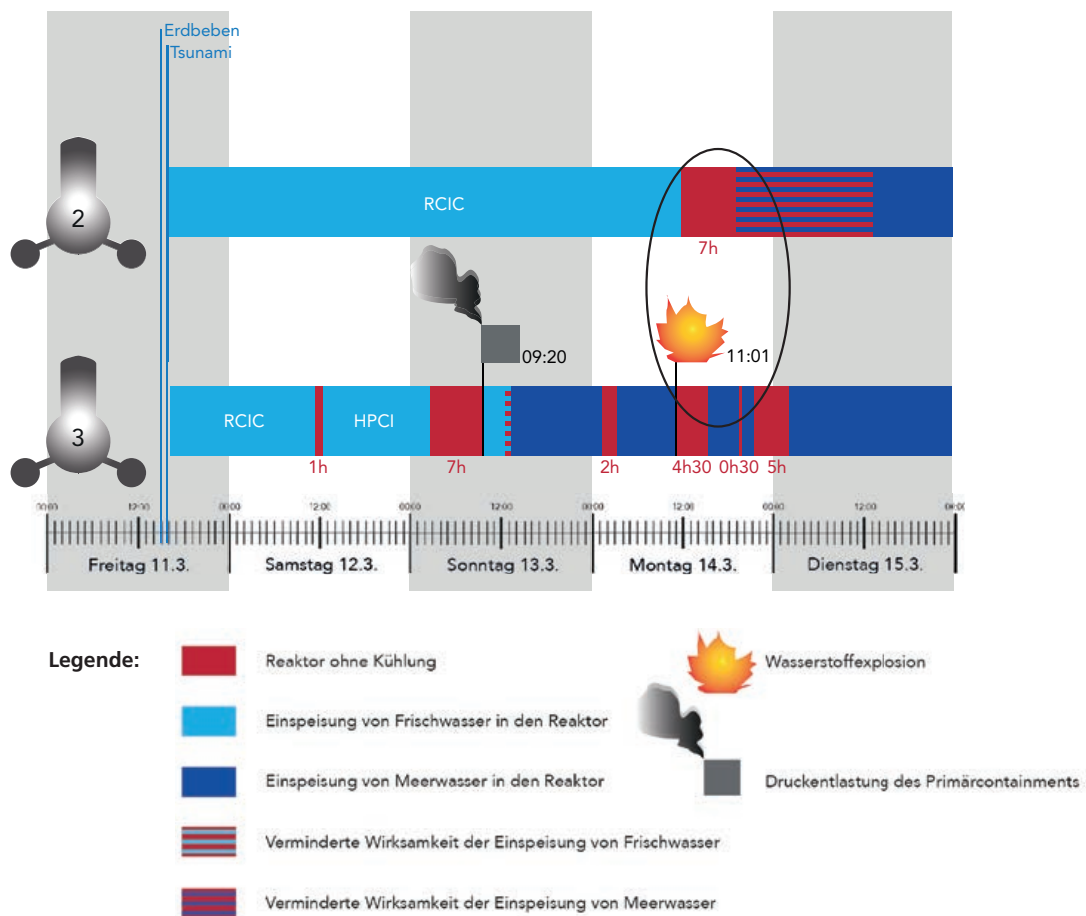
Mehrere Arbeiter von TEPCO und des Unternehmens Nanmei sowie vier Soldaten, die an der Wiederauffüllung des Kühlwasseraufnahmebeckens mit Wasser arbeiteten, wurden verletzt. Das Personal wurde ins ERC-Gebäude evakuiert (vgl. Kap. 3.3.5).

Um 12:30 Uhr entschied die ERC aufgrund des festgestellten hohen Drucks und hoher Temperatur im Torus, welche eine Druckentlastung via die SRV-Ventile vom RDB in den Torus erschweren und die Integrität des Primärcontainments gefährden würde, dass die Vorbereitung der Druckentlastungsleitung des Primärcontainments priorisiert werden sollte ([7]³⁶⁶, [29]³⁶⁷).

Um 12:50 Uhr wurde gemeldet, dass der Reaktorfüllstand sank und der Druck im RDB stieg ([7]³⁶⁸). Gegen 13:05 Uhr bestätigte der Kraftwerksleiter das Absinken des Reaktorfüllstands. Der Beginn der Kernabdeckung (Erreichen von Kernoberkante) wurde daraufhin auf 16:00 Uhr prognostiziert ([7]³⁶⁹).

Aufgrund ihrer Beobachtung des allmählichen Absinkens des Reaktorfüllstandes diagnostizierte die Mannschaft um 13:25 Uhr den Stillstand des RCIC

Abbildung 32:
Chronologische
Zusammenfassung
des Ablaufs in
den Blöcken 2
und 3 vom
11. bis 15. März –
Darstellung der in
Block 3 erfolgten
Explosion, welche
sich auf Block 2
auswirkte



([7]³⁷⁰, [24]). Die nachträglichen Unfalluntersuchungen ergaben, dass das RCIC bereits spätestens um 12:30 Uhr ausgefallen war ([10]^{371,372}, [25]³⁷³).

Um 13:05 Uhr wurden die Arbeiten auf dem Gelände, welche nach der Explosion unterbrochen worden waren, auf Anweisung des Kraftwerksleiters wieder aufgenommen ([7]³⁷⁴). Das Wiederherstellungsteam und anwesende beauftragte Unternehmen begannen, die auf den Strassen zwischen den Blöcken 2 und 3 befindlichen Trümmer mit schwerem Gerät zu räumen sowie die Leitung zur Wassereinspeisung in den Reaktor von Block 2 wieder in Ordnung zu bringen. Die Strahlung war extrem hoch und dadurch

die Einsatzzeiten sehr begrenzt. Die Arbeit wurde in Schichten ausgeführt ([7]³⁷⁵). Da die Feuerfahrzeuge und Anschlüsse in der Umgebung des Kühlwasseraufnahmebeckens bei Block 3 durch die Explosion beschädigt und unbenutzbar geworden waren, wurde beschlossen, die Feuerfahrzeuge, welche für die Nachspeisung von Meerwasser in das Kühlwasseraufnahmebecken benutzt worden waren, für die direkte Einspeisung von Meerwasser vom Ozean in die Reaktoren der Blöcke 2 und 3 zu nutzen ([7]³⁷⁶). Die Leitung zur Einspeisung von Meerwasser in den Reaktor 2 war um 14:43 Uhr hergestellt und die Wege zwischen den Blöcken 2 und 3 gegen 15:00 Uhr geräumt ([7]³⁷⁷).

Um 15:28 Uhr informierte der Kraftwerksleiter die Behörden, dass geschätzt wurde, dass der Wasserfüllstand in Reaktor 2 um 16:30 Uhr die Kernoberkante erreichen würde ([7]³⁷⁸).

Gegen 15:30 Uhr waren die Feuerwehrfahrzeuge einsatzbereit ([7]³⁷⁹). Mit der Einspeisung von Meerwasser in den Block 2 konnte aber nicht vor Abschluss der dafür notwendigen Druckentlastung des RDB begonnen werden.

Zwischen 15:00 Uhr und 16:00 Uhr wurden die Arbeiten durch starke Nachbeben noch zusätzlich erschwert ([7]³⁸⁰).

Der Zeitpunkt, zu dem der Wasserfüllstand im Reaktor die Kernoberkante erreichen würde, wurde erneut überprüft und neu auf 17:30 Uhr abgeschätzt. Die ERC beschloss, dass die Vorbereitung der Entlastungsleitung des Containments bis 17:00 Uhr abgeschlossen sein müsse und anschliessend die Druckentlastung des RDB in Angriff zu nehmen sei ([7]³⁸¹).

Gegen 16:15 Uhr kontaktierte die Nukleare Sicherheitskommission NSC den Kraftwerksleiter und teilte ihm mit, Reaktordruckentlastung und -einspeisung sollten gegenüber dem Primärcontainment-Venting priorisiert werden. Die Notfallzentrale beratschlagte sich daraufhin unter Einbeziehung unterschiedlicher Faktoren. Letztendlich wurde der um 12:30 Uhr getroffene Entscheid, das Venting zu priorisieren, nochmals bestätigt, und dies wurde der NSC mitgeteilt ([7]³⁸²).

Um 16:21 Uhr versuchte das Wiederherstellungsteam, das Entlastungsventil des Torus (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) mithilfe eines tragbaren Luftkompressors wieder zu öffnen. Es war jedoch nicht möglich, zu bestätigen, ob sich das Ventil tatsächlich geöffnet hatte ([7]³⁸³).

Um 16:28 Uhr überdachte die ERC die Prioritäten abermals und beschloss, die Vorbereitungen für die Druckentlastung des Reaktors nun doch zu

priorisieren, ohne dabei jedoch die Vorbereitung der Druckentlastung des Containments zu unterbrechen ([7]³⁸⁴, [29]³⁸⁵).

Ab 16:34 Uhr versuchte das Wiederherstellungsteam mehrfach und auf verschiedene Weise, die SRV-Ventile durch die Steuerungen im Kontrollraum zu öffnen. Da dies nicht gelang, wurden 10 Batterien in Reihe an die Schalttafeln im Kontrollraum angeschlossen (s. folgende Fotografie, welche nach dem Störfall, als die Beleuchtung wiederhergestellt worden war, aufgenommen wurde [7]). Auch dieser Versuch der Versorgung der Steuerung scheiterte ([7]³⁸⁶).

Um 17:17 Uhr erreichte gemäss Angaben von TEPCO der Wasserfüllstand im Reaktor die Kernoberkante (Top of Active Fuel – TAF)³⁸⁷. Um 17:25 Uhr informierte TEPCO die Regierungsstellen darüber ([7]³⁸⁸).

«Wir sind in eine Situation gekommen, ...in der der Brennstoff wirklich freigelegt war, aber wir konnten den Druck nicht senken oder Wasser reinpumpen, also ist dies wirklich der Teil, bei dem es mir am schwersten fällt, daran zurückzudenken. Ich dachte damals, wenn auch nicht zum ersten Mal, dass wir sterben würden. Ich dachte, wir würden wirklich sterben. Da kein Wasser eingespiessen wird, würde der Reaktor 2 schmelzen. Der gesamte Brennstoff würde den Druck im Sicherheitsbehälter derart zum steigen bringen, dass er nach aussen entweichen würde. Das wäre ein Worst-Case-Unfall gewesen, bei dem erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung abgegeben worden wären. Das wäre nicht einmal mehr in der Tschernobyl-Klasse gewesen – vielleicht kein «China-Syndrom», aber so etwas in der Art. Wenn das der Fall gewesen wäre, hätten wir aufhören müssen, Wasser in die Reaktoren 1 und 3 zu pumpen, und sie wären früher oder später in einen ähnlichen Zustand gefallen.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [31]³⁸⁹)

Abbildung 33: An den Schalttafeln im Kontrollraum angeschlossene Batterien (Quelle: TEPCO [7], Attachment 2, S. 91)



Abbildung 34: Arbeiten in einem elektrischen Schaltraum des Blocks 2 (Quelle: TEPCO)



Um ca. 18:00 Uhr gelang dem Wiederherstellungsteam schliesslich die Öffnung von mehreren SRV-Ventilen durch direkten Anschluss von Kabeln an die SRV-Stromversorgung und die Druckentlastung des RDB begann ([7]³⁹⁰, [29]³⁹¹).

Der Kern des Reaktors von Block 2 wurde um 18:22 Uhr als vollständig abgedeckt angezeigt ([10]³⁹²). Um 19:32 Uhr informierte TEPCO die Regierungsstellen darüber ([7]³⁹³).

Um 19:03 Uhr erlaubte die erfolgte Druckentlastung des RDB ([7]) die Einspeisung von Meerwasser durch Pumpen der Feuerwehrfahrzeuge ([29]³⁹⁴), welche wahrscheinlich gleich anschliessend begann ([29]³⁹⁵).

Um 19:20 Uhr fielen jedoch zwei Feuerwehrfahrzeuge, die zum Pumpen des Wassers verwendet worden

waren, wegen Treibstoffmangels aus ([7]³⁹⁶, [9]³⁹⁷). Die Reifen des Treibstofftankwagens waren aufgrund der Trümmer defekt und dieser konnte demzufolge nicht verschoben werden (s. Abbildung 35). Die Treibstofftanks der Löschfahrzeuge wurden deshalb manuell befüllt ([7]³⁹⁸).

Eines der beiden Fahrzeuge konnte um 19:54 Uhr seine Funktion wieder aufnehmen (s. Abbildung 49, Kap. 3.3.6) und das zweite um 19:57 Uhr ([7]³⁹⁹). Um eine weitere Unterbrechung der Reaktorkühlung zu vermeiden, erstellte das mit der Wassereinspeisung befasste Team einen Plan zur regelmässigen Kontrolle des Treibstoffvorrates und zum Nachtanken der Fahrzeuge ([9]⁴⁰⁰, [40]⁴⁰¹).

«Aber selbst bei geöffnetem Sicherheits- und Abblaseventil nahm der Druck nicht ab. Wir dachten: «Da ist es, ich wusste es». Immerhin hatte die Kondensationskammer (...) einen höheren (Druck). Einige hatten gezweifelt, ob der Druck fallen würde. Wir sagten: «Siehst du, (der Druck) sinkt nicht, und der Wasserfüllstände sinken nur noch». Außerdem hatten wir nie genug Zeit, sodass der Pumpe – dem Feuerwehrauto – der Treibstoff ausgegangen war und sie kein Wasser mehr pumpen konnte, wenn es Zeit dafür war, wenn der Reaktordruck gesunken war. Das gab uns eine weitere Enttäuschung, und wir sprachen über die Entsendung von (Arbeitern) um Wasser reinzupumpen. Das war der Moment als ich dachte, dass wir zum Ende kamen. Ich war in diesem Moment dem Tode am nächsten.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [31]⁴⁰²)

Obschon ab diesem Zeitpunkt die Ausrüstung für die Meerwassereinspeisung kontinuierlich funktionierte, ist jedoch davon auszugehen, dass die Einspeisung aufgrund von Druckschwankungen in der Folge bis am 15. März um ca. 13:00 Uhr immer wieder unterbrochen wurde oder deren Wirksamkeit erheblich reduziert war ([10]⁴⁰³, [29]⁴⁰⁴).

Um 19:30 Uhr zogen die Mitarbeiter der ERC und die Leitung von TEPCO, aufgrund der besorgniserregenden Entwicklung der Lage, die Evakuierung des Personals in Betracht. Im Hinblick auf diese Evakuierung begannen um 19:30 Uhr Beratungen und Vorbereitungen ([7]⁴⁰⁵). Der Kraftwerksleiter bat in der Folge das in den Gängen des erdbebensicheren Gebäudes anwesende Personal der Auftragnehmerorganisationen, nach Hause zu gehen ([40]⁴⁰⁶).

« (...)Wir wussten, dass der Brennstoff vollständig abgedeckt war, dass es uns nicht gelang, den Druck zu entlasten, dass das Wasser nicht hinein ging. Es ist wirklich ein Moment, an den ich mich nicht mehr erinnern will. Es gab mehrere Momente in diesen Tagen, in denen ich dachte, ich würde sterben, aber diesmal dachte ich wirklich, ich würde sterben.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [40], S. 152⁴⁰⁷)

Gegen 20:00 Uhr wurde eine Druckerhöhung im Primärcontainment und wenig später auch im RDB festgestellt ([29]). Um 20:37 Uhr wurde deshalb ein weiteres SRV-Ventil geöffnet ([29]⁴⁰⁸, [10]⁴⁰⁹). Der Reaktordruck stieg trotzdem weiterhin an ([10]⁴¹⁰).

Um 21:00 Uhr, als der Druck im Drywell noch kleiner als der Ansprechdruck der Berstscheibe des Venting-Systems war ([10]⁴¹¹, [29]⁴¹²), versuchte die Mannschaft, das kleine Entlastungsventil der Torusleitung (Ventil "AOV bypass" beim Torus in Abbildung 14) im Druckentlastungssystem für das Primärcontainment zu öffnen. Obwohl sie an den Erfolg dieses Schrittes glaubten ([7]⁴¹³), stellte sich um 23:35 Uhr⁴¹⁴ heraus, dass sich das Ventil nicht geöffnet hatte ([7]⁴¹⁵, [29]⁴¹⁶). Die Druckentlastung des Primärcontainments fand somit nicht statt.

Das Personal kontrollierte regelmässig die Werte des Füllstandes und des Druckes im RDB sowie des Drucks im Primärcontainment ([7]).

Gegen 21:20 Uhr wurde ein weiteres SRV-Ventil geöffnet. Ein sinkender Reaktordruck⁴¹⁷ und ein



Abbildung 35: Treibstofftankwagen mit platten Reifen – Foto nach dem 14. März aufgenommen (Quelle: TEPCO [7], Attachment 2, S. 96)

steigender Füllstand⁴¹⁸ im RDB wurden angezeigt ([7]^{419,420}, [29]⁴²¹)^{422,423}. Zusammen mit der Öffnung der SRV-Ventile wurde auch ein Anstieg der Ortsdosisleistung in der Nähe des Haupttors festgestellt ([7], [25]⁴²⁴).

«Wissen Sie, es ist eine Zeit, die ich so gerne aus meinem Gedächtnis löschen möchte. Es ist traumatisch, sich an diese Momente zu erinnern.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [40], S. 154⁴²⁵)

Der Druck in RDB und Containment (Drywell) des Reaktors stieg um 22:50 Uhr erneut an ([7]⁴²⁶, [25]⁴²⁷)⁴²⁸. Der Druck im Drywell des Primärcontainments überschritt den Auslegungsdruck ([7]⁴²⁹, [29]⁴³⁰). Die Operateure unternahmen nun erfolglos neue Schritte, um ein anderes SRV-Ventil zu öffnen ([7]⁴³¹, [29]⁴³²).

Da um 23:35 Uhr der Druck im Containment (Drywell) immer weiter anstieg und bestätigt wurde, dass das Bypassventil des Torus geschlossen geblieben war, gab der Kraftwerksleiter die Anweisung, das Bypassventil des Drywells zu öffnen, um die Druckentlastung des Primärcontainments durchzuführen ([7]⁴³³, [25]⁴³⁴).

15. März 2011

Um 00:01 Uhr öffneten die Operateure dieses Ventil des Entlastungssystems des Primärcontainments (Ventil «AOV bypass» aus dem Drywell in Abbildung 14). Der Druck im Drywell des Containments war stabil ([29]⁴³⁵) und deutlich grösser als der Ansprechdruck der Berstscheibe des Venting-Systems. Die Berstscheibe barst jedoch nicht. Wenige Minuten später wurde die Schliessung des Ventils festgestellt ([7]⁴³⁶).

Um 01:10 Uhr wurde ein weiteres SRV-Ventil geöffnet, um die Druckentlastung des RDB zu erreichen. Danach sank der Reaktordruck und stabilisierte sich^{437,438}. Ab 02:22 Uhr begann der Reaktordruck jedoch wieder leicht zu steigen ([7]⁴³⁹). Es wurde ein weiteres SRV-Ventil geöffnet ([29]⁴⁴⁰). Der Reaktordruck blieb jedoch unverändert⁴⁴¹.

Um 03:00 Uhr war der Druck im Drywell weiterhin grösser als dessen Auslegungsdruck und ein erneuter Versuch des Drywell-Ventings blieb erfolglos. Darüber informierte TEPCO die Regierungsstellen um 04:17 Uhr ([5]⁴⁴², [7]⁴⁴³, [10]⁴⁴⁴).

Etwa um 06:14 Uhr hörte man Explosionslärm und es waren Erschütterungen zu spüren ([7], [29], [10]). Der Druckmesser zeigte einen Wert von Null (0 MPa abs.) im Torus an⁴⁴⁵ ([7], [9], [10]⁴⁴⁶, [29]).

Da sie Zeugen der Explosionen in den Reaktorgebäuden von Block 1 und 3 gewesen waren, hielten es die Operateure und das Personal der ERC für möglich, dass die Explosion dieses Mal im Bereich von Block 2 stattgefunden hatte ([7]⁴⁴⁷, [16]⁴⁴⁸, [31]⁴⁴⁹). Tatsächlich sollte sich später herausstellen, dass die Explosion den Block 4 betroffen hatte ([7]⁴⁵⁰) (s. Abbildung 36 und Kap. 3.4.3).

Um 06:50 Uhr stieg die Ortsdosisleistung am Standort stark an ([7]⁴⁵¹). Um das Personal zu schützen, gab der Kraftwerksleiter um 07:00 Uhr die Anweisung zur Evakuierung der 650 Personen, die sich am Standort befanden ([7]⁴⁵², [31]⁴⁵³). Nur etwa 70 Personen, einschliesslich des Kraftwerksleiters,

Vorgesetzten und eine ausreichende Anzahl an Operateuren zum Betrieb der Anlage ([7]⁴⁵⁴, [9]⁴⁵⁵), blieben am Standort⁴⁵⁶. Das restliche Personal begab sich zum Standort des Kernkraftwerks Fukushima Daini.

«Die Leute standen Schlange, um Tyvek-Anzüge, Vollgesichtsmasken und dann Plastiküberzüge für ihre Schuhe anzuziehen. Aber wenn jeder, der den Standort verlässt, eine Maske tragen würde, gäbe es keine mehr für die Leute, die zurückblieben, um in der Anlage zu arbeiten. Niemand würde mehr in die Nähe der Reaktoren gelangen können. Einige der Masken wurden versteckt, um von den Leuten benutzt zu werden, die zurückbleiben würden. Es blieben nicht mehr genügend für alle übrig, also gab es ein wenig Gerangel um sie. Wer keine Maske bekommen konnte, bedeckte den Mund mit Taschentüchern für den Spurt zum Bus oder zu gemeinsamen Fahrten in den eigenen Autos der Mitarbeiter.» (Evakuierung nach Fukushima Daini am Morgen des 15. März [16], S. 199⁴⁵⁷)

«Wir wussten, was wir zu tun hatten. Die Erfassung der Daten aus der Anlage war Aufgabe des Einsatzteams, während die Feuerwehr und das Wiederherstellungsteam für die Einspeisung von Wasser in den Reaktor verantwortlich waren. Dann kam die Aufgabe, die Stromversorgung wiederherzustellen und die Feuerwehrautos wieder aufzufüllen. Wenn wir all diese Dinge am Laufen halten könnten, könnten wir verhindern, dass es noch schlimmer wird. Wir waren nicht geblieben, um einfach nur zu sterben. Wir waren dort, weil wir eine Aufgabe zu erledigen hatten.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter mit Bezug auf das nach der Evakuierung vor Ort verbliebene Team [16], S. 203⁴⁵⁸)

Um 08:25 Uhr sah man weissen Rauch oder Dampf in Höhe der 5. Etage des Reaktorgebäudes austreten ([7], [29])⁴⁵⁹.

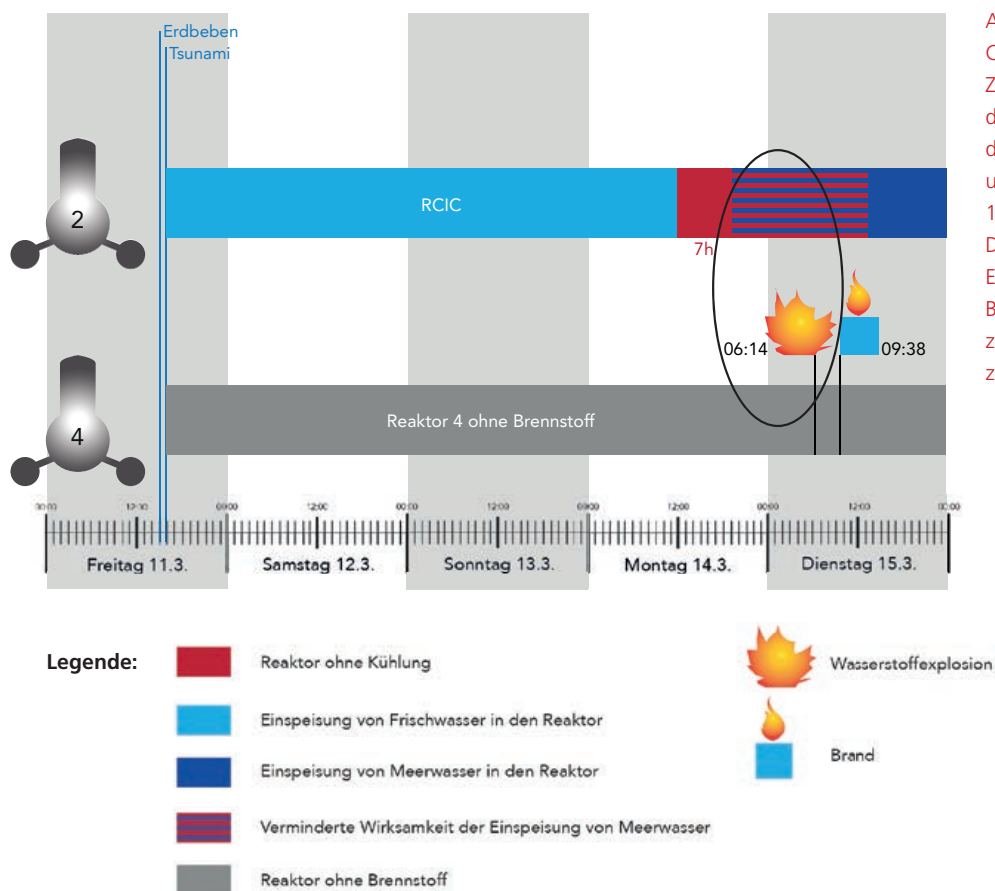


Abbildung 36: Chronologische Zusammenfassung des Ablaufs in den Blöcken 2 und 4 vom 11. bis 15. März – Darstellung der Explosion in Block 4, die zunächst Block 2 zugeordnet wurde

Ab dem Mittag des 15. März begann das nach Fukushima Daiichi evakuierte Personal zum Standort Fukushima Daiichi zurückzukehren ([7]⁴⁶⁰).

Am Vormittag des 15. März sank der Druck im Primärcontainment und im RDB, ohne dass man bis heute herausgefunden hätte, ab wann genau der Druckabfall begann. Aufgrund der Evakuierung des Grossteils des Personals vom Standort, war die Möglichkeit, vor Ort Werte abzulesen, sehr begrenzt ([3]⁴⁶¹, [10]⁴⁶², [25]⁴⁶³). Dieser Druckabfall war wahrscheinlich nicht durch die Druckentlastung des Primärcontainments bzw. des Reaktors bedingt. Die Unfalluntersuchungen schreiben diesen Druckabfall eher Schäden in den Anlagen von Reaktor 2 zu⁴⁶⁴,

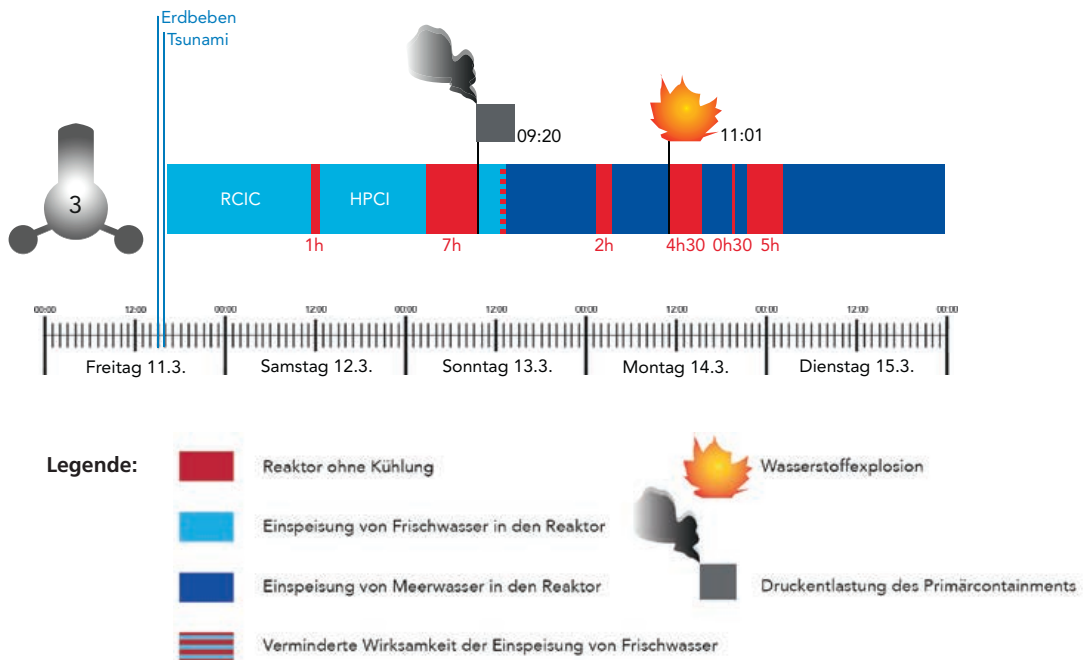
dies ist aber noch Gegenstand weiterer Analysen von TEPCO ([3]⁴⁶⁵, [9]⁴⁶⁶, [10]⁴⁶⁷, [25]⁴⁶⁸). Ein Anstieg der Ortsdosisleistung (am Haupttor) wurde am Morgen des 15. März festgestellt. Es wird als sehr wahrscheinlich beurteilt, dass ein grosser Teil der Freisetzung von Radioaktivität dem Reaktor des Blocks 2 zuzuschreiben ist ([7]⁴⁶⁹, [10]⁴⁷⁰).

Ausser der Bewältigung des Ereignisses im Bereich des RDB und Primärcontainments mussten die Mannschaften auch mit Schwierigkeiten bei der Aufrechterhaltung des Wasserstandes im Abklingbecken für die Brennelemente kämpfen, welches erst ab dem 20. März mit Meerwasser und dann ab dem 29. März mit Frischwasser versorgt werden konnte ([1]).

3.3 Was geschah im Block 3?

Die Abfolge der Ereignisse und Handlungen der Operateure in Block 3 wird in der Abbildung und den folgenden Abschnitten dargestellt.

Abbildung 37:
Chronologische
Zusammenfassung
des Ablaufs im
Block 3 vom
11. bis 15. März



3.3.1 Zwischen dem Erdbeben und der Ankunft des Tsunamis

11. März 2011

Um 14:47 Uhr schaltete sich der Reaktor des Blocks 3 infolge des Erdbebens automatisch ab ([7], [24]). Die Dieselgeneratoren starteten, aufgrund des Verlustes der externen Stromversorgung, um 14:48 Uhr automatisch.

Um 15:05 Uhr wurde das Nachspeisesystem (Reactor Core Isolation Cooling System RCIC) zur Einspeisung von Wasser in den RDB vom Kontrollraum aus manuell gestartet ([7]⁴⁷¹, [24]⁴⁷²).

Um 15:25 Uhr schaltete sich das RCIC nach Erreichen des Kriteriums «Füllstand hoch» im Reaktor automatisch ab ([7]⁴⁷³).

3.3.2 Die Ankunft des Tsunamis, die Vorbereitung der Druckentlastung des Primärcontainments und der Verlust der Kernkühlung

Um 15:36 Uhr traf die zweite Tsunami-Welle auf das Kraftwerksgelände und überflutete die Dieselgeneratoren, die seit dem Erdbeben in Betrieb gewesen waren. Die Wechselstromquellen (Dieselgeneratoren) fielen aus ([24]⁴⁷⁴).

Hingegen entgingen die Gleichstromquellen (Batterien) von Block 3, die im Vergleich zu Block 1 und 2 etwas erhöht angeordnet waren, den Fluten des Tsunamis. Die Kühlung des Reaktors und der Betrieb der Instrumentierung im Kontrollraum konnten somit aufrechterhalten werden ([7]⁴⁷⁵, [24]⁴⁷⁶).

Um 16:03 Uhr setzten die Operateure das RCIC wieder manuell in Betrieb⁴⁷⁷. Sie veränderten die Konfiguration des Systems so, dass durch die Sicherstellung eines konstanten Wasserfüllstands eine Überspeisung des RDB und so das automatische Abschalten des RCIC verhindert werden konnten, womit auch die Batterien geschont wurden ([7]⁴⁷⁸).

Zwei Personen wurden mit der Überwachung des Füllstandes im RDB und zwei weitere mit der Bedienung des RCIC beauftragt ([7]⁴⁷⁹).

Um eine unnötige Beanspruchung der Batterien zu vermeiden und um die Messungen im Kontrollraum aufrechtzuerhalten, wurden alle Instrumente, Schalttafeln (control panels) und Computer, die zur Überwachung und Steuerung nicht unerlässlich waren, wie auch die Notstrombeleuchtung und die Uhren im Kontrollraum abgeschaltet ([7]⁴⁸⁰).

Um 21:27 wurde mithilfe eines kleinen Generators eine provisorische Beleuchtung im Kontrollraum hergestellt ([7]⁴⁸¹, [29]⁴⁸²).

Etwa gegen 22:00 Uhr traf ein Fahrzeug mit Notstromgenerator am Standort ein, dann ein weiteres um 01:20 Uhr, am 12. März ([7], [29]). Weitere Fahrzeuge trafen noch bis 10:15 Uhr ein ([7]⁴⁸³).

Abbildung 38:
Fahrzeug mit
Notstromgenerator
(Quelle: TEPCO)



12. März 2011

Um 03:27 Uhr versuchten die Operateure erfolglos, die dieselbetriebene Feuerlöschpumpe (DDFP) vom Kontrollraum aus fernbedient in Betrieb zu nehmen ([7]⁴⁸⁴, [29]⁴⁸⁵).

Um 04:00 Uhr wurden Operateure in das Reaktor-gebäude und das Maschinenhaus geschickt, um die Kühlung des Torus (alternate SC spray) mithilfe des Feuerlöschsystems über das RHR-System (Residual Heat Removal) vorzubereiten ([7]⁴⁸⁶, [29]⁴⁸⁷).

Um 11:36 Uhr schaltete sich das RCIC, das Wasser in den Reaktor einspeiste, ab ([7], [29]). Die Mitglieder der Betriebsmannschaft stellten dies vom Kontrollraum aus fest und versuchten erfolglos den Neustart. Zwei Operateure mit Atemschutzmasken, hohen Stiefeln und Taschenlampen wurden vor Ort geschickt, um das System zu überprüfen. Im RCIC-Raum reichte der Wasserspiegel bis an ihre Knöchel. Sie stellten fest, dass von der Decke Wasser auf ein Ventil der Ausrüstung tropfte, fanden aber sonst keine weiteren Unregelmässigkeiten ([7]⁴⁸⁸). Es wurde nochmals versucht das RCIC-System vom Kontrollraum aus neu zu starten. Es hielt aber erneut an. Der Reaktor wurde somit nicht weiter mit Wasser bespeist und gekühlt. Der Füllstand im RDB begann daraufhin zu sinken. TEPCO gibt an, dass der Grund für den Ausfall des Systems nicht bekannt und Gegenstand weiterer Untersuchungen sei ([25]⁴⁸⁹).

Um 12:06 Uhr begann die alternative Torus-Kühlung via das Feuerlöschsystem ([7]⁴⁹⁰, [29]⁴⁹¹).

Um 12:35 Uhr startete, aufgrund eines Signals, welches niedrigen Wasserfüllstand im Reaktor signalisierte, das Hochdruckeinspeisesystem (High Pressure Coolant Injection System HPCI⁴⁹²) automatisch und übernahm die Aufgabe des RCIC zur Einspeisung von Wasser und Kühlung des Reaktorkerns. Um wiederholte Starts und Abschaltungen des Systems zu vermeiden, regelten die Operateure die Durchflussmenge der Wassereinspeisung von Hand mit einer analogen Konfiguration so wie sie für den Betrieb des RCIC benutzt worden war ([7]⁴⁹³, [29]⁴⁹⁴).

Nach dem automatischen Start des HPCI nahm der Druck im Reaktor deutlich ab ([7]⁴⁹⁵, [25]⁴⁹⁶)⁴⁹⁷.

Um 15:36 Uhr ereignete sich die Explosion in Block 1. Um 15:54 Uhr ordnete die ERC die Evakuierung des Personals, welches in und um die Anlagen ([29]⁴⁹⁸ und in den beiden Kontrollräumen (Blöcke 1-2 und 3-4) arbeitete – mit Ausnahme der ältesten Mitglieder der Betriebsmannschaft –, an ([29]⁴⁹⁹).

Obwohl der Druck im Inneren des Primärcontainments von Block 3 zwar erhöht, jedoch stabil war ([7], [29]⁵⁰⁰) und die Druckentlastung nicht unmittelbar bevorstand, befahl der Kraftwerksleiter um 17:30 Uhr, die Druckentlastung der Primärcontainments in den Blöcken 2 und 3 vorzubereiten, da die Ortsdosisleistungen noch relativ niedrig waren ([7]⁵⁰¹, [29]⁵⁰²).

Um 20:36 Uhr fiel aufgrund entladener Batterien (24V-Gleichstrombatterien) die Messung des Reaktorfüllstandes aus ([7]⁵⁰³, [29]). Die Operateure erhöhten die Durchflussmenge des HPCI geringfügig, um die Kühlung des Reaktors zu sichern ([7]⁵⁰⁴, [9]⁵⁰⁵). Die Mitglieder des Wiederherstellungsteams wurden mit der Reparatur dieser wichtigen Füllstandsanzeige beauftragt. Zur Durchführung dieser Arbeit trugen sie Masken und Handschuhe, hatten aber im Kontrollraum nur eine provisorische Beleuchtung ([7]⁵⁰⁶).

Um 21:00 Uhr begannen die Beratungen zum Vorgehen bei der Druckentlastung des Primärcontainments. Die Örtlichkeiten der zu bedienenden Ausrüstungen wurde auf einer weissen Tafel im Kontrollraum aufgelistet ([7]⁵⁰⁷). Das Zustandsanalyseteam der ERC (vgl. [35]) beriet über die Verfahren zur Druckentlastung mit dem Wiederherstellungsteam (Restoration Team) und berücksichtigte dabei die Verfahren, die an Block 1 angewandt worden waren, sowie die Notfallvorschriften von Block 3 (Accident Management operation procedures). Die festgelegten Verfahren wurden dem Team im Kontrollraum mitgeteilt ([7]⁵⁰⁸).

13. März 2011

Um 02:00 Uhr morgens begann der Druck im RDB abzunehmen ([7]⁵⁰⁹). Um 02:30 Uhr unterschritt der Druck den Grenzwert für die automatische HPCI-Abschaltung ([29]⁵¹⁰). Das HPCI lief trotzdem weiter.

Um ca. 02:30 Uhr beschloss die Betriebsmannschaft im Kontrollraum, nach Beratung mit einigen Mitgliedern des Zustandsanalyseteams der ERC ([9]⁵¹¹), das HPCI anzuhalten und die Kühlung des Reaktors durch Einspeisung von Wasser über das Feuerlöschsystem (DDFP) sicherzustellen. Als Gründe für diese Entscheidung werden in den Untersuchungsberichten u.a. die Befürchtung der Betriebsmannschaft angegeben, das HPCI-System könnte beschädigt werden, da es in einer Konfiguration ausserhalb der in den Vorschriften definierten Auslegungsgrenzen arbeitete, sowie die Annahme, die Wassereinspeisung via das Feuerlöschsystem wäre stabiler als über das HPCI ([7]⁵¹², [9]⁵¹³, [15]⁵¹⁴, [29]⁵¹⁵). Operateure wurden vor Ort geschickt, um den Zustand der Feuerlöschpumpe (DDFP) zu prüfen und die Betriebsart des Feuerlöschsystems von der Kühlung des Torus auf Wassereinspeisung in den RDB umzustellen ([7]⁵¹⁶, [9]⁵¹⁷). Um 02:42 wurde die DDFP-Betriebskonfiguration von Torus-Kühlung auf Reaktor-Kühlung umgestellt ([29]⁵¹⁸ und das Team im Kontrollraum hielt das HPCI an ([7]⁵¹⁹, [25]⁵²⁰, [29]⁵²¹). Daraufhin begann der Reaktordruck sehr schnell zu steigen ([29]⁵²²).

Die Informationen rund um das HPCI gelangten nicht an alle Mitglieder der ERC. Demzufolge wussten der Kraftwerksleiter und andere Mitglieder der ERC am Standort und am Sitz von TEPCO über die manuelle Abschaltung des HPCI nicht Bescheid ([9]⁵²³).

Um 02:45 Uhr versuchten die Operateure, die SRV-Ventile zu öffnen, um die für die Wassereinspeisung in den RDB mit dem Feuerlöschsystem (DDFP) erforderliche Niederdruckbedingung herzustellen bzw. aufrecht zu erhalten. Die SRV-Ventile des Reaktordruckentlastungssystems liessen sich jedoch mangels ausreichender Energie nicht öffnen. Die

Operateure übermittelten der ERC, dass der Reaktordruck zunahm und es nicht möglich war, über das Feuerlöschsystem Wasser in den RDB einzuspeisen ([7]⁵²⁴, [29]⁵²⁵). Diese Information wurde jedoch durch die informierten Mitglieder der ERC nicht weitergeleitet, sodass der Kraftwerksleiter und die übrige Führung der ERC nicht wussten, dass das HPCI nicht mehr lief und die SRV-Ventile nicht hatten geöffnet werden können ([9]⁵²⁶). Sie erhielten diese Informationen erst kurz vor 04:00 Uhr. Aufgrund der lauten Umgebung in der ERC entstand ausserdem ein Missverständnis in der Übermittlung der Informationen, sodass die Führungsmitglieder der ERC annahmen, das HPCI hätte sich automatisch abgeschaltet ([9]⁵²⁷).

Um 03:35 Uhr und 03:37 Uhr versuchten die Operateure erfolglos, das HPCI und das RCIC manuell neu zu starten ([7]⁵²⁸, [29]). In der Folge wurde der Reaktor bis 09:25 Uhr, als nach erfolgtem Druckabfall im Reaktor das Feuerlöschsystem einspeisebereit wurde, nicht mehr gekühlt.

3.3.3 Weiterführung der Arbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments und des Reaktors sowie Wassereinspeisung in den RDB

Aufgrund der ausbleibenden Druckentlastung stieg der Druck im RDB schnell an ([7]⁵²⁹).

Um 03:51 Uhr gelang es den Technikern des Wiederherstellungsteams mithilfe von 12 in Reihe geschalteten 2V-Batterien, die Anzeige des Reaktorfüllstandes wiederherzustellen. Die wiederhergestellte Anzeige zeigte an, dass der Wasserfüllstand nahe an der Kernoberkante (TAF) war ([7]⁵³⁰).

Der Schichtleiter besprach mit dem Zustandsanalyseteam der ERC den Zustand des RCIC. Sie beschloss, das RCIC sobald wie möglich neu zu starten. Zwei Operateure begaben sich vor Ort (im Untergeschoss des Reaktorgebäudes) ([7]⁵³¹). Nachdem sie im HPCI-Raum den Zustand dieses Systems geprüft hatten, begaben sie sich zum RCIC-Raum, wo sie das System im Hinblick auf einen möglichen Start prüften ([7]⁵³²). Diese Überprüfungen waren nicht so einfach in Räumen mit vielen, dicht eingebauten Ausrüstungsgegenständen und fehlender Beleuchtung (s. folgende von TEPCO aufgenommene Fotos der Räume von RCIC und HPCI in Block 5 mit Beleuchtung). In den Räumen befand sich zusätzlich Wasser auf den Böden, was erschwerend wirkte ([7]⁵³³).

Um 05:08 Uhr versuchten die Operateure erfolglos, das RCIC in Betrieb zu nehmen ([7]⁵³⁴).

Um 05:10 Uhr nahm die ERC Kenntnis vom Ausfall der Reaktorkühlung aufgrund des nicht möglichen Neustarts des RCIC und meldete dies um 05:58 Uhr den Regierungsstellen ([7]⁵³⁵, [29]⁵³⁶).

Das Personal der ERC befasste sich mit den Notfallvorschriften (Accident Management Procedures), um daraus zu ermitteln, wie die Druckentlastungsventile des Primärcontainments ohne elektrische Versorgung zu öffnen waren und suchte zusätzlich im Verwaltungsgebäude nach den entsprechenden Plänen und Handbüchern ([29]⁵³⁷).

Zur Kühlung des Reaktors war die Einspeisung von Wasser erforderlich. Allerdings war der Druck im RDB zu hoch, um eine Einspeisung über das Feuerlöschsystem zu ermöglichen. Somit musste vorher eine Druckentlastung des RDB vorgenommen werden.

Verschiedenartige Arbeiten wurden in der Folge parallel durchgeführt: Stabilisierung und Entlastung des Drucks im Containment, Druckentlastung des RDB, um die Wassereinspeisung vom Feuerlöschsystem aus – zunächst von Frischwasser, dann von Meerwasser – zu ermöglichen. Diese sich gegenseitig beeinflussenden Tätigkeiten werden in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt.



RCIC (Unit 5 side, with light)



HPCI (Unit 5 side, with light)

Abbildung 39:
Räume von RCIC
und HPCI
(Quelle: TEPCO [7],
Attachment 2,
S. 120)

3.3.3.1 Arbeiten zur Druckstabilisierung im Primärcontainment

Zur Druckstabilisierung im Primärcontainment bis zur Fertigstellung der Druckentlastungsleitung wurde eine Wassersprühung in den Torus (alternate SC spray) beschlossen ([7]⁵³⁸).

Da die Betriebsmannschaft die Feuerlöschpumpe (DDFP) nicht zum Einspeisen von Wasser in den Reaktor nutzen konnte, verwendete sie diese um 05:08 Uhr zur Kühlung des Torus durch Einsprühung von Wasser ([29]⁵³⁹).

Die Sprühleitung wurde in der Folge noch einmal rekonfiguriert, um die Sprühung von Wasser in die Druckkammer (Drywell) des Primärcontainments vorzunehmen. Um 07:39 Uhr gelang dem Team der Beginn der Sprühung des Drywells und um 07:43 Uhr wurde die vorhergehende Torussprühung gestoppt ([7]⁵⁴⁰, [29]⁵⁴¹).

Die Durchführung dieser Arbeiten war stark erschwert, da der Torusraum mit der zu betätigenden Ausrüstung heiss und feucht war. Wegen des Ausfalls der Stromversorgung war der Raum nicht beleuchtet. Aufgrund der Kondensation von Dampf im Torus, gab es starke Vibrationen und Geräusche,

was die Operateure zusätzlich verunsicherte. Hinzu kamen starke Nachbeben, die seit dem 11. März immer wieder zu spüren waren ([7]⁵⁴²). Die Operateure mussten auf den oberen Teil des Torus hinaufsteigen, der so heiss war, dass ihre Stiefel schmolzen. Das Handrad des Ventils war ebenfalls heiss, sodass man es nicht lange mit der Hand anfassen konnte ([7]⁵⁴³).

*«In der Dunkelheit hörte ich das Brodeln des Sicherungs- und Abblaseventils und auf dem Torus schmolzen die Fußsohlen meiner Stiefel.»
(Voices from the field [7], Attachment 2⁵⁴⁴)*

Da gegen 08:00 Uhr eine Stabilisierung des Drucks im Primärcontainment festgestellt wurde, beschloss die ERC, die Sprühung der Druckkammer (Drywell) zu stoppen (D/W spray) und die Erstellung der Druckentlastungsleitung zwecks frühzeitigem Venting voranzutreiben ([7]⁵⁴⁵, [29]⁵⁴⁶). Diese Arbeit wurde zwischen 08:40 Uhr und 09:10 Uhr durchgeführt ([7]⁵⁴⁷, [10]⁵⁴⁸).

Abbildung 40:
Sprühventil des
Torus (S/C spray
valve) (Block 5
mit Beleuchtung)
(Quelle: TEPCO [7],
Attachment 2)



3.3.3.2 Vorbereitungsarbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments

Um 04:52 Uhr versuchten die Operateure, das Entlastungsventil des Torus (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) vom Kontrollraum aus mit dem kleinen Generator, der zur Herstellung einer provisorischen Beleuchtung verwendet wurde, zu öffnen. Dann überprüften sie im Torusraum den Zustand des Ventils. Sie stellten fest, dass dieses geschlossen war und dass Probleme bei der Druckluftversorgung für die Ansteuerung des Ventils bestanden ([7]⁵⁴⁹, [29]).

Um 05:15 Uhr wies der Kraftwerksleiter die Fertigstellung der Vorbereitungsarbeiten am System zur Druckentlastung des Primärcontainments an ([7]⁵⁵⁰).

Um 05:23 Uhr wurden vor Ort Instandsetzungsarbeiten an der Druckluftversorgung für die Ansteuerung des Entlastungsventils des Torus (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) durchgeführt ([7]⁵⁵¹).

Um zu prüfen, ob das Ventil offen war, kehrten die Operateure in den Torusraum zurück. Zur Durchführung ihrer Kontrollen mussten sie den Fuss auf den sehr heißen Torus setzen (s. nebenstehendes Foto). Die Arbeitsbedingungen hatten sich weiter verschlechtert (insbesondere erhöhte Temperatur), was sie um 08:00 Uhr zur Rückkehr in den Kontrollraum zwang ([7]⁵⁵²).



Abbildung 41: Kontrolle des Entlastungsventils im Torusraum (Quelle: TEPCO [7], Attachment 2, S. 129)

Anmerkung: Das Entlastungsventil befindet sich oberhalb des Torus (orangefarben) und dies zwingt den Operateur, teilweise auf diesen zu steigen (wie auf dem Foto dargestellt) ([7]⁵⁵³).

Um 08:35 Uhr öffneten die Operateure, zur Fortsetzung der Vorbereitung der Entlastungsleitung das elektrisch gesteuerte Ventil vor der Berstscheibe (Ventil «MOV» in Abbildung 14) zu 15%, d. h. auf ein Niveau leicht unterhalb der in der Vorschrift geforderten Öffnung von 25%. Der in den Darstellungen von TEPCO und IAEA hierfür aufgeführte Grund für die Nichteinhaltung dieser Vorschrift ist, dass die Operateure einen zu starken Druckabfall und negative Auswirkungen für das Primärcontainment vermeiden wollten ([7]⁵⁵⁴, [9]⁵⁵⁵ [29]⁵⁵⁶)⁵⁵⁷.

Um 08:41 Uhr meldeten die Operateure die ERC die Fertigstellung der Entlastungsleitung mit der Öffnung des Ventils am Torus (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) ([7]⁵⁵⁸, [29]⁵⁵⁹). Damit musste nun nur noch das Bersten der Berstscheibe abgewartet werden ([7]⁵⁶⁰).

Die Berstscheibe barst jedoch nicht, da der Druck im Torus nicht hoch genug war und der Ansprechdruck für die Berstscheibe nicht erreicht wurde ([29]⁵⁶¹).

3.3.3.3 Druckentlastung des Primärcontainments und des RDB

Parallel zu den Arbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments, wurde ebenfalls versucht, den Druck im RDB mithilfe der SRV-Ventile zu entlasten. Wie bereits weiter oben erwähnt (cf. Kap. 3.3.3) war die Druckentlastung des RDB auch notwendig, um Wasser mithilfe des Feuerlöschsystems DDFP (Diesel-Driven Fire Pump) einspeisen zu können. Um dies zu erreichen, war es notwendig die SRV-Ventile vom Kontrollraum aus manuell zu öffnen (s. folgendes Foto der Schalttafel des SRV-Systems im Kontrollraum) ([7]⁵⁶²).

Abbildung 42:
Schalttafel des
SRV-Systems im
Kontrollraum
(Quelle: TEPCO
[7], Attachment 2,
S. 122 – Aufnahme
Foto nach dem
Unfall)



Mehrere Versuche zur Öffnung der SRV-Ventile aus dem Kontrollraum heraus wurden in der Nacht erfolglos unternommen ([7]⁵⁶³, [29]⁵⁶⁴).

Es wurde davon ausgegangen, dass diese Arbeiten mithilfe von 12V-Batterien durchgeführt werden könnten. Die am Kraftwerksstandort vorhandenen Batterien wurden jedoch bereits in den Blöcken 1 und 2 verwendet, um dort bestimmte benötigte Instrumentierungen wiederherzustellen ([7]⁵⁶⁵). Gegen 07:00 Uhr bat die ERC Mitarbeitende, die im Gebäude tätig waren, um die Batterien ihrer eigenen Fahrzeuge (vgl. auch Kap. 3.2.5). Diese Batterien wurden vom Personal vor dem ERC-Gebäude abge-

legt und 5 Mitglieder des Wiederherstellungsteams transportierten sie zum Block 3, wobei sie dafür ihre persönlichen Fahrzeuge verwendeten ([7]⁵⁶⁶).

Gegen 09:00 Uhr wurden diese Batterien in den Kontrollraum ([29]⁵⁶⁷) gebracht und durch zwei Techniker des Wiederherstellungsteams zur elektrischen Versorgung der Schalttafeln für die Ansteuerung der SRV-Ventile vorbereitet. Während dieser Arbeit stellten sie einen schnellen Druckabfall des Reaktors ab 09:08 Uhr fest, wobei die Ursache für den Druckabfall unklar war ([7]⁵⁶⁸, [29]⁵⁶⁹). Danach stieg der Druck im Primärcontainment ([7]⁵⁷⁰) bis 09:20 Uhr an und sank dann wahrscheinlich durch das Bersten der Berstscheibe schnell ab ([29]⁵⁷¹).

Als um 09:20 Uhr der Druckabfall im Primärcontainment festgestellt wurde, schloss die ERC daraus, dass die Druckentlastung des Containments stattgefunden hatte ([7]⁵⁷², [29]⁵⁷³).

Der niedrige Druck im RDB ermöglichte um 09:25 Uhr den Beginn der Frischwassereinspeisung mithilfe des Feuerlöschsystems DDFP (s. Kap. 3.3.3.4) ([7]⁵⁷⁴). Dieser Moment wurde vom Kraftwerksleiter als eine grosse Erleichterung geschildert, die jedoch von kurzer Dauer sein würde ([40]⁵⁷⁵). Es wurde bis 12:20 Uhr Wasser eingespeist, bis der Wasservorrat schliesslich aufgebraucht war ([29]⁵⁷⁶).

«Sie haben keine Ahnung, wie glücklich ich war. Ich konnte nicht ahnen, dass es wieder einmal völlig illusorisch war. Aber ich war wirklich sehr beruhigt.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [40], S. 123⁵⁷⁷)

Um 09:50 Uhr schloss das Team die zehn 12V-Batterien an die SRV-Tafel im Kontrollraum an, was den Operateuren die Öffnung des SRV-Systems zur Aufrechterhaltung der Druckentlastung des Reaktors ermöglichte ([7]⁵⁷⁸)⁵⁷⁹.

Um 09:28 Uhr stellte das Wiederherstellungsteam, das sich zu dieser Zeit im Kontrollraum befand, eine vorübergehende Druckerhöhung im Primärcontainment fest ([7]⁵⁸⁰).

Bei der Ursachensuche für diese Druckerhöhung stellten die Techniker eine Unregelmässigkeit im Bereich des Druckluftsystems des Entlastungsventils des Torus (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14), die einen Luftaustritt verursachte, fest. Es wurden Korrekturmassnahmen ergriffen. Da ihre Dosimeter jedoch steigende Dosiswerte anzeigten, verliessen sie den Raum ([7]⁵⁸¹, [9]⁵⁸²).

Um 11:17 Uhr begann das Wiederherstellungsteam mit den Arbeiten zur erneuten Öffnung des pneumatisch angesteuerten Entlastungsventils vom Torus (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14), welches sich aufgrund des Defekts im Druckluftsystem wieder geschlossen hatte ([7]⁵⁸³, [29]⁵⁸⁴).

Da die Temperatur und Feuchtigkeit im Reaktorgebäude hoch waren, wurde beschlossen, dass zwei Teams mit Atemschutzmasken die notwendigen Arbeiten durchführten ([7]⁵⁸⁵). Als diese Arbeiten um 12:30 Uhr abgeschlossen waren, war das Entlastungsventil geöffnet und der Druck im Primärcontainment nahm ab, aber es gelang den Operateuren nicht, das Ventil in geöffneter Position zu halten ([7]⁵⁸⁶, [29]⁵⁸⁷).

Der Reaktordruck begann gegen 12:00 Uhr wieder zu steigen. Nach Prüfung stellten die Operateure fest, dass die Anschlüsse, durch die die Batterien mit den SRV-Tafeln im Kontrollraum verbunden waren, unterbrochen waren. Nach Wiederherstellung der Anschlüsse standen die SRV zur Druckentlastung des RDB wieder zur Verfügung ([7]⁵⁸⁸).

3.3.3.4 Arbeiten zur Einspeisung von Frischwasser und Meerwasser in den Reaktor

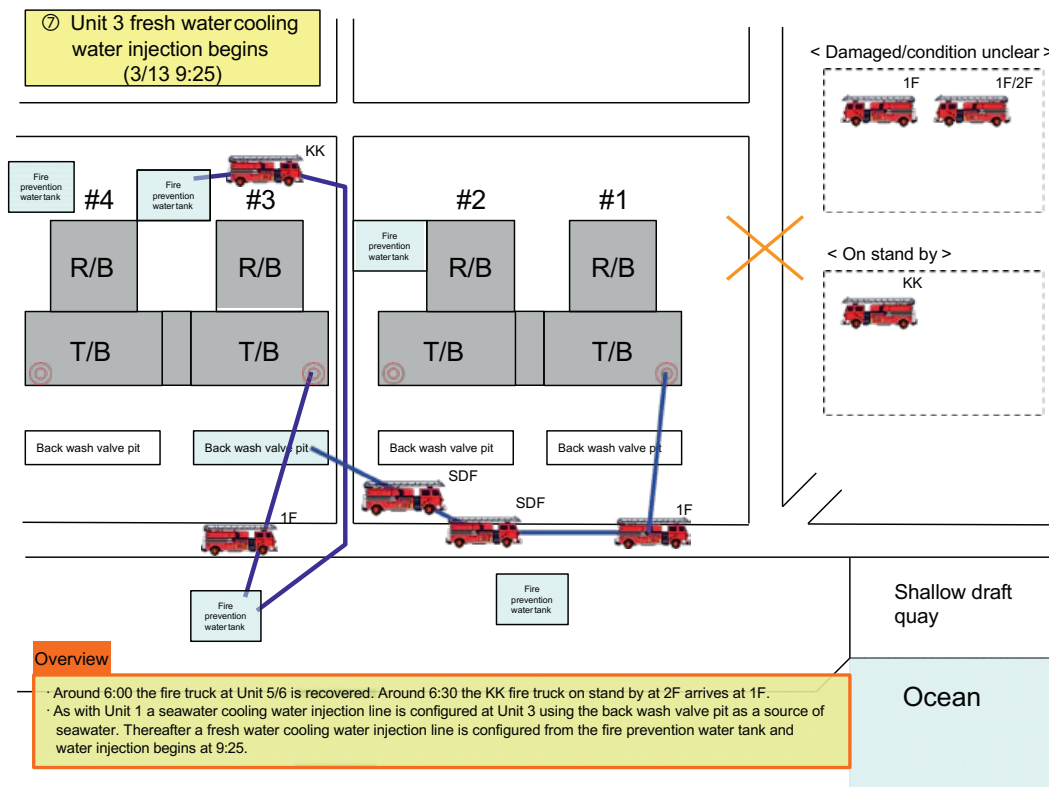
Ab 05:21 Uhr empfahl die Feuerwehrbrigade dem Kraftwerksleiter, das Meerwasser aus dem Kühlwasseraufnahmebecken bei Block 3 zur Wassereinspeisung via Feuerwehrfahrzeuge zu verwenden. Nachdem sie sein Einverständnis erlangt hatten, begannen die Feuerwehrmänner die Einrichtung der Einspeiseleitung, ähnlich wie bei Block 1 ([7]⁵⁸⁹), die gegen 07:00 Uhr fertiggestellt wurde ([29]).

Um 06:50 Uhr wies jedoch die Leitung von TEPCO den Kraftwerksleiter an, die Einspeisung von Frischwasser in den Reaktor gegenüber der Einspeisung von Meerwasser zu bevorzugen, solange Frischwasser verfügbar sei. Die Einspeiseleitung wurde

dementsprechend wieder auf Frischwasser umgebaut. Das Wasser wurde aus dem Löschwassertank bezogen ([7]⁵⁹⁰, [29]⁵⁹¹). Die Einspeisung begann um 09:25 Uhr (s. folgende Abbildung) ([7]⁵⁹²).

Um 10:30 Uhr ordnete der Kraftwerksleiter die Vorbereitungsarbeiten zur Einspeisung von Meerwasser an, um den Reaktor nach Erschöpfung der Frischwasservorräte kühlen zu können ([7]⁵⁹³, [29]⁵⁹⁴). Um 12:20 Uhr waren die Frischwasserreserven weitgehend aufgebraucht. Folglich war die Wirksamkeit der Einspeisung von Frischwasser in den RDB bis 13:12 Uhr, als die Einspeisung von Meerwasser begann, reduziert ([9]⁵⁹⁵).

Abbildung 43: Beginn der Frischwassereinspeisung in den Reaktor 3 (13. März, 09:25 Uhr) (Quelle: TEPCO [7], Attachment 10-4 (3))



Legende: — Wassereinspeisung erfolgt

Die Feuerwehrmänner änderten die Kreisläufe, um Meerwasser aus dem Kühlwasseraufnahmebecken (backwash valve pit) beim Block 3 einspeisen zu können ([7]⁵⁹⁶). Die Leitung zur Einspeisung von Meerwasser war um 13:12 Uhr fertiggestellt und die Wassereinspeisung in den RDB begann (vgl. die folgende Abbildung) ([7]⁵⁹⁷, [29]).

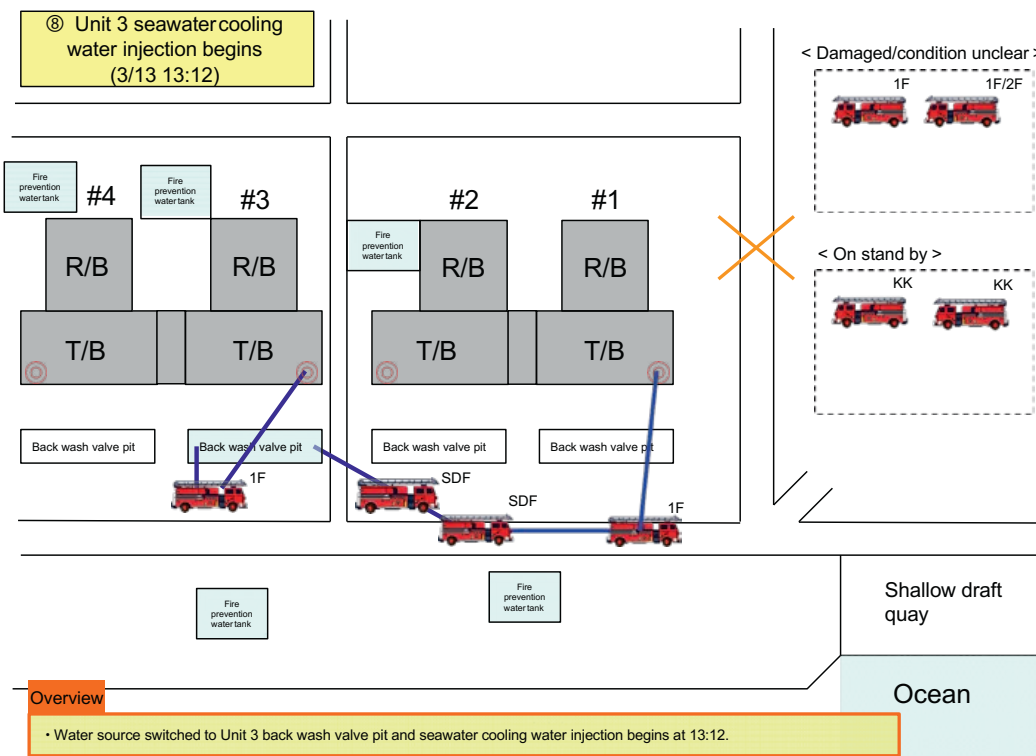


Abbildung 44: Beginn der Meerwassereinspeisung in den Reaktor 3 (13. März um 13:12 Uhr) (Quelle: TEPCO [7], Attachment 10–4 (3))

Legende: — Wassereinspeisung erfolgt

3.3.3.5 Handlungen zur Vorbeugung von Explosionen und Fortsetzung der Arbeiten zur Wassereinspeisung in den RDB

Als um 14:31 Uhr die Strahlung im Bereich der Nordseite des Reaktorgebäudes bei etwa 300 mSv/h lag ([29]), glaubte die ERC an eine mögliche Wasserstoffkonzentration in dem Gebäude, die eine Explosion vergleichbar derjenigen, die an Block 1 stattgefunden hatte, verursachen könnte. Folglich beschloss die ERC um 14:45 Uhr die vorübergehende Evakuierung der Arbeiter im Kontrollraum und vor Ort ([7]⁵⁹⁸). Die Ortsdosisleistung betrug im zur Überwachung und Steuerung von Block 3 bestimmten Teil des Kontrollraums um 15:28 Uhr 12 mSv/h ([7]⁵⁹⁹). Die Operateure begaben sich in den Bereich von Block 4 ([29]⁶⁰⁰). Da im Laufe des Nachmittags nur wenige Arbeiten in den Kontrollräumen der Blöcke 1–2 sowie 3–4 durchgeführt werden konnten, wurden die Operateure in das Gebäude die ERC evakuiert ([7]⁶⁰¹).

Am Nachmittag wurde von den Regierungsbehörden (chief cabinet secretary in the official residence) eine Pressekonferenz zu den vorherrschenden Anlagenbedingungen im Block 3 abgehalten. Im Rahmen dieser Pressekonferenz wurde dargelegt, dass sich eine Wasserstoffexplosion im Block 3 ereignen könne ([7]⁶⁰²).

Später wurden verschiedene Möglichkeiten zum Ablassen des Wasserstoffes aus dem Reaktorgebäude in die Atmosphäre vorgeschlagen. Etwa die Öffnung einer Blende in der Gebäudewand (blow-out panel) oder die Bohrung von Löchern ins Dach oder in die Gebäudemauern mithilfe eines starken Wasserstrahls. Es wurde beschlossen, sich auf eine Bohrung mittels Wasserstrahl zu konzentrieren und sich die dafür benötigten Ausrüstungen zu beschaffen. Andere angeführte Möglichkeiten, wie die konventionelle Bohrung von Löchern in das Dach des Reaktorgebäudes, wurden verworfen. Dadurch bestünde die Gefahr von Funkenbildung bei der Bohrung, die eine Explosion hervorrufen könnte. Ferner würden die Arbeiten wegen der hohen Strahlungswerte behindert und der Personenschutz könnte nicht gewährleistet werden ([7]⁶⁰³, [40]⁶⁰⁴).

Gegen 17:00 Uhr wurde der Evakuierungsbefehl aufgehoben. Das Personal nahm die Arbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments sowie Reparaturarbeiten an der Leitung zur Meerwassereinspeisung wieder auf ([7]⁶⁰⁵, [29]).

Die ERC forderte von der Leitung von TEPCO weiterhin Unterstützung durch weitere Feuerwehrfahrzeuge an. In Anbetracht des Strahlungsniveaus am Standort sowie des Zustandes der Zufahrtsstrassen nach dem Erdbeben und dem Tsunami wurden die Lastwagen in die Notfallzentrale ausserhalb des Standortes (off-site center, vgl. [35]) und zum «J Village» gebracht, wo sie von den Beschäftigten von TEPCO und von Auftragnehmern übernommen wurden, die diese dann weiter an den Standort fuhren ([7]⁶⁰⁶). Das Abholen der Feuerwehrfahrzeuge und des übrigen von extern gelieferten Materials verursachte für die Mitarbeitenden zusätzlichen Aufwand und band personelle Ressourcen, welche so nicht vollumfänglich bei der Unfallbekämpfung vor Ort eingesetzt werden konnten ([40]⁶⁰⁷).

Um das Kühlwasseraufnahmebecken (backwash valve pit) von Block 3 zu füllen, versuchten die Teams, mit verschiedenen Fahrzeugen aus unterschiedlichen Quellen Wasser zu fördern (zum Beispiel aus Behältern oder von verschiedenen Bereichen von Block 4, wo es sich wie etwa im Untergeschoss des Maschinenhauses angesammelt hatte). Diese Versuche scheiterten jedoch grösstenteils ([7]⁶⁰⁸).

3.3.4 Die Weiterführung der Arbeiten zur Druckentlastung des Primärcontainments und zur Wassereinspeisung in den RDB

Der Druck im Primärcontainment stieg um 15:05 Uhr erneut an. Die installierten Einrichtungen (Druckluftflaschen) zur Offenhaltung des pneumatisch angesteuerten Entlastungsventils für den Torus waren nicht ausreichend wirksam. Es wurde beschlossen, einen zusätzlichen transportablen Kompressor zu verwenden. Das Wiederherstellungsteam konnte einen funktionsfähigen Kompressor organisieren und begann um 17:52 Uhr mithilfe eines Kranwagens diesen aufzustellen ([7]⁶⁰⁹, [9]⁶¹⁰, [29]).

Um 19:00 Uhr gelang es dem Wiederherstellungsteam den Kompressor in Betrieb zu nehmen. Dennoch nahm es, aufgrund seiner geringen Kapazität, einige Zeit in Anspruch, bis er die Schwierigkeiten bei der Druckluftversorgung der Ausrüstung ausgleichen konnte. Aus diesem Grund konnten Druckschwankungen im Primärcontainment nicht unmittelbar beobachtet werden ([7]⁶¹¹).

Die Operateure versorgten trotz sehr hoher Strahlung den Kompressor weiterhin mit Treibstoff, um ihn einsatzfähig zu halten.

Zwischen 20:30 Uhr und 21:10 Uhr sank der Druck im Primärcontainment ([29]). Folglich wurde das Entlastungsventil des Torus (Ventil «AOV» beim Torus in Abbildung 14) um 21:10 Uhr als geöffnet angesehen ([7]⁶¹², [29]).

14. März 2011

Seit etwa 00:50 Uhr stieg der Druck im Primärcontainment wieder an ([10]⁶¹³). Um 01:10 Uhr hörten die Feuerwehrfahrzeuge auf zu arbeiten, da der Füllstand im Kühlwasseraufnahmebecken (backwash valve pit) von Block 3 unzureichend war und die Einspeisung von Meerwasser unterbrochen ([7]⁶¹⁴, [29]⁶¹⁵).

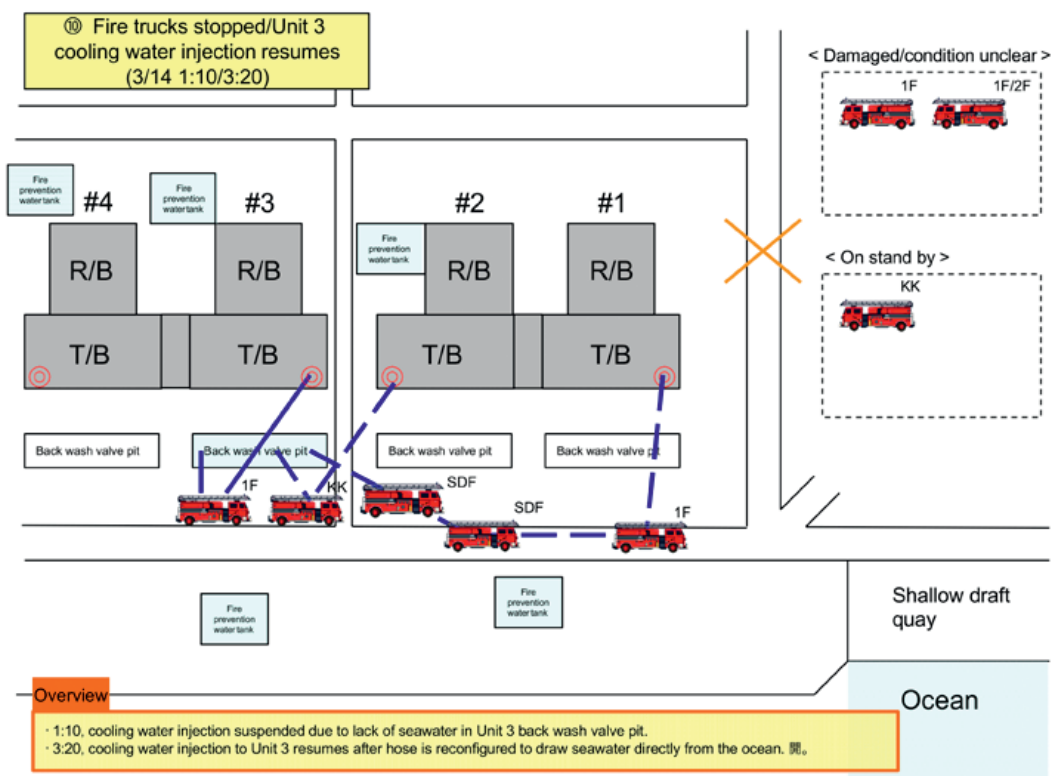
Um 03:20 Uhr wurde die Leitung zur Wassereinspeisung aus dem Kühlwasseraufnahmebecken angepasst und die Wassereinspeisung in den Reaktor wieder aufgenommen ([7]⁶¹⁶) (s. Abbildung 45). Der Einspeisung in Reaktor 3 wurde im Vergleich zu den anderen Reaktoren Vorrang eingeräumt ([29]⁶¹⁷).

Um 03:40 Uhr wurden Funktionsstörungen am Versorgungskreislauf des Entlastungsventils des Torus festgestellt. Das Ventil wurde vom Kontrollraum aus erneut geöffnet ([7]⁶¹⁸). Es ist jedoch fraglich, ob das Ventil offengehalten werden konnte ([10]⁶¹⁹).

Der Druck im Primärcontainment war weiterhin ansteigend ([10]⁶²⁰). Um 05:20 wurde beschlossen, das Torus-Venting-Bypassventil (Ventil «AOV bypass» beim Torus in Abbildung 14) zu öffnen, um den Druck im Containment abzusenken ([29]⁶²¹). Das Personal begann, das Bypassventil zu öffnen, was bis 06:10 Uhr dauerte; zu dieser Zeit wurde es als vollständig geöffnet betrachtet ([7]⁶²²). Es ist jedoch auch hier fraglich, ob das Ventil tatsächlich geöffnet und offengehalten werden konnte ([10]⁶²³).

Im Rahmen der Arbeiten zur Sicherstellung der Wassereinspeisung trafen um 05:03 Uhr 4 Feuerwehrfahrzeuge aus anderen Kraftwerksstandorten von TEPCO ein. Es wurden Vorkehrungen getroffen, um diese zur Förderung von Wasser aus dem Ozean und dessen Weiterleitung bis zum Kühlwasseraufnahmebecken von Block 3 einzusetzen ([7]⁶²⁴).

Abbildung 45:
Anhalten und
Neustart der
Wassereinspeisung
(14. März,
01:10 Uhr und
03:20 Uhr)
(Quelle: TEPCO [7],
Attachment 10–4
(3))



Legende: — Wassereinspeisung erfolgt
- - - Leitung ist gelegt, Wassereinspeisung erfolgt jedoch nicht

Um 06:30 Uhr stieg der Druck im Primärcontainment immer noch an ([10]⁶²⁵). Da der Kraftwerksleiter eine Explosion fürchtete, wies er das Personal deshalb an, sich in das ERC-Gebäude zu begeben ([7]⁶²⁶, [29]^{627,628}). Der Kraftwerksleiter schilderte im Rahmen seiner nachträglichen Befragung durch die Untersuchungskommission der japanischen Regierung, wie ihn eine von ihm als irrational bezeichnete Vorahnung und die Angst, dieselbe Situation wie in Block 1 könnte sich wiederholen, zu dieser Entscheidung bewog ([40]⁶²⁹). Diese Explosion fand allerdings nicht statt, und nach 07:00 Uhr stabilisierte sich der Druck im Primärcontainment auf hohem Niveau ([29]⁶³⁰).

Um 07:20 Uhr tauschte sich die ERC mit den evakuierten Arbeitern über die weiter zu unternehmenden Schritte aus.

Gegen 07:30 Uhr wurde der Evakuierungsbefehl aufgehoben ([29]). Der Kraftwerksleiter berichtete, wie schwer ihm diese Entscheidung gefallen war. Er wusste, dass die Situation für das Personal gefährlich war, gleichzeitig war die Fortführung der Arbeiten vor Ort sehr dringlich ([40]⁶³¹). Verschiedene Operateure wurden per Bus wieder auf das Gelände gebracht, um eine Leitung herzustellen, um Wasser vom Kai vor Block 3 aus dem Ozean zu entnehmen, um das Kühlwasseraufnahmebecken zu befüllen. Das Strahlenschutzteam mass die Strahlung und

bat das Personal, sich den Trümmern, die bis zu 800 mSv/h erreichten, nicht zu nähern ([7]⁶³²).

Um 07:43 Uhr bestätigte ein Team der Streitkräfte, welches zur Unterstützung an den Standort entsandt worden war, die Möglichkeit, Frischwasser mit Lastwagen heran bringen zu können ([7]⁶³³).

Um 08:52 Uhr wurde dem Wasser im Kühlwasseraufnahmebecken Bor (zur Unterbindung der Kettenreaktion im Reaktorkern und damit der Leistungsproduktion der Brennelemente) zugesetzt ([7]⁶³⁴).

Um 09:05 Uhr nahmen die Feuerwehrfahrzeuge, die Wasser aus dem Ozean in das Kühlwasseraufnahmebecken von Block 3 fördern sollten, den Betrieb auf ([7]⁶³⁵) (s. folgende Abbildung).

Um 09:34 Uhr informierte die ERC die Behörden über die anormale radiologische Situation von Block 3, da die Ortsdosisleistung an einer Messstation die gesetzliche Meldeschwelle von 500 µSv/h überschritt ([7]⁶³⁶).

Sieben Tankwagen der Armee mit einem Fassungsvermögen von je 5 Tonnen trafen um 10:26 Uhr am Standort ein. Zwei dieser LKW wurden zum Wiederauffüllen des Kühlwasseraufnahmebeckens bei Block 3 eingesetzt ([7]⁶³⁷).

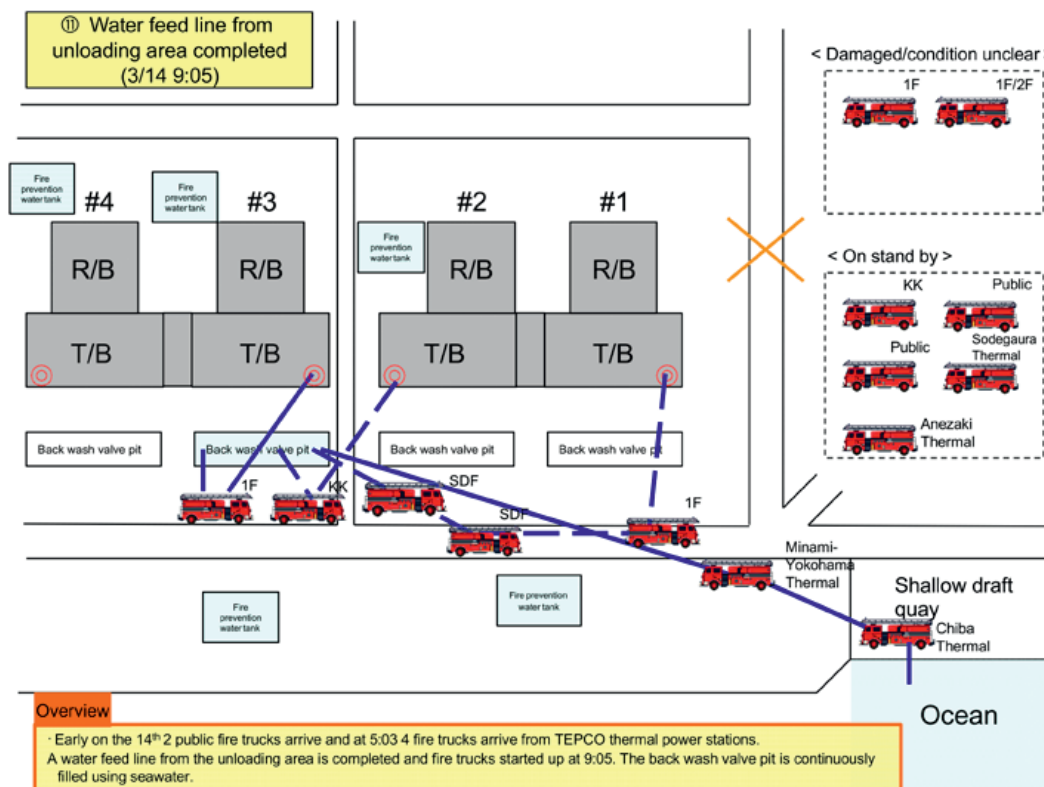


Abbildung 46: Transfer von Ozeanwasser in das Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3 (14. März, 09:05 Uhr) (Quelle: TEPCO [7], Attachment 10-4 (3))

Legende: — Wassereinspeisung erfolgt
 - - - - - Leitung ist gelegt, Wassereinspeisung erfolgt jedoch nicht

3.3.5 Die Wasserstoffexplosion

Um 11:01 Uhr ereignete sich eine Explosion im Bereich des Reaktorgebäudes von Block 3. Diese wurde vom Personal als noch wuchtiger als jene in Block 1 erlebt ([40]⁶³⁸). Die ganze Umgebung war von einer weissen Rauch- und Staubwolke umhüllt. Trümmer fielen herab und die eingesetzten Feuerwehrleute mussten Schutz unter Rohrleitungen suchen, sie wurden nicht verletzt ([7]⁶³⁹). Nachdem sich die Wolke verzogen hatte, wurden jedoch zwei Arbeiter beim Werkstattgebäude von Block 3 verletzt aufgefunden und zum ERC-Gebäude evakuiert ([7]⁶⁴⁰).

«Als Block 3 explodierte, war ich dabei, im Kontrollraum der Blöcke 3 und 4 Stichproben durchzuführen. Es gab einen unglaublichen Schock und ich dachte, dass der Kontrollraum zusammenbrechen würde und ich sterben würde. Ich war von intensiver Angst überwältigt. Die Strahlungswerte stiegen im Kontrollraum an, also fand ich einen Ort mit niedrigen Werten und nahm Zuflucht hinter dem Leitstand von Block 4. Die Mitglieder der nächsten Schicht waren verspätet, aber gerade als ich es satt hatte, die Vollgesichtsmaske zu tragen, kam die nächste Schicht an. Ich war dankbar und wollte nur schnell wieder zum erdbebensicheren Gebäude zurückkehren.» (Voices from the field [7], Attachment 2⁶⁴¹)

Abbildung 47:
Ansicht von Block 3
nach der Explosion
(Quelle: TEPCO)



Die durch die Explosion verursachten Schäden waren zunächst nicht bekannt. Die ERC rechnete jedoch damit, dass Einrichtungen beschädigt worden und damit unbenutzbar waren ([7]⁶⁴²).

Der Kraftwerksleiter ordnete die Evakuierung des Personals sowie radiologische Messungen auf dem Gelände an. Das Personal im Kontrollraum (ausser die Operateure) begab sich ins ERC-Gebäude ([7]⁶⁴⁵).

Die Einspeiseleitung zwischen dem Kai beim Block 3 und dem Kühlwasseraufnahmebecken zur Wasserversorgung sowie mehrere Feuerwehrfahrzeuge wurden durch die Explosion beschädigt. Dadurch wurde die Meerwassereinspeisung in den Reaktor von Block 3 unterbrochen ([25]⁶⁴³, [29]⁶⁴⁴) (s. folgende Abbildung).

Die Explosion bewegte den Kraftwerksleiter besonders heftig, hatte er doch nur wenige Stunden zuvor, die vorsorgliche Evakuierung des Personals wieder aufgehoben ([40]⁶⁴⁶). Seine Bestürzung war umso grösser, als kurz nach der Explosion gemeldet wurde, dass 40 Personen vermisst seien ([7]⁶⁴⁷, [40]⁶⁴⁸).

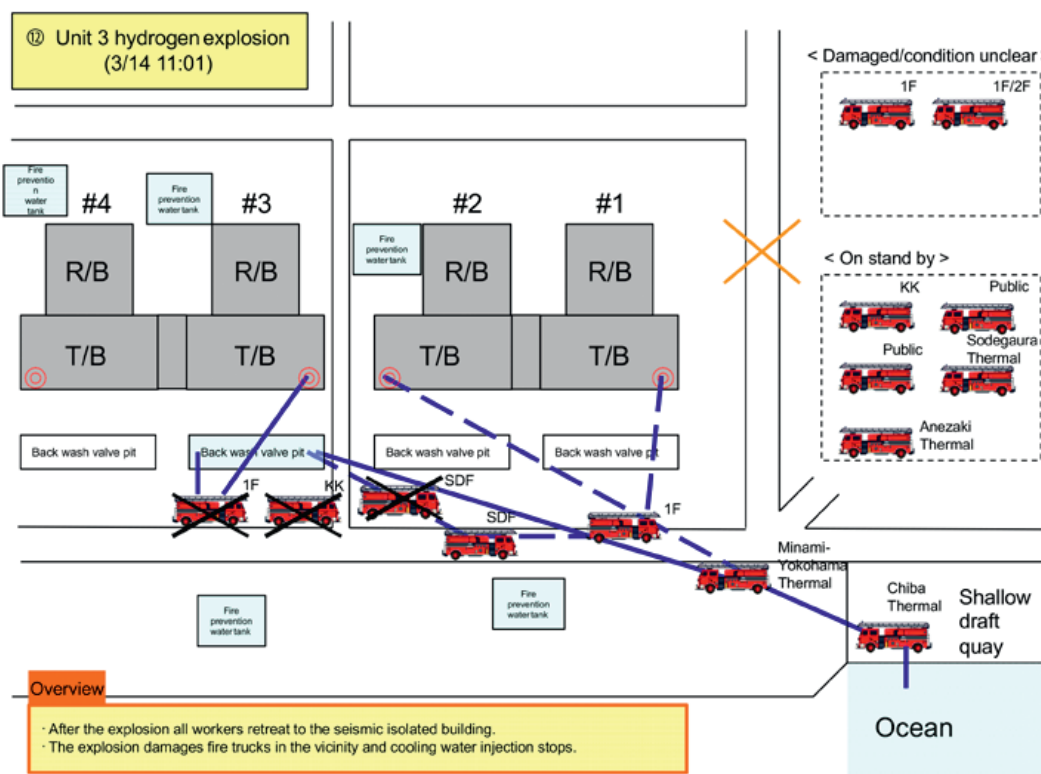


Abbildung 48: Abbruch der Wassereinspeisung nach der Explosion (14. März, 11:01 Uhr) (Quelle: TEPCO [7], Attachment 10-4 (3))

Einige Messwerte vom Reaktor und Containment wurden um 11:15 Uhr erhoben. Da plausible Werte für den Druck von Reaktor und Containment gemessen werden konnten, schlussfolgerte der Kraftwerksleiter aus diesen Informationen, dass sowohl der RDB als auch das Primärcontainment intakt sein mussten ([7]⁶⁴⁹).

Die ERC alarmierte Krankenwagen für die elf bei der Explosion Verletzten (vier Beschäftigte von TEPCO, drei von Auftragnehmern und vier Militärangehörige) ([7]⁶⁵⁰, [16]⁶⁵¹). Von den 40 Personen, die gleich nach der Explosion als vermisst gemeldet worden waren, konnten 33 wieder aufgefunden werden. Sieben Personen blieben zu diesem Zeitpunkt weiterhin unauffindbar (sechs Militärangehörige und ein Auftragnehmer). Auch diese sollten jedoch schliesslich wieder gefunden werden ([7]⁶⁵², [16]⁶⁵³).

Obwohl die Lage keine genauen radiologischen Messungen zuließ, wurden bei den Verletzten Kontrollmessungen durchgeführt. Alle erwiesen sich, wie auch das ERC-Gebäude, als stark kontaminiert ([7]⁶⁵⁴).

Nach einem Austausch zwischen der NISA und dem Hauptsitz von TEPCO wurde die ERC informiert, dass der Grenzwert der zulässigen Strahlenexposition auf 250 mSv angehoben werden würde ([7]⁶⁵⁵).

3.3.6 Die Wiederaufnahme der Wassereinspeisung in den Reaktor

Um 13:05 Uhr bat der Kraftwerksleiter das Personal, trotz der starker radioaktiven Strahlung durch die Trümmerteile, welche durch die Explosion auf dem Boden verstreut lagen, auf das Gelände zurückzukehren und die Arbeiten wieder aufzunehmen ([40]⁶⁵⁶).

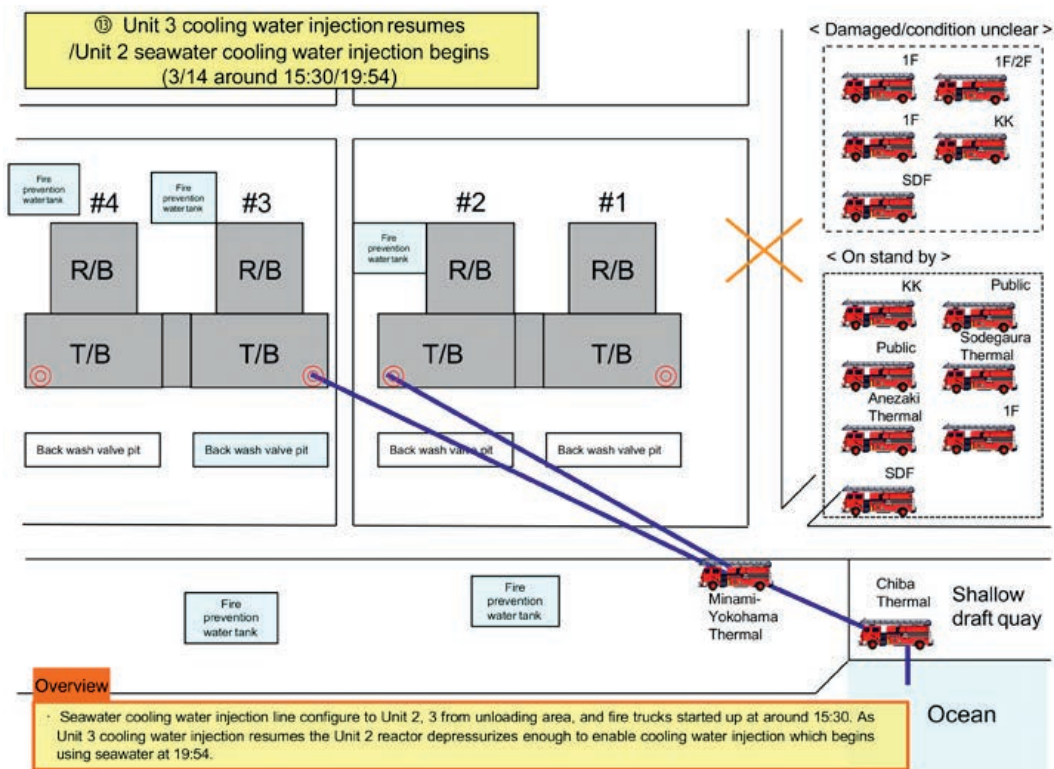
«Ich forderte die Arbeiter auf, an die Front zurückzukehren, um Trümmer zu beseitigen, denn auf dem Areal mussten Trümmerberge liegen, und die Trümmer waren hochgradig radioaktiv. Ich bat sie daher, dies im Hinterkopf zu behalten, indem sie die Strahlungswerte richtig messen, Schutt entfernen und Wassereinspeiseschläuche in einem möglichst geringen Umfang ersetzen. Ich neigte mein Haupt, um sie aufzufordern, sich sofort auf die Wassereinspeisung vorzubereiten. Und ich war wirklich gerührt, als alle Beteiligten bereit waren, wieder an die Front zurückzukehren. Ich rief im Gegenteil zur Zurückhaltung auf, damit sie nicht wahllos hinausgingen. Wir trafen Festlegungen, z. B. was dieses und jenes Team machen sollte, dass die Bauarbeiter mit Baggern Trümmer beseitigen sollten usw. Wir arbeiteten Pläne aus, bevor sie weggingen. Und die meisten von ihnen bekamen damals fast zu hohe Strahlendosen, als sie etwa Schläuche austauschten.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [31]⁶⁵⁷)

Die Leitung zur Wassereinspeisung vom Kai zum Kühlwasseraufnahmebecken vor Block 3 war nicht mehr benutzbar und mehrere Feuerwehrfahrzeuge, die sich im Bereich von Block 3 befanden, waren beschädigt (s. Abbildung 48). Die Trümmer von der Explosion waren um und im Kühlwasseraufnahmebecken vor Block 3 verteilt ([7]⁶⁵⁸, [9]⁶⁵⁹, [29]⁶⁶⁰).

Da die entlang des Kais befindlichen Feuerwehrfahrzeuge noch betriebsbereit waren, wurde beschlossen, diese zur Förderung von Meerwasser vom Kai direkt in die Reaktoren von Block 2 und 3 zu verwenden. Eine alternative Leitung zur Wassereinspeisung in den Reaktor wurde demnach eingerichtet. Um 15:30 Uhr begannen die Feuerwehrfahrzeuge wiederum, Meerwasser in den Reaktor einzuspeisen ([7]⁶⁶¹, [29]) (s. Abbildung 49).

Die Wassereinspeisung in den Reaktor wurde zwischen 19:20 Uhr und 19:54 Uhr wieder unterbrochen, da dem eingesetzten Feuerwehrfahrzeug der Treibstoff ausging (s. Kap. 3.2.5), und zwischen 21:14 Uhr und 02:30 Uhr (am 15. März), um die Wassereinspeisung in den Reaktor Block 2 sicherzustellen ([29]⁶⁶²).

Abbildung 49:
Wiederaufnahme
der Wasser-
einspeisung in den
Reaktor 3 (und in
den Reaktor 2)
(14. März,
15:30 Uhr und
19:54 Uhr)
(Quelle: TEPCO ([7],
Attachment 10–4
(3))



Legende: — Wassereinspeisung erfolgt

15. März 2011

Etwa gegen 06:14 Uhr war ein Explosionsgeräusch zu vernehmen und die Decke im Kontrollraum auf der Seite zum Block 4 wurde erschüttert ([7]⁶⁶³) (vgl. Kap. 3.2.5).

Um 16:00 Uhr wurde die Druckentlastungsleitung in geschlossenem Zustand vorgefunden. Sie hatte sich wegen Funktionsstörungen des kleinen Generators, der die Steuerung der Entlastungsventile des Torus ermöglichte, geschlossen. Nach Installation eines neuen Generators konnte diese um 16:05 Uhr wieder geöffnet werden, wobei die Offenhaltung sich als schwierig erwies ([7]⁶⁶⁴, [29]⁶⁶⁵).

Die Schwierigkeiten bei der Offenhaltung dieser Leitung setzten sich an den folgenden Tagen fort ([7]⁶⁶⁶).

Zusätzlich zur Bewältigung des Ereignisses im Reaktor waren die Teams mit Schwierigkeiten bei der Haltung des Wasserfüllstandes im Brennelementlagerbecken konfrontiert. Das Brennelementlagerbecken konnte erst ab dem 17. März mittels Abwürfen von Wasser aus Hubschraubern ([16]⁶⁶⁷), danach mit Löschfahrzeugen mit Gelenkarm, Tanklastwagen sowie einer Autobetonpumpe wieder aufgefüllt werden ([7]⁶⁶⁸).

3.4 Was geschah im Block 4?

Die Abfolge der Ereignisse und Handlungen der Operateure wird in der Abbildung und den folgenden Abschnitten dargestellt. Die Angaben beruhen auf den in Betracht gezogenen Berichten, insbesondere auf den durch TEPCO durchgeführten Analysen.

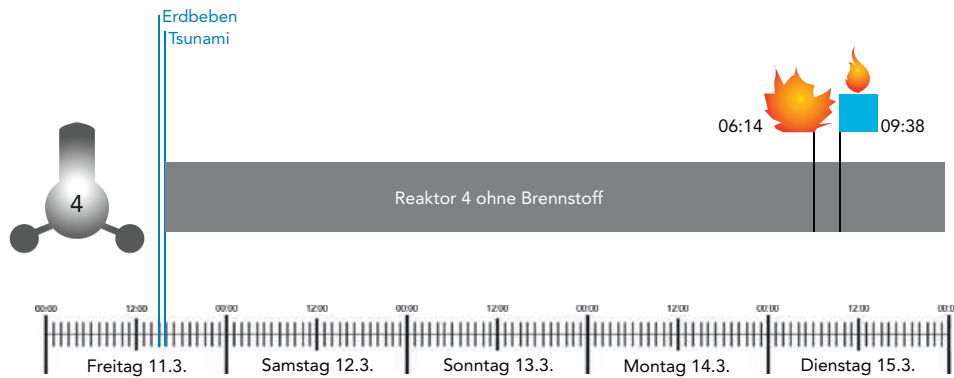


Abbildung 50:
Chronologische
Zusammenfassung
des Ablaufs im
Block 4 vom
11. bis 15. März



3.4.1 Der Ausfall der Stromversorgung und die Handlungen zu deren Wiederherstellung

11. März 2011

Aufgrund des Bebens fiel die externe Stromversorgung des Blocks 4 aus, danach führte der Tsunami um 15:38 Uhr, wie auch in den Blöcken 1, 2 und 3, zusätzlich zum Ausfall der internen Stromversorgung ([24]⁶⁶⁹).

Durch diesen totalen Stromausfall war es nicht mehr möglich, das Brennelementlagerbecken zu kühlen ([24]⁶⁷⁰). Wegen der laufenden Revisionsabstellung im Block 4 war der Reaktor schon vor dem Erdbeben abgeschaltet.

Um 21:27 Uhr wurde eine provisorische Beleuchtung im Kontrollraum hergestellt ([7]).

13. März 2011

Um 14:20 Uhr begann die Wiederherstellung der Stromversorgung des Blocks durch Fahrzeuge mit Notstromgeneratoren, die inzwischen am Standort eingetroffen waren (vgl. Kap. 3.3.2) ([7]⁶⁷¹).

3.4.2 Der Temperaturanstieg im Brennelementlagerbecken

14. März 2011

Um 04:08 Uhr wurde die Temperatur im Brennelementlagerbecken, welches nicht mehr gekühlt wurde, mit 84 °C gemeldet (gegenüber 27 °C vor dem Störfall ([7]⁶⁷²)). Es wurde jedoch vorhergesagt, dass das Wasser im Becken die Kernoberkante erst gegen Ende März erreichen würde. Die Lage im Becken wurde daher nicht als dringlich erachtet ([24]⁶⁷³).

Ab 10:30 Uhr wurde Personal zur Prüfung des Zustandes des Beckens entsandt. Aufgrund der starken Strahlung konnte dieses allerdings das Reaktorgebäude nicht betreten ([7]⁶⁷⁴).

3.4.3 Die Wasserstoffexplosion und der Brand im Reaktorgebäude

15. März 2011

Gegen 06:14 Uhr war ein starkes Geräusch zusammen mit Vibrationen zu vernehmen. Die Decke des Kontrollraumes der Blöcke 3 und 4 erzitterte ([7]⁶⁷⁵) (vgl. auch Kap. 3.2.5).

Die nach dem Unfall durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass sich im Zusammenhang mit der Druckentlastung des Primärcontainments von Block 3 Wasserstoff, über das Lüftungssystem des von Block 3 und 4 gemeinsam genutzten Kamins, in das Reaktorgebäude von Block 4 ausgebreitet hatte ([7]⁶⁷⁶, [13], [24]⁶⁷⁷) (s. Abbildung 51).

Um 06:55 Uhr wurde die Beschädigung der Decke des Reaktorgebäudes festgestellt.

«Etwa 20–30 Minuten später kam jemand aus dem Block Nr. 4 und sagte: «Das Reaktorgebäude Nr. 4 ist in Trümmern». «Was soll das heissen?», fragten wir und schickten Leute, um zu fotografieren und, tatsächlich, da stand es, völlig deformiert.» (M. Yoshida, Kraftwerksleiter [31]⁶⁷⁸)

Abbildung 51:
Übertragung von
Gas zwischen den
Gebäuden von
Reaktor 3 und 4
(Quelle: TEPCO
[24])

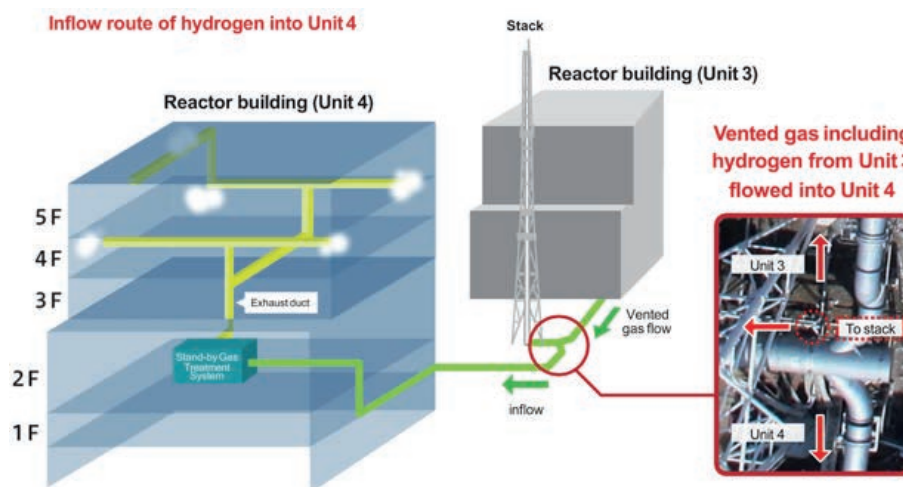


Abbildung 52:
Block 4 nach
der Wasserstoff-
explosion (Quelle:
TEPCO [24])



Um 07:00 Uhr teilte die ERC den Regierungsstellen mit, dass das Personal mit Ausnahme des minimal zur Überwachung der laufenden Tätigkeiten im ERC-Gebäude notwendigen Personals vorübergehend nach Fukushima Daini evakuiert würde ([7]⁶⁷⁹). Etwa 650 Personen wurden evakuiert, währenddessen ein Minimalbestand von ca. 70 Personen, den Kraftwerksleiter eingeschlossen, vor Ort blieb ([29]⁶⁸⁰) (vgl. auch Kap. 3.2.5).

Um 07:55 Uhr meldete das Personal den Regierungsstellen die Beschädigung des Oberteils des Reaktorgebäudes von Block 4 und den dort stattfindenden Dampfaustritt ([7]⁶⁸¹).

Um 09:38 Uhr brach ein Brand auf der Nordwestseite des Reaktorgebäudes aus. Darüber informierte TEPCO die Behörden um 09:56 Uhr ([7]⁶⁸²).

Um 10:30 Uhr ordnete der Minister für Wirtschaft, Handel und Industrie die Brandbekämpfung sowie eine sobald wie möglich zu erfolgende Wasserzugabe im Brennelementlagerbecken an ([7]⁶⁸³).

Wegen zu hoher Strahlenbelastung konnte die Feuerwehr den Brand jedoch nicht bekämpfen ([9]⁶⁸⁴).

Gegen 11:00 Uhr meldeten Mitarbeiter von TEPCO, dass der Brand von allein erloschen war. Diese Information wurde den Behörden um 11:45 Uhr übermittelt ([7]⁶⁸⁵).

Nebst der Bewältigung dieser Ereignisse wurden die Teams auch vor Schwierigkeiten bei der Aufrechterhaltung des Wasserfüllstandes im Brennelementlagerbecken gestellt. Da das Lagerbecken von Block 4 die grösste Menge an Brennelementen (der Reaktor des Blocks 4 befand sich in Revision und war entladen. Diese Brennelemente befanden sich ebenfalls im Lagerbecken) enthielt, wurde es von den Teams gegenüber den anderen Blöcken vorrangig behandelt ([7]⁶⁸⁶).

Die Zufuhr von Wasser in dieses Becken begann am 20. März ab 08:21 Uhr mithilfe eines Tankwagens und ab dem 22. März mithilfe einer Betonpumpe wie für das Brennelementbecken von Block 3 ([7]⁶⁸⁷, [24]).

3.5 Was geschah in den Blöcken 5 und 6?

Anders als die Blöcke 1, 2 und 3 und wie Block 4 waren die Blöcke 5 und 6 in Revision, als sich am 11. März das Beben und der Tsunami ereigneten. Allerdings waren im Gegensatz zu Reaktor 4 die Reaktoren 5 und 6 mit Brennelementen beladen ([7]⁶⁸⁸).

Der Reaktor 5 stand seit dem 03. Januar 2011 still. Am Tag des Unfalls waren die Revisionsarbeiten praktisch abgeschlossen und der RDB war wieder mit Brennelementen beladen. Der RDB wurde gerade einer Druckprobe unterzogen.

Der Reaktor 6 war seit dem 14. August 2010 abgeschaltet. Die Revisionsarbeiten waren ebenfalls fast abgeschlossen und der Reaktor war bereits wieder beladen ([2], [7]).

Das Beben führte zum Ausfall der externen Stromversorgung des Standortes. Der Tsunami verursachte den Ausfall der Kühlwasserversorgung und der elektrischen Versorgungseinrichtungen (Schaltanlage) der wassergekühlten Dieselgeneratoren.

Dadurch fiel für die Blöcke 5 und 6 die Wechselstromversorgung, mit Ausnahme eines diversitär luftgekühlten Dieselgenerators von Block 6, aus ([7]⁶⁸⁹). Letzterer ermöglichte es den Teams, die Wechselstromversorgung aufrecht zu erhalten und eine Stromversorgungsleitung vom Block 6 zum Block 5 zu installieren. Diese beiden Blöcke wurden dadurch mit Strom versorgt und ihre Reaktoren und Brennelementbecken gekühlt ([7]⁶⁹⁰).

Jedoch zeigten Reaktor 5 und 6 und ihre Becken Anzeichen von Druck- und Temperaturerhöhungen, daher mussten auch dort zusätzliche Massnahmen ergriffen werden, um auf diese Entwicklung in den Tagen nach dem 11. März zu reagieren ([7]^{691,692}).

4 Betrachtungen aus menschlicher und organisatorischer Sicht

Obwohl die Dynamik und der Ablauf der Störfälle in den Blöcken 1, 2 und 3 teilweise unterschiedlich waren, verdeutlicht die chronologische Analyse der vom 11. bis 15. März 2011 durch das Personal am Standort durchgeführten Tätigkeiten die Neuartigkeit und die Komplexität der Situation, die die 3 Reaktoren und ihre Brennelementlagerbecken gleichzeitig betraf. Sie ermöglicht gleichfalls ein besseres Verständnis der äusserst schwierigen Bedingungen, die das Personal in den Kontrollräumen der Blöcke 1–2 und 3–4, in den Gebäuden der Anlagen, auf dem Gelände rund um die Anlagen und im Bereich der ERC vorfand. Sie zeigt die Schwierigkeiten auf, denen die Mitarbeitenden begegnet sind, um die Anlage noch überwachen zu können, wichtige Entscheidungen zum Schutz von Mensch, Umwelt und der Reaktoren zu treffen, diese umzusetzen und sich ihrer Wirksamkeit zu versichern.

Die aussergewöhnlich schwierigen Bedingungen stellten an das Personal besonders hohe Anforderungen, um:

- den Zustand der Systeme festzustellen.
- den Wasserfüllstand in den Reaktoren zu überwachen.
- die Notkühlsysteme der Reaktoren zu starten.
- als Notmassnahmen Leitungen zur Einspeisung von Wasser zur Kühlung der Reaktoren der verschiedenen Blöcke mittels Feuerwehrfahrzeugen zu konfigurieren; die Wirksamkeit dieser Massnahmen zu kontrollieren und sich dessen zu versichern, dass das Wasser die Reaktoren tatsächlich erreichte.
- die Arbeiten zur Vorbereitung und Durchführung der Druckentlastung der Reaktoren und der Containments durchzuführen.
- die Folgen der Wasserstoffexplosionen zu bewältigen.

- die Stromversorgung des Standortes und jedes Blockes wieder herzustellen.
- den Wasserfüllstand in den Brennelementlagerbecken zu überwachen.

Aus der Schilderung der Abläufe der Ereignisse und der Handlungen des Personals ergeben sich demnach aus der Perspektive der menschlichen und organisatorischen Faktoren eine Reihe von Themen und Fragestellungen, welche jede Organisation in Industrien mit hohem Gefährdungspotential vertieft betrachten sollte. Diese erscheinen von zentraler Bedeutung für die jeweiligen Notfallorganisationen und für die Vorbereitung von Notfallmassnahmen. Sie bestimmen die Resilienz in diesen Organisationen – also deren Fähigkeit, sich vor, während und nach (erwarteten und unerwarteten) Änderungen und Störungen derart anzupassen, dass sie die Kontrolle über die Situation aufrechterhalten bzw. ihre Aufgabe anforderungsgemäss erfüllen können (vgl. [38]) – wesentlich mit.

Eine zentrale Bedeutung kommt dabei der **Verfügbarkeit von Informationen** über den Zustand der Anlage und Prozesse und deren Entwicklung zu. Einerseits war aufgrund des Ausfalls der meisten Instrumente im Kontrollraum, in der Anlage und in der Notfallzentrale, ein Grossteil der Informationen über den Zustand der Anlagen nicht (direkt) verfügbar. Andererseits wurden im Verlauf des Ereignisses sehr wohl Informationen – wenn auch zum Preis einer enormen Anstrengung von Seiten des Personals – eruiert, aber heute erweist sich aufgrund nachträglicher Modellierungen der Entwicklung des Zustands der Reaktoren, dass diese nicht immer zutreffend waren. Damit war es den Interventionsteams, der Kontrollraummannschaft und dem Notfallstab nicht immer möglich, sich (zeitgerecht) ein genaues Bild vom Zustand der Ausrüstungen, Systeme und wichtigen Anlagenparameter zu verschaffen und dieses aktuell zu halten. Als zum Beispiel die Operateure im Kontrollraum am Abend des 11. März eine Anzeige des Wasserfüllstands im RDB von Block 1 erlangten, war diese nicht korrekt.

Das Personal war sich dessen aber nicht bewusst bzw. konnte die Zuverlässigkeit der Anzeige nicht überprüfen. Die Position bestimmter Ventile des Notkondensators ist bis heute nicht klar, was die Komplexität der Lage unterstreicht, mit der das Personal konfrontiert war.

Die Nicht-Verfügbarkeit von (zuverlässigen) Informationen hat die Möglichkeiten und Fähigkeit der Beteiligten zur Bewältigung der Konsequenzen von Erdbeben und Tsunami im Verlaufe der ersten Tage des Unfalls auf verschiedene Arten massivst erschwert. Einerseits hat sie die Promptheit, mit der auf Umstände und Ereignisse reagiert werden konnte, beeinträchtigt, da die (vorhandenen bzw. eruierten) Informationen auf umständliche Weise ermittelt und zu einem Gesamtbild aggregiert werden mussten. Andererseits erzeugte sie beim Personal das Gefühl, «im Blindflug zu sein», was grosse Ungewissheit, erlebten Kontrollverlust und ein Gefühl von Ohnmacht auslöste. Ein vorausschauendes Denken und Handeln wurde unter solchen Bedingungen nahezu unmöglich, da immer nur kurzfristig auf sich offenbarende Entwicklungen und Informationen reagiert werden musste bzw. konnte (z. B. steigende Ortsdosisleistungen, austretender Dampf, Explosionen, oder neu gewonnene Informationen über Füllstände, Drücke etc.).

Neben der technischen Verfügbarkeit, spielte auch die faktische **Nutzbarkeit von Informationen** durch das Personal eine entscheidende Rolle. So konnten zeitweise die vorhandenen Anzeigen in den Kontrollräumen nicht kontinuierlich überwacht werden, da es den Operateuren aufgrund der hohen Strahlungsdosis nicht möglich war, sich permanent in den Kontrollräumen aufzuhalten ([40]⁶⁹³), oder da, namentlich am 15. März am Vormittag als der Grossteil des Personals vorübergehend zum Standort Fukushima Daiichi evakuiert wurde, zu wenig Personal vor Ort verfügbar war. Zudem war es für das Personal häufig schwierig zu beurteilen, ob eine Anzeige vertrauenswürdig war und korrekte Werte lieferte. Schliesslich gelang es auch nicht immer, alle an verschiedenen Orten der Anlage und bei unter-

schiedlichen Personen vorhandenen Informationen umfassend zusammenzutragen und die richtigen Schlüsse daraus zu ziehen. Tatsächlich erscheint es, unter Berücksichtigung solch äusserst schwieriger Bedingungen, auch fraglich, ob alle vorhandenen – bzw. im Nachhinein als vorhanden erkannten –, über die verschiedenen Systeme, Orte und Akteure verteilten Informationen überhaupt effektiv und in Echtzeit hätten gefunden, zusammengetragen, analysiert und in den richtigen Zusammenhang gestellt werden können.

Die Wiedererlangung der Kontrolle, also eine Entwicklung von einer gänzlich reaktiven hin zu einer proaktiveren Vorgehensweise ist ohne akkurate und in vernünftigen zeitlichem Rahmen zu erlangende Informationen über den Zustand und die Entwicklung der Situation und der Anlage praktisch unmöglich. Die Bildung eines (individuellen wie kollektiven) Gesamtüberblicks und -verständnisses der Situation durch das Personal (im Kontrollraum, vor Ort in der Anlage oder bei der Leitung der Notfallorganisation in der ERC) ist so gut wie aussichtslos.

Letztere Situation wurde zudem durch die Nicht-**Verfügbarkeit von** (technischen) **Kommunikationsmitteln** zur (zeitgerechten) Übermittlung der (vorhandenen bzw. gewonnenen) Informationen weiter verschärft oder de facto gänzlich verunmöglichlicht.

Der beschränkten Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von Informationen aus der Anlage und von Kommunikationsmitteln steht die Schwierigkeit des Personals in der Notfallzentrale gegenüber, mit einer ausserordentlich grossen **Fülle an Informationen**, welche auf verschiedenen Wegen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten und aus allen Bereichen und Blöcken zu den Mitgliedern der Notfallorganisation flossen, umzugehen. Diese Informationen mussten unter grossem Zeitdruck entgegengenommen, den unterschiedlichen Anlagen zugeordnet und verarbeitet werden; entsprechende Massnahmen für die einzelnen Blöcke, in denen sich die Situation unterschiedlich und in unterschiedlicher Geschwindigkeit

entwickelte, mussten zeitgerecht erarbeitet werden. TEPCO zeigte diese Herausforderung am Beispiel der Diagnose des Zustands des Notkondensations-systems (Isolation Condenser IC) ICs in Block 1 im Rahmen seiner nachträglichen Analysen auf ([15]⁶⁹⁴). Dabei traten auch Missverständnisse in der Kommunikation zwischen den Kontrollräumen und der ERC auf und nicht alle relevanten Informationen gelangten rechtzeitig zum Personal der Notfallorganisation.

Eine ausserordentlich grosse Menge an Informationen und Entscheidungen konvergierten insbesondere beim Kraftwerksleiter. Er musste den Überblick über die gesamte Lage behalten und die wichtigsten Entscheidungen für alle Blöcke treffen, wurde aber auch immer wieder durch Anfragen und Anordnungen von aussen (TEPCO-Hauptsitz, Regierung, Behörden) beansprucht. Andererseits drangen nicht immer alle relevanten Informationen bis zu ihm durch.

Auch die **Verfügbarkeit von personellen Ressourcen** spielt bei der Bekämpfung eines schweren Unfalls eine entscheidende Rolle. Der Kraftwerksleiter berichtete, dass zu wenig Personal zur Verfügung stand. Dies traf insbesondere auf die Einsatzequippen zu, welche vor Ort Arbeiten verrichteten (z. B. Herstellung von Leitungen, Reparatur der Instrumentierung, Wiederherstellung der Stromversorgung etc.) und aufgrund der hohen Strahlenbelastung jeweils nicht lange eingesetzt werden konnten ([40]⁶⁹⁵). Personalmangel trat ebenfalls beim Strahlenschutzpersonal auf, weshalb man auch auf Mitarbeitende aus anderen Kernkraftwerken angewiesen war ([7]⁶⁹⁶[35], [40]⁶⁹⁷). Nichtsdestotrotz wies der Kraftwerksleiter darauf hin, dass auch fachkundiges Personal aus anderen Kernkraftwerken – selbst TEPCO-eigenen Kraftwerken – in einer solchen Situation nicht uneingeschränkt eingesetzt werden kann, denn es fehlen ihm die anlagen- und standortspezifischen Kenntnisse ([40]⁶⁹⁸). Da in den Arbeitsverträgen mit Personal externer Auftragnehmer der Einsatz des Personals unter Störfallbedingungen nicht geregelt war, war der Einsatz auch dieses Personals, beispielsweise zur Bedienung der

Feuerbekämpfungseinrichtungen, nur eingeschränkt möglich ([40]⁶⁹⁹). Gleichwohl wäre es wichtig gewesen, dieses Personal uneingeschränkt einsetzen zu können, waren doch viele Tätigkeiten im Normalbetrieb an diese externen Auftragnehmer delegiert, welche demzufolge die Erfahrung und Expertise bei der Handhabung der entsprechenden Einrichtungen besaßen ([40]⁷⁰⁰) (vgl. auch Kap. 3.1.4).

Eine zusätzliche Einschränkung der für die Notfallmassnahmen verfügbaren personellen Ressourcen stellte die Tatsache dar, dass etliche Mitarbeitende, namentlich der Kraftwerksleiter und der Leiter der Notfallzentrale des TEPCO-Hauptquartiers, einen erheblichen Teil ihrer Ressourcen zur Beantwortung von Anfragen externer Instanzen (z. B. Regierung und Behörden, Presse etc.) verwenden mussten ([7]⁷⁰¹).

Eine weitere Problematik betrifft die **Entscheidungsfindung** unter grosser Ungewissheit und gleichzeitigem Zeitdruck und Stress. Die Darstellung der Abläufe des Unfalls in Fukushima offenbart eine grosse Anzahl von Faktoren, welche die Entscheidungsfindung erschwerten: Nebst lückenhaft vorliegender und teilweise irreführender Informationen über den Zustand der Anlagen, welche eine zentrale Entscheidungsgrundlage darstellen, fehlten in vielen Fällen auch wichtige Entscheidungshilfen, wie zum Beispiel geeignete Vorschriften ([29]⁷⁰²). Aufgrund der sich immer wieder ändernden Bedingungen (Entwicklung der Lage vor Ort in den verschiedenen Anlagen, Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Entscheidungen, Einflüsse von aussen durch den TEPCO-Hauptsitz oder die japanischen Behörden und die Regierung) war die Entscheidungsfindung ausserdem durch eine grosse Dynamik gekennzeichnet, sodass getroffene Entscheidungen und Prioritäten immer wieder revidiert werden mussten. Die Entscheidungsträger, namentlich der Kraftwerksleiter, fand sich häufig in der Situation, Entscheidungen nach ethischen Gesichtspunkten treffen zu müssen. Zum Beispiel musste er abwägen, ob bzw. wann er das Personal zu seinem Schutz aus dem Gelände an einen sicheren Ort evakuieren lassen

sollte und wann er es zur Fortsetzung der dringend erforderlichen Arbeiten wieder in die Anlage schickte ([40]⁷⁰³). Schliesslich waren viele Entscheidungen – welche uns aus heutiger, nachträglicher Sicht als offensichtlich erscheinen mögen (vgl. dazu die Ausführungen zum Rückschaufehler in der Einleitung zu diesem Bericht) – durch grosse Ungewissheit über ihren zukünftigen Erfolg und ihre Ergebnisse gekennzeichnet. Der Kraftwerksleiter schildert, dass man nicht immer wusste, ob eine Massnahme überhaupt funktionieren konnte, da sie sich in einer Situation befanden, welche vor ihnen noch nie von jemandem in der Praxis erlebt und bewältigt worden war ([40]⁷⁰⁴).

Die **Umsetzung der getroffenen Entscheidungen** und definierten Massnahmen erwies sich ebenfalls als äusserst anspruchsvoll und sehr zeitaufwändig oder gar als gänzlich unmöglich. Einerseits fehlten häufig die notwendigen Arbeitsmittel (Werkzeuge, Geräte, Beleuchtung etc.), um die Entscheidungen (rasch) umsetzen zu können, oder sie waren in zu geringem Umfang vorhanden bzw. nicht zeitgerecht verfügbar. Die Örtlichkeiten, an denen manuelle Eingriffe vorgenommen werden mussten, waren nicht oder nur schwer zugänglich (durch Trümmer verstellt, überflutet, komplett dunkel, wegen zu hoher Strahlung unzugänglich etc.). Wiederholt wurden zudem bereits erfolgte Arbeiten durch die Explosionen wieder zunichte gemacht und mussten neu begonnen werden. Auch mussten die Arbeiten immer wieder unterbrochen werden, dies u.a. aufgrund von Evakuierungen aus dem Gelände beim Auftreten von Nachbeben, neuen Tsunamiwarnungen ([40]⁷⁰⁵) oder aufgrund des Anstiegs der Radioaktivität in den Gebäuden und auf dem Gelände, sowie der später folgenden Explosionen in den Reaktorgebäuden der Blöcke 1, 3 und 4.

Häufig wurde den Mitarbeitenden (in den Kontrollräumen, vor Ort sowie in der Notfallzentrale) erst nach und nach bewusst, wie schwierig die praktische Umsetzung einer Entscheidung wirklich war. So schilderte zum Beispiel der Kraftwerksleiter, wie erst allmählich verstanden wurde, dass die Druckentlas-

zung des Primärcontainments nicht einfach durch das Öffnen eines Ventils realisiert werden konnte ([40]⁷⁰⁶). Dieses Verständnis war zudem umso schwieriger zu erlangen, je weiter die Akteure vom «Ort des Geschehens» entfernt waren (d. h. direkt vor Ort in der Anlage, in der Notfallzentrale am Standort, am Hauptsitz von TEPCO in Tokio oder am Regierungssitz in Tokio) ([40]⁷⁰⁷).

Immer wieder mussten **kreative und flexible Lösungen** für auftretende Probleme gefunden werden. Systeme und Gerätschaften mussten zweckentfremdet und auf neuartige Art und Weise eingesetzt werden. Dies war beispielsweise bei der Nutzung des vom Tsunami im Kühlwasseraufnahmebecken hinterlassenen Wassers oder beim Einsatz von Autobatterien der Fall. Für die vorhandenen und von extern beschafften Hilfsmittel mussten flexible Einsatzmöglichkeiten gefunden werden. Beispielsweise waren die vom Hauptsitz von TEPCO beschafften und zum Standort gesandten Gerätschaften nicht immer nutzbar oder direkt einsetzbar und kamen nicht in der angeforderten Reihenfolge sowie zum gewünschten Zeitpunkt vor Ort an. So musste situativ entschieden werden, ob die gelieferten Ausrüstungen überhaupt bzw. wofür sie eingesetzt werden konnten ([40]⁷⁰⁸). Der Kraftwerksleiter schildert in seinem Zeugnis, wie wichtig dafür das Können, der Einfallsreichtum und die Erfahrung der Mitarbeitenden waren ([40]⁷⁰⁹).

Flexibilität war nicht nur bezüglich des Einsatzes technischer Hilfsmittel gefragt, sondern auch in der **Organisation**: So wurden in manchen Fällen Massnahmen angeordnet, für welche keine vordefinierte Aufgaben- und Rollenteilung existierte. Beispielsweise war zunächst unklar, wie der Einsatz der Feuerwehrfahrzeuge organisiert werden sollte. Letztere wurden aus der Erfahrung des Niigata-Chuetsu-Oki-Erdbebens im Jahre 2007, welches das Kernkraftwerk Kashiwazaki Kariwa in Mitleidenenschaft gezogen hatte, beschafft. Während für deren intendierten Einsatz als Notfallmassnahme für Brandereignisse die Rollen und Zuständigkeiten klar definiert waren, war die Organisation für deren

Einsatz bei der Wassereinspeisung zur Kühlung der Reaktoren (Notfallmassnahme ohne Brandereignis) nicht definiert ([7]⁷¹⁰). Auch für den Einsatz des Personals vor Ort in der Anlage und in den Kommandoräumen mussten zunächst Regelungen definiert werden. Beispielsweise wurden für Einsätze in Räumen mit hoher radioaktiver Strahlung Pläne für den Einsatz in sich abwechselnden Zweiertams und mit maximalen Einsatzzeiten definiert ([16]).

Die **Arbeits- und Umgebungsbedingungen** für das Personal waren aus physischer und psychischer Hinsicht äusserst schwierig: Die Mitarbeitenden mussten in Vollschutzausrüstung arbeiten, sich in der Dunkelheit der Anlage nur mit Taschenlampen ausgerüstet fortbewegen, überhitzte Räume mit sehr hoher Luftfeuchtigkeit betreten, auf Ausrüstungen klettern, um Komponenten zu betätigen etc. Aufgrund der hohen Ortsdosisleistung in vielen Räumen war ihre Einsatzfähigkeit auf sehr kurze Zeiträume beschränkt, weshalb sie nicht selten in ihrer schweren Schutzausrüstung an den Einsatzort und zurück rennen und ihren Auftrag unter grossem Zeitdruck erledigen mussten. Die Dunkelheit, die hörbaren Geräusche und die Unvorhersehbarkeit der Entwicklung des Zustands von Systemen und Komponenten (Gefahr von Explosionen, Dampfaustritt, Austritt radioaktiver Stoffe etc.) versetzten die vor Ort tätigen Mitarbeiter in Angst. In den ersten Wochen konnte das Personal praktisch nicht abgelöst werden ([7]⁷¹¹) und Erschöpfungszustände erschwerten ihre Einsatzfähigkeit. Die Versorgung mit Nahrungsmitteln war ungenügend und die sanitären Einrichtungen befanden sich in einem prekären Zustand⁷¹². Etliche Mitarbeitende hatten ausserdem über längere Zeit keinen Kontakt mit ihren Familien und wussten über deren Wohlergehen nicht Bescheid (vgl. [7]⁷¹³). Es stellt sich hier also die Frage, wie die Mitarbeitenden unter solchen Umständen ihre Aufgabe verrichten konnten.

Nur wenige Untersuchungsberichte haben sich mit den psychischen Auswirkungen der Erlebnisse der an der Unfallbewältigung beteiligten Mitarbeitenden befasst. Eindrückliche Zeugnisse von Mitarbeitern

(vgl. z. B. [7]⁷¹⁴, [16], [31], [40]) geben jedoch einen Einblick in die psychisch äusserst schwierigen Anforderungen, welchen das Personal ausgesetzt war. Eine Erhebung unter Mitarbeitern, welche an den Standorten Fukushima Daiichi und Daini an der Unfallbewältigung beteiligt waren, zeigte ausserdem, dass ein erheblicher Anteil dieser Mitarbeitenden 2 bis 3 Monate nach dem Unfall unter psychischen Störungen (insbesondere posttraumatischer Belastungsstörung) litten ([41]).

Die menschlichen und organisatorischen Faktoren, die zu diesem Störfall beigetragen haben, werden im dritten und letzten Teil der Analyse weiter vertieft. Deren besseres Verständnis soll helfen, auch Jahre nach dem Unfall in Fukushima weiterhin sich erschliessende Lehren zu ziehen, und zur weiteren Entwicklung der Aufsichtskonzepte und -praxis im Bereich der menschlichen und organisatorischen Faktoren in Industrien mit hohem Gefährdungspotential beitragen.

5 Abkürzungsverzeichnis

AMV	Actual Measured Values
AOV	Air Operated Valve
Att.	Attachment
BAF	Bottom of Active Fuel (Kernunterkante)
BWR	Boiling Water Reactor (Siedewasserreaktor)
DDFP	Diesel-Driven Fire Pump (Feuerlöschpumpe)
D/W, DW	Drywell (Druckkammer)
EDG	Emergency Diesel Generator
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
ERC	Emergency Response Center (Notfallzentrale)
HPCI	High Pressure Coolant Injection System
HPCS	High Pressure Core Spray System
HQ	Headquarters
IAEA	International Atomic Energy Agency
IC	Isolation Condenser
ICANPS	Investigation Committee on the Accidents at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company
INPO	Institute of Nuclear Power Operations
JNSS	Japan Nuclear Security System
KK	Kernkraftwerk Kashiwazaki Kariwa
LKW	Lastkraftwagen
MCR	Main Control Room
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry (Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie)
MOV	Motor Operated Valve
MUWC	Make-Up Water Condensate System
NAIIC	Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission
NISA	Nuclear and Industrial Safety Agency (Japanische Atomaufsichtsbehörde)
NPS	Nuclear Power Station
NRA	Nuclear Regulatory Authority (Japanische Atomaufsichtsbehörde)
NSC	Nuclear Safety Commission
ODL	Ortsdosisleistung
OP	Onahama Port
P/C	Power Panel
PCV	Primary Containment Vessel (Primärcontainment, Sicherheitsbehälter)
PM	Prime Minister, Premierminister
R/B, RB	Reactor Building (Reaktorgebäude)
RCIC	Reactor Core Isolation Cooling
RDB	Reaktordruckbehälter
RHR	Residual Heat Removal System
RPV	Reactor Pressure Vessel (Reaktordruckbehälter)
SB	Service Building (Werkstattgebäude)
SBO	Station Black-Out (Komplettausfall der Wechselstromversorgung)
S/C, SC	Suppression Chamber (Kondensationskammer, Torus)
SDF	Self-Defence Force
SFP	Spent Fuel Pool (Brennelementlagerbecken)

SPDS	Safety Parameters Display System
SRV	Safety Relief Valve (Sicherheits- und Abblaseventil)
TAF	Top of Active Fuel (Kernoberkante)
T/B, TB	Turbine Building (Maschinenhaus)
TEPCO	Tokyo Electric Power Company
TV	Technical Volume
1F	Standort Fukushima Daiichi
2F	Standort Fukushima Daini

6 Quelldokumente

- [1] Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI (2011), Ablauf Fukushima 11/03/2011 – Ereignisabläufe Fukushima Dai-ichi und Daini in Folge des Tohoku-Chihou-Taiheiyou-Oki Erdbebens vom 11.03.2011, ENSI, 26/08/2011
<https://www.ensi.ch/de/2011/08/26/ablauf-fukushima-11032011/>
- [2] The Tokyo Electric Power Company, Fukushima Nuclear Accident Analysis Report (Interim Report) – 2. Dezember 2011
Kompletter Bericht: http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu11_e/images/111202e14.pdf
Anhang: http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu11_e/images/111202e16.pdf
- [3] The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission – The National Diet of Japan Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission (NAIIC), 2012
<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naaic.go.jp/en/report/>
- [4] Fukushima Nuclear Accidents – National Academies of Sciences – Fukushima Lessons-Learned Committee Meeting – Shin Takizawa – Tokyo Electric Power Company, 6. September 2012
- [5] Institute of Nuclear Power Operations, Special Report on the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station – INPO 11-005, November 2011
https://hps.org/documents/INPO_Fukushima_Special_Report.pdf
- [6] Akira Kawano, Tokyo Electric Power Company, Fukushima from the perspective of managing the unexpected – Technical Meeting on Managing the Unexpected; From the Perspective of the Interaction between Individuals, Technology and Organization – IAEA, 25.–29. Juni 2012
<https://gnssn.iaea.org/NSNI/EaT/TM/Pages/MtU.aspx>
- [7] The Tokyo Electric Power Company, Fukushima Nuclear Accidents Investigation Report – 20. Juni 2012
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/2012/1205638_1870.html
- [8] Institute of Nuclear Power Operations, Lessons Learned from the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station – INPO 11-005 Addendum, August 2012
- [9] Investigation Committee on the Accidents at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company (ICANPS), 26. Dezember 2011 – Interim Report
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/eng/interim-report.html>
- [10] Investigation Committee on the Accidents at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company (ICANPS) – 23. Juli 2012 – Final report
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/eng/final-report.html>
- [11] Report of the Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety – The accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations – Nuclear Emergency Response Headquarters Government of Japan, Juni 2011
<https://www.iaea.org/sites/default/files/japan-report.pdf>
- [12] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, Fukushima Daiichi 11. März 2011, Unfallablauf, Radiologische Folgen, 2. Auflage 2013 GRS-S-53 ISBN 978-3-939355-59-5

- [13] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, Fukushima Daiichi 11. März 2011, Unfallablauf, Radiologische Folgen, 5. Auflage 2016, GRS-S-54 ISBN 978-3-944161-86-6
<https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/grs-s-56.pdf>
- [14] Tokyo Electric Power Company, Report on the Investigation and Study of Unconfirmed/Unclear Matters In the Fukushima Nuclear Accident – Progress Report No.2 – 6. August 2014
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/2014/1240140_5892.html
- [15] Tokyo Electric Power Company, Fukushima Nuclear Accident Summary & Nuclear Safety Reform Plan – March 29, 2013
- [16] Ryūshō Kadota (2014). On the brink: The inside story of Fukushima Daiichi. Kurodahan Press (English Translation)
- [17] Akira Kawano, Tokyo Electric Power Company, Lessons of TEPCO's Fukushima Accident from Human and Organizational Aspects and Challenges for Nuclear Reform – International Experts Meeting on Human and Organizational Factors in Nuclear Safety in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant – IAEA, 21.-24. Mai 2013
- [18] Akira Kawano, Tokyo Electric Power Company, Facts and Lessons of the Fukushima Nuclear Accident – The Operator Viewpoints – Technical Meeting on Managing the Unexpected; From the Perspective of the Interaction between Individuals, Technology and Organization – IAEA, 25.–29. Juni 2012
- [19] Hiroko Koike, Takaya Hata, Ryuji Kubota, Japan Nuclear Energy Safety Organization, Analysis on human and organizational factors regarding initial responses of shift teams and field workers to the Fukushima Daiichi NPP accident – Technical Meeting on Managing the Unexpected; From the Perspective of the Interaction between Individuals, Technology and Organization – IAEA, 25.–29. Juni 2012
- [20] Film von Arte: Fukushima chronique d'un désastre (Dauer : 47'15)
<https://www.youtube.com/watch?v=Yx7Q6O1gy5w>
- [21] The New York Times – Economy Sends Japanese to Fukushima for Jobs, 08.06.2011
- [22] Associated press – AP IMPACT: First 24 hours shaped Japan nuke crisis, 02.07.2011
- [23] Nuclear Regulation Authority, Japan, Analysis of the TEPCO Fukushima Daiichi NPS Accident – Interim Report (Provisional Translation) – Oktober 2014
https://www.iaea.org/sites/default/files/analysis_nra1014.pdf
- [24] The Tokyo Electric Power Company, The Development of and Lessons from the Fukushima Daiichi Nuclear Accident – March, 2013
<http://www.tepco.co.jp/en/decommission/accident/images/outline01.pdf>
- [25] The Tokyo Electric Power Company, Evaluation of the situation of cores and containment vessels of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Units-1 to 3 and examination into unsolved issues in the accident progression – Progress Report No. 2 – August 2014

- [26] Japan Meteorological Agency, Tsunami Warning/Advisory, issued at 14:49 JST 11 Mar 2011
http://www.jma.go.jp/en/tsunami/focus_04_20110311145000.html
- [27] Japan Meteorological Agency, Tsunami Warning/Advisory, issued at 15:14 11 Mar 2011
http://www.jma.go.jp/en/tsunami/focus_04_20110311151411.html
- [28] Japan Meteorological Agency, Tsunami Warning/Advisory, issued at 15:30 11 Mar 2011
http://www.jma.go.jp/en/tsunami/focus_04_20110311153041.html
- [29] International Atomic Energy Agency (2015). The Fukushima Daiichi Accident. Vienna: IAEA.
<http://www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10962/the-fukushima-daiichi-accident>
- [30] Naoto Kan (2015). Als Premierminister während der Fukushima-Krise. München: IUDICIUM Verlag.
(Das japanische Original erschien 2012)
- [31] Asahi Shimbun Digital, The Yoshida Testimony – The Fukushima nuclear accident as told by plant manager Masao Yoshida
http://www.asahi.com/special/yoshida_report/en/
- [32] The Japan Times, 2. September 2014, Fukushima workers tried to save reactor 1 through venting
<http://www.japantimes.co.jp/news/2014/09/02/national/workers-tried-save-reactor-1-venting/#.VAgT5Wp03q5>
- [33] The Japan Times, 10. September 2014, Hydrogen explosion left Fukushima No. 1 workers sure they would die
<http://www.japantimes.co.jp/news/2014/09/10/national/hydrogen-explosion-left-fukushima-no-1-workers-sure-they-would-die/#.VBgdpmp0271>
- [34] The Japan Times, 2. September 2014, Workers grappled with darkness at start of Fukushima nuclear crisis
http://www.japantimes.co.jp/news/2014/09/02/national/workers-grappled-darkness-start-fukushima-nuclear-crisis/#.V_Xpe2r_qUk
- [35] Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI (2015), Fukushima Daiichi – Menschliche und organisatorische Faktoren, Teil 1 : Die Ereignisse und die an ihrer Bewältigung beteiligten Organisationen
https://www.ensi.ch/de/wp-content/uploads/sites/2/2015/12/Fukushima_Mensch_Organisation_t1_ENSI_2015.pdf
- [36] The New York Times, 3. September 2014, Fukushima Workers Who Fled May Have Received Garbled Orders, Reports Say
http://www.nytimes.com/2014/09/04/world/asia/fukushima-workers-who-fled-may-have-received-garbled-orders-reports-say.html?emc=edit_tnt_20140903&nlid=63682790&ntemail0=y&r=0
- [37] Woods, D.D., Dekker, S., Cook, R., Johannesen, L. & Sarter, N. (2010). Behind Human Error (2nd ed.). Farnham: Ashgate
- [38] Hollnagel, E. (2016). Resilience Engineering: <http://erikhollnagel.com/ideas/resilience-engineering.html>

- [39]** Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang. Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-A05/d, Ausgabe Januar 2018 (<https://www.ensi.ch/de/dokumente/ensi-a05-erlaeuterungsbericht/>)
- [40]** Guarnieri, F. & Travadel, S. (2018). Un récit de Fukushima – Le directeur parle. Paris : Presses Universitaires de France/Humensis
- [41]** Shigemura, J., Tanigawa, T., Saito, I. & Nomura, S. (2012). Psychological Distress in Workers at the Fukushima Nuclear Power Plants. *Journal of the American Medical Association*, August 15, 2012, Vol. 308, No. 7

7 Endnoten

¹ “Je vous assure, personne n’a jamais eu à faire face à trois tranches nucléaires à la fois et, pour être franc, je pense que cela n’arrivera probablement plus jamais. Je n’ai même pas envie d’y penser” ([40], p. 123).

² Vgl. [7], Att. 8-2.

³ Vgl. [9], Att. II-10.

⁴ Der Tsunami-Alarm, welcher vor einem Tsunami von 10 m oder höher warnte, blieb in der Folge fast 24 Stunden lang aktiv: “Thus it can be seen that the risk of tsunami flooding for the seaside O.P.+4m area continued in the time period until the early hours of March 12, or the day after earthquake occurrence. Note that the “tsunami alert (large tsunami): waves over 10m” issued by the JMA for the Fukushima Pref. coastline remained in effect until 13:50 on March 12 (approx. 23 hours after earthquake occurrence), when it was switched to “tsunami alert (large tsunami)” ([7], Att. 8-2).

⁵ “The Shift Supervisor received reports of large tsunami alert issuance from the station ERC. They ordered emergency evacuation due to large tsunami alert issuance via mass paging” ([7], Att. 2, p. 163).

⁶ “Presently, the ERC called to inform them that there was a Major Tsunami Warning in effect. The government’s Japan Meteorological Agency had issued the warning and the various media had started to report on it repeatedly. ‘Attention! A Major Tsunami Warning has been issued. Whether you are indoors or out, you are advised to evacuate to high ground immediately’” ([16], p. 18).

⁷ “Shortly after the main earthquake shock, the Japan Meteorological Agency (JMA) issued tsunami warnings, initially forecasting a wave of 3–4 m high for Japan’s east coast, on which the Fukushima Daiichi NPP site was located. This forecast was updated at 15:14 to 6 m and later, at 15:31, to 10 m. Upon this tsunami warning, an announcement was made from the MCRs via the PA system to the personnel to evacuate from the lower site elevations to higher positions” ([29], TV1, p. 82).

⁸ Gemäss Angaben des Kraftwerksleiters M. Yoshida ([40], p. 45ff.) waren die Mitarbeitenden in der ERC und in den Kommandoräumen mit Fernsehgeräten ausgerüstet und erhielten Tsunami-Warnungen. Es geht allerdings nicht hervor, inwieweit ein Bewusstsein für die Implikationen der angekündigten Höhe von über 10 m wenige Minuten vor der Ankunft des Tsunamis bestand. Der Kraftwerksleiter schilderte, dass er sich nach dem Erdbeben der Möglichkeit eines Tsunamis bewusst war. Auch leitete er die Tsunami-Warnungen weiter und ordnete an, dass sich das Personal, welches sich in Küstennähe befand, in Sicherheit bringe. Sorgen bereitete ihm weniger die Ankunft der Tsunami-Wellen, sondern viel mehr der nachfolgende Rückzug des Wassers. Dieser führe dazu, dass das Meerwassereinspeisungssystem leerlaufe und man nicht mehr über die Meerwasserquelle verfüge.

⁹ [29], TV1, p. 13

¹⁰ “I saw an unbelievable sight from the window of the changing room. The seawalls were falling like dominoes. The gantry crane had speared the SW (sea water, Anm. d. Red.) pump and multiple cars were being washed away. I could hear the sound of car horns wailing relentlessly from below” ([7], Att. 2).

¹¹ “In regard to DC power panels, they were damaged by water at Units 1, 2, and 4 but not at Units 3, 5, and 6. It is presumed that the fact that DC power panels at Units 3, 5, and 6 were installed on the semi-basement level of the T/B saved them from water damage” ([7]).

¹² Die Abbildung stellt die Vorgänge in den Blöcken vereinfacht dar. Insbesondere sind die Mengen an eingespeistem Frisch- oder Meerwasser und die Wirksamkeit der Einspeisemassnahmen nicht differenziert dargestellt. Beispielsweise sind vorübergehende Unterbrüche oder Einschränkungen der Wassereinspeisung mittels der Feuerlöschpumpe oder der Feuerwehrfahrzeuge aufgrund des zu hohen Reaktordrucks oder eine nachlassende Kühlleistung des RCICs nicht aufgeführt.

¹³ Die Organisation dieser Teams wurde im ersten Teil des vorliegenden Berichts beschrieben ([35]).

¹⁴ Die unbeschädigten Reaktoren 5 und 6 sind nicht abgebildet.

- ¹⁵ "It felt like being told to operate a plane even though all the engines had stopped and we couldn't read the monitoring instruments" ([34]).
- ¹⁶ Der Reaktor 1 ging 1971 in Betrieb, der Reaktor 2 im Jahre 1974, und im 1976 der Reaktor 3. Die Reaktoren stammten von unterschiedlichen Herstellern und verfügten daher nicht über die gleichen Systeme bzw. Komponenten.
- ¹⁷ Vgl. insbesondere [29], TV1, Kap. 1.2.7.3.
- ¹⁸ "(...) many aftershocks occurred that night that measured upper 5 or nearly 6 on the Japanese seismic intensity scale (of 7). I ordered workers to take shelter from their posts every time. Such was the situation where we were working" ([31]).
- ¹⁹ "...due to the loss of off-site power, two EDGs started up automatically at 14 :47", "14:47 main turbine automatically shut down, emergency diesel generators automatically activated" ([7], Att. 2; Att. 6-1 (3)).
- ²⁰ "At 14:52, the IC automatically started up due to high reactor pressure signal (7.13 MPa [gage]). It cooled the steam inside the reactor, and reactor pressure decreased. The drop was quick, and it was determined it would not be possible to comply with the operating procedure requirement for pressure vessel temperature cooling-down rate of 55 degrees C/hr" ([7], p. 118).
- ²¹ Vgl. die Erläuterungen von TEPCO zur Funktionsweise des IC in [7], p. 194.
- ²² "Mit dem Notkondensationssystem (Isolation Condenser) wird im RDB verdampftes Kühlmittel – der sogenannte Frischdampf – kondensiert. Der IC funktioniert nach dem Prinzip eines Wärmetauschers: Der Frischdampf strömt durch Rohrleitungen, die durch zwei mit Wasser gefüllte Behälter führen. Über die Rohrleitungen wird die Wärme an das Wasser abgegeben. Der so in den Behältern entstehende Dampf und damit die Wärme werden aus der Anlage in die Umgebung abgegeben. Dadurch sinkt die Temperatur in den Rohrleitungen soweit ab, dass der Frischdampf kondensiert und das nun flüssige Kühlmittel wieder in den RDB zurückläuft. Der IC ist zweisträngig aufgebaut, d. h. dass dieses System doppelt vorhanden ist, um bei dem Ausfall eines Stranges nicht vollständig die Notkondensation zu verlieren. Der IC funktioniert ohne elektrische Pumpen. Lediglich für das Öffnen und Schließen der Ventile des Systems wird eine elektrische Versorgung benötigt, sodass für die Inbetriebnahme des IC eine Stromversorgung über die Batterien ausreicht. (...). Das Wasser in den zwei Behältern des IC reicht aus, um die Nachzerfallswärme rund 10 Stunden lang abzuführen. Wird zusätzlich Wasser in die Behälter eingespeist, kann der Betrieb entsprechend verlängert werden" ([13]).
- ²³ [3], Ch. 2, Fig. 2.2.4-2, p. 84: Changes in reactor pressure in Unit 1.
- ²⁴ "About 10 minutes later at 15:03, the cold leg return containment outboard isolation valves (MO-3A, 3B) were fully closed" (p.119) and "15:03 IC return piping containment isolation valves (MO-3A, 3B) temporarily set to "fully closed" to ensure reactor coolant cool-down rate of 55°C/h" ([7] Att. 2, p.47; Att. 6-1 (8)) "B-526 IC valve B open; B-252 IC valve A open).
- ²⁵ "According to operating procedures, the IC is to be operated so as not to exceed the cooling-down rate of 55 degrees C/hr in order to mitigate impact on the RPV. In actuality, there was a drastic temperature drop when the IC started up before it was shut down in accordance with operating procedures" ([15], p. 119).
- ²⁶ "Reactor pressure decrease accompanying IC startup was slow, and it was decided 1 in the MCR that the reactor coolant cool-down rate stipulated in the operating procedure (55°C/h) could not be maintained. Therefore, the IC return piping containment isolation (CI) valves (MO-3A & 3B) were temporarily made fully closed at 15:03 on March 11. Other valves remained opened, as in normal standby" ([7], p. 171).

- ²⁷ “As mentioned in “6.2: Plant Status Immediately After the Earthquake,” the decrease rate of the RPV temperature has to be controlled so that it would not exceed 55°C/h from the perspective of RPV protection according to the procedure. As pressure control was conducted manually and properly based on the procedures, it was considered that there was no problem either in terms of equipment or in terms of operation” ([7], p. 195).
- ²⁸ “The isolation condensers (A and B systems) of Unit 1 were automatically activated at 14:52, but the operators of Unit 1 manually stopped both IC systems only 11 minutes later” ([23]).
- ²⁹ “The two IC systems decreased the reactor pressure and coolant temperature so rapidly that the operators manually stopped both loops of the IC systems at 15:03, in order to prevent the cool down limit of 55°C/h, set by the plant’s operational limits and conditions (OLCs), from being exceeded” ([29], TV1, p. 92).
- ³⁰ “2011-03-11 15:03: IC stopped. (...). Operators removed the IC from service by closing the cold leg return dry well outboard isolation MOVs (MO-3A and B) to prevent the cooldown rate from exceeding the 55°C/h limit specified in technical specifications, and maintain the reactor pressure at 6-7 MPa” ([29], Annex I, TV1).
- ³¹ Der Bericht der vom japanischen Parlament eingesetzten Untersuchungskommission (NAIIC) gibt, im Widerspruch zur Erklärung von TEPCO, an, dass die Operateure den IC stoppten, um zu verifizieren, ob die Druckabnahme im Reaktor auf eine Leckage in den Leitungen zurückzuführen sein könnte ([3]): “(iv) Operators conducted the manual shutdown in order to confirm whether there was leakage in the piping” ([3], Ch. 2, p. 86). (...) “As written above, the manual shutdown of the IC at 15:03 was based on the appropriate judgment and cooperation of three workers, including the supervisor. The direct reason for the manual shutdown of the IC was not the reactor coolant temperature change, but that was in order to check if there was leakage in the piping, to regain control of the reactor pressure, to go back to following the manual and to eventually achieve a cold shutdown. The important point for the manual shutdown of the IC was the confirmation of leakage, not the “within 55°C” rule. In explaining the manual shutdown of the IC, TEPCO focused on the rule that the reactor coolant temperature change rate must be within 55°C in order to avoid using the phrase “confirmation of leakage” which could mean the involvement of problems with piping damage from the earthquake.” ([3] - Ch. 2, p. 87).
- ³² Wie die nachträglichen Analysen des Unfalls durch verschiedene Organisationen ergaben, hatte das Abschalten des Notkondensators einen ungünstigen Einfluss auf den weiteren Störfallablauf. Auch wenn TEPCO dieses Vorgehen zu dem Zeitpunkt als zulässig einschätzte, wurden in Anbetracht der Tsunamiwarnungen Zweifel bezüglich des sicherheitsgerichteten Handelns geäußert. Diese Abschaltung wird aus Sicht der probabilistischen Sicherheitsanalysen entsprechend der dort gängigen Terminologie als ein Fehler des Typs Error of Commission (EOC) (z. B. NUREG-1792: A human failure event resulting from an overt, unsafe action, that, when taken, leads to a change in plant configuration with the consequence of a degraded plant state [A. Kolaczowski et al., Good practices for implementing human reliability analysis (HRA), Final report. NUREG-1792. US Nuclear Regulatory Commission. Washington, DC, 2005]) eingestuft (vgl. [39], [N. Siu et al., PSA technology challenges revealed by the great east Japan earthquake. In: PSAM Topical Conference in Light of the Fukushima Dai-Ichi Accident, Tokyo, Japan, April 15-17, 2013]). Der vorliegende Bericht bezweckt jedoch nicht eine Bewertung der Handlungen des Personals, sondern lediglich deren Beschreibung und die Vermittlung – soweit dies die vorhandenen Quellen zulassen – der Perspektive, Wahrnehmung und Interpretation der Situationen durch das involvierte Personal zur Zeit des Unfalls. Wie die Ausführungen in der Einleitung dieses Berichts betonen, führt die nachträgliche Beurteilung eines Geschehens unter Kenntnis des weiteren Verlaufs und der Ergebnisse von Handlungen und Entscheidungen häufig zu anderen Schlüssen als die Wahrnehmungen und Einschätzungen der direkt Beteiligten in der akuten Situation, welche naturgemäss für die Akteure durch sehr viel mehr Ungewissheit und Unbestimmtheit gekennzeichnet ist. Ausserdem muss berücksichtigt werden, dass die zum Zeitpunkt von Entscheidungen und Handlungen herrschenden Rahmenbedingungen diese Entscheidungen und Handlungen beeinflussen können. So ist anzunehmen, dass Stress und Zeitdruck und die widrigen Arbeitsbedingungen während des Unfallablaufs, die Entscheidungen

und Handlungen der Beteiligten wesentlich mitbeeinflusst haben und mitunter auch zu Entscheidungen geführt haben dürften, welche – im Nachhinein betrachtet – technisch als nicht zielführend oder gar falsch zu betrachten sind. Für die Ableitung von Lehren aus Unfällen wie jenem von Fukushima für die Zukunft und für Sicherheitsanforderungen für alle Akteure der Nuklearindustrie sind beide Gesichtspunkte wichtig: Einerseits führt die nachträgliche Bewertung von Entscheidungen und Handlungen zur Präzisierung, Anpassung oder Neudefinition von Sicherheitsanforderungen an die Ausbildung, Vorschriften, Arbeitsabläufe, Notfallorganisation, Auslegung der Anlagen etc. Andererseits hilft die Betrachtung der Wahrnehmungen und Interpretationen aus der Perspektive der Beteiligten zum Zeitpunkt des Geschehens, unter Ausblendung der Kenntnis der weiteren Entwicklungen und Ergebnisse, zu verstehen, wie Entscheidungen und Handlungen zu Stande kommen, welche menschlichen Mechanismen, organisatorischen Rahmenbedingungen und Arbeitsbedingungen diese beeinflussen und mit welchen Verhaltensweisen auch bei künftigen Ereignissen zu rechnen ist. Diese Erkenntnisse müssen ihrerseits bei der Ableitung von Vorsorgemassnahmen für die Zukunft Berücksichtigung finden.

³³ "Subsystem A was chosen for this task, and reactor pressure controlling began by opening/closing a return pipe CI valve (MO-3A). This situation was reported to the ERC at the power station from the MCR" ([7], p. 171) (CI = Containment Isolation).

³⁴ "Using both of the two subsystems of the IC achieves significant cooling and drastic drop of reactor pressure. Therefore, it was determined that one IC subsystem would be sufficient to control reactor pressure between approximately 6 and 7 MPa. Therefore, it was decided to use Subsystem A to control pressure. Reactor pressure was controlled within the above pressure band by manually operating Valve 3A to start up and shut down the IC until about 15:30 when the tsunami hit the power station and control of the IC was lost" ([7], p. 119).

³⁵ [7] Att. 8-10, p. 6

³⁶ [29], TV1, Annex I

³⁷ Es wird darauf hingewiesen, dass es im Dokument der NRA einen Fehler bei der Nummerierung der Ventile des Strangs B des Systems gab ([23]) (siehe Anhänge 8-8 des TEPCO-Dokuments zum Vergleich [7]). Die Positionen der genannten Ventile wurden korrigiert (Tabelle 1).

³⁸ Vgl. [7], Att. 8-8).

³⁹ "The DC-driven isolation valves (2A and 2B) of IC had been "Fully Opened" just before the plant site (height: O.P. + 10 m) was flooded, and had not been closed by operators. However, judging from the facts that isolation valve (2A) turned on the "Fully Closed" lamp after the flooding, the isolation valve (2B) was confirmed "Fully Closed" by the NRA site investigation, and the distribution center to supply power to the control circuits had not been flooded, the NRA estimated that both isolation valves were closed due to the loss of controlling DC power for the rupture detection circuit" ([23], p. 72f.).

⁴⁰ Es sollte jedoch beachtet werden, dass sowohl die Ventile 1A und 4A als geschlossen angegeben wurden, nachdem die Wechselstromversorgung ausgefallen war. Die japanischen Behörden gehen heute davon aus, dass die Ventile offen waren ([23]).

⁴¹ Vgl. dazu insbesondere die Ausführungen von TEPCO in [7], Att. 8-10.

⁴² Es ist unklar, ob der Operator, der den IC von 15:17 Uhr bis 15:34 Uhr bediente, die anderen Operateure darüber informierte, dass der IC ausgeschaltet war, als die zweite Tsunami-Welle eintraf, bzw. ob die anderen Operateure diese Information richtig wahrnahmen ([7]): "... an operator performing IC isolation valve opening/closing prior to tsunami onslaught, stated that 'power was lost while the isolation valve (3A) was closed' and that he 'told other operators about this.' However, none of the other operators stated that they remembered this fact. As stated below, the operator who gave this statement later changed their statement on the position of the isolation valve (3A) operation switch. This change is likely due to various publicly

released survey results. It is for these reasons that this statement was not considered a fact for the purposes of this report" [7] (Att. 8-10, p. 5).

Die IC-Ventil-Bedien-Schalter-Positionen, anhand derer (nach Eintreffen der zweiten Tsunami-Welle) der ausgeschaltete Zustand des IC erkennbar gewesen wäre, wurden nicht geprüft [7]: "Operation switch position checks are one method of confirming isolation valve (3A) status after tsunami onslaught, but this did not take place" ([7], Att. 8-10, p. 6).

⁴³ "The Unit 1 side MCR was lit only by emergency lighting, while the Unit 2 side MCR was submerged in total darkness" ([7], p. 172).

⁴⁴ "MCR lighting, monitoring instruments, and display lamps went out" ([7], p. 171).

⁴⁵ "All across the control panels, the lights started to go out. Irregularly, over the course of half a minute or so, they gradually flickered out. [...] In the quiet, the emergency lights on the Unit 1 side of the room glowed faintly. Without them the control room would have been in complete darkness" ([16], p. 27-28).

⁴⁶ "... instruments (...) went out one by one until ultimately lighting on the Unit 1 side of the MCR consisted of emergency lights only and the Unit 2 side was plunged into total darkness. Alarms that were sounding went silent and the MCR was for a second completely quiet. Without knowing what had happened operators doubted whether or not what they were seeing was indeed reality" ([7], Att. 2, p. 9f.).

⁴⁷ "the return of an operator, sopping wet, shouting "There's seawater rushing in!" made MCR operators certain that a tsunami had struck" ([7], p. 167).

⁴⁸ "In the windowless control room, Izawa [the shift supervisor of unit 1-2] and the rest of the staff had no idea what was going on outside. They couldn't imagine how there could possibly be any seawater" ([16], p. 29).

⁴⁹ "At 15:50, it was confirmed that reactor water level was unclear. In addition to AC power, all DC power was also lost thereby resulting in a total loss of power. The shift supervisor immediately relayed all confirmation results to the power generation team in the power station ERC" ([7], Att. 2 E, p. 11).

⁵⁰ "The emergency response centre had to be informed of this dire situation. The phone had been off the hook the whole time, and Izawa took it to speak to the operations manager there. "We have an SBO, The DGs have cut out. This fall under Article 10 of the Nuclear Emergency Act. We are trying to find out what is still usable" ([16], p. 28).

⁵¹ "Site Superintendent Yoshida understood that a situation that far exceeded any expected major accident had actually taken place" ([9], p. 108).

⁵² "On avait perdu toutes les alimentations électriques. On n'avait plus le moyen de refroidir. Dans ces conditions, il était plus qu'évident qu'on allait droit à l'accident sévère, ou même encore pire. (...) Dès l'instant où on avait perdu toutes les sources de courant alternatif, j'avais jugé que cela correspondait à un phénomène de l'ordre de l'accident sévère" ([40], p. 51).

⁵³ "The site superintendent determined that Article 10 of the Nuclear Emergency Act was applicable to the present situation (SBO) at 15:42 on March 11" (...) "In order to ensure roads necessary for future restoration work, employees and contractor employees began soundness checks of mountain side on-site roads where tsunamis had yet strike around 16:00 on March 11. [...] The distribution department of the Headquarters ordered all stations to ensure power supply cars at 16:10 on March 11. They requested support for power supply cars from other electric utility operators at 16:30" ([7], p. 172f.).

⁵⁴ "J'étais désespéré. Au fond de moi-même. Nous étions dans une situation d'accident majeur. (...) Lorsque l'IC et les RCIC seraient arrêtés, il y aurait bien le HPCI ; mais lorsque tout cela se serait arrêté, quand la batterie se serait arrêtée, comment allait-on refroidir ? J'avais donné l'ordre qu'on y réfléchisse, mais je ne voyais pas moi-même l'ombre d'une solution" ([40], p. 62f.).

⁵⁵ "Operators were not sure of operational status of IC immediately after SBO because: Operators were uncertain about valve position when power was lost (reactor pressure was controlled using IC valve open/close operation between earthquake and power loss.) ; Instrumentation was lost and operators couldn't reach IC due to darkness, abnormal dose rate, aftershocks, tsunami warning, etc.; Valve position of IC was dependent on relative timing of loss of control / valve drive power, which is still unknown" ([4]).

⁵⁶ "Parameters (e.g., reactor pressure, reactor water level) and IC status could not be confirmed in the MCR, as the status display lights for various equipment (e.g. monitoring instruments, IC) had gone off due to power loss" ([7], Att. 2).

⁵⁷ "Instrument and equipment status display lights turned off one after another in the post-tsunami MCR. Lights also turned off, and the MCR was lit only by emergency lighting. It was then that the IC isolation valve status display light turned off as well. Many operators, including the Shift Supervisor, have stated that they no longer knew what the IC operation status was at this time" ([7], Att. 8-10).

⁵⁸ "... the current state of the isolation condenser was unknown. (...) because the flooding and the consequent loss of power had been gradual, they didn't know whether the valves were open, or closed. They might even be somewhere in-between." (p. 42 chapter "Grasping the situation – helpless") ([16]).

⁵⁹ "ERC personnel misunderstood that IC was in operation for some time because: SPDS function was lost and communication measures were very limited (2 hotlines / 1 MCR); Information which implied IC was in operation was communicated. However, information which denied it was not communicated or not recognized by ERC personnel; when water level indication was restored, it showed above TAF" ([4]).

⁶⁰ Vgl. hierzu insbesondere die Ausführungen von TEPCO in [7], Att. 8-10.

⁶¹ "Usually, the Tokyo and NPS ERC would have been able to instantly grasp and monitor the operational status of all units via the Safety Parameter Display System (SPDS). In other words, detailed data including plant parameters and information on open/close status of valves would have been communicated via the SPDS to the Tokyo and NPS ERC as long as SPDS functioned properly. If so, such data would be displayed on the huge screens at the Tokyo and NPS ERC and the staff members could have understood and monitored the plants. In reality, however, the SPDS was not available because it had lost its power supply after the tsunami" ([9]).

⁶² "Yoshida in the ERC was in a similar situation and had no data on the isolation condenser. [...] "My staff were like blindfolded pilots in the cockpit of a plane with its hydraulics and everything else shot to pieces. How were they supposed to get down safely? We'd no way of knowing what position the valves were in when the power went down" ([16], p. 43).

⁶³ Heute wissen wir, dass dieses System seine Reaktorkühlfunktion nach dem Verlust aller Stromversorgungen nicht mehr gewährleisten konnte ([23]).

⁶⁴ "My staff were like blindfolded pilots in the cockpit of a plane with its hydraulics and everything else shot to pieces. How were they supposed to get down safely? We'd no way of knowing what position the valves were in when the power went down" ([16], p. 43).

⁶⁵ "Das HPCI (...) dient dazu, gegen höhere RDB-Drücke Kühlmittel über die Speisewasserleitung in den RDB einzuspeisen. Die dafür vorgesehene Pumpe wird (...) über eine Turbine mit dem Dampf aus dem RDB angetrieben. Der Dampf wird anschließend zurück in die Kondensationskammer geleitet. Das System kann das Kühlmittel sowohl aus der Kondensationskammer als auch aus dem Kondensatvorratsbehälter ansaugen. Wie der IC benötigt das HPCI lediglich Batteriestrom zur Steuerung" ([13]).

⁶⁶ Es ist unklar, ob es funktioniert hätte, wenn ein Start vor Verlust der Steuerspannung erfolgt wäre – was beim RCIC im Block 2 der Fall gewesen war.

⁶⁷ "Since the shift supervisor could not check the IC vent pipe from the MCR, he requested that the ERC at the power station check it. The operation team at the ERC at the power station confirmed that steam was coming from the R/B IC vent pipe at 16:44 on March 11" ([7], p. 175).

⁶⁸ "One member of the Operation Team at the NPS ERC testified to the effect that he confirmed that steam was coming out of the IC systems' vent pipe, which is installed on the surface of the west side wall of the Unit 1 R/B, at around 16:44 on March 11, 2011. However, even this member did not confirm that steam was coming out of the IC systems' vent pipe discharge outlet in horizontal direction. According to the Unit 1 recorder charts the temperature for one IC tank (Train A) was noted as having already reached 100°C by the time the tsunami arrival because this IC system (Train A) was operating. That being the case, even if it were true that steam was coming out of the IC systems' vent pipe of the Unit 1 R/B, this is not contradictory with the fact that the IC systems were not operating after the tsunami arrived due to the state of steam venting. Therefore, judging from the open/close position of the various isolation valves for Systems A and B of the IC systems after the tsunami arrived, it is hard to suppose that the IC systems were operating" ([10], Att. II-1-1, p. 77).

⁶⁹ "At 16:44, personnel of the Operation Generation Team of the Power Station Emergency Response Headquarters checked the condition of an IC steam pipe along a wall of the reactor building and reported that steam was coming out. (It was an oral report without any photos or other such evidence, and the situation was such that it could have easily been misunderstood that the IC was in operational condition.)" ([15], p. 24).

⁷⁰ "According to TEPCO, it was the first time that the IC automatically started and was ever used in Unit 1 since it started operating in 1971" ([3], Chapter 2, p. 83). "The operators had undergone simulation training at the BWR operation training center. However, there had been no simulation training for Unit 1, so they had not received simulation training for the IC" ([3], Chapter 2, p. 86).

⁷¹ Das Training des Personals zum IC erfolgte nach Angaben von TEPCO im Rahmen von Trainings zu den Notfallvorschriften und insbesondere "on the job" im Rahmen von Instandhaltungsarbeiten und während regelmässiger Anlagenrundgänge: "In addition to learning about the IC system while carrying out training in Emergency Operating Procedure (EOP), etc., OJT training in maintenance activities during regular inspections is also carried out as well as daily field patrols and monthly regular testing. Specifically, system integrity is confirmed by checking the open/close operation of each of the CI valves in turn during regular testing such that there is no steam flowing into the IC during operation. As for regular inspections, measures (e.g., measures to prevent valve opening) are considered so as to be able to perform maintenance activities safely during regular inspections with an understanding of the IC interlock. In this way, workers gain knowledge and understanding of the system and functions and the interlock while performing actual work" ([7], p. 204).

⁷² "Since IC was installed, periodical operation test has not been conducted" (Cf. Att. 2.4.1 RCA diagram Unit 1: understanding operations conditions of IC [15]).

⁷³ "Engineers that understood the details (interlocks) of the system were working at locations other than the round table" ([15], Att. 2.4.1).

⁷⁴ "Since the reactor water level was trending downward from approximately 16:42 until 16:56 that day, when the shift team was able to see the reactor water level on the reactor water level gage (wide-range), the shift team thought that the IC of Unit 1 might not function normally" ([9], p. 147).

⁷⁵ "The reason for recovery of the water indicator function is unknown" ([29] Annex I, TV 1).

⁷⁶ "The reactor water level, which could not be seen before, became temporarily visible (+2500mm equivalent) in the MCR between 16:42 and 17:00" ([7], p. 174).

⁷⁷ “Although almost no measurements were available showing the decreasing trend of the reactor water level, the analysis of water level at about 17:00 on March 11th was in good agreement with the measured value. Therefore, it can be considered that the timing of the water level reaching TAF is fairly accurate and that of the start of core damage is by and large well predicted” ([25], p. 11).

⁷⁸ “While preparations for field check were underway in the MCR, it was discovered that ‘shutdown’ was lit for the DDFP condition indicator lamp. It was reported to the plant operation team that the DDFP was in shutdown, at 16:35 on March 22. (...).

While other operators were monitoring the tsunami situation on the roof of the S/B, operators headed to the fire protection system (FP) pump room at the T/B basement floor where the DDFP [Diesel Driven Fire Pump] was located, at 16:55 on March 11. When heading into the field, various obstacles prevented them from going farther as T/B 1F hallways were littered with tool racks, which had fallen due to the earthquake and tsunami impact, and numerous pools of seawater. Although operators managed to traverse these obstacles and reach the R/B airlock, they were forced to turn back upon receiving reports of a coming tsunami from operators who had been monitoring for tsunami on the roof of the S/B, via a wireless phone” ([7], Att. 2).

⁷⁹ “2011-03-11 16:55: Field operators dispatched to activate DDFP. (...). The shift supervisor decided that the danger due to aftershocks declined sufficiently to dispatch teams to activate DDFP on-site” ([29], Annex I, TV1).

⁸⁰ “The site superintendent believed that extremely difficult SA [Severe Accident] response would be required in the future, and ordered deliberation and implementation of alternate injection using the FP line, make-up water condensate systems (MUWC), or fire engines. This occurred at 17:12 on March 11” ([7], p. 176).

⁸¹ “Due to the foreseeable need for severely harsh severe accident response in the future, the site superintendent ordered deliberation on the use of alternate injection measures installed as Accident Management (AM) measure (FP, make-up water condensate system (MUWC), primary containment vessel (PCV) cooling system) and of fire engines, at 17:12 on March 11” ([7], Att. 2, p. 55).

⁸² “2011-03-11 17:12: Site Superintendent directed workers to investigate methods of injecting water into the reactor using the fire protection system or fire engines. (...). Operators reviewed methods for alternative water injection using the accident management (AMG) procedures and confirmed the injection path using the installed fire pump into the RPV via the core spray system. The team had to return to the MCT due to the tsunami warning” ([29], Annex I, TV1).

⁸³ “At approximately 17:15 that day, the engineering team of the NPS ERC calculated the time when the reactor water level of Unit 1 would reach the top of active fuel (TAF) (the core exposed to start). As a result, they estimated it would reach the TAF in one hour if the reactor water level continues falling at its current rate. This means that, at that moment, the NPS ERC was aware of the fact that the reactor water level was falling by approximately 60 cm every 14 minutes and that the reactor core could become exposed in one hour, at approximately 18:15. The TEPCO ERC also obtained the same information via the teleconference system and seemed to have had the same knowledge. If so, the NPS and TEPCO ERC could at least by that time have easily known that the IC’s “cooling” capability was inadequate and they had to start an alternative method of water injection regardless of what the two ERCs had previously known about the operating status of the IC. Faced with such an unimaginable situation and confused in the midst of a flood of information on the plant status of Units 1 to 6, however, neither the NPS ERC nor the TEPCO ERC had the mindset to presume the operation status of the IC from the information on the falling reactor water level of Unit 1” ([9]).

⁸⁴ “2011-03-11 17:15: Site ERC technical support staff calculate time to uncovering of core. (...) 1 h” ([29], Annex I, TV1).

⁸⁵ “While plant operators set off for the field check [of DDFP - Diesel Driven Fire Pump] at 16:55, they returned upon obtaining information on the way to the field that tsunami was approaching. [...] On March 17:19 operators set off to the field again” (...) “Since parameters and data regarding the IC could not be

checked from the MCR, it was decided that reactor pressure instrument displays within the R/B and shell side water level instrument level (source of IC cooling water) would be checked. On March 11 at 17:19, the operators set off to the field, but aborted the field check because the contamination survey meter held by the operators showed a measurement above the normal level around the entrance of the R/B" ([7], p. 174f.).

⁸⁶ "...we don't know what's going on in the reactors. Before we go and find out I'd like to make sure you carefully follow the rules of operation" p36 "At 4:55 pm, an hour and a quarter after the tsunami had struck, the first squad set off to the reactor building to ascertain the conditions inside. They hadn't yet put on their radiation proof masks. But before entering the building they turned back. [...] as soon as we reached the outer door, the meters were already off the scale" ([16], p. 45f.).

⁸⁷ "Operators temporarily turned back in order to report this situation at 17:50" ([7], p. 175).

⁸⁸ "On March 11 at 17:19, the operators set off to the field again, and DDFP automatically started up at 17:30 by the operators' fault recovery operations. However, since alternate water injection lines to the reactors were not prepared, it was decided that DDFP would be shut down until the alternate water injection lines were prepared" ([7], p. 174).

⁸⁹ "We went inside and switched on the engines from the control board. Once we'd confirmed that they worked, we switched them off again. Leaving them running would be a waste of fuel, and the pipeline to the reactor wasn't ready either, so for the time being we turned them off. We knew they'd work, so we could switch them on again when the pipeline was set up" ([16], p. 47).

⁹⁰ "Since the structure of the DDFP operation switch made it impossible to stay shut down, operators had to work in turns to ensure it did not automatically activate again" ([7], p. 174).

⁹¹ "The work in the pump room was completed in about thirty minutes. By the time they returned to the control room it was almost 18:00" ([16], 47).

⁹² "Some DC power sources came back on while work of ensuring an alternate injection line to the reactor via DDFP and of checking field display instrument was underway. This may have happened due to temporary DC power source availability due to tsunami impact. At this time, operators discovered that green lamps (indicating "closed" state) of the IC (subsystem A) supply pipe CI valve (MO-2A) and return pipe CI valve (MO-3A) were lit." ([7], p. 175).

⁹³ "Operators believed that, since the open IC supply pipe CI valve (MO-2A) which is normally in an "opened" state was closed, all CI valves for the IC were closed due to transmission of "IC piping rupture" signal as the safe side action, along with loss of the DC power source to detect "IC piping rupture". Although the "closed" lamp had turned on, there was concern that grounding and using a water damaged battery would make it impossible to operate again. After deliberation by several operators, they took a chance that the CI valve (MO-1A, MO-4A) inside the PCV was open" ([7], p. 175).

⁹⁴ "When the opening operation of the IC return pipe CI valve (MO-3A) and supply pipe CI valve (MO-2A) was performed at 18 :18, the status display lamp changed from "closed" to "open"" ([7], p. 175).

⁹⁵ "Since power was lost, there was no way to confirm whether IC was operating via monitoring instruments in the MCR. Therefore, operators could only confirm that steam was generated from the IC vent pipe by sight (steam seen over the R/B) and sound (sound of steam being generated). Conditions at the time did not allow operators to go where they could directly inspect the IC vent pipe visually (outdoors), as there were frequent aftershocks, large tsunami alerts were issued, and there was risk of tsunami arrival" ([7], p. 175).

⁹⁶ "2011-03-11 18:18: IC observed to be operating: Steam was observed from the IC exhaust area for a short duration. It was reported to the station ERC that IC is operating" ([29], Annex I, TV1).

⁹⁷ Vgl. die Erläuterungen zum "Plant Operation Team" in Teil 1 dieser Berichtsreihe ([35]).

⁹⁸ "The MCR notified the station ERC that the opening operation for two valves had been performed and steam generation was confirmed. Upon receiving this report, the station ERC acknowledged that the IC was operating" ([7], Att. 2, p. 57).

⁹⁹ "At 18:17, a report from the main control room (MCR) stating that the valve was opened was relayed by the Operation Generation Team to the Power Station Emergency Response Headquarters as "injection had commenced"" ([15]).

¹⁰⁰ Die NRA weist darauf hin, dass ab 18:18 Uhr der Status der Ventile 2A, 2B und 4B ausserhalb des PCV geschlossen war, jedoch der Zustand der Ventile 1A und 4A im Primärcontainment nicht klar ist. Diesbezüglich werden weitere Analysen durchgeführt ([23]): "Judging from the analyses, the NRA estimated that the isolation valves (2A and 2B) outside the PCV were closed, but isolation valves (1B et 4B) of the IC (system "B") in the PCV remained open. However, the operating status (open/close) of isolation valves (1A and 4A) of the IC (system "A") in the PCV is not clear. It is therefore necessary to continue analyses of this issue" ([23]).

¹⁰¹ "The amount of generated steam seen from the R/B was small, and it stopped shortly after" ([7], Att. 2, p. 58).

¹⁰² "2011-03-11 18:25: IC operation cannot be confirmed: Steam that was observed from the IC exhaust area ceased. There was a doubt regarding the integrity of the IC system. Possible causes were: inboard valves closed, IC tank inventory depleted, line break etc." ([29], Annex I, TV1).

¹⁰³ "It was the low amount of steam generated that made them doubt whether the IC was operating" ([7], Att. 8-10).

¹⁰⁴ "... steam generation halted after some time. Under the condition that what is unexpected kept happening, operators believed steam generation halted because the CI [containment isolation] valve (MO-1A, MO-4A) within the PCV closed due to isolation signal. There was concern that shell side water used as IC cooling water could disappear for some reason. Considering that the IC was not functioning and that pipes needed to supply shell side water were not assembled, operators temporarily closed the return pipe CI valve (MO-3A) at 18:25 on March 11" ([7], p. 175f.).

¹⁰⁵ "Upon considering the possibilities that the IC was not functioning and the fact that the feed lines needed for shell-side water supply were not prepared, operators closed the return piping containment isolation valve (MO-3A) at 18:25 on March 11" ([7], Att. 2, p. 58).

"However, they remained wary of the possibility that the IC was not functioning and that piping required to supply the shell side with water was not assembled, the return pipe CI valve (MO-3A) was temporarily closed at 18:25 on March 11" ([7], p. 203).

¹⁰⁶ "Concerned about the water inventory left in the IC shell side tank, at 18:25 the operators closed the isolation valve outside the containment on the return pipe. (...) If the isolation valve had not been closed at 18:25 on March 11th, reactor cooling by the IC might have been continued" ([25], p. 12).

¹⁰⁷ "As there were questions concerning the soundness of the IC system, and as it was not operating as expected, the outboard isolation valve in the condensate leg of the IC was remote-manually closed again at 18:25" ([29], p. 94).

¹⁰⁸ Vgl. dazu insbesondere die Ausführungen von TEPCO in [7], Att. 8-10.

¹⁰⁹ "At 18:25, a report from the MCR that the valve had been closed did not reach the executive members of the Power Station Emergency Response Headquarters." (...) "Although some information was received which indicated that the IC was not operating, this information was not fully shared with the Power Station Emergency Response Headquarters.

- Even though there were people who claimed to have seen that almost no steam was coming out of the IC, there was no systematic information collection effort such as taking photos for the purpose of verifying the IC operation condition so that it could be conveyed clearly to the Power Station Emergency Response Headquarters.
 - Between 16:42 and 17:00, it was confirmed through indication on the temporarily recovered water gauge that the level was decreasing.
 - Based on the above-mentioned downward water level trend, the engineering team predicted that the level would drop to the top of the reactor core at around 18:00." (...) "The executive members of the Power Station Emergency Response Headquarters could not afford to slow down and think because they were busy planning the recovery activities necessary for each unit and ascertain the status of the responses.
 - The accident was progressing simultaneously at Units 1-6.
 - The personnel, who should have focused on plant recovery led by the site superintendent, were overwhelmed with handling reports and responding to outside inquiries, including those from the Head Office, that the situation did not allow them to concentrate on their duties."
- "As contradictory information became increasingly complicated, most of the executive members of the Power Station Emergency Response Headquarters guessed 'The IC would probably continue to work even with the loss of power, because it does not require a power supply'. The reasons underlying this assumption were as follows:
- Many of the executive members of the Power Station Emergency Response Headquarters did not understand the particulars concerning IC function.
 - Personnel who understood the details of the IC's functions were attending to duties away from where executives of the power station's emergency response headquarters were located" ([15]).
- 110** "The Power Station Emergency Response Headquarters at the power station believed that the IC was working until midnight on March 11 when they confirmed that the dry well (D/W) pressure was abnormally high" ([15], p. 24).
- 111** "The operational status of IC was not precisely shared between Main Control Room (MCR) and Emergency Response Center (ERC), and ERC decision makers believed that IC was in operation" ([17]).
- 112** TEPCO: "The executive members of the Power Station Emergency Response Headquarters believed that the situation at Unit 2 was more severe than at Unit 1.
- We were not able to grasp the operating conditions of the reactor core isolation cooling system (RCIC) or the reactor water level at Unit 2. (It was apparent that the DC power sources had been lost when the tsunami struck and that the RCIC could not be started up again once it had shut down.)" ([15]).
- 113** "The operation team was too overwhelmed with work to grasp plant conditions and the status of responsive measures and did not have ample time for deliberation" ([15], Att. 2-4-1).
- 114** Herr Masatoshi Fukura (Unit Superintendent der Blöcke 1 bis 4, in Gegenwart von Herrn Masao Yoshida während des Ereignisses anwesend) sagt aus: "Wir haben eine Stunde mit der Angelegenheit des Blocks 1 verbracht. Danach haben wir uns auf Block 2 konzentriert. Zu diesem Zeitpunkt verschlechterte die Situation sich rapide. Wir befanden uns in einer Abwärtsspirale. Wir mussten permanent jeden Reaktor observieren. Ich spürte, dass es sehr schwer war, so viele Dinge gleichzeitig im Auge zu halten" ([20]).
- 115** "Also, since the head office ERC received reports of IC being active while busy with an urgent need to provide information to the government and equivalent external organizations, under initial confusion while attempting to understand earthquake damage status, etc., and under the situations where events specified in the Nuclear Emergency Act occurred, they did not become aware that it had shut down" ([7], Att. 8-10 (1/6)).

116 “The executive members of the Power Station Emergency Response Headquarters believed that the situation at Unit 2 was more severe than at Unit 1.

– We were not able to grasp the operating conditions of the reactor core isolation cooling system (RCIC) the reactor water level at Unit 2. (It was apparent that the DC power sources had been lost when the tsunami struck and that the RCIC could not be started up again once it had shut down.)” ([15], p. 24f.).

117 Vgl. [15], Att. 2-4-1 “Root cause analysis diagram (Unit 1: Understanding operation conditions of Isolation Condenser)”.

118 “While trying to respond to situations at multiple reactor units due to lack of information about the cooling water injection status of Unit 2 since receiving information about the activation of IC after earthquake, the ERCs at the power station and the Headquarters could not realize, as at 21:19 on March 11, when they received the reading of reactor water level, the shutdown of IC, because of the factors that there was no information about IC shutdown after the tsunami arrival, that the reactor water level, temporarily confirmed at 16:42 on March 11, was above the top of active fuel, and that steam generation from IC was reportedly confirmed at 16:44. Furthermore, the ERC at the power station believed the IC was operating after reactor water level was discovered to be TAF+200mm at 21:19 on March 11. Thus, they believed the DDFP activated at 20:50 on March 11 was being used to supply the IC shell side with water, in order to maintain IC function. While the DDFP is a system that can be used to supply IC shell side with water, it was activated from the MCR as an alternate reactor injection measure, and was not used to supply IC shell side with water” ([7], p. 205).

119 “The Power Station Emergency Response Headquarters at the power station believed that the IC was working until midnight on March 11 when they confirmed that the dry well (D/W) pressure was abnormally high” ([15], p. 24).

120 “Survey results revealed that early restoration of off-site power would be extremely difficult. EDGs and power panels at the EPDS (Electrical Power Distribution System) were either flooded or underwater, making early restoration difficult here as well. Therefore, the ERC at the power station utilized the still usable Unit 2 low pressure power panel (P/C) and power supply cars to begin power restoration for the standby liquid control system (SLC) that could perform high-pressure reactor injection” ([7], p.173).

121 List of battery procurement Att. 10-2 [7] procured by power station restoration team: 2*12V car batteries (onsite contractors’ company bus) and 4*6V communications and control (onsite contractors’ warehouse) on March 11, after dusk ([7]).

122 “En ce qui concerne les sources électriques, on ne disposait d’aucune source importante. En plus, nous n’avons pas les générateurs Diesel. Quant au courant alternatif, il n’y avait que la solution des camions groupes électrogènes, donc on a demandé qu’on nous amène des camions groupes électrogènes. Peu importe d’où ils venaient, on voulait en priorité des camions électrogènes. On réfléchirait à leur utilisation plus tard, mais on voulait des camions électrogènes. Et comme on ne pouvait pas les trouver nous-mêmes, on en a fait la demande à la maison mère. Et on les a eus [...].
Concernant le courant continu, (...) c’est la même chose. Pour pouvoir utiliser les instruments de mesure, il faut du courant continu. Au moment où j’ai ordonné qu’on se débrouille pour en trouver, le groupe Réhabilitation a eu la présence d’esprit d’aller chercher des batteries de voiture, de les monter dans les salles de commande et de les utiliser comme source d’énergie pour les instruments de contrôle. On a donc commencé par se débrouiller avec les moyens de bord. Par la suite, on a demandé au siège de nous en procurer” ([40], p. 75).

123 “... the pipeline was not devised according to instructions from the emergency response center, but on the initiative of the MCR staff, it was the outcome of brainstorming among the veterans in charge there, such as Otomo, Hirano and the shift supervisor, Izawa” ([16] p. 48).

124 "... on march 11 at 18:35, the MCR began an operation to manually open motor operated valves so as to establish alternate water injection lines to the reactors using the fire protection system. Operators and the plant operation team of the ERC at the power station set off for the R/B using flashlights in total darkness where the lighting was not working" ([7] p. 174).

125 "Soon after Hirano and his team got back, they started work on the pipeline. By 18:30 they had started to assemble the line that would pour water into the reactor. [...] There were five of us, and about five valves that we needed to open by hand" ([16], p. 48).

126 "... by the time they'd opened the last valve it was almost 20:00 – more than an hour since they'd left the control room" ([16], p. 52).

127 "... since MCR monitoring instrument indicator values were not being displayed due to loss of power, operators went to check reactor pressure instruments within the R/B at 20:07 on March 11. Reactor pressure was 6.9 MPa" ([7] p. 174).

128 "... the reactor pressure of 7.0 MPa abs was measured at 20:07 on March 11th" ([25] p. 12).

129 "Temporary lighting using a small generator was restored at 20:47 on March 11" ([7] p. 178).

130 "A temporary battery was connected and reactor water level indicator restored at 21:19 on the same day. It was confirmed that display values were +200mm from TAF" ([7] p. 178).

131 "When operation of the fuel range water level indicators were recovered at 21:19 on March 11th by the temporary power supply, they showed TAF+200mm but the reactor water level indicators seemed to have been already defective." (...) "Examinations shall continue from this standpoint (Unit-1/Issue-3)" ([25]).

132 Auf diese Gegebenheit wird auch in dem Film der NHK hingewiesen. Es wird unterstrichen, dass die Messung des Wasserpegels nur stattfinden kann, wenn eine vorbestimmte Menge an Wasser vorhanden ist, die als Referenzwert dient. Am 11. März gegen Abend sei es jedoch nicht mehr möglich gewesen, das genaue Niveau des Wassers im Reaktor zu messen, da das Wasser im Reaktordruckbehälter sich in Dampf umgewandelt hatte. Ausserdem zeigt die NHK auf, dass wenn der Pegel der Referenzsäule niedriger als die festgelegte Referenz ist, die Messung des Wasserpegels im Reaktor einen höheren Wert als den tatsächlichen Wert anzeigt ([20]).

133 "The water level indicator was temporarily restored via temporary power at 21:19 on March 11, and display values showed reactor water level was above TAF. However, with limited information on the station in a situation that greatly deviated from predicted accident response scenario, there was no information available to comprehensively determine this display value was erroneous" ([7]).

134 "At 21:30, indications from the water gauge were restored. Although it showed an incorrect value, we believed it since there was no other value we could compare it to" ([15]).

135 "At approx. 21:00 on March 11, additional personnel arrived at each Unit. 17 workers arrived at Units 1 and 2, 7 workers arrived at Units 3 and 4, and 9 workers arrived at Units 5 and 6" ([7]).

136 "... when he [off-duty shift supervisor, Katsuaki Hirano] eventually reached the service building and climbed the stairs to the blacked out control room, he went and stood behind Izawa [on-duty shift supervisor], who was rushed off his feet, and spoke "Hi! How's it going?" [...] For Izawa, who thought he had a hopeless battle on his hands, it felt as if a million reinforcements had just arrived. "It was quite a surprise. I was standing there at the control panel, checking things out, when from behind me came a voice. I turned around and there was Hirano. I was so glad to see him I just yelled out his name. The emergency lights were still glowing dimly on the unit 1 side, but otherwise it was completely dark. And Hirano had taken the trouble to come. I was delighted" ([16], p. 41).

137 "As time went by, all the shift supervisors had assembled in the control room. After Hirano's arrival at 17:00, more staff came in at 19:00 and at 22:00 to offer their support. At 21:00, when the shifts usually changed, all the supervisors and operators from the off-duty shifts were assembled. By this time there were about thirty people in the control room." ([16], p. 83).

138 "... on March 11 at 20:50, since the configuration of the alternate water injection lines to the reactors, using the fire protection system, was completed, operators started up the DDFP so that cooling water injection after the depressurization of the reactors would occur" ([7], p. 174).

139 "... since alternate reactor injection line up had finished, operators moved the MCR DDFP operation switch from the "shutdown" position at 20:40 on March 11. However, it failed to start up. Because there were no methods for communication with field, personnel were placed between the field and MCR to convey operation status. The MCR operation switch was moved from the "shutdown" position, while operators in the field kept pressing the fault recovery button. It was finally confirmed in the field that the DDFP had activated, at 20:50 on March 11. This enabled reactor injection to be performed after reactor depressurization (when DDFP discharge pressure becomes higher than reactor pressure)" ([7], Att. 2, p. 59).

140 "As the IC could normally be operated for about 10 hours without water supply from the shell-side, and because water could be supplied to the IC shell-side as the DDFP had started up, there was less concern for the lack of water on the shell-side. [...] taking all of these into account, under an expectation that the IC, the cooling device of the high-pressure systems, could be activated, the return pipe CI valve (MO-3A), which was temporarily closed, was opened again at 21:30" ([7], p. 178).

141 "... operators confirmed that the valve opened through observing steam generated from the IC vent pipe by sight (steam seen over the R/B) and sound (sound of steam being generated). The operation team at the ERC at the power station exited the seismic isolated building and confirmed steam generation from the IC vent pipe. It was assumed by the ERC at the power station that water was supplied to the IC shell side via DDFP to maintain IC functions" ([7], p. 178).

142 "Later at 21:30 the operators took action again to open the isolation valve outside the PCV and confirmed the steam generating sounds and saw steam when looking above the reactor building " ([25]).

143 "2011-03-11 21:30: IC observed to be operating. (...) Steam was observed from the IC, but later stopped" ([29], Annex I, TV1).

144 "It is considered that a certain amount of heat removal was conducted when the IC was activated after the tsunami, and it resulted in the decrease in the water level to the indicated level of 65%. This is also consistent with the results of the hearing investigation that steam was being generated from the IC vent pipes when the 3A valve of the IC was opened at 18:18 and 21:30. However, as shown by the fact that a substantial amount of water remained in the shell-side, it is considered that heat removal by the IC of the subsystem-A was limited as a result" ([7], p. 197).

145 "At 21:30 (...) the operators tried to start the IC again. Although the water level in the Unit 1 reactor appeared to be increasing briefly, the IC did not function" ([29], TV 1).

146 "2011-03-11, 23:05: (...) Because of the necessary cable connection between the mobile generator and the MCR, it was not possible to close the door and the dose rate in the MCR increased simultaneously to the dose rates in the other parts of the control building. Due to increasing dose rates in the Unit 1 side, operators had to move periodically to the Unit 2 side of the MCR" ([29], Annex I, TV1).

147 INPO zeigt an, dass der Containment-Druck 122 psia (0,84 MPa abs) betrug, ca. zweimal so hoch wie der Grenzdruck, der bei der Herstellung festgelegt wurde und die Integrität des Containments sicherstellt ([5]).

148 Gemäss TEPCO ist der Druck im Bereich des Reaktors 1 in wenigen Stunden von 400 kPa auf 840 kPa gestiegen. Der Druck lag um ca. 23:50 Uhr bei 600kPa ([6]).

149 "D/W pressure could be measured for the first time since tsunami arrival around 23:50 on March 11. (...) D/W pressure already far exceeded design pressure at that point" ([7], p. 192).

150 "Max. operating pressure: 427kPa [gage]" ([7], Att. 2, p. 73).

151 "... at about 23:50 on March 11th, the DW pressure measures 0.6 MPa abs" ([25], p. 13).

152 "The ERC Recovery Team at the power station connected the small generator installed for MCR lighting restoration to the D/W pressure meter and checked its display value around 23:50 on March 11. It read 600kPa, which was reported to the ERC at the power station" ([7]).

153 "Due to the fact that the R/B radiation level was rising and D/W pressure was 600kPa, the Site Superintendent considered the possibility that the IC was not operating. Unusualness in the D/W pressure gauge was considered, but D/W pressure had already reached levels where venting would be needed. Therefore, the Site Superintendent ordered venting preparations to advance at 00:06 on March 12" ([7], Att. 2, p. 73).

154 "... the Site superintendent gave orders to proceed with the PCV venting preparation at 00 :06 on March 12 " ([7], p. 179).

155 Zur Vorbereitung der Entlüftung gibt TEPCO an, dass folgende Aktionen durchzuführen waren: "(...) Confirmation of venting procedures (order of operation, route to the valves, etc); Confirmation of dose rate of the working environment; Preparation of necessary equipment such as fire proof clothes, self-air set, APD, survey meter, light, respirator etc.); Confirmation of necessary working time in the building; Assessment of exposure dose to surrounding area during venting, etc. In addition to the above, impact on residents in surrounding area was considered and the status of evacuation of residents in proximity to the station were checked." (...) "At MCR, the shift supervisor had in advance taken his leadership to check up the procedures for PCV Venting in Accident Management Guideline, and to check up the locations of valves needed for PCV Venting" ([6]).

156 "Confirmation of specific procedures, such as valve operation methods/procedures, began within the MCR. This was performed using materials such as piping and instrumentation diagrams, AM operation procedures, valve diagrams and acrylic boards displaying system diagrams" ([7], Att. 2, p. 73).

157 "... the site superintendent deemed the situation to fall under Article 15 of the Nuclear Emergency Act (abnormal PCV pressure increase) at 00:49 of the same day" ([7], p. 179).

158 "Around 01:30 Request for approval of venting at Units 1 and 2 submitted to Prime Minister, Minister of Economy, Trade and Industry, and NISA, and were granted" ([7], Att. 2, p. 49). "An application for venting implementation was submitted to, and approved by, the PM, METI and NISA around 01:30 on March 12. It was reported that the head office ERC stated, "Various methods should be used to operate the MO and AO valves for venting. The Minister of METI and TEPCO will make an announcement on venting implementation at 03:00. Venting should be performed after the announcement is made." ([7], Att. 2, p 73).

159 "2011-03-12 08 :27 (...) Evacuation of Okuma (south of the unit) reported incomplete. (...) A TEPCO employee who had been dispatched to check the status of evacuation reported that the evacuation of Okuma was not yet complete" ([29], Annex I, TV 1).

160 "While Unit 1 field radiation level was high, this was not the case for Unit 2, and field vent valve operation was possible there. Therefore, it was decided at 02:34 on March 12 that Unit 2 venting was prioritized and that venting would be performed at 03:00. Preparations toward Unit 1 venting continued in the meantime.

Since Unit 2 reactor core isolation cooling system (RCIC) operation was confirmed at 02:55 on March 12, Unit 1 venting was given priority instead" ([7], Att. 2, p.74).

161 "A press release regarding venting implementation was given with the Minister of METI being present at 03:06 on March 12. Although initial plans were to announce that priority would be given to venting implementation of Unit 2, due to the confirmation of Unit 2 RCIC operational status immediately before the press release, it was merely stated in the announcement that venting would be performed" ([7], Att. 2, p. 74).

162 "At approximately 03:06 on March 12, TEPCO Managing Director Komori, METI Minister Kaieda and, Director-General of NISA Terasaka held a joint press conference at METI to make the (...) announcement about the containment venting at Units 1 and 2" ([9], p. 170).

163 [7], Att. 8-3 (p.2/3)

164 Gemäss Darlegung der Vorschriften für schwere Störfälle (procedures for operation in severe accidents) in [11] ist das Primärcontainment-Venting beim Erreichen des Ansprechdrucks (427 kPa rel.) der Berstscheibe auszulösen. Nach Kernschaden ist das Venting bei einem Primär-Containment-Druck, der doppelt so hoch ist wie der Ansprechdruck der Berstscheibe, auszulösen, falls nicht zu erwarten ist, dass die Primär-Containment-Kühlung wiederhergestellt werden kann. Ausserdem besagen die Prozeduren, dass der Notfalleiter zu bestimmen hat, ob das Venting nach einem Kernschaden auszulösen ist.

165 "Based on their age and design, the Fukushima Daiichi NPP units had different overpressure protection configurations. Units 1-3 each had 3 SRVs that discharged steam to the DW in addition to the SRVs (4 SRVs in Unit 1 and 8 SRVs in Units 2 and 3) that discharged to the SC" ([29], TV1, p. 71).

166 "Operators had been performing DDFP operation checks in the field since 01:25 on March 12. It was confirmed that fuel ran out at 01:48" ([7], p. 179).

167 "While the venting plans were being developed, the Unit 1 reactor pressure became low enough to allow alternative water injection. (...). Reactor depressurization had occurred without any operator or plant systems action, indicating that an unknown path provided pressure relief. (...) The AM strategy to restore Unit 1's core cooling using the DDFP for water injection proved to be impossible to implement, because the pump was discovered to be inoperable at 01:48 on 12 March" ([29], TV1).

168 "Operators began replenishing fuel at 02:10. Admidst a field strewn with debris and with separate operators monitoring for tsunami, fuel tank replenishing was carried out, ending at 02:56. However, the DDFP did not activate when startup operations were performed" ([7], p. 179; vgl. auch [7] Att 2, p. 62).

169 "2011-03-12, 02:10: Efforts for refueling and providing DC power for DDFP started. (...). As troubleshooting of the DDFP continued, four operators collected a few dozen containers (of approximately 0.5 L capacity) for carrying fuel by carts and by hand through the truck bay to the DDFP room located in the TB [Turbine Building] basement. Operators also requested the restoration team to replace the DDFP startup batteries" ([29], Annex I, TV 1).

170 "March 12 02:03 deliberations on connecting fire engine to FP line intake began" ([7], Att. 2, p. 62).

171 "The most important point was how much we could cool the reactors, and what else we could do to make sure the containment vessels were not breached. Anyway, we had to inject some water somehow, but now the diesel pumps weren't working properly, and we didn't have the equipment to inject water. While we were brainstorming, someone suggested we could use fire engines as an alternative" ([16], p. 65).

172 "Au milieu de tout ça, (...) – pendant qu'on se demandait s'il n'y avait pas d'autres moyens d'injecter de l'eau –, on s'est rendu compte qu'en utilisant le réseau incendie, on pouvait envoyer de l'eau avec un camion incendie. ça je pense qu'aucun manuel de gestion de crise n'en parle, mais puisqu'on disposait de cette possibilité, il fallait y réfléchir, même penser à faire un essai. J'ai donc demandé qu'on y réfléchisse" ([40], p. 63f.).

173 "It was confirmed that D/W pressure reached 840kPa [abs] [...] at 02:30 on March 12". ("Max. operating pressure 427 kPa [gage] is 528.3kPa [abs] under absolute pressure calculation (528.3kPa [abs] = 427kPa [gage])" ([7], Att. 2, p. 73).

174 "On March 12th, the D/W pressure of 0.84 MPa abs was measured at 02:30 and the reactor pressure of 0.9 MPa abs at 02:45" ([25] p. 12).

175 "2011-03-12, 02:30: Maximum (recorded) containment (DW) pressure; 8.4 bar. Subsequently, the pressure decreased" ([29], Annex I, TV1).

176 "... power was restored to the reactor pressure indicator in the MCR at 02:45 on March 12. It was discovered that reactor pressure was 0.8 MPa" ([7], p. 179).

177 "Reactor pressure AMV was 7.0 MPa around 20:00 on March 11 and 0.9 MPa at 02:45 on March 12" ([7]).

178 ICANPS erläutert:

Nanmei erbringt Dienstleistungen, die auch das Fahren von Brandbekämpfungsfahrzeugen umfassen. Die Gesellschaft hat ihren Sitz nahe des Kraftwerks Fukushima Dai-ichi. Es arbeiten 11 Mitarbeiter einschliesslich ihres Verantwortlichen für das Unternehmen. Das Team, das die Lastwagen fährt, besteht aus neun Feuerwehrleuten: "Nanmei was contracted by TEPCO to conduct onshore accident prevention. It provided services including the operation of the fire engines within the premises of the Fukushima Dai-ichi NPS. The company had its office near the main gate of the NPS where 11 Nanmei members including the leader were stationed. The fire engine crew consisted of nine members. They worked in three shifts over a 24-hour period driving and operating the two fire engines" ([9], p. 144).

JNSS bietet Brandschutz-Dienstleistungen an und ist verantwortlich für die Führung der Brandbekämpfungsgeschäften. Darüber hinaus sind die Mitglieder der JNSS-Sicherheitsdienste verantwortlich für die Sicherheit im Werk, einschliesslich der Eingangs- und Ausgangskontrollen: "JNSS was contracted by TEPCO to provide onshore accident prevention services and take responsibility for the operation of a fire engine. In addition, JNSS security service members were in charge of security including conducting entry and exit inspections at a physical protection (P/P) gate at the north of the NPS's premises" ([9], p. 144).

"From the night of March 11 until dawn of March 12, the NPS ERC gradually learnt of the status of the fire engines as they asked the Nanmei and JNSS personnel who came to seek shelter in the Seismic Isolation Building" ([9], p. 145). " (...)The NPS ERC requested Nanmei staff, who were on standby in a hallway of the Seismic Isolation Building, to locate the discharge ports of the Unit 1 T/B and to inject water into the reactor using the fire engines. Though the request was obviously beyond the scope of the services TEPCO entrusted the company with and meant that the Nanmei employees would undertake a dangerous task amid high levels of radiation, the head of the company's local office accepted because of the urgency." ([9], p. 151f.).

179 "The Emergency Planning & Industrial Safety Department checked the fire engines condition via contractors commissioned to perform firefighting activities using fire engines. Of the three fire engines distributed to the station, the one unit on standby in the garage was usable, the one near the Units 1 to 4 protection headquarters was damaged by the tsunami, and the one on the Units 5 and 6 side could not be used. The fire engine near Units 5 and 6 was inaccessible due to road damage and effects of tsunami debris; some reports stated it was washed away by tsunamis. The single usable fire engine was moved to the side of the seismic isolated building for standby before dispatching" ([7], p. 176).

180 From attachment 10-4 (3): on 11th March at 15:40, "1 fire truck is in the garage on high ground and operational, 1 truck is on the Unit 5/6 side but cut off due to road damage and debris from the tsunami, there is also information that it got washed away by the tsunami and is therefore unavailable, and the last truck was near the protection office on the Unit 1-4 side and rendered inoperable by the tsunami" ([7]).

181 ICANPS Interim, p. 144 [9]

182 "However, of the three fire engines at Fukushima Daichi, two had been wrecked by the tsunami and only one was operable" ([16], p. 66).

183 Vgl. [7], Anlage 10-4 (1).

184 “The plant operation team and fire brigade [...] joined with several operators who were performing DDFP oil supply and searched together, but could not find the intake due to scattered tsunami debris and the opened truck bay protective doors” ([7], Att 2, p. 63).

185 “The intake near the building wall was to the side of the T/B seaside truck bay. Tsunami debris removal was needed to ensure the injection line using fire engine. [...] the search for the intake by the side of the T/B truck bay began at 02:10 on March 12. It was not found, because the vicinity of the T/B truck bay was scattered with tsunami debris and hidden by the open T/B truck bay protective door” ([7], p. 179f.). “Employees and contractor workers [...] they also searched for the FP line intake, but were unsuccessful. They returned to the seismic isolated building at 03:30 on March 12” ([7], Att. 2, p. 63).

186 “Relevant parties such as the ERC Recovery Team at the power station and the in-house fire brigade confirmed the location of the intake where the fire engine could be connected. This took place during preparations and desktop deliberations on reactor injection via fire engine” ([7], p. 179).

187 “From approximately 02:00 until approximately 03:00 on March 12, they drove the fire engine to the T/B of Unit 1 and found that the shutter at the entrance to the building had been opened by the force of the seismic waves and several cars had been swept out of the building and piled up on the ground. Amid such chaos, they used searchlights of the fire engines to look for the embedded water discharge port. However, they could not find it. A member of the shift team happened to come out from the large equipment service entrance of the Unit 1 T/B to get extra fuel for the D/DFP and the group asked him to help them look for the water discharge port. After all, they could not locate it. The Nanmei workers and the operation team member returned to the Seismic Isolation Building. When the Nanmei workers and some members in charge of accident prevention at the NPS ERC reviewed plot plans at the NPS site to locate the embedded water discharge ports, a person (who was actually involved in installing firefighting equipment at the Unit 1 T/B and knew the location of the embedded water discharge port) was identified” ([9]).

188 “Employees knowledgeable about the field and members of the fire brigade headed to the field once again around 03:30 on March 12. They discovered the intake, located behind the truck bay protective doors” ([7], Att. 2, p. 63).

189 “However, the NPS ERC could not yet locate the discharge ports of the Unit 1 T/B. One member of the operation team of the NPS ERC was chosen to look for the location of the embedded water discharge port with Nanmei workers. From approximately 03:00 until 04:00 that day, Nanmei workers and the man who knew the location of the embedded water discharge port went to the T/B of Unit 1 by fire engine again and finally found the embedded water discharge port hidden from view by a shutter frame which had been bent by the tsunami” ([9], p. 152ff).

190 “After a four hour effort of searching for and locating the FP water injection port among the debris, establishing the connection and getting the fire truck to the connection, the alternative water injection from the freshwater tank to the Unit 1 reactor via the FP system by using fire engine started about 12.5 hours after the SBO, at 04:00 on 12 March. Water injection from a single one-tonne truck continued intermittently, with the truck having to return to the freshwater tank periodically to be refilled. The water transport efforts were also interrupted by changing radiation conditions at the site” ([29], TV1, p. 19).

191 “... they began injection of the fresh water (1300L) loaded on the fire engine around 04:00. [...] due to a field radiation level increase at 04:22, injection work was temporarily halted and personnel returned to the seismic isolated building” ([7], Att. 2, p. 63).

192 Kenntnisstand heute: Selbst wenn angenommen wird, dass der Reaktordruck (keine Messungen verfügbar seit 02:45 Uhr) sich in etwa dem Drywell-Druck (0,75 MPa abs.) angenähert hätte, dann hätte mit der Feuerlöschpumpe (Förderhöhe 0,85 MPa rel.) – angesichts der Druckverluste durch Schläuche und Leitungen – keine ausreichende Einspeisemenge aufrechterhalten werden können ([10], Att. II-1-1, p. 31f).

193 "There was a fire engine near the Units 1 through 4 side protection office that was damaged by tsunami. Operators attempted to use the water on it for injection. However, due to a field radiation level increase at 04:22, injection work was temporarily halted and personnel returned to the seismic isolated building" ([7], Att. 2, p. 63).

194 "Due to a field radiation level increase and isolation for contamination, the fire brigade leader requested continued cooperation from the fire brigade contractors, and said contractors agreed to drive and operate fire engines. The fire brigade leader and three members of the fire brigade put on full masks and headed into the field at 05:46 on March 12. There, they restarted cooling water injection via fire engine" ([7], Att. 2, p. 64).

(...) "Another fire brigade headed into the field on a fire engine to continue cooling water injection. The large amount of debris and other obstacles due to earthquake/tsunami impact meant that it would take time to move the fire engine. Therefore, a sequential injection line was assembled between the Unit 1 side FP tank and FP line intake by using hoses on the fire engine. Then, injection was performed." ([7], Att. 2, p 64).

195 "2011-03-12 05:46: Freshwater injection by the fire engine to the reactor restarted. (...) Through the fire engine. The fire engine was kept refilled from the nearest fire protection (FP) tank, and returned to the connection point six times until 09:15. In the meantime, a hose connection between the FP tank, the fire engine and the intake was established, so that a continuous water injection became possible" ([29], Annex. I, TV1).

196 "On a commencé par mettre l'eau qui se trouvait dans la citerne du camion et, une fois la citerne vide, il fallait la remplir de nouveau. Au début, on ne pouvait que faire des injections discontinues. J'en avais été informé. Puis – je ne me souviens plus de la chronologie exacte –, on a pensé aux 40 tonnes de la réserve d'eau contre l'incendie, celle qu'on avait construite après l'accident de Kashiwazaki (...). On a changé plusieurs fois de méthode (...). (...) dans le principe, on commençait par injecter l'eau dont on disposait, puis on se réapprovisionnait. Et en même temps qu'on faisait ça, on a décidé d'utiliser l'eau de la cuve incendie" ([40], p. 64).

197 [25] Att. 1-5-17

198 "C'est un point qui était très difficile à juger pour nous aussi. Est-ce que l'eau entrain bien à l'intérieur ? Tout ce qu'on pouvait voir, c'était si l'eau s'écoulait. On n'avait pas de débitmètre. Alors on tenait le bout du tuyau et on regardait si l'eau coulait. Si elle coulait, on se disait que ça devait entrer. On n'avait pas mieux pour en juger. (...) c'est une question de différence entre les pressions qui s'exercent de part et d'autre du clapet anti-retour, la pression de ce qu'on veut faire entrer et la pression de l'autre côté. Sans débitmètre, on regarde, on voit que ça coule, et on se dit que ça doit être bon" ([40], p. 73).

199 "Freshwater was injected by fire engines from about 04:00 to 14:53 on March 12th. But part of the injected water seems to have gone to other systems and equipment, not to the reactor. In the analysis, it was assumed that the injection had not been enough to flood the core region and that only a fairly small amount of water compared to the actual amount of discharged water by the fire engines had been injected to the reactor in view of reproducing containment pressures. The amount of water injected into the reactor represents important information for understanding the accident progression. Further examinations are needed to know the actual amount of injected water (Common/Issue-2)." (...) "The amount of injected water by fire engines has been recorded on-site. But the possibility is well established that part of the injected water flowed not to the reactor but to other systems and equipment, because piping of the make-up water condensate system (MUWC) and the fire protection system is installed at many locations of the plant. MAAP did not assume either that the full amount of injected water had reached the reactor. The amount of water actually injected to the reactor is very important information for examining the accident progression. Therefore, possible leak paths were examined to evaluate their quantities" ([25]).

- 200 "The results showed that about 20 to 50 % of the water injected by fire engines reached the reactor. However, this was obtained based on the assumption that fire engines discharged water at about 1 MPa. In reality, operating discharges pressures below this level were occasionally recorded. Therefore, the results still have some uncertainties" ([25], p. 22).
- 201 "High dose rates were also noticed around the piping and heat exchangers of the reactor building closed cooling water system (RCW) and of the radioactive waste treatment building. There might have been a possibility of FP transfer from the equipment sump in the PCV to the RCW piping, but details of causes are unknown. It is important to clarify the causes of dose rate increase as the unintentional dose rate increase could impede accessibility to the buildings for terminating the accident. Whether part of the water in the RCW flowed into the PCV or gas leaked from the RCW piping also needs to be examined in connection with the accident progression (Unit-1/Issue-9)" ([25]).
- 202 "07:11 Prime Minister arrived at Fukushima Daiichi NPS" ([7], Att 2, p. 50).
- 203 "At 08:03 on March 12, the Site Superintendent gave orders that 09:00 would be the target time for venting operation" ([7], p. 181).
- 204 "Aim to start the vent at nine o'clock", announced Yoshida as soon as he arrived back in the ERC at 08:03, after his meeting with the PM and his party" ([16], p. 121).
- 205 "The PM and his entourage left the ERC at 07:42. His conversation with Yoshida had lasted about twenty minutes" ([16], p. 108).
- 206 Vgl. hierzu auch die Darstellung und die Wahrnehmungen des Premierministers selbst in [30].
- 207 "The restoration team investigated the relevant diagrams and contacted contractors to confirm whether the type and structure of suppression chamber (S/C) vent valves (AO valve) needed for venting allowed manual operation. A manual operation handle was found on the diagrams for S/C vent valve (AO valve) bypass valves, confirming that they could be opened manually. This was reported to the MCR" ([7], Att. 2, p. 72).
- 208 "... confirmation of specific procedures, such as valve operation methods/procedures, began within the MCR. This was performed using materials such as piping and instrumentation diagrams, AM [Accident Management] operation procedures, valve diagrams and acrylic boards displaying system diagrams" ([7], Att. 2, p. 73).
- 209 "(...) the ERC had told them to confirm the procedure for a vent and the location of the necessary valves" ([16], p. 84).
- 210 "The ERC at the power station checked with TEPCO employees dispatched to the Okuma town area regarding Okuma resident evacuation [...]. This was in addition to checking evacuation status of the 3 km radius area where evacuation orders had been issued. It was confirmed that some residents had not evacuated from Okuma town at 08:27 on March 12. [...] it was decided that venting would begin after checking evacuation status. Completion of evacuation from the town of Okuma was confirmed at 09:02 on March 12" ([7] p. 181).
- 211 "At 09:02, confirmation arrived that the delayed evacuation of part of Okuma was now complete, and two minutes later, the order was given at the ERC. "Carry out the vent at Unit 1" ([16], p. 122).
- 212 "A ce stade, nous pensions qu'il fallait y aller manuellement, puisque toutes nos tentatives pour une manœuvre à distance avaient échoué. Je savais que le personnel serait exposé à l'irradiation, mais je pensais que c'était la dernière solution. C'est le moment où j'ai demandé d'exécuter l'opération à 9 h 00" ([40], p. 111).

- 213 "Otomo [shift supervisor] and Oigawa [assistant shift supervisor] would deal with the MO valve on the second floor, while Endo [shift supervisor] and Konno [shift supervisor] went to open the AO valve above the suppression chamber. Hirano [shift supervisor], who had been into the reactor building five or six times already – twice into reactor 1, twice into Unit 2 and also inspected "the rack" was assigned to the reserve third team" ([16], p. 88).
- 214 "The operators decided to organize the three pairs because they believed the task would take nearly an hour to complete. Workers had to end their tasks when their exposure to radiation reached 80 millisieverts so as not to exceed the dose limit of 100 millisieverts. That meant each pair had only a maximum of 16-17 minutes to work. A single pair was not enough to complete the task" ([31]).
- 215 "The six members were picked from among shift supervisors and their deputies, or senior leaders of operators, but not from among the younger staff. Skills were evidently not the only criterion" ([31]).
- 216 "... operators in team one [...] headed into the field to perform venting at 09:04 on March 12. They had only flashlights to guide them in the darkness. The MO valve (3m from ground) in the southeast staircase of the R/B 2F was opened 25% in accordance with procedure at 09:15" ([7], p. 182).
- 217 "... operators in team one [...] headed into the field to perform venting at 09:24 on March 12. However, since the dosimeters they were carrying went off about halfway through the walkway inside the torus room, they turned back due to concern that field radiation level could be higher than the exposure dose limit (100 mSv)" ([7], p. 182).
- 218 "During the eight-minute journey, Endo (editor's note: member of the second team) was exposed to 89 millisieverts of radiation, while his colleague was exposed to 95 millisieverts" ([32]).
- 219 "Team three cancelled work due to high field radiation levels" ([7], p. 182).
- 220 "Effectivement, c'est à 9 h 00 qu'on s'est décidés à faire l'opération à la main, comme dernière solution. On s'est décidés parce qu'on pensait qu'on y arriverait s'il suffisait d'accepter d'être irradié. Mais en réalité, on n'a même pas pu approcher, pas une seule fois, de la vanne d'éventage du côté de la piscine de dépressurisation. Et on a même dû renoncer à faire l'opération à la main" ([40], p. 112).
- 221 "I thought it was a battle against radiation as much as it was against time" ([32]).
- 222 "Placing their hopes in the remaining air pressure within the AO valve bypass valve, opening operation was conducted from the MCR 3 times (could not confirm whether actually opened). These operations took place at 10:17, 10:23 and 10:24" ([7], p. 182).
- 223 "This was done with the small generator being used for temporary lighting" ([7], Att. 2, p. 78).
- 224 "Three times at 10:17, 10:23, and 10:24 on March 12th the opening operation of the small S/C vent valve was carried out from the main control room, assuming the availability of residual pneumatic pressures for the valve operation" ([25]).
- 225 "(...) 2011-03-12 10:24, The third attempt to remotely open air operated suppression chamber vent bypass valve failed" ([29], Annex I, TV 1).
- 226 "Due to the increase in radiation levels near the main gate and monitoring post at 10:40 on March 12, the ERC at the power station believed that the possibility of radioactive material release due to PCV venting was high. Due to radiation level drop at 11:15, it was believed venting may not have had sufficient effect" ([7], p. 182).
- 227 "There was no visible response in the D/W pressure, while the dose rate near the main gate increased temporarily at 10:40" ([25]).
- 228 "Since the S/C vent valve (AO valve) bypass valve could not be manually opened in the field, the restoration team began searching compressors and deliberating connection areas. This was done to secure the necessary pressurized air for S/C vent valve (AO valve) large valve remote operation" ([7], Att. 2, p. 78).

229 "While searching for temporary compressors, the restoration team received word that the contractors on-site had them. Therefore, the restoration team began searching for the contractor office. The piping and instrumentation diagram was used to deliberate connection areas, and the copper pipe header in the nitrogen gas supply panel instrumentation rack outside the R/B truck bay was chosen as an installation area. Since the temporary compressor could not be connected without an adaptor, a reference photo was taken of the area in the field, and operators returned to the station ERC. While searching for an adaptor, the temporary compressors were found in the contractor offices around 12:30 on March 12" ([7], Att. 2, p. 78).

230 "The ERC at the power station distributed temporary air compressors, installed them after confirming connection areas, then activated them around 14:00. D/W pressure decrease was discovered at 14:30 and deemed to be due to radioactive material release from venting" ([7], p. 182).

231 "At approximately 12:30 on March 12, the NPS ERC found a portable compressor in the office of a partner company on the premises of the Fukushima Dai-ichi NPS. In the partner company's office, they also found a jig, which could be used to connect the portable compressor to the IA system piping. An employee of the company altered it to create an opening for connection so that the jig could be used as an adaptor.

To make the installation, connection and refueling of the compressor easier, it was necessary to put the compressor in a location with a low radiation level. Moreover, the portable compressor should be installed as close to the large S/C vent valve (air-operated) as possible to achieve air pressure powerful enough to drive the valve. To this end, the recovery team of the NPS ERC reviewed the piping and instrumentation diagram and decided to install the portable compressor at the large equipment service entrance at the Unit 1 R/B.

The team also went to the large equipment service entrance of the Unit 1 R/B and took pictures of the place where the compressor would be installed and connected to the IA system. At that time, they found that the radiation level inside the large equipment service entrance at the Unit 1 R/B was higher than expected. So, the team decided to install the portable compressor outside the entrance and connect it to an IA system copper tube header in the instrument panel of a liquid nitrogen gas supply board outside the entrance.

After reviewing the specific procedures for installing the portable compressor and connecting the adaptor, the recovery team of the NPS ERC loaded the compressor and the adaptor onto a four-ton crane truck and drove it to the large equipment service entrance at the Unit 1 R/B. The recovery team placed the portable compressor near the large equipment service entrance at the Unit 1 R/B and connected it to the IA system copper tube header. At approximately 14:00, they started the compressor to feed air into the IA system pipes (...). Around that time, the recovery team of the NPS ERC energized the solenoid valve for the large S/C vent valve (air-operated) and opened the large vent valve in the Units 1 & 2 main control room" ([10], p. 179f.).

232 "A while later, when a temporary air compressor was connected for opening the large S/C vent valve and it was started up at about 14:00 (...)" ([25]).

233 "Since D/W pressure drop was confirmed at 14:30 on March 12, this was deemed to be a "release of radioactive materials" due to venting. D/W pressure 750 kPa [abs] --> 580 kPa [abs] (14:50)" ([7], Att. 2, p. 78).

234 "March 12 a little after 14:00. It was a moment after the two had steeled themselves and set off for the reactor building when the phone from the ERC rang in the control room. "There's white smoke coming out of the ventilation stack. Is the control room OK?". It later became clear that, as a result of the injection of air, the AO valve on Unit 1 had opened and released the pressure from the containment building; in other words, it indicated a successful vent. Nevertheless, in the control room they were unaware of this, and the operators there were fixated with the conclusion that entering the reactor building was now impossible. The control room was heavy with despair and the bitter taste of doom" ([16], p. 144ff.).

235 "When installing temporary air compressors to open the S/C vent valve (AO valve) isolation valve around 14:00, it was confirmed that D/W pressure was dropping. This was deemed to be caused by radioactive material release due to venting, and government agencies were notified at 15:18. [...] 15:18 Standby Liquid Control System (SLC) restoration work was underway. Plans were in place to activate the SLC pump for reactor injection as soon as preparations were completed. Plans were also in place to perform reactor seawater injection using the FP as soon as preparations were completed. These plans were notified to government agencies" ([7], Att. 2, p. 51f.).

236 "You might think that pumping some seawater into the system was something that anyone could do, but I assure you it isn't. Some people talk as if it was an easy job (...). Those people have no idea what we went through, finding a water supply, securing a supply route. It takes longer to actually do it than to just think about it" ([16], p. 66).

237 "Donc il était évident pour moi qu'on arriverait à injecter de l'eau de mer; il n'y avait pas d'autre solution. (...) j'avais donné l'ordre au groupe Pompier d'étudier la manière d'injecter de l'eau de mer. Parce que s'il faut aller pomper l'eau au niveau de la mer, il faut la monter de 10 mètres. Avec une pompe à incendie classique, ça ne monte pas. (...) Alors que faire ? Il fallait qu'ils trouvent une solution" ([40], p. 65).

238 "Seawater injection was ordered after preparations were completed at 14:54 on March 12. Placing fire engines in the seaside area (O.P. +4m) to pump seawater while the "+10m tsunami alert" was in effect carried the risk of personal accident and fire engines being washed away by tsunami" ([7], p. 199f.).

239 Vereinfacht ausgedrückt hat dieses Becken die betriebliche Funktion, das zur Kühlung eingesetzte Meerwasser aufzunehmen, falls Reinigungsarbeiten am Kondensator erforderlich sind; siehe Definition, "A place where valves are installed to reverse the current of seawater in narrow tubes so that narrow tubes of the condenser can be cleaned", von "Pit for Backwash Valve" in: http://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/images/handouts_110810_04-e.pdf.

240 "(...) a large amount of seawater had collected in a reversing valve pit in front of the T/B of Unit 3 due to the tsunami" ([9], p. 155).

241 "Using fire engines we could inject the fresh water from local fire cisterns. The idea of using seawater came up, but the difference in level was ten meters and we didn't have any pumps that could handle that. Well. If the fire engines couldn't cope with it, how were we going to get the water up there, we wondered. Then someone realized that, a huge pool, the reversing valve pit in front of Unit 3, remained full of seawater from the tsunami and we decided to use that water first" ([16], p. 65).

242 "... on a su que l'eau du tsunami, de l'eau de mer, était restée dans le bassin attendant à la turbine du réacteur 3. Alors j'ai donné l'ordre d'utiliser cette eau. C'était vraiment de la débrouille. Tout en profitant de cette eau, il fallait réfléchir à un moyen de ravitailler ce bassin avec l'eau de mer. Ensuite, par chance, plusieurs camions de pompiers sont arrivés. Alors on les a mis en réseau, ici, sur ce quai. On a monté l'eau en utilisant deux comme booster, puis un autre ici, comme relais. Mais ça c'était plus tard. Au départ, pour le réacteur 1, on a utilisé l'eau laissée par le tsunami. Une solution très terre à terre. Mais on ne pouvait guère faire mieux" ([40], p. 66).

243 "... the site superintendent ordered reactor seawater injection to be performed at 14:54 on March 12. As the amount of fresh water in the Unit 1 side FP tank had began to run low, work to transition to seawater injection was advanced while also hurrying transport of fresh water from other FP tanks. It was decided that the sea water injection line would have three fire engines arranged in tandem from the Unit 3 backwash valve pit. Placing fire engines and hoses were underway, but the explosion at Unit 1 occurred before it could be completed" ([7], Att. 2, p. 65).

244 [9], p. 155

245 "Au départ, pour le réacteur 1, on a utilisé l'eau laissée par le tsunami. Une solution très terre à terre. Mais on ne pouvait guère faire mieux" ([40], p. 66).

246 “Nous n’avions absolument pas envisagé la possibilité d’une explosion. Sur le terrain, les préparatifs pour mettre en marche le système d’injection d’acide borique (SLC) du réacteur 1 venaient de s’achever. Nous en étions à un stade où il suffisait de pousser sur le bouton, enfin, il suffisait de manœuvrer à partir de la salle de commande, pour que l’injection se fasse dans le réacteur. Nous nous apprêtions donc à injecter” ([40], p. 114).

247 “On avait enfin réussi à trouver des moyens d’introduire de l’eau, on se disait qu’on allait enfin pouvoir refroidir, une lueur d’espoir commençait à luire et puis, boum, cet espoir a volé en éclats” ([40], p. 116).

248 Weitere Untersuchungen wurden durchgeführt, um zu identifizieren, wie sich der Wasserstoff aus dem Primärcontainment (Sicherheitsbehälter) in das Reaktorgebäude ausbreiten konnte, welches Gas-Volumen sich aufgebaut hat und was die Explosion (ignition source - Zündquelle) ausgelöst hat: “Later at 15:36, hydrogen in the reactor building exploded and the roof and outer walls of the uppermost floor were damaged. It can be considered that hydrogen gas generated mainly by water-zirconium reactions leaked together with steam and finally reached the reactor building, resulting in the hydrogen explosion. But its leak path, volume, explosion aspects and ignition source are unknown. Examinations of these items remain (Common/Issue-11)” ([25]).

249 “The inside doors of the seismic isolated building entrance had been knocked off its rails by the blast winds, meaning that they could not be opened or closed. [...] Outside the building, white materials believed to be thermal insulation fell from the skies, as did sparks. The smell of something burning even reached the inside of the seismic isolated building. The ceiling of the access hallway between the seismic isolated building and main office building had become warped due to the shock of blast winds. Its airlock was stuck open and could not be shut. Poles were used to push the ceiling back up and somehow close the airlock, but the seismic isolated building was no longer completely airtight. This was the cause of later spreading of contamination within the seismic isolated building” ([7], Att. 2, p. 68).

“Without warning, the MCR was rocked from side to side, accompanied by large noises. The entire room was enveloped in white dust” ([7], Att. 2, p. 67).

250 “A call came from the ERC. “Hey, the fifth floor of the reactor building is gone” ([16], p. 152).

251 “An explosion occurred at the Units 1 and 2 R/B at 15:36 on March 12. The Shift Supervisor, Deputy Manager, and chief engineers (including those who arrived at the MCR for support) remained in the MCR as personnel necessary for field response, since operators could be placed in physical danger while the cause / effect of the explosion remained unknown. The relatively less experienced deputy engineers, main unit operator, and auxiliary unit operator were moved to the seismic isolated building” ([7]).

252 “2011-03-12, 15:54: Evacuation of field workers ordered (...). Site ERC ordered the evacuation of the staff from two MCRs (Unit 1 and 2 and Unit 3 and 4), except for the three most senior staff. The Shift Supervisor, Deputy Shift Supervisor, and the Senior Operator stayed in the MCR to collect data and continue field response under guidance from the ERC (time is approximate)” ([29]).

253 “It was reported to the station ERC at 15:49 on March 12 that several people had been injured due to the explosion”. P68 “Confirmation of worker safety revealed at 16:58 on March 12 that 5 people had been injured by the explosion (3 employees; 2 contractor workers who had been performing injection via fire engine). [...] they were later transported to a hospital” ([7], Att. 2, p. 69).

254 “I [Sergeant Major Hidekazu Watanabe, Japan Ground Self-Defense Force, JGSDF] heard from the TEPCO side that their man who had gone with mine had been hit in the chest by flying debris and was injured, but the good news was that my own men were all right” ([16], p. 155).

255 “Results of field checks began to be reported at 18:36 on March 12. Hoses prepared for seawater injection were damaged and unusable. Because highly radioactive debris was scattered near Unit 1, debris (e.g., Unit 1 R/B steel plates) was cleared under the guidance of the health physics team. Hoses to be used for injection line were collected from outdoor fire hydrants, and laying work was advanced again” ([7], Att. 2, p. 70).

256 "Il y avait plusieurs hypothèses en concurrence. (...) Il y avait toutes sortes d'avis. Tout d'abord, un agent qui était sur le terrain a raconté que des étincelles partaient du bâtiment turbine. Un autre, qui était près du bâtiment, s'est demandé s'il ne s'agissait pas de l'hydrogène du générateur principal, puisqu'on avait parlé de turbine. Mais on s'est dit, que dans ce cas, il était étrange que le bâtiment turbine n'ait pas été détruit. On a aussi échangé avec le siège et, au bout de deux heures à peu près, on s'est posé la question de l'hydrogène qui se serait échappé de l'enceinte de confinement et on a conclu que cette possibilité était très forte. Je ne me rappelle plus exactement de l'heure, mais je suis sûr que nous en avons parlé le jour même. Le jour même, nous étions arrivés à la conclusion que l'hypothèse la plus probable était que l'explosion était due à l'hydrogène que venait de l'enceinte de confinement" ([40], p. 114f.).

257 "Field checks begun around 17:20 on March 12. Preparations such as seawater injection hose winding were restarted. The hose prepared for seawater injection was damaged and unusable. Highly radioactive debris (e.g. Unit 1 R/B steel plates) was strewn near Unit 1. Scattered debris was removed, hoses were wound, and reinstallation work performed" ([7], Att. 2, p. 183).

258 "An injection line was assembled with three fire engines (...) arranged in tandem and using the Unit 3 backwash valve pit as a water source. Seawater injection began at 19:04 on March 12. This was reported to NISA around 19:06" ([7], Att. 2, p. 71).

259 Erneute Kernspaltungsreaktion im Reaktor

260 "Basically, the telephone rang and [TEPCO Fellow] Takekuro, who was at the Kantei, was on the phone saying, 'Hey, you! What about those seawater injections, huh?' I said, 'Actually, we've started doing them,' and he said, 'Huh?' So I said again, 'We've already started.' He said, 'Hang on, there. You mean you're doin' it already? Well stop it!' I said, 'What?' and he said, 'You shut up. The Kantei keeps moaning about it.' I said, 'What are you talking about?' He cut me off then, and that was it" ([3], Hearing with Masao Yoshida, TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Site Superintendent) ([3], Ch. 3, p.66).

261 "During the first explanation, which began around 18 :00, Prime Minister Kan expressed concern over the effects accompanying seawater injection and asked about the status of field preparations in some detail. This led fellow Takekuro to conclude that action could not be taken without the understanding of Prime Minister Kan. The PM demanded a thorough explanation that would reassure him that criticality recurrence would not be caused by seawater injection, and the relevant parties decided to prepare for a second explanation. (The fact that this action could not take place without the understanding of PM Kan also be estimated from the fact that a second order for seawater injection came from PM Kan at 19:55, despite the initial order for seawater injection two hours earlier at 17:55 from Minister of Economy, Trade and Industry Kaieda" ([7], Att. 2, p. 71).

262 "Fellow Takekuro TEPCO's government liaison notified the headquarters ERC at 19:25 on March 12 that "The Prime Minister has not approved seawater injection at the official residence." Upon deliberation between HQ and the station, it was decided that seawater injection would be temporarily halted. (There are several accounts verifying that fellow Takekuro directly contacted the station regarding this matter, but no other evidence to prove this has been confirmed)" ([7], Att. 2, p. 71).

263 "When Prime Minister Kan asked about the possibility of recriticality in the case of seawater being injected into the reactor, NSC Chairman Madarame did not rule out the possibility of recriticality, and Prime Minister Kan took his remarks as meaning that there is a possibility of recriticality from the injection of seawater" ([10]).

264 "Die Experten waren einstimmig für den Einsatz von Meerwasser, wenn kein Frischwasser mehr zur Verfügung stand. Von mir gab es keine Einwände, aber ich habe einige Fragen dazu gestellt. (...) Weiterhin sorgte ich mich um die Rekritikalität. (...) Daher stellte ich auch zur Rekritikalität eine Frage, worauf Madarame antwortete: "Unmöglich ist es nicht". Diese Aussage interpretierte ich damals so, dass die Gefahr einer Rekritikalität bestände. (...) Mit keinem Wort hatte ich angeordnet, mit der Flutung zu warten oder diese zu unterbrechen" ([30]).

265 "... assez vite après le début de l'opération, j'ai reçu un coup de fil de Takekuro, qui était chez le Premier ministre" ([40], p. 87).

266 "In light of the situation within the official residence stated above, temporary halting of cooling water injection was recommended for fear that advancing field work without the approval of the PM, who is the General Manager of the Nuclear Disaster Response HQ, could become a huge obstacle for an even more necessary coordination with government agencies in the future, and the belief that simply explaining the lack of criticality recurrence risk would keep the shutdown time short. [...] explanation from the liaison to the official residence at that time led to the belief that shutdown time would be short" ([7], Att. 2, p. 71).

267 "After the first discussion where Prime Minister Kan's approval could not be obtained, at around 19:25, TEPCO Fellow Takekuro instructed Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Site Superintendent Masao Yoshida to delay the seawater injection, as it was still being deliberated at the Kantei. The TEPCO head office also believed that the suspension of the injection operations could not be avoided because of the situation at the Kantei. Site Superintendent Yoshida, however, strongly believed there was a need for seawater injection. He felt dissatisfaction and a sense of crisis, in that TEPCO's head office was taking orders and instructions from the team at the Kantei without resistance, even though the Kantei team did not have a grasp of the situation and were not nuclear power experts. In order to prevent the situation from worsening, he decided to continue the seawater injection, which had finally begun. Out of necessity, he made the TEPCO head office believe he was suspending seawater injection, but in reality he continued it" ([3], Ch. 3, p. 55).

Plant Manager Yoshida: "I thought that this was ultimately my judgment at a time when everything was so dispersed and nobody knew what the chain of command actually was." ([3], Ch.3, p.66).

268 "However, due to the site superintendent's judgement that reactor injection was of the utmost importance in preventing accident progression, seawater injection continued in actuality" ([7], Att. 2, p. 71).

269 "Site Superintendent Yoshida, however, was concerned about the risk of suspending the seawater injection. He made the executive decision to continue the injection. Site Superintendent Yoshida called in the person in charge of the injection work and told him quietly so as to avoid being overheard by the teleconference system microphone or anyone around them, "I'm going to direct you to stop the seawater injection, but do not stop it." Soon after, Site Superintendent Yoshida ordered the suspension of the seawater injection in a voice that could be heard throughout the Emergency Response Office. As a result, the injection of seawater into the Unit 1 nuclear reactor continued. Only Site Superintendent Yoshida, the person in charge of the task and a few other members knew this. Needless to say those at the TEPCO ERC and the Off-site Center, and most of the NPS ERC personnel believed that the seawater injection had stopped" ([9]).

270 "We'll probably get orders from HQ to stop the seawater injection" he explained sotto voce. "When it comes, I will issue the order to stop so they can hear it over the video-conference link, but you don't need to respond, OK? You guys carry right on with the injection, got it?". Even as the video-conference got underway, Yoshida carefully avoided the microphones and managed to unobtrusively explain his plans to the necessary people" ([16], p.159).

271 "... je n'avais aucune intention d'arrêter l'injection d'eau. (...). Il n'était pas question que je me soumette à un tel ordre. J'ai décidé de faire à ma manière. J'ai effectivement annoncé à ceux qui se trouvaient à la table de crise qu'on allait arrêter, mais j'avais discrètement pris à part le responsable du groupe Sûreté, qui était en charge de l'injection, et lui avais dit que j'allais annoncer à la cantonade qu'on allait arrêter l'injection, mais que lui, à aucun prix, ne devait le faire. Ensuite, j'ai fait un rapport au siège pour dire qu'on avait arrêté" ([40], p. 88).

272 "At approximately 20:45 on March 12, the NPS ERC decided to put boric acid from the NPS's stocks into the seawater of the backwash valve pit in front of the T/B of Unit 3 and inject seawater containing boric acid into the Unit 1 nuclear reactor in order to prevent the reactor from recriticality" ([9], p. 197).

273 "At 19:04 on March 12th after the reactor building explosion, seawater injection was started by fire engines. But part of the injected water was likely delivered to other systems and equipment, and did not reach the reactor. Actual quantity of water injected into the reactor needs to be examined (Common/Issue-2)" ([25]).

274 "Fire engines were shut down to supply seawater to the back wash valve pit since supplies of seawater provided to the reactor had grown low" ([7], Att. 2).

275 "2011-03-14 11:01: Unit 3 backwash valve pit inventory replenished to allow Unit 1 injection to start. Injection did not start because of the Unit 3 explosion. (...) Unit 3 explosion damaged seawater injection setup. (...) Due to scattered debris and high local radiation zones on-site, the Unit 3 backwash valve pit was no longer usable as water source" ([29], Annex I, TV1).

276 "2011-03-14 20:00: Seawater injection through core spray line started. (...). Directly from the ocean via two new fire trucks" ([29], TV1, Annex I).

277 "Water injection to Unit-1 and Unit-3 was halted once at 01:10 on March 14th, when the water source used for these two units was depleted. The water injection to Unit-3 was resumed at 03:20 under critical conditions, when the water source was partly recovered by using an additional water supply, but the water injection to Unit-1 was delayed. Water injection to Unit-1 and Unit-3 was again halted with the hydrogen explosion at Unit-3. It is known that water injection to Unit-1 was eventually interrupted from 01:10 to 20:00. Possible impacts of water injection interruption on the accident progression need to be examined (Unit-1/Issue-11)" ([25]).

278 "When the earthquake occurred, the control rods were immediately inserted at Unit 2 and, as designed, the reactor automatically tripped" ([24]).

279 "Das Nachspeisesystem (Reactor Core Isolation Cooling System, RCIC) dient dazu, im Falle eines Frischdampfabschlusses den Füllstand des Kühlmittels im RDB in einem definierten Bereich zu halten. Das System kann, ähnlich wie das HPCI, Kühlmittel mittels einer turbinengetriebenen Pumpe sowohl aus der Kondensationskammer als auch aus einem Kondensatvorratsbehälter entnehmen und über das Speisewassersystem in den RDB einspeisen (...). Dazu wird Frischdampf aus dem Reaktor entnommen. Mit dem Nachspeisesystem kann gegen den vollen Reaktordruck eingespeist werden. Es benötigt, wie auch das HPCI, Gleichstrom zur Steuerung. Im Unterschied zum HPCI weist das RCIC eine geringere Fördermenge auf" ([13]).

280 "In order to secure reactor water level Unit 2, operators manually started up the reactor core isolation cooling system (RCIC) at 14:50. At 14:51 it was confirmed that reactor water level was high due to the injection of cooling water into the reactor and that the RCIC had automatically shut down. Thereafter at 15:02 the RCIC was manually started and automatically shut down at 15:28 when the reactor water level was once again high" ([7], Att. 2, p. 4).

281 "At 15:39 the RCIC was once again manually started. Furthermore, as with Unit 1 at 15:07 the residual heat removal system (RHR) primary system was started up and cooling of the S/C commenced" ([7], p4 attachment 2) (S/C = Suppression Chamber (Kondensationskammer)).

282 "The RCIC continued to operate for about three days even after all power had been lost due to the tsunami, but on March 14, it tripped". (...) "The situation at Unit 2 was such that it had lost all offsite power due to the earthquake and condensers and other equipment had become unusable. However, the emergency diesel generator started automatically and the reactor core isolation cooling system (RCIC) was also able to operate" ([24]).

283 "Tsunami waves struck the NPP, flooding either the diesel generators themselves or the associated power centres, resulting in a total loss of AC power and a gradual loss of DC power between 15:37 and 15:50 (times are approximate)" ([29], Annex II, TV1).

284 “Units 1–5 had two EDGs each and Unit 6 had 3 EDGs. In Units 2, 4 and 6, one of the EDGs was air cooled” ([29], TV1, p. 79). “15:37: ... Water cooled EDG tripped” ([29], TV1, Annex II). “15:41 ... air cooled EDG failed” ([29], TV1, Annex II).

285 “In the MCR, the Unit 1 side was illuminated by emergency lighting while the Unit 2 side was in total darkness” ([7], Att. 2, p. 10).

286 “... almost all indicator lamps had gone out and equipment could not be operated” ([7], Att. 2, p. 10).

287 “First, the lighting in the control room suddenly went out all at once, and then the lights on the control panels started flickering out. The room lighting went out all in one go, but the control panels didn’t; they went out bit by bit. Not from the left or from the right; it was nothing like that. There was no order to it; they seemed to just flicker out at random, and all those alarms sounding from each of the control panels died out with them” ([16], p. 26f.).

288 “After this, the emergency diesel generators, batteries, power panels, and all sources of power were lost due to the tsunami and the flood waters that came with it, with the result that the monitoring, measuring, and operational functions of meters and gauges could not be used, along with light sources” ([24]).

289 “In the main control room for Units-1 and 2, most instrumentation and control power supplies were lost and nothing was available for operators to monitor plant conditions or to take operational actions” ([25]).

290 “Due to the loss of all AC and DC power, all coolant injection and heat removal functions were lost except the RCIC” ([24]).

291 Der entscheidende Unterschied zwischen den Bedingungen für RCIC und HPCI war, dass das RCIC gestartet wurde bevor dessen Steuerspannung ausfiel: “At Unit 2, the HPCI system and the DC power distribution panel were affected by water due to the tsunami, and the state indicator lamps for HPCI operation and control were turned off. Therefore, it can be determined that it became impossible to initiate or control the HPCI.

Based on this, when considering that the RCIC room and the HPCI room were side by side on the first basement floor of Unit 2 R/B, it can be considered that the devices and power supplies for the RCIC control were either submerged in water or affected by water, and the control became impossible. In any case, the RCIC lost its power source as soon as it was initiated with the injection valve open, whilst the HPCI lost its power while it was shut down with its isolation valve closed. This may have caused the difference in operating conditions between the RCIC and HPCI at a later stage” ([10], Att. II-1-1, p. 191).

292 “2011-03-11 16:36: Emergency for Nuclear Disaster declared based on Article 15 of the Nuclear Disaster Act. (...) Operators could not determine reactor water level or the status of injection into the reactor.

Article 15, paragraph 1 of the Nuclear Disaster Act:

If the nuclear disaster conditions degrade and a radiation dose of 500Sv/h or higher is detected, the nuclear operator issues a Nuclear Emergency Act Article 15 Notification to the Government and local public organizations. When the competent Minister receives this notification and recognizes that a nuclear emergency situation has occurred, the Minister reports this to the Prime Minister. The Prime Minister then declares a nuclear emergency situation and establishes the Nuclear Disaster Response Headquarters, with the Prime Minister serving as chief. The Local Nuclear Disaster Response Headquarters is established locally at the off-site centre, with the Senior-Vice Minister or Parliamentary Secretary serving as chief” ([29], TV1, Annex II).

293 “The Site superintendent believed that extremely harsh severe accident response would have to be carried out from then on at 17:12 on March 11. He ordered deliberation on use of alternate injection measures (Fire Protection System (FP), make up water condensate system (MUWC)) installed as Accident Management (AM) and fire engines” ([7], Att. 2, p. 87).

294 "The site Superintendent directed workers to investigate methods of injecting water into the reactor using the fire protection system or fire engines. (...) Operators reviewed methods for alternative water injection using accident management (AM) procedures, and confirmed the injection path using the installed fire pump into an RPV via the core spray system. Lining up alternate injection via the FP system in Unit 2 was decided after lining up Unit 1 since Unit 2 radiation levels were relatively more favourable" ([29], Annex 2, TV1).

295 "Operators found that indicators were on in the trip channel panel behind the main control panels at 17:35 on March 11, where they confirmed that the reactor water level was stabilized at 80%. The Shift Supervisor reported to the station ERC that the reactor water level was stabilized at 80%" ([7], Att. 2, p. 87).

296 "Batteries were later lost, and the reactor water level could no longer be confirmed at 18:12" ([7], Att. 2, p. 87)

297 TEPCO: "The executive members of the Power Station Emergency Response Headquarters believed that the situation at Unit 2 was more severe than at Unit 1.

– We were not able to grasp the operating conditions of the reactor core isolation cooling system (RCIC) or the reactor water level at Unit 2. (It was apparent that the DC power sources had been lost when the tsunami struck and that the RCIC could not be started up again once it had shut down.)" ([15]).

298 "The situation followed almost the same course as at Unit 1 up to this point. However, in the case of Unit 2 the RCIC had been operating prior to the tsunami striking. Even after all power was lost it continued to operate, and so it was able to continue coolant injection for about three days" ([24]).

299 Anzeichen einer nachlassenden Kernkühlleistung des RCIC stellten sich erst ab dem 14. März gegen 09:00 Uhr ein, als der Reaktorfüllstand zu sinken und der Reaktordruck zu steigen begann: "... from approximately 09:00 onwards on March 14, the reactor pressure increased while the RCIC turbine revolution was dropping. This caused the water injection volume using the RCIC to drop gradually, and hence it can be determined that the water injection function was lost by approximately 12:30 of the same day" ([10], Att. II-1-1, p. 196f).

300 "... the ERC at the power station recovery team proceeded with restoration of MCR lighting and monitoring instruments. A small generator was used to restore temporary lighting at 20:47" ([7], p. 214).

301 "Upon considering Unit 1 radiation levels, operators decided to line up an alternate reactor injection line using the FP line via residual heat system (RHR) before radiation levels could increase. After configuration of the Unit 1 alternate injection line was completed, Unit 2 line up work began around 21:00 on March 11" ([7]).

302 "22:00 ... The manual alignment of the FP injection line (via the MUWC and LPCI system lines), which had started at around 21:00, was completed in the RB. Flooding prevented access to the TB basement, so operation of the DDFP was confirmed by the smoke observed to be coming from its exhaust" ([29] (TV1, p. 105).

303 "Ten operators turned the handle in shifts, performing opening operations in approx. one hour (normally motor-driven via MCR operation switch, requiring approx. 24 sec. to fully open)" ([7]).

304 "Since loss of power meant operations could not be performed from the MCR, operators went to the Reactor Building (R/B) to manually open four valves (including RHR). They did so in total darkness, with only flashlights for light, while wearing full face masks. Alternate injection line configuration was completed during March 11" ([7], Att. 2).

305 "22:00 ... The manual alignment of the FP injection line (via the MUWC and LPCI system lines), which had started at around 21:00, was completed in the RB. Flooding prevented access to the TB basement, so operation of the DDFP was confirmed by the smoke observed to be coming from its exhaust" ([29], TV1, p. 105).

306 Zu diesem Zeitpunkt ist der Reaktordruck im Bereich von 5,3 bis 6,3 MPa rel. ([10], Att. II-1-1, p. 192) und somit deutlich grösser als die DDFP-Förderhöhe: "... maximum pump head of the DDFP (0.79 MPa (7.9 bar))" ([29], TV1, p. 95).

307 "... since neither reactor water level nor status of reactor injection via RCIC could be confirmed, it was reported to governmental agencies at 21:02 on March 11 that TAF could be reached. TAF evaluation deemed the time of TAF occurring to be 21:40" ([7], p. 214).

308 "It was discovered, through instrument restoration work, that the reactor water level was top of active fuel (TAF) +3,400m at 21:50 on March 11" ([7]).

309 "21:50 it was re-assessed that it will take time until TAF is reached, due to reactor water level being confirmed at TAF +3400mm, and government agencies were notified at 22:10" ([7], Att. 2, p. 81).

310 "While water levels were maintained, the reactor core isolation cooling system (RCIC) operational status was unclear" ([7]).

311 "The water was injected by the RCIC at a lower flow rate than the rated value, because the RCIC turbine was operated by low quality two phase flows" ([25]).

312 "It was discovered that the Dry Well (D/W) pressure gauge on the Reactor Building (R/B) 2nd floor showed 141kPa [abs] at 23:25. Thus, pressure levels did not yet reach levels where venting operation would become necessary" ([7]).

313 "2011-03-11 23:25: "DW pressure reading. (...) Local. (...). 1.41 bar. (...) Indicated no quick need for venting" ([29], TV1, Annex II).

314 "Operators headed into the field to check reactor core isolation cooling system (RCIC) operation status around 01:00 on March 12. Operators wore personal air supplies and carried flashlights during field checks. Since the special shoes used when entering the controlled area had been washed away by flooding, the long boots normally used for outdoor patrols were worn instead. Flooding water levels in front of RCIC room doors on the R/B basement floor were already so high that operator long boots were almost submerged. Water came rushing out when RCIC room doors were opened, so they were immediately closed. Although the room itself could not be entered, operators heard a keen metallic noise when they were there. Since the rotating parts could not be checked, operation status could not be determined. As station wireless phone systems could not be used, reports were given after returning to the MCR" ([7], Att. 2).

315 "The MCR Diesel Driven Fuel Pump (DDFP) status indicating light was off. The Turbine Building (T/B) basement floor where the DDFP was installed was submerged in water approx. 60cm high. Although the FP pump room could not be entered, operators confirmed that the DDFP was operating via smoke generated from outdoor DDFP exhaust ducts. Exhaust duct smoke generation check was continued from then on, and operators confirmed that the DDFP had shut down due to exhaust duct smoke generation stopping at 01:20 on March 12" ([7], Att. 2, p. 88).

316 "2011-03-12, 01:20: ... DDFP not operating. (...) During the verification walkdown, it was discovered that the DDFP had stopped since there was no exhaust smoke observed" ([29], TV1, Annex II).

317 "Operators headed toward the RCIC room again to check RCIC operation status at 02:12 on March 12. Water levels in front of the RCIC room doors had risen, and the RCIC room doors were opened since RCIC operation status had not yet been checked. Water flowed out slowly from the RCIC room as operators entered. They discovered that the pump suction pressure gauge in the RCIC suction pressure instrument rack near the doors was shaking slightly, and also heard sounds of operation" ([7], Att. 2).

318 "Field checks would normally take around 10 min. However, due to extraordinary factors (field being in total darkness, continued large tsunami alert in effect, frequent aftershock occurrence, equipment of personal air supply), it took approx. one hour" ([7], Att. 2).

319 “Later, they discovered that RCIC discharge pressure was 6.0 MPa at the RCIC instrument rack of the R/B 1F, and reactor pressure was 5.6 MPa at RPV instrument rack of the R/B 2F. Since RCIC discharge pressure was higher than reactor pressure, they assumed that the RCIC was operating (functional). They returned to the MCR and reported to the station ERC at 02:55” ([7], Att. 2).

320 “Although Unit 1 radiation levels were high at 02:34 on March 12, the radiation levels at Unit 2 were not high. This meant that field vent valve operation was possible there. Therefore, it was decided that the venting operation at Unit 2 would be given priority, and this would be performed at 03:00” ([7], Att. 2, p. 98).

321 “Since the RCIC was confirmed to be operating at 02:55 on March 12, it was decided that venting at Unit 1 would be prioritized instead. The response toward performing venting at Unit 1 was proceeded with, while continuing monitoring of parameters at Unit 2” ([7], Att. 2).

322 “2011-03-12 02:55: Unit 2 workers returned to the Units 1 and 2 control room and reported that the Unit 2 RCIC was observed to be in operation and provided pressure data collected in the field. Based on this report, venting of the Unit 1 containment was given a higher priority” ([29], Annex II, TV1).

323 “Two operators who were checking outdoor status checked the water level gauge installed at the Condensate Storage Tank (CST) (water source for RCIC). Tank water levels had dropped below the halfway point” ([7], Att. 2, p. 89).

324 “2011-03-12 02:56: CST water level low. (...). As the amount of water used had already significantly exceeded the normal filling level of the SC, and thus challenged its pressure suppression capabilities, it was decided to switch the RCIC pump suction leg from the CST to the SC” ([29], TV1, Annex II).

325 Technische Erläuterung: Bei einer Reaktor-Bespeisung mit externer Wasserquelle wie beispielsweise dem Kondensatvorratsbehälter wird der Torus mittels der in ihn abblasenden Sicherheits- und Entlastungsventile SRV aufgefüllt. Mit zunehmender Auffüllung reduziert sich die dann auch die Kapazität des Primärcontainments, den Reaktordruck (via SRV) abzubauen.

326 “It was decided that loss of CST water (Anm. d. Red.: Condensate Storage Tank) had to be avoided since CST water level was already dropping and it would be the water source for equipment used in later alternate injection. They considered raising S/C water level as well. It was decided that the water source would be switched from CST to suppression chamber (S/C) to keep reactor injection via RCIC going. Four operators put on radiation protection clothes for the contamination level and full face masks before heading to the R/B basement floors at 04:20 on March 12.” (...) “Operators then moved on to the RCIC room on the R/B basement floor, where the three valves that needed to be operated to switch water sources were located. Lighting the way with flashlights, they entered the RCIC room. The RCIC was humid and sauna-like, with water on the floor nearly enveloping the long boots that the operators wore” ([7] Att. 2, p. 89f.).

327 “Using flashlights for light, operators manually operated the three Motor Operated (MO) valves in order to complete a line where water source was S/C instead of CST. The stroke of valve stems for each valve was long, making manual operation handles rigid and hard to move. Since the area of operation was located high up where there was no scaffolding, operators had to stretch out their arms while on a ladder to turn the handle” ([7], Att. 2).

328 “Operations were carefully carried out to ensure the RCIC did not shut down, and were completed at 05:00 on March 12 (normally, switching operation would be motorized, performed via MCR operation switch, and be completed in about 5 min.)” ([7], Att. 2).

329 “2011-03-12 05:00: RCIC water intake line up to SC complete. (...). Valve manipulation was completed at 05:00, and resulted in a faster increase in SC temperature and pressure. This also led to an increase in the PCV pressure” ([29], Annex II, TV1).

330 “Minister of Economy, Trade and Industry issued legally mandated order for venting (manual venting)” ([7], Att. 2).

331 "At 06:50 they received the official command from METI minister Kaieda to execute the vent. Now they simply had to wait for confirmation that the local populace had been evacuated" ([16], p. 122).

332 "The site superintendent requested the headquarters ERC to hurry its response (opening Unit 2 blowing panel or opening holes in R/B) at March 13:17 on March 14. Reports were received at 13:30 on March 14 that the Unit 2 blowout panel was open after the explosion at Unit 1. The Site Superintendent ordered reconfirmation to check the facts. Two members of the restoration team headed into the field. [...] It was reported at 14:50 on March 14 that the Unit 2 R/B seaside blowout panel was open. Later surveys led to the assumption that this was caused by the effects of the explosion at Unit 1" ([7], Att. 2, p. 92f.).

333 "Furthermore, one reason why a hydrogen explosion did not occur at Unit 2, even though the Unit 2 reactor core was damaged like the other units, is because the blow out panel of the top floor of the reactor building had been opened. The opening of the blow out panel from the Unit 1 hydrogen explosion was a chance occurrence. Therefore, there is a good possibility that this allowed hydrogen to escape outside the structure and not accumulate within the building" ([7]).

334 "Additionally, based on aerial photographs taken by the Self-Defense Force, it is clear that large quantities of steam-like white smoke were blowing out of the open blowout panel section of Unit 2. That being the case, there is a strong possibility that much of the leaked hydrogen inside the Unit 2 R/B was released outside the structure from the blowout panel opening, along with steam. There is thus a strong chance that this served to hold down the volume of hydrogen that built up inside the Unit 2 R/B, and so a hydrogen explosion did not occur" ([10]).

335 "It is presumed that hydrogen leaked into the reactor building with the damage to the pressure and primary containment vessels following the core damage, but at Unit 2, a panel on the side of the upper part of the reactor building opened due to the impact of the hydrogen explosion at Unit 1. It is surmised that for this reason, hydrogen escaped to the outside and an explosion of the reactor building was avoided" ([24]).

336 "The analysis predicted that the total amount of hydrogen generated over about a week after the earthquake was about 456 kg (... The reasons for no hydrogen explosion at Unit-2 could possibly be hydrogen leakage from a blowout panel or ceiling holes, or the lower hydrogen generation rate of Unit-2 as compared to Units-1 and 3. The reasons need to be examined (Unit-2/Issue-13)" ([25]).

337 "Sur ces entrefaites, un home est revenue du terrain et a fait remarquer que le blow out panel du réacteur 2 était ouvert. On s'est demandé ce qui s'était passé. Je pense qu'il s'est ouvert à cause du souffle de l'explosion du réacteur 1. Mais il y a une chose que je ne m'explique pas. Le panneau se trouve côté mer, l'explosion du réacteur 1 s'est faite dans cette direction. Par quelle magie ce panneau s'est-il ouvert ? En tout cas, le blow out panel du réacteur 2 était ouvert et permettait de réguler la pression" ([40], p. 122).

338 "Details of activity after "March 12 17:30 Site superintendent ordered venting preparations to begin" [Preparations toward venting] Reactor injection via RCIC continued, and D/W pressure remained stable between approx. 200 to 300kPa [abs]. However, since it was predicted that the venting operation would become necessary in the future, deliberation toward venting lineup was proceeded with alongside those for Unit 3" ([7], Att. 2, p. 98).

339 "It was decided that the valves needed to perform venting would be opened (excluding rupture disc), since field radiation levels were not high as well" ([7], Att. 2, p. 98).

340 "Confirmation of operation methods for the valves needed for venting¹ took place using the results of the above, as well as various documents (e.g., piping and instrumentation diagrams, Accident Management (AM) operating procedures, Unit 1 venting operation procedures). Thus were venting procedures created. At the same time, the valve checksheet was used to confirm the vent valve positions in the field" ([7], Att. 2, p. 99).

341 "In accordance with the order to "open valves needed for venting (excluding rupture disk)," the restoration team manually opened PCV vent valve (MO valve) on the Turbine Building (T/B) 2nd floor to 25% and also opened the existing air tank outlet valve on the R/B 1 st floor to confirm that tank pressure remained. They then headed to the torus room on the R/B basement floor to check S/C vent valve (AO valve) status, but were forced to abandon checking the valve status since steam was being emitted from the torus room doors when they opened and the inside of the room itself was also very hot and could not be entered. Radiation levels there were not high" ([7], Att. 2, p. 99).

342 "It was later decided to temporarily close the PCV vent valve (MO valve). Operator manually closed the valve in accordance with orders from the station ERC" ([7], Att. 2, p. 99).

343 "The D/W pressure gauge of the AM control panel at Main Control Room (MCR) was restored by the restoration team, allowing pressure to be confirmed as being 315kPa [abs] at 03:00 on March 13. S/C pressure gauge restoration was also attempted, but the indicator was not restored" ([7], Att. 2).

344 "Primary Containment Vessel (PCV) vent valve (MO valve) opened." (...) "Operators headed toward the R/B in order to manually open the PCV vent valve (MO valve). They wore the necessary equipment, such as full face masks, and carried flashlights with them. They opened the PCV vent valve (MO valve) to 25%, as per procedures, at 08:10 on March 13" ([7] Att. 2).

345 "The Site superintendent ordered venting implementation at 10:15 on March 13" ([7] Att. 2).

346 "2011-03-13 10:15: Site Superintendent ordered opening of large SC AOV for venting Unit 2 to complete the line up to the rupture disc. (...) AOV opening was to be accomplished using the small generator, utilized to power temporary MCR lighting, to excite the solenoid lining up the vent up to the rupture disc" ([29], Annex II, TV1).

347 "Toujours est-il que, depuis le 13 à l'aube, la pression de la chambre sèche était assez élevée, de l'ordre de 0.31, 0.32. Sachant que la pression de dimensionnement est d'environ 0.4, on en était très proche. Je ne pensais pas encore à des histoires de fusion du cœur. Je ne pensais pas qu'il se passait des choses tragiques à l'intérieur du réacteur, puisque le RCIC était en marche et que la pression du réacteur était élevée. Tout de même, la pression de la chambre sèche était à 0.3 et quelques, très proche de 0.4. C'est pour ça que j'ai donné l'ordre de se préparer à l'événement" ([40], p. 124).

348 "The restoration team excited the solenoid valve of the large S/C vent valve (AO valve) using the small generator powering MCR temporary lighting as a power source, so the opening of large S/C vent valve could be performed" ([7] Att. 2 p. 99).

349 "Configuration of the venting line (excluding rupture disk) was completed at 11:00 on March 13" ([7], Att. 2).

350 Um das Ventil offen zu halten, war allerdings ein Druckluftkompressor erforderlich. Dessen Anlieferung (vom Kraftwerkstandort Daini) wurde um 22:22 Uhr (des 13.3.) in Auftrag gegeben. ([29], TV1, Annex II, p. 7).

351 "D/W pressure was lower than rupture disk activation pressure (427kPa [gage], yet venting did not occur. Vent valve was kept open while the D/W pressure was continued to be monitored" ([7], Att. 2).

352 "Right after 12:00 on March 13, Site Superintendent Yoshida ordered preparations for seawater injection into the Unit 2 reactor be made so that they could swiftly shift to seawater injection if the Unit 2 RCIC stopped. Since all freshwater available on the premises of the Fukushima Dai-ichi NPS was to be used for Unit 3, Site Superintendent Yoshida decided that seawater injection was the only option for Unit 2" ([9], p. 223).

353 "At 12:05 on March 13, the Site superintendent ordered preparations to proceed for use of seawater in reactor injection. A lineup using the Unit 3 backwash valve pit as a water source was advanced prior to RCIC shutdown, so that the switch to seawater injection could take place" ([7], Att. 2).

354 "(...) je savais qu'à un moment ou à un autre, il faudrait injecter de l'eau, qu'il faudrait aussi faire un éventage de la chambre sèche. C'est pourquoi j'ai demandé qu'on s'y prépare, qu'on fasse avancer les choses au maximum, en parallèle, aussi bien pour le réacteur 2 que pour le 3" ([40], p. 125).

355 "Ten 12V batteries would be needed as a 125V DC power source to drive the SRV for Unit 3 reactor depressurization before performing injection. The station ERC called on TEPCO employees at the seismic isolated building to gather batteries from their personal vehicles around 07:00 on March 13.

The station ERC also called for TEPCO employees to provide batteries for Unit 2, since they would be needed in the future. The required number of personnel was gathered, and they each removed the battery from their personal vehicles. These batteries were collected in front of the seismic isolated building.

Five members of the restoration team carried the collected batteries via private vehicles to the Unit 3 MCR.

Afterwards, they returned to the seismic isolated building to begin transporting the batteries to Unit 2. When they reached the entrance of Units 1 and 2, an order for temporary evacuation was given so Unit 3 PCV venting could be performed. The operators went into standby at the station main gate. They confirmed that smoke billowing from the main stack for Units 3 and 4 was being blown away by the wind.

Five members from the restoration team transported batteries to the Unit 2 MCR using personal vehicles after Unit 3 PCV venting was performed" ([7], Att. 2, p. 91).

356 "The restoration team connected batteries to the MCR SRV control panels at 13:10 on March 13. This allowed one SRV valve to be opened via the SRV control panel operation switch. This was the same method used at Unit 3, where reactor depressurization had been maintained" ([7], Att. 2).

357 "Ten 12V batteries were connected in series to provide the DC power needed to operate the SRV. Cutting wires and removing covering was delicate work. This work carried the risk of electric shock and short circuiting, since wires and terminal connectors had to be directly affixed to each other using electrical insulating tape. With full face masks on and lit only by flashlights, the operator's field of vision was severely limited. Electrical insulating tape stuck to their rubber gloves. Sparks were generated when wires came into contact with the batteries, and some of the terminals melted. Since work was carried out while wearing two pairs of rubber gloves, screwing in screws with screwdrivers proved difficult. Caution had to be exercised to ensure that the small, hard-to-grasp screws were not dropped" ([7], Att. 2).

358 "In order to keep the large S/C vent valve (AO valve) open, it was decided that a temporary compressor would be installed in addition to existing air tanks. Procurement began afterwards. It was discovered via teleconferencing that temporary compressors could be provided from Fukushima Daini Nuclear Power Station (NPS) and Kashiwazaki-Kariwa NPS at 22:22 on March 13" ([7], Att. 2).

359 "Temporary compressors from Fukushima Daini NPS arrived at 01:52 on March 14 [...] they began supplying air around 03:00" ([7], Att. 2, p. 100).

360 "Due to the hydrogen explosion at Unit 3, hoses which had been laid out were damaged and rendered unusable" ([17]).

361 "The fire engine and hoses that had been completely readied were damaged and became unusable" ([24]).

362 "14.03.2011 11:00: Alternative seawater injection line assembly completed. Not initiated as the RCIC was deemed to be still functional" ([29], Annex II, TV1).

363 "Rubble and debris of high radiation levels was scattered in and around the backwash valve pit in front of the Unit 3 T/B by the explosion in the Unit 3 R/B. In addition, as for the water injection lines of Units 1, 2 and 3 which were already in use or were ready for use, the fire engine pumps stopped and fire hoses were damaged and rendered unusable except for the two vehicles which came from the Minami-Yokohama and Chiba TPSs and were parked away from the building" ([9], p. 250).

364 "(...) it was confirmed at 12:50 on March 14 that the excitation circuit of solenoid valve for the large S/C vent valve (AO valve) had come loose and the said valve had closed due to the impact of the explosion" ([7], Att. 2).

365 Nach Angaben der IAEA ist der Zeitpunkt des unerwünschten Schliessens allerdings nicht bekannt: "2011-03-14 11:01: Large isolation AOV in the SC venting line closed. (...) Unit 3 explosion damaged the vent line up. The valve could not be reopened (time of failure is unknown)" ([29], TV1, Annex II).

366 "S/C status as of 12:30 on March 14 was 486kPa [abs] (S/C pressure) and 149.3°C (S/C tem.). The station ERC first decided to ensure an exit route for S/C pressure. This was because SRV exhaust steam would not be condensed in the S/C if the SRV were opened, making it difficult to depressurize the reactor; also, there was risk of further S/C pressure and temp. increase leading to damage, It was also decided that PCV venting preparation would be carried out before opening the SRV to depressurize the reactor, then performing seawater injection. This decision was made to ensure that depressurization injection was definitively carried out" ([7], Att. 2, p. 94).

367 "2011-03-14 12:30: ERC decision to postpone RPV depressurization. (...) The ERC, who was concerned about high PCV pressure and saturated conditions in the SC, hesitated to depressurize the RPV as the PCV response to the mass and energy release from the RPV to the PCV. Therefore the depressurization of RPV was postponed until the containment venting lice was re-established" ([29], Annex II, TV1).

368 "It was reported that the Unit 2 reactor water level began dropping and reactor pressure began rising around 12:50 on March 14" ([7], Att. 2, p. 92).

369 "Field work had been halted after the explosion, but the Site superintendent issued an instruction for Unit 2 response at 13:05 on March 14, while the effects of the second explosion (following explosion at Unit 1) were still being felt. "Unit 2 reactor water level drop was confirmed. Top of Active Fuel (TAF) will be reached around 16:00 if this continues. Will line up reactor injection and restore Unit 3 backwash valve pit (water source) by 14:30. Care must be taken to prevent explosions. Equipment may have been damaged by explosion at Unit 3. Do not assume they are usable" ([7], Att. 2, p. 92).

370 "The RCIC was deemed to have lost its function due to the reactor water level dropping at 13:25 on March 14" ([7], Att. 2, p. 93).

371 "... it can be determined that by approximately 12:30 of the same day at the latest, the reactor pressure became higher than the RCIC pump discharge pressure, causing water injection to the reactor to stop" ([10], Att. I-1-1, p. 197).

372 Die nachträglichen Analysen ergaben, dass die Wirksamkeit des RCIC bereits ab 09:00 Uhr nachgelassen hatte: "... since indicating 5.310 MPa gage at approximately 09:00 on March 14, 2011, reactor pressure began showing an upward trend. It can be determined that this change may have led to the reactor pressure becoming almost equal to the RCIC pump discharge pressure, thereby causing the water injection volume through the RCIC system to decrease" ([10], Att. II-1-1, p. 196f).

373 "Although it has not been clarified at what time the RCIC system shutdown, the reactor water level started to decrease gradually after RCIC stopped, uncovering the core, and then it rapidly decreased due to depressurization boiling by opening SRV." (...) "MAAP could reproduce, as shown in Att. 2-1, the gradual reactor pressure increase, assuming interruption of water injection by the RCIC system (but steam supply to its turbine continued) at 09:00 on March 14th. MAAP could also reproduce the sharp pressure increase thereafter, assuming full shutdown of the RCIC system at 12:00 on March 14th. The assumptions made in the analysis could reproduce quite well the reactor pressure changes, but why the RCIC stopped is unknown. It is necessary, therefore, that the RCIC shutdown mechanism consistent with those assumptions in the analysis be investigated (Unit-2/Issue-2)" ([25]).

374 "Field work was restarted upon Site superintendent orders at 13:05 on March 14" ([7], Att. 2, p. 93).

375 "The road between Units 2 and 3 could not be travelled by car due to piles of scattered debris from the explosion at Unit 3. Therefore, the restoration team and contractors began clearing the debris using heavy machinery. Radiation levels were extremely high and wrench time was limited. Work was carried out in shifts, allowing the road between Units 2 and 3 to become traversable around 15:00 on March 14" ([7], Att. 2, p. 93).

376 "The fire brigade headed into the field to perform field checks, amidst extremely high radiation levels. Although preparations were completed for the injection line, the fire engines and hoses near the Unit 3 backwash valve pit had been damaged and were rendered unusable. There was also explosion debris scattered within the Unit 3 backwash valve pit, which was the water source for the injection line.

Fire engines that had been providing seawater from the shallow draft quay to the Unit 3 backwash valve pit were unaffected by the explosion, and thus, were still usable. It was decided that these fire engines would be used to inject seawater into the reactors at Units 2 and 3, using the shallow draft quay as a water source. Replacement of damaged hoses and alternate injection line assembly was advanced" ([7], Att. 2, p. 93).

377 "Work was carried out in shifts, allowing the road between Units 2 and 3 to become traversable around 15:00 on March 14 (...). Connection of the fire engine to the FP intake was completed at 14:43" ([7], Att. 2).

378 "Based on the current situation, it was estimated that TAF would be reached around 16:30. Reactor pressure showed signs of increase, staying between approx. 7.0 MPa to 7.4 MPa. Reactor seawater injection preparations were continued" ([7]).

379 "Around 15:30 Fire engines started up to perform reactor seawater injection" ([7], Att. 2).

380 "Aftershocks with hypocenters offshore Fukushima occurred from 15:00 to 16:00 on March 14" ([7], Att. 2).

381 "Initially, TAF reach time was predicted to be 16:30. TAF reach time was re-evaluated using the latest data at 15:57 on March 14, and the results gave a time of 17:30. This one hour increase led the station ERC to decide that venting preparations would be completed by 17:00, and then depressurization injection would begin. The Site superintendent ordered all personnel to pay extra attention to any details prior to this task" ([7], Att. 2).

382 "The NSC chairman contacted the Site superintendent, stating that depressurization injection should be prioritized over venting at 16:15 on March 14. After being contacted, the station ERC and headquarters ERC deliberated on a response. It was believed that securing a release route for S/C pressure would be vital in ensuring that depressurization was definitively performed. This was upon consideration of several factors, such as the leeway in time until the current reactor water level (TAF +1,000mm) reached TAF (predicted occurrence time of 17:30), a possible difficulty in reactor depressurization due to SRV exhaust steam refusing to condense, and a concern over the risk of damage posed by high temp./pressure. The policy (make preparations for venting before performing depressurization injection) was re-confirmed, and the NSC chairman was notified of these results" ([7], Att. 2, p. 94).

383 "The restoration team advanced venting preparations in the MCR. Although the solenoid valve of the large S/C vent valve was excited at 16:21 on March 14, it could not be confirmed whether said valve opened due to the possibility that air compression via temporary compressor was not sufficient" ([7], Att. 2, p. 101).

384 "It was believed that it would take some time until venting preparations were completed. Left unchecked, the reactor water level would drop and could pose a risk to fuel status. Therefore, the station ERC and headquarters ERC deliberated yet again, deciding to prioritize reactor depressurization via SRV at 16:28. However, since venting preparations would also be necessary, the Site superintendent ordered reactor depressurization to be proceeded with alongside venting preparations" ([7], Att. 2).

385 "2011-03-14 16:28: Operators decided to depressurize RPV via SRV. (...) The measured reactor water level dropped and level at TAF was estimated to be around 17:30 based on the time of presumed loss of RCIC, while the AOV on the venting line was still unopened to ensure SC pressure relief during RPV depressurization via SRV. Upon this information of imminent core uncovering, it was decided to depressurize the RPB by relief through the SRV to the SC, regardless of the concerns for PCV integrity (saturated/solid SC), to enable water injection" ([29], Annex II, TV1).

386 "It was during this time that operators attempted SRV opening via the MCR operation switch at 16:34 on March 14, but this was unsuccessful.

- The restoration team checked cable connection points for the SRV control circuit and the circuit diagram for SRV opening, connected them to another SRV, and attempted opening via the operation switch. Despite their efforts, this was also unsuccessful.
- Connections were switched to yet another two SRVs, and opening was attempted via the operation switch. However, this was also unsuccessful.
- All cables from batteries were temporarily removed, and were reconfigured into a series of ten batteries" ([7], Att. 2).

387 Wie bereits in [35] dargelegt, weichen die Angaben unterschiedlicher Institutionen zu den zeitlichen Abläufen der Vorgänge in den Reaktoren voneinander ab.

388 "17:17: Reactor water level reached TAF. Government agencies were notified at 17:25" ([7], Att. 2, p. 84).

389 "We had come to a situation where ... fuel was really exposed but we could not lower pressure or pump in water, so really, this is the hardest part for me to remember. I thought then, though not for the first time, that we were going to die. I thought we were really going to die. With no water coming in, the No. 2 reactor was going to melt. All fuel was going to really override pressure in the containment vessel and escape outside. That would have been a worst-case accident, with corresponding amounts of radioactive substances all spewed outside. That would no longer be on a Chernobyl class - maybe not a "China Syndrome", but something like that. If that were to happen, we would have had to stop pumping water into the No. 1 and No. 3 reactors, and they would have fallen into similar states sooner or later" ([31]).

390 "Since opening via the operation switch was unsuccessful, the restoration team decided to narrow down the scope of power source at 18:02 on March 14. They connected cables directly to the SRV opening solenoid valve on SRV control circuit and attempted excitation. Reactor pressure finally began to drop when cables were connected to the fifth SRV, and thus depressurization began" ([7], Att. 2).
Reaktordruck: 6.998 MPa (16 : 34) ; 6.075 MPa (18 : 03) ; 0,63 MPa (19:03 Uhr) ([7], Att. 2).

391 "2011-03-14 18:00: First SRV opened. (...). After trying the power setup with the other SRVs with the same result, the batteries connected in series were reconfigured and connected directly to the SRV solenoid valve of the fifth SRV. (...).

Second and third SRVs opened. (...). Since opening of one SRV did not decrease the RPV pressure sufficiently, two more SRVs were opened" ([29], Annex II, TV 1).

392 "It is believed that the Unit 2 reactor water level fell below the BAF by around 18:22 on March 14, 2011, and so core damage was making considerable progress" ([10], Att. II-1-1, p. 112).

393 "18:22: Reactor water level reached TAF -3,700mm and fuel exposure was deemed to have occurred. Government agencies were notified at 19:32" ([7], Att. 2).

394 "2011-03-14 19:03: Reactor pressure reading. Below fire engine pump discharge pressure" ([29], Annex II, TV1).

395 "2011-03-14 19:05: Seawater injection via fire engines commenced. (...). Reactor pressure was below fire engine discharge pressure (approximate time)" ([29], TV1, Annex II).

396 "19:20: Fire engines being used for reactor seawater injection found to have stopped due to lack of fuel" ([7], Att. 2).

397 "At that time, the in-house firefighting team members took turns checking the condition of the fire engines that were used for water injection into Unit 2 because of high radiation levels, and found that the fire engines of the Chiba and Minami-Yokohama TPSs had run out of fuel and stopped operating at around 19:20, soon after the start of water injection into the Unit 2 reactor" ([9], p. 255).

398 "It was discovered at 19:20 on March 14 that the fire engine being used for seawater injection had stopped upon running out of fuel. Since the fuel supply truck loaded with light oil suffered a flat due to the effects of debris and could not be moved, the fire engine was manually refueled" ([7], Att. 2).

399 "Afterwards, reactor seawater injection from fire engines (one fire engine started up at 19:54 and another started up at 19:57 on March 14) via FP line began" ([7], Att. 2).

400 "They restarted the two fire engines at around 19:54 and 19:57 respectively, and resumed continuous water injection into the Unit 2 reactor at around 19:57. Therefore it is assumed that water injection into the Unit 2 reactor stopped completely for at least 37 minutes from the time the in-house firefighting team found that the fire engines had stopped. After that, staff members at the NPS ERC set up a roster for checking and refueling the fire trucks every few hours" ([9], p. 256).

401 Die Feuerwehrfahrzeuge mussten alle 4 bis 5 Stunden mit Treibstoff nachgetankt werden: "On avait défini des roulements sur vingt-quatre heures. Je pense que c'est au moment où ils allaient réapprovisionner le camion qu'ils ont été le plus irradiés. (...) Par la suite, des gens sont venus nous aider, des sous-traitants, il me semble, qui ont bien voulu participer au réapprovisionnement avec nous. Ça nous a un peu soulagés. Mais, tout au début, même les gens du niveau des chefs de groupe allaient verser le carburant" ([40], p. 77).

402 "But even with the safety relief valve open, the pressure wouldn't go down. We were like, "There it is, I knew that". After all, the suppression chamber (...) had higher (pressure). Some had doubted (the pressure) would fall. We were like, "You see (the pressure) isn't falling, and the fuel water levels are only going down". In addition, we never had enough time, so the pump – the fire engine – ran out of fuel, and it could no longer pump water in when it was time to do so when reactor pressure had fallen. That gave us another letdown, and we talked about sending (worker) to pump in (water). That was when I thought we were coming to the end. I was, like, the closest to death at that moment" ([31]).

403 Vgl. [10], Att. II-1-1, Chart 29, p. 115; Chart 37, p. 132. "The fire engine pump discharge pressure was at 0.85 MPa gage, but it is also necessary to take into account the pressure loss prior to the injection of water into the reactor via the fire protection system piping. Particularly with the fire extinction system piping, because the piping runs through the interior of the building, it can be thought that pressure loss occurred in significant levels prior to the injection of water into the reactor" ([10], Att. I-1-1, p. 132).

404 "It is not clear if all injection flow reached the core due to backflows in the lineup" ([29], TV1, Annex II, p. 10).

405 "The headquarters and station ERCs believed that personnel (excluding those needed for station monitoring and restoration activities) would need to be evacuated, depending on how the situation progressed. Therefore, deliberations and preparations (e.g., evacuation area selection, bus distribution) toward evacuation began around 19:30 on March 14 (...)" ([7], Att. 2).

406 "Ensuite je suis allé voir les membres du personnel des entreprises partenaires qui étaient dans le couloir. Ils étaient tous là, le regard un peu dans le vague. Je crois qu'ils ne comprenaient pas très bien ce qui leur arrivait. J'ai pensé très fort que je ne pouvais pas entraîner ces gens-là dans ce qui pouvait suivre. Je leur ai dit : «Nous avons fait tout ce qui était en notre pouvoir, mais la situation devient très dangereuse. S'il vous plaît, rentrez chez vous». Je ne leur ai pas dit que c'était un retrait, une évacuation. Je leur ai juste dit de rentrer chez eux" ([40], p. 153).

407 "... nous savions que le combustible était complètement découvert, que nous n'arrivions pas à dépressuriser, que l'eau n'entraînait pas. C'est vraiment un moment que je n'ai pas envie de me remémorer. Il y a eu plusieurs occasions, durant ces journées, où j'ai cru que j'allais mourir, mais cette fois-là, j'ai vraiment cru que j'y passerais" ([40], p. 152).

408 "2011-03-14 20:37: RPV pressure reading indicated an increasing trend. (...). Fourth SRV opened" ([29], Annex II, TV 1).

409 ICANPS geht davon aus, dass aufgrund der Erhöhung des Reaktordrucks die Meerwassereinspeisung in den Reaktor abbrach: "(...) from at least approximately 20:37 to 21:18 on the same day, during which the reactor pressure reading rose from 0.810 MPa gage to 1,463 MPa gage, it seems plausible that the water injection by the alternative means was almost nothing" ([10], Att. II-1-1, p. 132). Im Bewusstsein, dass eine Einspeisung bei einem Reaktordruck von über 0.6 MPa rel. nicht möglich war, öffneten die Operateure das SRV-Ventil: "The operators with the job of opening the SRV opened the SRV, aware that injection of water into the reactor was not possible as long as the reactor pressure did not drop below 0.6 MPa gage" ([10], Att. II-1-1, p. 132).

410 Vgl. [10], Att. II-1-1, p. 132

411 Vgl. [10], Att. II-1-1, p. 100, Chart 24

412 "2011-03-14 21:00: DW pressure reading. (...) 427 kPa. Lower than rupture disc burst pressure, no venting was expected" ([29], TV1, Annex II).

413 "The small S/C vent valve (AO valve) opened slightly due to excitation of the solenoid valve around 21:00 on March 14. Therefore, the venting lineup (excluding rupture disk) was completed at that time. (D/W pressure was lower than rupture disk activation pressure (427kPa (gage), yet venting did not occur. The vent valves was kept open while D/W pressure was continued to be monitored)" ([7], Att. 2, p. 102).

414 Zu diesem Zeitpunkt war der Drywell-Druck bereits grösser als der Ansprechdruck der Berstscheibe von 0.528 MPa abs. ([10], Att. II-1-1, [29], TV1, Annex II).

415 "It was confirmed that the S/C vent valve (AO valve) bypass valve had not opened at 23:35 on March 14. Although indicating values of D/W pressure gauge at the AM control panel was on an increasing trend, indicating values of S/C pressure at the AM control panel stabilized between approx. 300kPa [abs] to approx. 400kPa [abs], creating unevenness in pressure. Since S/C side pressure was lower than the rupture disk activation pressure and D/W side pressure was rising, a policy was decided where venting would be performed via opening of the small D/W vent valve (AO valve)" ([7], Att. 2).

416 "2011-03-14, 21:00 : Attempt to open small (bypass) SC vent AOV. Solenoid was excited and the valve was deemed opened; however, later at 23:35, it was confirmed that the bypass AOV did not open. (...) 2011-03-14, 23:25: Discovery of small (by-pass) SC vent AOV being closed" ([29], Annex II, TV1).

417 Zum sinkenden Reaktordruck (gegen 21:20 Uhr des 14.3.) könnte auch ein unkontrollierter Integritätsverlust des RDB oder dessen angrenzender Systeme beigetragen haben ([10], Att. II-1-1, p. 103).

418 Kenntnisstand heute: Wegen des Ausdampfens der Referenzmessleitung (infolge der hohen Temperatur im Primärcontainment) ist es gut möglich, dass die Füllstände zu hoch angezeigt wurden oder dass die Füllstandsänderungen, die von 21:20 Uhr bis 23:11 Uhr (tatsächlich) aufgetreten sind, nicht angezeigt wurden ([10], Att. II-1-1, p. 114 and 126f).

419 "21:20: Two SRVs were opened and it was confirmed that reactor water level had begun recovering. Government agencies were notified at 21:34 (as of 21:30, reactor water level was TAF -3,000mm)" ([7], Att. 2).

⁴²⁰ "Reactor pressure rose around 21:00 on March 14. It was decided that another SRV would be opened and the solenoid valve was excited, but reactor pressure did not drop. When other SRV solenoid valves were excited, reactor pressure dropped and the reactor water level gauge (in downscale) display values simultaneously showed an increase at 21:20. Afterwards, the station ERC read off the reactor water level, reactor pressure, and D/W pressure values every few minutes" ([7], Att. 2).

⁴²¹ "2011-03-14 21 :20 : Fifth SRV opened. (...). As the pressure did not decrease after the opening the fourth SRV. (...).

Reactor pressure reading. (...). 7.5 bar. Decreased after the opening of the fifth SRV" ([29], Annex II, TV 1).

⁴²² Aufgrund des gesunkenen Reaktordrucks kann davon ausgegangen werden, dass auch die Meerwassereinspeisung in den Reaktor wieder einsetzte.

⁴²³ 2014 wurde durch Modellierungen des Unfalls nachgewiesen, dass der damals gemessene Wasserfüllstand ungenau gewesen sein könnte und dass ein Leck das Leitungssystem zwischen Reaktor und Feuerwehrfahrzeugen beeinträchtigt haben könnte: "Sufficient data on reactor water levels were not available, but their increasing trend after 21:00 on March 14th could be confirmed. This reactor water level increase, however, could have been caused by overestimating the real level due to water evaporation inside the reference water level side piping in the accident progression, as in Unit-1. The water level indicator became unable to show accurate values after all, although the timing when this happened is unknown. Therefore, the actual amount of injected water is considered to have been less, too, including its possible leakage (Common/Issue-2) from the injection lines of the fire engines" ([25]).

⁴²⁴ "In the meantime, a radiation monitoring car did record a sharp rise in dose rates at about 21:20 when the SRV opening operation was recorded" ([25]).

⁴²⁵ "Vous savez, c'est une période que j'ai tellement envie d'effacer de ma mémoire. C'est traumatisant, de se remémorer ces moments" ([40], p. 154).

⁴²⁶ "(...) reactor pressure and D/W pressure rose at 22:50 on March 14" ([7], Att. 2, p. 102).

⁴²⁷ "The PCV pressure increased to 0.75 MPa[abs], thereafter, due to hydrogen generation and SRV opening, etc. The D/W pressure increases were observed at about 20:00, 21:00 and 23:00 on March 14th, probably being effects of hydrogen generation" ([25]).

⁴²⁸ Wiederum ist davon auszugehen, dass aufgrund des Druckanstiegs, die Meerwassereinspeisung in den Reaktor aussetzte.

⁴²⁹ "22:50: Situation (abnormal PCV pressure increase) deemed to fall under Article 15, Section 1 of the Nuclear Emergency Act due to drywell (D/W) pressure exceeding maximum operating pressure of 427 kPa [gage], and government agencies were notified at 23:39" ([7], Att. 2, p. 85).

⁴³⁰ "2011-03-14 22:50: An incident of 'Abnormal Rise of Pressure in Containment Vessel' of the Nuclear Emergency Act Article 15 is declared. (...). DW pressure > design pressure" ([29], TV1, Annex II).

⁴³¹ (...) "This reactor pressure increase led to the possibility that the SRV may have closed. Since batteries had not run out and it was believed that the SRV drive air had run out, operations to open another SRV began" ([7], Att. 2, p. 102).

⁴³² "2011-03-14 23:00: Attempts to open the sixth SRV failed" ([29], Annex II, TV 1).

⁴³³ "23:35 : Since S/C side pressure was lower than rupture disk activation pressure and D/W side pressure was rising, it was decided to open the D/W vent valve bypass valve to perform venting" ([7], Att. 2).

⁴³⁴ "But it was at about 23:00 (measured pressure at 23:00 was 540 kPa[abs]) on March 14th when the D/W pressure exceeded the preset rupture disc operating pressure (528 kPa[abs]), even if the measured S/C pressure was not correct" ([25]).

435 Etwa 0.74 MPa abs. ([29], TV1, Annex II).

436 "00:01 D/W vent valve (AO valve) bypass valve was opened, but found to be closed again several minutes later" ([7], Att. 2).

437 Der Reaktordruck stabilisierte sich auf einem Wert, der etwa gleich hoch war wie der Druck im Drywell ([10], Att. II-1-1, p.115, Chart 29).

438 Zwischen 01:02 Uhr und 07:20 Uhr des 15.3. wurde ein oberhalb 0,6 MPa (rel.) liegender Reaktordruck angezeigt. Es ist davon auszugehen, dass mit der eingesetzten Feuerlöschpumpe eine Einspeisung erst bei einem Reaktordruck unterhalb 0,6 MPa (rel.) erzielt werden konnte: "The operators with the job of opening the SRV opened the SRV, aware that injection of water into the reactor was not possible as long as the reactor pressure did not drop below 0.6 MPa gage" ([10], Att. II-1-1, footnote 170 or 195).

439 "When the SRV solenoid valve was excited at 01:10 on March 15, reactor pressure began to drop. D/W pressure remained unchanged at approx. 730kPa [abs], while S/C pressure remained stable at approx. 300kPa [abs]. Reactor pressure later stabilized at approx. 0.63 MPa [gage], but reactor pressure entered a rising trend at 02:22 and rose to 0.675 MPa [gage]. Therefore, excitation of the next SRV solenoid valve began. D/W pressure rose slightly, becoming 750kPa [abs] at 02:45" ([7], Att. 2).

440 Vgl. [29], TV1, Annex II

441 Der Reaktordruck blieb bei etwas oberhalb 0,6 MPa rel. ([10], Att. II-1-1, p. 115, Chart 29).

442 "15 Mar, 0300, Containment pressure exceeded maximum design pressure, and operators again attempted to vent the containment to reduce pressure but were unsuccessful. This was reported to the government and associated authorities at 0417" ([5], p. 89).

443 "03:00 Since D/W pressure exceeded the design maximum operating pressure, depressurization and reactor injection operations were attempted. However, it was notified to government agencies at 04:17 that depressurization had not been fully effective" ([7], Att. 2).

444 Vgl. [10], Att. II-1-1, p. 115, Chart 29

445 In der Folge wurde die Zuverlässigkeit dieser Information allerdings in Frage gestellt ([7], [9], [10]).

446 "... one of the reasons that an explosion or other abnormal incident was suspected to have occurred at the Unit 2 S/C was that at around 06:02 on March 15, 2011, the Unit 2 S/C pressure indicator showed 0.000 MPa abs." ([10]).

447 "Since the pressure indicator for the Unit 2 S/C dropped immediately following the explosion sound and vibration from Unit 4 and the ERC at the power station was notified that there was 0 MPa[abs], the event was mistaken for a possible explosive event near the Unit 2 S/C" ([7]).

448 "With Units 1 and 3 having suffered hydrogen explosions, they had all been thinking that Unit 2 might be next"; "... the news that the pressure inside the torus was now zero meant that the suppression chamber, which had been their last hope, might have a hole in it" ([16]).

449 "... reports arrived that the parameter had fallen to zero [editor's note: pressure in the No. 2 reactor's suppression chamber] and that there had been this popping sound. (...) I [editor's note: site superintendent M. Yoshida] first thought – well, pressure remained in the dry well at the time. The dry well pressure remained, and it would normally be improbable that pressure remains in the dry well but vanishes in the suppression chamber. But in the worst case, if the dry well pressure was totally unreliable, the zero pressure in the suppression chamber indicated the containment vessel could have been destroyed. So conservatively thinking, the containment vessel could have been damaged, and the popping sound could have represented a certain rupture" ([31]).

450 "... it was determined that the large vibration and sound experienced at 6:14 on March 15 was caused by an explosion at Unit 4 at 6:12" ([7]).

- 451 "06:50 : Situation (abnormal site boundary radiation level increase) deemed to fall under Article 15, Section 1 of the Nuclear Emergency Act due to radiation levels exceeding 500 μ Sv/h (583.7 μ Sv/h) measured near the main gate, and government agencies were notified at 07:00" ([7], Att. 2).
- 452 "07:00 It was notified to government agencies that personnel would temporarily evacuate to Fukushima Daini, save the minimum needed for monitoring and work activities" ([7], Att. 2).
- 453 "... conservatively thinking, the containment vessel could have been damaged, and the popping sound could have represented a certain rupture, so, although confirmation was insufficient, I [editor's note: site superintendent M. Yoshida], stood on that premise and decided that was an emergency, and I ordered workers to take shelter. I ordered that everybody except operation staff and main repair staff should take temporary shelter" ([31]).
- 454 "Considering the possibility of damage to the S/C at Units 1 and 2 (...)", approx. 70 workers required for station monitoring and restoration activities stayed behind while approx. 650 people temporarily evacuated to Fukushima Daini NPS via bus or personal vehicle" ([7]).
- 455 "Site Superintendent Yoshida judged that Unit 2 S/C pressure indicated 0 MPa abs because some kind of explosion had occurred in the Unit 2 PCV. He directed all members except the leading staff, including himself, and those members necessary for monitoring the plant and conducting emergency recovery work to temporarily evacuate from the Fukushima Dai-ichi NPS" ([9]).
- 456 Zu dieser Evakuierung eines Grossteils des Personals an den Standort Fukushima Dai-ni (2F) gab es in der Presse Spekulationen und Falschinformationen, nach denen das Personal vom Standort Fukushima Dai-ichi (1F) entgegen den Anweisungen des Kraftwerksleiters geflohen sei (s. z. B. [36]). Die Zeitung, die diese Falschinformationen veröffentlicht hat, hat sich entschuldigt und ihre ursprüngliche Version der Schilderung der Umstände der Evakuierung korrigiert. Tatsächlich handelte es sich eher um ein Missverständnis. Die Anweisungen des Superintendents wurden durch das Personal irrtümlicherweise als Anweisung zur Evakuierung an den Standort Fukushima Dai-ni interpretiert: "Actually, I never told them to go to 2F. This is the typical stuff with relayed messages. We were discussing, "Should we head for 2F if we are ever going?" I said, "Take shelter, get automobiles." And somebody who relayed my message told the drivers to go to the Fukushima No. 2 plant. I thought I was saying, "Take temporary shelter somewhere near the Fukushima No. 1 plant, where radiation levels are low despite its location on the plant site, and wait for the next instruction," but I was told, "They have left for 2F," so I thought, "Heck!" I said, "Tell them to let us know once they have arrived at 2F, and tell "Group Manager" level workers (senior employees) to return in the first place." (...) We had this No. 2 reactor, and the No. 2 reactor was in the most perilous state. I mean, radioactivity, radiation level. The quake-proof control center building stands very close to it. So I thought I was saying, "Get out of here and take temporary shelter to the south or to the north, wherever radiation levels remain stable." But if you come to think about it, everybody was wearing a full-face mask. So if you take shelter like that for hours, you'll be dead. I came to believe that going to 2F was by far the right thing to do if only you gave more thought to it. Anyway, I think they went to 2F, took off their masks, and did whatnot, with their masks off" ([31]).
- 457 "People lined up to put on Tyvek suits, full-face masks and then plastic covers for their footwear. But if everyone leaving the site wore a mask, there wouldn't be any left for the people who remained to work on the plant. No one would be able to get near the reactors anymore. Some of the masks were hidden away to be used by the people who would stay behind. There were not enough left for everyone, so there was a bit of a scramble for them. Those who were unable to get a mask covered their mouths with handkerchiefs for the dash to the bus or to shared rides in the employees' own cars" ([16], p. 199).

⁴⁵⁸ “We knew what we had to do. Collecting the data from the plant was the duty-team’s job, while the fire-fighting squad and the recovery team were responsible for injecting water into the reactor. Then there was the job of restoring power, and refuelling the fire engines. If we could keep all those going, we could stop things from getting worse. We hadn’t stayed to just die. We were there because we had a job to do” ([16], p. 203).

⁴⁵⁹ In den berücksichtigten Quellen liess sich keine Erklärung für diese Beobachtung finden.

⁴⁶⁰ “Around noon on March 15, various personnel returned to Fukushima Daiichi NPS. These included operators monitoring data from the MCR, the Health Physics Team which, performed field radiation level measurement and seismic isolated building access control, as well as the Security Guidance Team, which controlled station access. During the afternoon of the same day, the Recovery Team (civil engineering group) personnel in charge of debris removal gradually returned to Fukushima Daiichi NPS to continue restoration work” ([7]).

⁴⁶¹ “While there was no monitoring of Fukushima Daiichi Unit 2 from 07:20 to 11:25, the pressure of the containment vessel decreased to 0.155 MPa [abs]” ([3]).

⁴⁶² Vgl. [10], Att. II-1-1, p. 115, Chart 29

⁴⁶³ “The measured PCV pressure was 0.73 MPa [abs] at about 07:20 on March 15th, and then it decreased to 0.155 MPa[abs] at 11:25 on March 15th. It is not clear when the pressure started to decrease, because the measured data are limited around this time period due to the temporary reduction of workforce at Fukushima Daiichi NPS. Still it is highly possible that this pressure decrease occurred during the morning, as suggested by the facts that (1) steam release from the Unit-2 blowout panel was confirmed in the morning on March 15th, and (2) the dose rates measured by monitoring cars increased. The FPs released at this time are believed to have resulted in radioactive contamination in Iitate Village, etc. The mechanism needs to be examined how this pressure decrease of the PCV occurred (Unit-2/Issue-11). The containment atmospheric monitoring system (CAMS (D/W)) in the meantime, showed a monotonous increase until around 06:00 on March 15th (63 Sv/h at 06:20) and then a lowered value (46 Sv/h at 11:25) after an interruption of data recording for about 6 hours. The PCV pressure decrease would explain the dose rate decrease in the PCV, by the FP release from it. The CAMS (D/W) recorded a sharp rise to 135 Sv/h later at 15:25 on March 15th. This sharp rise suggests some incidents developed abruptly in the reactor and PCV. The question of what incidents could have occurred at this time needs to be investigated (Unit-2/Issue-12)” ([25]).

⁴⁶⁴ Die Unfalluntersuchungen schreiben den Druckabfall im Drywell Schäden des Primärcontainments (Drywell, Torus) oder dessen Angrenzungen (Entlastungsleitung, Durchdringungen, Flanschdichtungen, Messleitungen, Materialschleusen, Einstiegsluken oder dergleichen) von Reaktor 2 zu ([10], Att. II-1-1, p. 151). Der Reaktordruckabfall entstand vermutlich infolge Beschädigungen, die eine weitere Verschlechterung der Integrität vom RDB oder von dessen Angrenzungen (Durchdringungen, SRV-Ventilsitz-Dichtungen oder dergleichen) bewirkt haben ([10], Att. II-1-1, p. 116).

⁴⁶⁵ “It is obvious that the decrease of the pressure was not attributable to venting the reactor containment vessel, but indicated a breach of the containment vessel” ([3]).

⁴⁶⁶ “It is probably a logical conclusion that there was a leak somewhere in the Unit 2 PCV considering the subsequent fact that water contaminated with very high concentration of radioactive materials collected in the Unit 2 T/B. However, it is difficult to determine when such a leak was created” ([9]).

⁴⁶⁷ “Between around 07:20 on March 15, 2011 and around 11:25 on the same day, the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station personnel, with the exception of those required for operation and control, evacuated to the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station. Concerning Unit 2, because no additional operations required for venting were carried out, it is hard to conceive that the depressurization was affected by PCV venting, nor, was the Containment Cooling System activated.

Given that this is the case, it is highly probable that the PCV or its Peripherals suffered damage which allowed even larger point for pressure to escape and therefore that the D/W pressure dropped greatly" ([10], Att. II-1-1, p. 151f.).

"... for Unit 2, at about 07:20 that day the D/W pressure was reading 0.730 MPa abs. Yet at around 11:25 it had fallen down to 0.155 MPa abs (...). Furthermore, there is the possibility that the SRV had been kept open around this time. Yet conversely it is also possible that damage had occurred to the RPV or its Peripherals that would further significantly impair the containment function between about 07:20 and 11:25 that day" ([10], Att. II-1-1, p. 117).

468 "The mechanism needs to be examined how this pressure decrease of the PCV occurred" ([25]).

469 "Whereas the locations of radioactive material release cannot be identified, the white smoke seen in the morning at Unit 2 was witnessed to increase at around 09:40, an event that was captured by the Fukuichi Live Camera (Att. 12-10). Based on these facts and the facts that radiation levels increased to approximately 10,000 μ Sv/h around the same time period and that Unit 2 PCV pressure decreased substantially between 07:00 and 11:00 on the same day, it is highly likely that Unit 2 was the point of release.

Considering that it is estimated that Unit 3 was contained until the early morning of March 16 by venting the S/C, Unit 1 PCV pressure was stable, and taking the wind direction into account, even if there was a release from somewhere other than Unit 2, dose rates should have risen from the early morning of March 15; however, since dose rates actually started to rise after 07:00, it is difficult to imagine that a release from Unit 1 or Unit 3 contributed to the dose rate rise on March 15" ([7]).

470 "... the results of radiation monitoring around the main gate of the Fukushima Dai-ichi NPS showed radiation dose rates of several hundreds to several thousands μ Sv/h from around 07:38 on March 15 until 04:00 on March 16, with a peak of 11,930.0 μ Sv/h measured at around 09:00 on March 15. While there is the possibility that radioactive substances from Units 1 and 3 contributed to these radiation levels in addition to those from Unit 2, it is highly likely that, during the above period, damage may have developed so that it would have led to further degradation of the containment function of the PCV or its Peripherals of Unit 2, resulting in a large amount of radioactive substances released into the environment. In addition, it is also highly likely that during any of these times damage may have developed in some part of the S/C or vent lines" ([10]).

471 "Reactor core isolation cooling system (RCIC) manually activated" ([7], Att. 2, p. 107).

472 "(...) the emergency diesel generator started automatically and the reactor core isolation cooling system (RCIC) was also able to operate" ([24]).

473 "RCIC automatically shut down (reactor water level high)" ([7], Att. 2, p. 107).

474 "All AC power was lost after this due to the tsunami striking and the attendant flooding" ([24]).

475 Vgl. [7], Att. 7-3

476 "The DC power equipment for Unit 3 differed from Unit 1 and 2, however, in that it was installed at a slightly higher spot and so escaped flooding. For that reason, operation and control of the RCIC and HPCI could be maintained; it was also possible to continue monitoring reactor status using meters and gauges" ([24]).

477 Wie sich im Nachhinein herausstellte blieb trotz Überflutung diverser Gebäude (Reaktorgebäude, Maschinenhaus u. a.) – im Gegensatz zu den Situationen in den Blöcken 1 und 2 – die für den RCIC-Start benötigte Gleichstromversorgung noch erhalten. Der RCIC-Start (16:03 Uhr des 11. März) erfolgte als das Niveau noch 4,17 m über der Kernoberkante war. Der RCIC-Ausfall (11:36 Uhr des 12. März) erfolgte als das Niveau noch 4 m über der Kernoberkante war. Insofern war durch den post-SBO Betrieb des RCIC bis um 11:36 Uhr des 12. März die Kernkühlung sichergestellt.

478 "Although the AC power source was lost, the DC power source was unaffected and thus usable. The said DC power source was used to secure reactor water levels via the reactor core isolation cooling system (RCIC) and the high-pressure coolant injection system (HPCI) used for operation control, in accordance with operating procedures" ([7], Att. 2).

"(...) Operators implemented measures to avoid automatic shutdown due to high reactor water level and to conserve batteries needed for operation control. This was done to avoid battery use due to RCIC startup/shutdown and to secure stable reactor water levels. One of the measures to prevent RCIC automatic shutdown due to high reactor water level was assembling a line via operation of the RCIC control panel to pass water through both the reactor injection line and test line (used for periodic function tests, loops from the water source Condensate Storage Tank (CST) back to the CST), performed while monitoring reactor water level from the Main Control Room (MCR). This set the scope of water level adjustment and secured water level" ([7], Att. 2).

479 "Two personnel were assigned to reactor water level monitoring, while another two were assigned to RCIC operation. Under this framework, both parties reported conditions to each other while working. Preparations toward smooth HPCI startup as the next injection measure following RCIC shutdown were carried out (e.g., HPCI control panel operation switches tagged).

In order to limit valve and Flow Indication Controller (FIC) operation as a battery conservation measure, flowrate was set via test line valve openness adjustment and FIC, to ensure gradual changes in reactor water level. The method used involved repeatedly changing flowrate setting values (within approx. 75 % to 100 % of standard flowrate (25.2L/s) each time the reactor water level neared the upper or lower limits of water level adjustment scope" ([7], Att. 2).

480 "As a further battery conservation measure, loads were disconnected for all monitoring instruments, control panels, or computers not strictly required for monitoring or operation control. Since monitoring instruments were redundant (Subsystems A/B), one system was used at a time to reduce battery consumption. Other measures included disconnecting MCR emergency lighting / clocks, as well as fluorescent lights in other rooms" ([7], Att. 2).

481 "21:27 Temporary lighting turned on in the main control room (MRC)" ([7], Att. 2, p. 108).

482 "2011-03-11 21:27: Some temporary lights restored in the MCR. (...) A small portable electric generator was installed" ([29], Annex III, TV1).

483 "The 72 power supply cars dispatched by TEPCO and Tohoku Electric confirmed to have arrived in Fukushima (high voltage power supply cars: 12 to Fukushima Daiichi and 42 to Fukushima Daini; low voltage power supply cars: 7 to Fukushima Daiichi and 11 to Fukushima Daini)" ([7], Att. 2; s. auch ([7], Att. 10-3).

484 "After the earthquake, the 'shutdown state' MCR status display light for the DDFP (used for alternate injection) was on. It could not be activated using MCR operation switches when this was attempted at 03:27 on March 12" ([7], Att. 2, p. 115).

485 "2011-03-12 03:27: ... Attempt to start DDFP from MCR unsuccessful. (...) Alternate SC spray via DDFP to control SC and DW pressure increase was planned. After the earthquake, the 'OFF' light was on for DDFP in the MCR status display. It could not be activated by MCR operation switches" ([29], TV1, Annex III).

486 "Operators were divided into two teams, which headed to the Reactor Building (R/B) and Turbine Building. Their purpose was to assemble an alternate S/C spray line from the fire protection system (FP) line via the residual heat system (RHR). The motor-operated valve (MO valve) for said line could not be operated from the MCR since there was no power source. Operators manually opened the five valves, including RHR, during the morning of March 12. They did so wearing full face masks in a totally dark building, with only flashlights for lighting" ([7], Att. 2).

487 "2011-03-12 04:00: Operators sent to reactor building and TB (two teams) to line up an alternate SC spray line from the FP system via the RHR system". "The MOVs could not be operated from the MCR since there was no power source. (time is approximate) Operators manually opened the five valves, including RHR, during the morning of 12 March" ([29], Annex III, TV1).

488 "While efforts to secure reactor water level were going smoothly, the MCR RCIC "shutdown" status display light turned on, and display values for the flowrate and discharge pressure gauges dropped to "0." This confirmed that the RCIC had shut down. Shutdown notification alarms did not activate, as power had been lost.

Two operators were sent to the R/B basement floor RCIC room for field checks. They were dispatched since the RCIC would shut down immediately after activation via the MCR RCIC control panel. They wore full face masks and long boots used for outdoor patrols. Using flashlights for light, they entered the RCIC room from the HPCI room side. Both rooms were flooded to about ankle height, although this situation was nothing to worry about. Water was dripping from the RCIC room ceiling onto the RCIC steam stop valve, but there were no abnormalities in turbines, pumps, or pipes.

Shutdown status was confirmed in the field and no abnormalities found for steam stop valve machinery. Therefore, activation was attempted from the MCR, but the steam stop valve closed immediately after startup, causing shutdown" ([7], Att. 2).

489 "It was found upon an on-site check that the latch for the trip mechanism of the RCIC turbine trip throttle valve had been detached and the valve had been closed, but the background to this and reasons remain unknown and are subjects for continued examination (...)" ([25]).

ICANPS interim erwähnt ein Ölleck: "At approximately 11:36 that day, the RCIC of Unit 3 stopped. When the shift team went to the RCIC room on the first basement floor of the Unit 3 R/B to check the operation of the RCIC, they found drops of oily water on a latch of the RCIC and the latch was unfastened. The shift team fastened the latch and tried to restart the RCIC but it soon stopped again. They wiped the oil off and tried fastening the latch several times. Ultimately the RCIC did not work" ([9], p. 191).

490 "The FP control panel failure restoration button was pushed at 12:06 on March 12, automatically activating the DDFP to begin alternate S/C spray" ([7], Att. 2, p. 115).

491 "2011-03-12 12:06: SC spray started via FP line" ([29], TV1, Annex III).

492 "HPCI High pressure coolant injection system - the first line of defense in the emergency core cooling system. HPCI is designed to inject substantial quantities of water into the reactor while it is at high pressure to prevent the activation of the automatic depressurization, core spray, and low pressure coolant injection systems" ([3]).

493 "While RCIC shutdown status check and startup operation were underway, the HPCI automatically activated due to low reactor water level and began reactor injection again at 12:35 on March 12. Reactor depressurization via HPCI drive turbine consumption of reactor steam commenced. The line was assembled by operating the HPCI control panel to pass water through both the reactor injection and test lines, as had been done for the RCIC. The framework for this work had two operators monitoring reactor water level, and two operating HPCI. Setting HPCI flowrate proved difficult, since its flowrate capacity was larger than the RCIC, and thus, reactor water level increased faster. This meant reactor water level had to be secured at levels within a wide water level adjustment scope while also preventing HPCI automatic shutdown due to high reactor water level. Also, the minimum flow valve was fully closed to prevent water level increase at its destination(S/C)" ([7], Att. 2, p. 116).

494 "Because each start and stop of the HPCI required utilization of DC-power, the operators controlled the water injection rate into the RPV by using the test line to avoid repeated starts and stops of the system and thus preserve DC power" ([29], Annex III, TV1).

495 "Reactor depressurization via HPCI drive turbine consumption of reactor steam commenced" ([7], Att. 2).

496 "After the HPCI was started up, the reactor pressure started to decrease because the steam was consumed by the driving turbine. (...)The HPCI has a bigger flow capacity than that of RCIC and consumes more reactor steam. As a result, the reactor pressure decreased by operating the HPCI and reached about 1 MPa[abs] at about 19:00 on March 12th" ([25]).

497 Sowohl die HPCI-Turbine als auch die RCIC-Turbine wird mit Dampf aus der Frischdampfleitung betrieben. Nach Durchströmung der Turbine wird der Dampf in den Torus abgeblasen. Die HPCI-Turbine hat eine wesentlich grössere Leistung als die RCIC-Turbine. Dementsprechend wird durch sie auch mehr Dampf in den Torus abgeblasen, was wiederum zu einer stärkeren Reaktordruckentlastung beiträgt. Um die Reaktordruckbelastung zu begrenzen und somit zu verhindern, dass der Abschaltgrenzwert der Turbine erreicht wird, müsste die Dampfzufuhr zur HPCI-Turbine gedrosselt werden. Es ist unklar, ob diese Massnahme während des Unfallablaufs möglich gewesen wäre.

498 "2011-03-12 15:54: Evacuation of field workers ordered" ([29], Annex III, TV1).

499 "Site ERC ordered the evacuation of the staff from two MCRs (Units 1 and 2 and Units 3 and 4), except for the most senior staff." (...) "The Shift Supervisor, Deputy Shift Supervisor, and the Senior Operator stayed in the MCR to collect data and continue field response under guidance from the ERC (time is approximate)" ([29], Annex III, TV1).

500 Druck im Primärcontainment bei Normalbetrieb: 110 kPa abs, Auslegungsdruck Primärcontainment: 490 kPa, Ansprechdruck Berstscheibe: 427 kPa ([7], Att. 8.13 und 8.15); Druck im Primärcontainment am 12.03.2011, 12:45 Uhr: 380 kPa, am 12.03.2011, 17:00: 300 kPa ([29], Annex III, TV1).

501 "Even though the required pressure levels to perform PCV venting had not been reached, the site superintendent ordered Units 2/3 venting line up preparations to begin at 17:30 on March 12" ([7], Att. 2).

502 "Although the relatively stable pressure inside the DW meant that venting of Unit 3 was not imminent, the Site Superintendent ordered preparations for the unit PCV venting vessel to be started considering relatively less harsh radiological conditions" ([29], Annex III, TV1).

503 "Reactor water level gauge power source was lost at 20:36 on March 12, meaning reactor water level could no longer be monitored" ([7], Att. 2).

504 "Operators slightly increased HPCI flowrate setting values to ensure reactor injection, monitoring operation state via reactor pressure and HPCI discharge pressure. Also, the restoration team was commissioned to restore the reactor water level gauge" ([7], Att. 2).

505 "At approximately 20:36 on March 12, the shift team could no longer monitor the reactor water level because the 24-V DC power source for the reactor water level gage was depleted. The recovery team at the NPS ERC provided the Units 3 & 4 main control room with thirteen 2V batteries (including one spare battery) from the 50 batteries that the NPS ERC had obtained from the Hirono Thermal Power Station by dawn that day to recover the power source of the reactor water level gage of Unit 3. In the meantime, the shift team in the Units 3 & 4 main control room increased the setup value of the HPCI's flow rate to secure a sufficient amount of water to the reactor core because it was impossible to monitor the reactor water level in real time. They also closely monitored the reactor pressure and the discharge pressure of the HPCI to establish the operating status of the high-pressure coolant injection system" ([9], p. 198).

506 "Reactor water level became unclear due to instrument power loss at 20:36 on March 12. The restoration team carried out instrument restoration work, such as carrying batteries into the MCR, preparing diagrams, confirming welding areas, and power source connection. They did so while wearing equipment such as full face masks and rubber gloves, in an MCR lit only by temporary lighting. This began alongside S/C vent valve (AO valve) isolation valve opening work" ([7], Att. 2).

507 "Venting procedure deliberation began in the main control room (MCR) at just past 21:00 on March 12. Order and location of vents to be operated were listed on the whiteboard" ([7], Att. 2).

508 "The generation team deliberated venting procedures with the restoration team after Unit 1 venting operation procedures were compiled. This was done while looking at Unit 1 venting operation procedures and Unit 3 Accident Management (AM) operation procedures. The completed procedures were reported to the MCR" ([7], Att. 2).

509 "Under such circumstances, around 02:00 on March 13, the reactor pressure showed signs of dropping, which had been stabilized at approx. 1 MPa until this time" ([7], Att. 2).

510 "2011-03-13 02:30: ... Reactor pressure reading. ... 0.79 MPa ... Below the set point of the automatic isolation of the HPCI" ([29], TV1, Annex III).

511 "Before the manual shutdown of the HPCI of Unit 3, the shift team told some members of the operation team of the NPS ERC (including the shift supervisor of the Units 3 & 4 main control room who was on stand-by in the booth of the operation team in the Emergency Response Office) about their awareness of the issues concerning the operation of the HPCI. The shift team said that they wanted to manually stop the HPCI and use the D/DFP for the water injection after depressurizing the reactor with the SRV.

The members the shift team consulted discussed the problems related to the operation of the HPCI at Unit 3 and reviewed whether or not the HPCI should be manually stopped. As a result, they understood that the HPCI might break down if it was to continue running at an rpm below its acceptable operating range. They made a decision and told the shift team that stopping the HPCI was the only option if it really were possible to use the D/DFP for water injection by opening the SRV by manual remote control from the control panel" ([9], p. 199).

512 "The plant operation team and MCR feared the possibility of reactor pressure drop causing a further slowing of HPCI turbine revolution speed, which would increase turbine vibrations and ultimately result in reactor steam release due to equipment damage. Reactor pressure and HPCI discharge pressure equalized, meaning that reactor injection via HPCI was no longer being performed. Reactor pressure had dropped below levels where the HPCI would normally shut down (0.69 MPa), but the HPCI did not shut down. These factors led to the decision to immediately perform alternate reactor injection via DDFP, alongside shutdown of the HPCI" ([7], Att. 2).

513 "Since the reactor water level was unknown, they were not certain whether a sufficient amount of water had been injected into the reactor and there was a risk of the HPCI's breakdown as it was operating in an unusual fashion so the shift team began to feel anxious about the continuation of HPCI operation." (...) "The shift team decided to manually stop the HPCI at approximately 02:42 on March 13 as they thought that water injection by the D/DFP would be more stable than by the HPCI" ([9], p. 199).

514 " (...) late on the night of March 12, the HPCI was in such a condition that cooling water injection could not be continued as described below.

- Since the number of turbine revolutions was below the operating range and the number was on a downward trend, there was a possibility that the turbine had been damaged and reactor steam was leaking.
- The reactor pressure and HPCI discharge pressure indicated almost the same level so that in such a situation cooling water was not being injected into the reactor.

In addition, the condition indicator lamp for the SRV was lit, so it was believed that the reactor could be depressurized as the SRV was operable (able to be opened)" ([15]).

515 "2011-03-13 02:30: The discharge pressure of the HPCI pump gradually decreased approaching the RPV pressure. Therefore, the operators were concerned about failure of the HPCI turbine. (...). Decision to switch core cooling function from HPCI to DDFP. (...). Decision was not reported to the Site Superintendent" ([29], Annex III, TV 1).

516 "Operators headed to the R/B in order to check the status of the DDFP (already operating before HPCI shutdown) and manually open the RHR intake valve to allow switching from alternate S/C spray to alternate reactor injection" ([7], Att. 2).

517 "At approximately 02:42 on March 13, before the manual shutdown of the HPCI, the shift team went into the R/B of Unit 3 to check the operation of the D/DFP and switch from the S/C spray line to the reactor vessel water injection line" ([9], p. 200).

518 "2011-03-13 02:42: DDFP line up was changed from SC spray to RPV injection. (...). The shift team, in consensus with some members of the ERC, decided to switch the core cooling function from the HPCI to the DDFP, which at this time sprayed the SC" ([29], TV1, Annex III).

519 "The Shift Supervisor notified the plant operation team that HPCI shutdown operation was to take place. The decision to perform this operation was based on the belief that the MCR SRV status display light being on meant it was operable, as well as the time elapsed since operators had headed into the field, meaning that an alternate reactor injection line assembly had been completed.

Operators pressed the HPCI shutdown button on the MCR HPCI control panel and set the HPCI turbine steam inlet valve operation switch to the "fully closed" position at 02:42 on March 13, and thus, shut down the HPCI. Reactor pressure at the time had dropped to 0.58 MPa." (...) "As a result, the HPCI was shut down, and an attempt was made to inject cooling water into the reactor using the diesel-driven fire pump (D/D FP)" ([7]).

(...) "We manually shut down the HPCI.

- In the main control room (MCR), we wanted to shut down the HPCI early, which was operating unstably to prevent leakage of reactor steam caused by the damage to the HPCI.
- In the MCR, we believed it was meaningless to keep the HPCI activated, because reactor pressure had fallen to a level that made HPCI cooling water injection difficult.
- In the MCR, we determined that it was possible to depressurize by using the SRV after shutdown of the HPCI, and be able to switch the source of cooling water injection to the lined up D/D FP" ([7], Att. 2).

520 "The reactor pressure started to decrease at about 02:00 on March 13th, which had been stable at about 1 MPa[abs], and it became lower than the allowable HPCI operation limit and reached a situation in which the HPCI could stop anytime. It was manually shut down at 02:42, therefore, in consideration of the preparation underway for reactor water injection using the DDFP" ([25], p. 38).

521 "2011-03-13 02:42: HPCI stopped. (...) Remote manual. (...). Due to the possibility of reactor pressure drop causing a further slowing of HPCI turbine revolution speed, which would increase turbine vibrations and ultimately result in reactor steam release due to equipment damage" ([29], TV1, Annex III).

522 Die Handlungen zum Anhalten des HPCIs beinhalteten, dass der Reaktordruckentlastungspfad via Frischdampfleitung und HPCI-Turbine in den Torus unterbrochen wurde. Dies hatte einen sehr schnellen Anstieg des Reaktordrucks zur Folge: "Operators pressed the HPCI shutdown button on the MCR HPCI control panel and set the HPCI turbine steam inlet valve operation switch to the "fully closed" position at 02:42 on March 13, and thus, shut down the HPCI. Reactor pressure at the time had dropped to 0.58 MPa" ([7], Att. 2, p. 118).

523 "The members of the operation team were so concerned with the on-site work that they did not pay much attention to the transmission of information. Consequently all the members of the operation team at the NPS ERC were not told of the shift team's awareness of issues concerning the operation of the HPCI or the information concerning the manual shutdown of the HPCI. The operation section chief did not get the information either. He only knew that the HPCI was running although its rpm had dropped due to the lowered pressure.

Consequently, Site Superintendent Yoshida and other members of the NPS and TEPCO ERCs did not know that the shift team of Unit 3 was going to manually stop the HPCI" ([9], p. 200).

524 "In attempts to continue reactor depressurization, SRV 1 valve operation switch on the MCR SRV control panel was set to the "open" position at 02:45 on March 13 in order to switch from alternate reactor injection via HPCI to injection via DDFP. However, the said valve refused to open. Afterwards, all SRV valve operation switches were set to the "open" position, but they refused to open. It was reported to the station ERC that reactor pressure was rising and DDFP injection could not be performed" ([7], Att. 2).

525 "2011-03-13 02 :45 : Attempt to open SRV unsuccessful. The SRVs did not open, although the valve status in the MCR displayed them as functional. It is considered that the battery capacity was enough to display the status indicator lamps, but not enough to operate the SRVs" ([29], Annex III, TV1).

526 "However, the members who received the reports or heard them, including the shift supervisor of the Units 3 & 4 main control room who was on standby in the Emergency Response Office, did not forward the information to the operation section chief. As a result, the NPS and TEPCO ERCs were unaware of not only the implemented manual shutdown of the HPCI but also the failure to open the SRV at that time" ([9], p. 201).

527 "Members of the operation team who received the reports from or had consulted with the shift team and those members of the local command center who heard the reports and/or consultation were so concerned with the seriousness of the situation on the site that none of them conveyed the content of the reports or consultation to the operation section chief. As a result, the NPS and TEPCO ERCs did not know about the manual shutdown of the HPCI or the response that the shift team carried out after the stoppage of the HPCI.

At approximately 03:55 that day, it occurred to those who were aware of the manual shutdown of the HPCI and the response of the shift team to report to the operation section chief. They informed their leader that the shift team had shut down the HPCI of Unit 3, had tried to inject water with the D/DDFP but had failed, and the reactor pressure rose to approximately 4 MPa gage. From this report, Site Superintendent Yoshida and other members of the NPS ERC finally learned of the shutdown of the HPCI of Unit 3. Until then, Site Superintendent Yoshida and other members of the NPS ERC had not received any report that the shift team of Unit 3 had planned to manually stop the HPCI or they had actually stopped the high pressure coolant injection system. They just assumed that the HPCI of Unit 3 was running.

At that time, the TEPCO ERC also learned this via the teleconference system and instructed the NPS ERC to verify whether the HPCI was stopped automatically or manually. The operation section chief asked his team members how the HPCI was stopped. In the noisy atmosphere of the Emergency Response Office, the operation section chief misheard the verbal report from his team. Although a team member replied, "shudo teishi" ("manually stopped"), the leader mistakenly heard, "jido teishi" ("automatically stopped") and announced "jido teishi" into a microphone at the main table. Since it was noisy inside the room, the person who had verbally replied did not notice his boss' mistake and thus did not correct him. Consequently, the NPS and TEPCO ERCs mistakenly believed that the HPCI of Unit 3 automatically stopped at approximately 02:42 on March 13" ([9], p. 203f.).

528 "When operators checked the MCR HPCI control panel at 03:35 on March 13 prior to starting up the HPCI, the operation control FIC display light was turned off, and thus, the HPCI could not be activated."

"(...) Startup of the vacuum pump via the RCIC control panel was attempted as part of RCIC startup preparations at 03:37 on March 13. However, the said pump failed to activate" ([7], Att. 2).

529 "Reactor pressure rose to 4.1 MPa at 03:44 on March 13. It reached approx. 7 MPa at around 04:30. It would then transition between approx. 7.0 to 7.3 MPa from then onward" ([7], Att. 2).

530 "The restoration team had been performing reactor water level gauge restoration work since the early hours of March 13. Twelve 2V batteries were connected in a series to create a 24V power source for the reactor water level gauge. The reactor water level gauge was restored at 03:51. Reactor water level at that time was near TAF" ([7], Att. 2).

531 "The Shift Supervisor discussed RCIC status with the plant operation team. It was decided that the RCIC would be started up without the vacuum pump to secure reactor injection as soon as possible. Two operators who had performed field response on March 12 during RCIC shutdown headed to the R/B basement floors" ([7], Att. 2).

532 "When these two operators entered the HPCI room, it was slightly hotter inside than on March 12. After confirming HPCI shutdown status was normal, they moved to the RCIC room. They checked the locking status of RCIC steam stop valve machinery structure, adjusted it, then checked the status prior to startup" ([7], Att. 2).

533 "There were several pipes and support beams within the RCIC and HPCI rooms. The only source of light was flashlights, and there was water on the floors while operators moved and worked" ([7], Att. 2, p. 120).

534 "Activation was performed via the RCIC control panel at 05:58 on March 13, but the steam stop valve machinery structure became dislodged, closing the said valve and leading to shutdown. Operators decided to return to the MCR" ([7], Att. 2, p. 120).

535 "The situation (reactor cooling function loss) was deemed by the station ERC to fall under Article 15, Section 1 of the Nuclear Emergency Act due to an inability to activate the RCIC at 05:10 on March 13, and this was reported to government agencies at 05:58" ([7], Att. 2).

536 "Local manual reactivation attempt of the RCIC was unsuccessful" ([29]).

537 "The Emergency Response Centre (ERC) began reviewing the accident management procedures and checking the vent procedures to determine how to open the containment vent valves without power. Workers in the ERC went through the administration building and retrieved drawings and manuals needed to develop the procedures" ([29], Annex III, TV1).

538 "Since assembly of the venting line was not yet complete, the station ERC decided to restrict pressure increase via alternate S/C spray when D/W and S/C pressure rose" ([7], Att. 2).

539 "2011-03-13 05:08: Started realigning DDFP to SC spray. DDFP being unable to inject water to the reactor, to suppress an increase in the containment pressure, the shift team started alternate SC spray via DDFP by manually closing the RHR discharge valve to the core and opening the SC spray valve in the torus room" ([29], Annex III, TV1).

540 "Operators manually operated valves, switching from the S/C spray line to the D/W spray line at 07:39 on March 13, and began D/W spray. The S/C spray valve was manually closed at 07:43" ([7], Att. 2).

541 "Directed by the ERC, the shift team operated the relevant valves to switch the DDFP from the SC spray and started DW spray in order to sufficiently decrease DW pressure before depressurization. Operators manually operated valves, switching from the SC spray line to the DW spray line and DW spray started. The SC spray valve was manually closed at 07:43. This provided no further pressurization of DW" ([29]).

542 "The torus room where the S/C spray valve was installed was hot and muggy. Lighting power had been lost, meaning the room was totally dark and the only source of light was flashlights. Since the SRV was active, large noises caused by S/C steam release came intermittently, causing large vibrations that terrified operators. The mood was also tense due to several big aftershocks that had been striking since the earthquake on March 11" ([7], Att. 2).

543 "The torus room had become even hotter by the time the S/C spray valve was closed. Soles of the rubber boots being worn by operators melted when they set foot on the upper parts of the S/C. The S/C spray valve operation handle was also hot, and could not be held for long periods of time" ([7], Att. 2, p. 121).

544 "In the darkness I could hear the SRV bubbling and on top of the S/C the soles of my boots melted" ([7], Att. 2).

545 "The D/W and S/C pressure increase was halted due to the D/W spray, and the pressure plateaued. The station ERC decided to stop the D/W spray and expedite PCV venting line assembly toward early implementation of PCV venting" ([7], Att. 2).

546 "2011-03-13 08:00: Pressure increase in the DW halted with spray actuation. (...). Time is approximate. The NPP ERC decided to stop the DW spray and expedite PCV venting line assembly toward early implementation of PCV venting. Operators manually opened the RHR intake valve, manually closed the DW spray valve, and switched to the reactor alternate injection line between 08:40 and 09:10" ([29], Annex III, TV1).

547 "Operators manually opened the RHR intake valve, manually closed the D/W spray valve, and switched to the reactor alternate injection line between 08:40 and 09:10 on March 13" ([7], Att. 2).

548 Der Stopp der Drywell-Sprühung erfolgte um 08:55 Uhr. Daraufhin kam es zu einem sprunghaften Anstieg des Drucks im Drywell (vgl. [10], Att. II-1-1, Chart 71, p. 226).

549 "The small generator being used to provide temporary lighting for the MCR was used to forcefully excite the solenoid valve at 04:52 on March 13, in order to open the S/C vent valve (AO valve) isolation valve. When operators went to the reactor building (R/B) basement floor torus room to check S/C vent valve (AO valve) isolation valve status, the "closed" status was displayed and the S/C vent valve (AO valve) isolation valve drive air tank compression pressure was "0." The torus room at this time was hot and muggy, as well as totally dark due to loss of lighting power. Operators only had flashlights to guide them. Since the SRV was operating, there were large vibrations and loud noises due to steam being released into the S/C" ([7], Att. 2).

550 "The Site superintendent ordered venting line completion (excluding rupture disk) work and press preparations to begin at 05:15 on March 13" ([7], Att. 2).

551 "The restoration team began restoration work at 05:23 on March 13, since S/C vent valve (AO valve) isolation valve drive air tank compression pressure was "0." One of the three D/W oxygen density gauge correction tanks on the R/B 1F was removed and exchanged with the tank in the R/B 1F south side AO valve drive air tank rack. Tank connector leakage check was conducted, and it was confirmed that the tank was sound (including tank pressure)" ([7], Att. 2, p. 128).

552 "After the restoration team exchanged tanks, operators headed to the R/B basement floor torus room to check the open/close status of the S/C vent valve (AO valve) isolation valve. Temperatures in the torus room had risen even higher by this time. When operators set foot into the S/C upper areas to check S/C vent valve (AO valve) isolation valve open/close status, the long boots they were wearing melted. Thus, were they forced to turn back toward the MCR around 08:00 on March 13" ([7], Att. 2).

553 "The orange parts are the S/C. The S/C spray valve was located on the upper part of the torus, meaning its handle could not be moved unless personnel climbed on top of it" ([7]).

554 "The vent valve (MO valve) was manually opened to 15% at 08:35 on March 13. Although operation procedures stipulate 25% openness, it was set slightly lower (15%) to keep PCV pressure from falling too low" ([7], Att. 2).

555 "At around 08:35 on March 13, the shift team went to the second floor of the Unit 3 R/B and manually opened the PCV vent valve (motor-operated) by 15 percent. (...) The shift team operators in the Units 3 and 4 main control room had some concerns about the CV buckling problem under negative pressure, while considering the operational sequences of CV venting for Unit 3. So the valve opening of 25% determined in discussions was finally changed to 15%" ([9], p. 234).

556 "2011-03-13 08:35: "Containment vent valve (MOV) partially opened. Operators opened the motor operated containment vent valve approximately 15%. The shift team had some concerns about the PCV buckling under negative pressure. Thus, they opened the valve 15%, instead of 25%, as defined in the procedures and implemented in Units 1 and 2" ([29], Annex III, TV1).

557 In den Blöcken 1 und 2 wurde diese Vorschrift eingehalten. Im Block 1, in dem das Venting gelang, stellte sich nach dessen Implementierung kein starker Druckabfall ein; der Druck blieb oberhalb 0,5 MPa abs. (vgl. [10], Att. II-1-55).

558 "08:41 : Venting line assembly (excluding rupture disk) completed upon S/C vent valve (AO valve) isolation valve opening, and government agencies were notified at 08:46" ([7], Att. 2).

559 "As the pressure inside the SC was 3.7 bar, which is well below the disc rupture pressure of 5.28 bar, the venting was set but did not occur. It was reported to the station ERC at 08:41" ([29]).

560 "It was reported to the station ERC at 08:41 on March 13 that venting line assembly was complete, and all that was left was to wait for the rupture disk to rupture" ([7], Att. 2).

561 "2011-03-13 08:41: Large SC AOV opened for venting. (...). As the pressure inside the SC was 3.7 bar, which is well below the disc rupture pressure of 5.28 bar, the venting was set but did not occur. It was reported to the station ERC at 08:41" ([29], Annex III, TV 1).

562 "Reactor depressurization via SRV would be necessary for reactor injection via DDFP or fire engine" ([7], Att. 2).

563 "In attempts to continue reactor depressurization, SRV 1 valve operation switch on the MCR SRV control panel was set to the "open" position at 02:45 on March 13 in order to switch from alternate reactor injection via HPCI to injection via DDFP. However, the said valve refused to open. Afterwards, all SRV valve operation switches were set to the "open" position, but they refused to open" ([7], Att. 2, p. 118) (...) "Since the MCR SRV status display light turned on at 03:38 on March 13, the SRV operation switch was set to the "open" position again. However, it failed to open" ([7], Att. 2, p. 119).

564 "02:45 : Attempt to open SRV unsuccessful. The SRVs did not open, although the valve status in the MCR displayed them as functional. It is considered that the battery capacity was enough to display the status indicator lamps, but not enough to operate the SRVs (...)"

"03 h 38 : Attempt to open SRV unsuccessful. The SRVs did not open, although the valve status in the MCR displayed them as being functional. It is considered that the battery capacity was enough to display the status indicator lamps, but not enough to operate SRVs" ([29], Annex III, TV 1).

565 "It was believed ten 12V batteries would be needed as a DC power source (125V) to operate the SRV. However, all appropriate batteries were already being used for Units 1 and 2 instrument restoration" ([7], Att. 2).

566 "The station ERC called for employees within the seismic isolated building to donate their car batteries around 07:00 on March 13. The required number of personnel was gathered, and they removed the batteries from their cars, placing them in front of the seismic isolated building. Five members of the restoration team transported these batteries to the Unit 3 MCR in their personal vehicles" ([7], Att. 2, cf. also Att. 10-2).

567 "2011-03-13 8:41: Batteries collected from cars were brought to the MCR and were to be utilized to open SRVs (time is approximate)" ([29]).

568 "While connecting 12V batteries into ten unit parallels, two operators from the restoration team discovered that reactor pressure was dropping around 09:08 on March 13. Of the SRV control panel status display lights, the red lamp showing 'open (active)' status for one of them flickered on and off, while the green lamp showing 'closed' status for the same one was also on. Immediately afterwards, both the red and green lamps for another SRV both turned on. Thus, there were two SRVs stuck between the 'open' and 'closed' status" ([7]).

569 "2011-03-13 09:08: Reactor pressure decreased. (...). The exact cause of this pressure drop is unknown. The status indication lamps of two SRVs while the operators were trying to connect batteries to the control panel showed an erratic behaviour" ([29], Annex III, TV 1).

570 "SRV was opened and rapid reactor depressurization started around 09:08 on March 13. D/W pressure rose to 637kPa [abs] (09:10) (...). (...) "Around 09:08 Rapid reactor depressurization via SRV performed. Government agencies were notified at 09:20 that reactor injection via fire protection system (FP) line would start later on" ([7], Att. 2).

Es ist dennoch anzumerken, dass TEPCO angibt, dass diese Studien noch am Laufen sind, um genauer darzustellen, ob der Druckabfall nicht auf andere Gründe zurückzuführen ist ([25], S. 39 und Anhang 3-4).

571 "2011-03-13 09:20: Drop in SC pressure observed. Rapid drop presumed rupture of the disc" ([29], Annex III, TV1).

572 "The station ERC decided around 09:20 that venting had occurred" ([7], Att. 2).

573 "Upon drop following the maximum SC pressure, the ERC judged that the PCV venting started at 09:20 with the rupture of the disc" ([29], Annex III, TV1).

574 "09:25 : Reactor freshwater injection using FP line via fire engines began (boron included)" ([7], Att. 2).

575 "... 9 h 20. À ce moment-là, l'eau commençait à entrer, la pression baissait et le niveau d'eau recommençait à monter. J'étais heureux. Je ne sais pas si l'indicateur de niveau d'eau [du réacteur 3] donnait les chiffres réels, mais on était passés de -3000 à un chiffre positif. Vous ne pouvez pas savoir à quel point j'ai été heureux. Je ne pouvais pas savoir que c'était totalement illusoire, une fois de plus. Mais j'étais vraiment rassuré. Ce qui m'a le plus rassuré, c'est le niveau d'eau. Le niveau d'eau était rassurant, mais on était encore dans une situation où on ne savait pas si l'éventage s'était vraiment fait. Ni si cette situation allait durer" ([40], p. 123).

576 "2011-03-13 12:20: Fresh water from the FP tanks at Unit 3 and 4 was depleted" ([29], Annex III, TV1).

577 "Vous ne pouvez pas savoir à quel point j'ai été heureux. Je ne pouvais pas savoir que c'était totalement illusoire, une fois de plus. Mais j'étais vraiment rassuré" ([40], p. 123).

578 "The restoration team completed connection of ten batteries to a parallel, which were then connected to the MCR SRV control panel. Operators opened the SRV via operation switch at 09:50 on March 13 to maintain depressurization" ([7], Att. 2).

579 Diesbezüglich wird von der Untersuchungskommission der japanischen Regierung (ICANPS) eine andere mögliche Interpretation angeführt: "... there is a possibility that in Unit 3, the SRV was opened at approximately 09:50 of the same day, but the reactor pressure had increased as the valve could not be kept open. And a new SRV opening operation was not carried out after this event, the reactor pressure had dropped from 10:02 of the same day. Therefore, there is a possibility that such damage may have occurred to the RPV or its Peripherals which would allow the pressure to escape" ([10], Att. II-1-1, p. 238).

580 "A temporary increase in D/W pressure was seen at 09:28 on March 13. The restoration team was in the MCR at the time" ([7], Att. 2).

581 "They found leaks in the connectors of the S/C vent valve (AO valve) isolation valve drive air tanks during checks of said tanks (located in the R/B 1F south side AO valve drive air tank rack), and performed repairs. Since air was left in the tanks, they were left alone. The second of the three D/W air density gauge correction tanks were removed and placed nearby, for use as the next replacement tank. Since dosimeter values were rising and the R/B 1F was filled with what appeared to be a thick white fog, operators evacuated from the field. After evacuating, operators and contractor workers searched for connectors in the contractor warehouse, since there was the possibility that the connectors of the replaced tanks did not fit properly" ([7] Att. 2).

582 "At around 09:28 on March 13, Unit 3 D/W pressure briefly showed a rising trend. The possible cause of the pressure increase was that the air pressure was not sufficient of the compressed air cylinder installed for the large S/C vent valve (air-operated). Therefore, the recovery team of the NPS ERC went to the first floor of the Unit 3 R/B to check the compressed air cylinder for the large S/C vent valve (air-operated), and they found that there was air leak resulted from incomplete connection of the cylinder to the valve. Consequently they temporarily repaired the leak by taping up the joint" ([9], p. 235).

583 "The restoration team began the opening operation for the S/C vent valve (AO valve) isolation valve at 11:17 on March 13, since tank pressure escape caused the said valve to close" ([7], Att. 2).

584 "2011-03-13 11:17: Large isolation SC AOV for venting found closed. (...) Depleted instrument air in compressed air cylinder. Closure time unknown" ([29], TV1, Annex III).

585 "Since both the temperature and humidity in the R/B 1F could have been very high, it was decided that tank replacement work would be performed in a two-team framework while wearing personal air supplies (wrench time: 15 min.)" ([7], Att. 2).

586 "Team 1 finished exchanging tanks, using the replacement (second D/W air density gauge correction tank) placed near the R/B 1F south side AO valve drive air tank rack. Team 2 performed tank leakage and pressure checks, confirming that the S/C vent valve (AO valve) isolation valve had opened at 12:30 on March 13. D/W pressure began dropping afterwards".

(...) "At this time, the restoration team tried to lock the S/C vent valve (AO valve) isolation valve in the open position, but did not succeed" ([7], Att. 2).

587 " 2011-03-13 12:30: Large SC AOV opened for venting. The AOV was manually opened again with the use of a new compressed air cylinder. Two teams worked between 11:17 and 12:30. Attempts to lock the valve open were unsuccessful" ([29], Annex III, TV1).

588 "Afterwards, reactor pressure rose around 12:00. When the SRV control panel was checked, it was found that the status display light had turned off. After investigating the cause, it was discovered that one of the battery lines had become disconnected. The line was reconnected, the SRV opened, and reactor depressurization began again. SRV status was determined from then on via reactor pressure increase status, and reactor depressurization maintained via battery replacement and use of other SRVs" ([7], Att. 2, p. 122).

589 "The fire brigade recommended to the site superintendent that seawater in the Unit 3 backwash valve pit be used as a source of water for the fire engine injection line (seawater injection line) at 05:21 on March 13. This was the same setup used at Unit 1. After gaining site superintendent approval, they began assembling the line. All that remained was to place fire engine hoses in the water source (Unit 3 backwash valve pit), and the said line would have been complete" ([7], Att. 2).

590 "However, the TEPCO government liaison notified the site superintendent around 06:50 on March 13 that freshwater injection should be given top consideration. Therefore, the switch was made to a freshwater injection line using the FP tank as a source of water" ([7], Att. 2).

591 "2011-03-13 07:00: Seawater injection line up completed. ... However, it was not used since the Site Superintendent, in accordance with 'directions' from the TEPCO head office, to continue to inject fresh water not sea water, as long as fresh water was available. As such, the injection line was changed to fresh water" ([29], Annex III, TV 1).

592 "Reactor freshwater injection using FP line via fire engines began (boron included)" ([7], Att. 2).

593 "10:30 : Site superintendent ordered consideration of seawater injection" ([7], Att. 2).

594 "2011-03-13 10:30: Site Superintendent ordered preparations for seawater injection. ... The fire engines were connected to the FP lines, as the Unit 3 backwash valve pit was the water source" ([29], Annex III, TV1).

595 "It was, however, at around 09:25 on March 13 when the freshwater injection into the Unit 3 reactor started and the available freshwater dried up at around 12:20 that day. As it was impossible to immediately obtain additional freshwater using water tank trucks, they had to change the water injection line to the seawater injection line previously constructed. Eventually, it was at around 13:12 on March 13 when seawater injection started. Consequently, for some 52 minutes after running out of freshwater, adequate water injection was not available and workers were forced to reconstruct the seawater injection line at the area of high radiation levels" ([9], p. 222).

596 "(...) Freshwater injection was being performed while supplying the FP tank. Since supplies of freshwater in FP tanks nearby grew low at 12:20 on March 13, the fire brigade began changing the line to inject seawater from the Unit 3 backwash valve pit. Thanks to advance preparations to allow this to take place in a short amount of time, line assembly was completed at 13:12 and seawater injection began" ([7], Att. 2).

597 "12:20 : Freshwater injection completed. 13:12 : Reactor seawater injection using FP line via fire engine began" ([7], Att. 2).

598 "Since the radiation levels on the other side of the R/B airlock were around 300mSv/h, the station ERC believed there was a possibility that hydrogen could be trapped within the R/B and cause an explosion similar to the one at Unit 1 and decided to temporarily evacuate workers in MCR and in the field at 14:45 on March 13" ([7], Att. 2).

599 "Radiation levels on the MCR Unit 3 side were 12mSv/h at 15:28 (...)" ([7], Att. 2).

600 "2011-03-13, 15:28: As the dose rates at the Unit 3 side of the MCR exceeded 12 mSv/h, ... the shift team moved to the Unit 4 side of the MCR" ([29], Annex III, TV1).

601 "Radiation levels on the MCR Unit 3 side were 12mSv/h at 15:28, and operators who could be moved left for the Unit 4 side to continue monitoring the station. Since there were few operations to be performed during the afternoon in the MCRs for Units 1 and 2 and Units 3 and 4, all operators, save the minimum required for monitoring, were evacuated to the seismic isolated building. Monitoring was performed in shifts from that point onward" ([7], Att. 2).

602 "The chief cabinet secretary held a press conference about conditions at Unit 3 in the afternoon of March 13, in the official residence, and stated that there existed a possibility that a hydrogen explosion could occur" ([7], Att. 2).

603 "Later, various methods to remove hydrogen within the R/B were suggested, such as "opening a blow out panel," "making holes in the R/B roof," and "making holes in the R/B wall via water jet (hereinafter referred to as "water jet method")." "However, methods other than the "water jet method" did not come to fruition due to several factors. These included the possibility of sparks created during boring causing an explosion, as well as high field radiation levels. Deliberations were carried out focusing on the "water jet method" and the devices were procured" ([7], Att. 2).

604 "Nous avons bien pensé à ouvrir ces blow out panels, mais nous ne pouvions pas pénétrer à l'intérieur du bâtiment réacteur, et nous ne pouvions pas non plus les ouvrir de l'extérieur. Alors nous avons réfléchi à toutes sortes de solutions. Mais au fur et à mesure que le temps passait, on ne savait pas quelle quantité d'hydrogène s'était déjà échappée. Il devenait dangereux d'aller travailler là-bas. Suivant les travaux engagés, des étincelles auraient pu mettre le feu à l'hydrogène. Alors on s'est dit qu'on pourrait ouvrir les panneaux de l'extérieur avec une machine de découpe, au jet d'eau par exemple. Puisqu'on aurait ouvert avec de l'eau, on n'aurait pas eu d'étincelle. Mais on ne voyait pas de machine pouvant faire des trous en si peu de temps. On a imaginé beaucoup de choses. On s'est aussi demandé si on ne pouvait pas envoyer un homme les ouvrir de l'intérieur. Mais nous étions dans des conditions telles que nous ne pouvions rien faire à court terme" ([40], p. 121f.).

605 "After evacuating, the order for evacuation was removed for venting line soundness investigation and seawater injection line manual repair work around 17:00 on March 13. Work on these two tasks then began" ([7], Att. 2).

606 "The station ERC continued making requests for fire engine support to the head office ERC. However, various factors (site radiation levels, site contamination, poor condition of station roads) kept fire engines from heading directly to the station. They were sent instead to the off-site center and J village, where they were helmed by employees and contractors, who drove them to the station" ([7], Att. 2).

607 "Ce qui était casse-pieds, c'est qu'il nous appartenait à nous d'aller voir à chaque fois les caractéristiques du matériel. En plus, le matériel était envoyé dans un premier temps à un petit centre de distribution, qui nous appartient et est situé à Onahama. Ensuite il devait être acheminé jusqu'à la centrale. Mais la radioactivité avait augmenté et on ne pouvait plus nous livrer [...]. En plus comme on nous envoyait toutes sortes de choses, il fallait faire le tri entre ce qui pouvait être utilisé et ce qui était inutile. On mobilisait pour ça des gens du terrain qui auraient été plus utiles ailleurs" ([40], p. 76f.).

608 "Water was taken from other sources to replenish the Unit 3 backwash valve pit.

- Sprinkler wagons and vacuum trucks, which were on site for use in civil engineering, were used to take water from reservoirs and send it to the backwash valve pit. This process was repeated several times
- Turbine Building truck bay shutters were opened and fire engines let in to use the seawater trapped in the basement floors of the Unit 4 Turbine Building. However, water could not be taken since water levels were too low.
- Attempts to take water from the Unit 4 seawater intake failed since roads to the intake had sunken and could not be travelled. The inspection manhole was opened to try and take water from the seawater release route, but the distance from the ocean surface meant fire engines could not be used to suck up water" ([7], Att. 2).

609 "Since it was confirmed that D/W pressure had begun rising again at 15:05 on March 13, it was decided that a temporary compressor would be installed in addition to the D/W air density gauge correction tank. The restoration team procured the temporary compressor from contractors, and headed into the field at 17:52 to install the temporary compressor" ([7], Att. 2).

610 "The compressed air cylinders were not effective enough to keep the large S/C vent valve (air-operated) open while the Unit 3 D/W pressure indication was increasing and entry into the Unit 3 R/B was very difficult due to high radiation levels. The NPS ERC therefore decided to connect a portable compressor to the IA system line and send compressed air to the valve at around 15:53 that day. Since the portable compressor had not been prepared beforehand, the NPS ERC procured one from a partner company although its capacity was small. At around 17:52 that day, the recovery team transported the portable compressor with a crane truck to the truck bay door of the Unit 3 T/B where radiation level was relatively low. They placed the portable compressor near the IA compressed air storage tank inside the truck bay door on the first floor of the Unit 3 T/B. They connected the portable compressor to the IA system line and activated it at around 19:00 that day" ([9], p. 237).

611 "Field radiation levels were high. The restoration team loaded the temporary compressor into a crane truck, then drove it near the turbine building 1F Instrument Air-System (IA) air tank. It was connected to the IA line and activated around 19:00 on March 13. They continued refueling the compressor every few hours in a highly radioactive field, thus maintaining temporary compressor operation. The temporary compressor had low capacity, and it took time to pressurize the entire IA line, meaning that signs of D/W pressure drop could not be seen for some time" ([7], Att. 2).

612 "The S/C vent valve (AO valve) isolation valve was deemed to have opened due to D/W pressure drop at 21:10 on March 13" ([7], Att. 2).

613 "... from approximately 20:30 on 13 March, 2011 the D/W pressure and S/C pressure showed a decreasing trend, however from approximately midnight on 14 March, 2011 to approximately 00:40 on the same day the D/W pressure did not change at 0.2400MPa abs, and the S/C pressure did not change at 0.2550MPa abs. Subsequently the pressures turned to increasing, and at approximately 00:50 on the same day the S/C pressure displayed 0.2600MPa abs ..." ([10], Att. II-1-1, p. 250).

"... it is difficult to explain the behavior of The Unit 3 reactor pressure and D/W pressure from 01:00 to 03:00 on March 14, 2011, and it is certainly possible that there was already damage to RPV or its Peripherals which would allow the pressure to be released directly to the D/W side" ([10], Att. II-1-1, p. 242).

614 "Fire engines were shut down to supply seawater to the back wash valve pit since supplies of seawater provided to the reactor had grown low" ([7], Att. 2).

615 "14.03.2011 01:10: Water injection to the reactor halted. ... All water injection to the Unit 1 and 3 reactors was halted as a result of a low level in the Unit 3 main condenser backwash valve pit" ([29], Annex III, TV1).

616 "This was done so the said pit could be supplied with seawater, as well as to prevent fire engine pumps from burning up. Seawater used for injection at Unit 3 was provided by adjusting intake location (e.g., placing fire engines near the Unit 3 backwash valve pit and setting hose suction spots deeper), and seawater injection was restarted at 03:20" ([7], Att. 2).

617 "2011-03-14 03:20: Water injection resumed after lowering the intake hose to the backwash valve pit. (...) Priority for water injection given to Unit 3 over other units (i.e. Unit 1)" ([29], Annex III, TV1).

618 "Since malfunctions were found in the S/C vent valve (AO valve) isolation valve exciter circuit (powered by the MCR temporary lighting small generator) at 03:40 on March 14, the solenoid valve was re-excited from the MCR" ([7], Att. 2).

619 "... at approximately 00:50 ... the S/C pressure displayed 0.2600MPa abs, and at approximately 01:00 ... the D/W pressure displayed 0.2450MPa abs, and until approximately 07:10 ... showed a steadily increasing trend. In this case, it can be considered at the least that after approximately 01:00 ..., the large S/C vent valve (air-operated) could not be maintained in the open position" ([10], Att. II-1-1, p. 250).

620 Vgl. [10], Att. II-1-1-57, p. 371.

621 "2011-03-14 05:20: Decision to open the SC vent valve (AO valve) by-pass valve. (...) PCV pressure noted to be increasing despite water injection" ([29], Annex III, TV1).

622 "Therefore, it was decided that the S/C vent valve (AO valve) bypass valve would be opened, and exciting of its solenoid valve for this purpose began at 05:20. Opening was completed at 06:10" ([7], Att. 2).

623 "Regarding Unit 3, from approximately 05:20 on March 14, 2011 to approximately 06:10 on the same day opening of the small S/C vent valve (air-operated) was attempted, but from approximately 06:10 on the same day until approximately 16:00 on March 15, necessary operation for PCV venting was not conducted. Although it is considered that Unit 3 PCV venting should have already been conducted and that the rupture disc should have burst; the D/W pressure and S/C pressure showed an increasing trend even after approximately 06:10 on March 14, 2011, when the opening operation of the small S/C vent valve (air-operated) was taken to have been completed, until approximately 07:10 on the same day. Therefore, there is a high possibility that the small S/C vent valve (air-operated) could not have been kept open. Furthermore, after approximately 07:15 on March 14, 2011, the S/C pressure showed a decreasing trend, but at approximately 08:45 on the same day turned to an increasing trend, and it can be determined that at least after approximately 08:45 on the same day, the small S/C vent valve (air-operated) was not kept open" ([10], Att. II-1-1, p. 244). "Unit 3 ...if hypothetically the small S/C vent valve (air-operated) had been opened at around 06:10 (...), and since then it had been in the open position, then it is difficult to conceive that the D/W pressure and S/C pressure would increase, and that no increase in radiation dose rates nearby or exhaust release from the

stack could be assessed. ... according to the testimony of each of the NPS ERC Recovery Team, which were actually involved in the field response, they were doing nothing more than merely attempting the opening of the small S/C vent valve (air-operated) from approximately 05:20 on the same day until approximately 06:10 on the same day, and even if they had conducted all the relevant work, a malfunction in the energizing circuit for the solenoid valve or insufficient pressure from the compressor, for example, could have prevented the small S/C vent valve (air-operated) from being open" ([10], Att. II-1-1, p. 287). Anmerkung: Die Datumsangabe ("March 13") zur Uhrzeit um 06:10 wurde in letzterem Zitat weggelassen, weil sie in der Originalquelle offensichtlich einen Druckfehler enthält; richtig wäre "March 14".

624 "Four fire engines from TEPCO thermal power stations arrived at 05:03 on March 14. Preparations then took place for sending seawater directly from the ocean to the Unit 3 backwash valve pit" ([7], Att. 2).

625 Vgl. [10], Att. II-1-1-57, p. 371.

626 "The S/C vent valve (AO valve) bypass valve was opened at 06:10 on March 14. D/W pressure rose to 495kPa[abs] around 06:30 on March 14. The site superintendent ordered workers to evacuate to ensure their safety due to concerns that an explosion could occur" ([7], Att. 2).

627 "14.03.2011 06:30: Site Superintendent ordered temporary evacuation of the workers in the field upon potential uncovering of the core and hydrogen explosion. ... Activities around the Unit 3 backwash valve pit were halted. (time is approximate)" ([29], Annex III, TV1).

628 Ausserdem wies die Anzeige des Füllstands im Reaktordruckbehälter anomale Werte auf, was auf eine Abdeckung des Kerns hindeuten konnte: "2011-03-14 06:20: Reactor water level indication off-scale. (...). Earlier, reactor water level indication continued to decrease, indicating that the injection rate was not sufficient, and went off-scale, possibly indicating uncovering of the core" ([29], Annex III, TV1).

629 "Je pensais que ce serait la même chose que pour le réacteur 1. (...). Cela [die Explosion im Block 1, A.d.R.] s'était passé à peu près quand la pression [im Drywell, A.d.R.] était à 0.5. Je crois que l'explosion a eu lieu alors qu'on était aux environs de 500 kPa, vers les 15 h 00. Depuis, c'était une pression qui me mettait mal à l'aise. Pour le réacteur 1a pression était montée plus haut, puis était redescendue à 500. Mais cela n'empêche que le nombre 500 me mettait mal à l'aise. Je sais que c'est totalement irrationnel, c'était juste épidermique" ([40], p. 130f.)

630 "2011-03-14 07 :00 : Maximum recorded DW pressure. ... 520 kPa... 5.2 bar > 4.8 bar. (...) 2011-03-14 07 :20 : DW pressure reading showed decrease... 500kPa... Pressure remained around 5 bar afterwards" ([29], TV1, Annex III).

631 "Le retrait avait duré plus d'une heure. Seulement, il fallait réaliser un circuit d'alimentation pour le réacteur 2, entre autres. Il y avait tellement d'autres choses à faire dans l'urgence. J'ai hésité, beaucoup hésité. Pouvais-je renvoyer les homes sur le terrain? Pouvait-on reprendre les travaux ? (...) Pour moi, c'était très difficile. Mais on ne pouvait pas négliger le réacteur 2, alors j'ai expliqué la situation au personnel. J'étais désolé. Je leur ai dit que j'avais conscience que la situation était très dangereuse mais que si on n'allait pas sur le terrain, on ne pouvait pas avancer. Je leur ai demandé d'y aller" ([40], p. 128).

632 "Since D/W pressure stabilized at 500kPa[abs] after rising to 520kPa[abs] at 07:00, the workers who had evacuated from the field deliberated with the station ERC on future actions around 07:20 on March 14. Since water had to be supplied to the Unit 3 backwash valve pit for reactor injection, workers headed to the field by bus at 07:35 to provide seawater from the unloading wharf to the Unit 3 backwash valve pit. The fire brigade placed new fire engines at the unloading wharf and assembled a line for seawater intake, while the security team measured radiation levels. Since radiation levels for debris reached a max. of 800mSv/h, personnel were ordered to stay away from said debris" ([7], Att. 2).

633 "The Self Defense Force (hereinafter referred to as the "SDF") confirmed the possibility that sprinkler trucks could carry freshwater at 07:43 on March 14" ([7], Att. 2).

- 634 "Addition of boron to the Unit 3 backwash valve pit was completed at 08:52 on March 14" ([7], Att. 2).
- 635 "Fire engines to be used to transport water from the unloading wharf to the Unit 3 backwash valve pit were started up at 09:05 on March 14. They then continued transporting water thereafter" ([7], Att. 2).
- 636 "09:12 Situation (abnormal site boundary radiation level increase) deemed to fall under Article 15, Section 1 of the Nuclear Emergency Act due to radiation levels exceeding 500 μ Sv/h (518.7 μ Sv/h) measured near monitoring post No. 3, and government agencies were notified at 09:34" ([7], Att. 2).
- 637 "Seven 5t water supply trucks provided by the SDF arrived at the station at 10:26 on March 14. Two of those trucks headed to the Unit 3 backwash valve pit" ([7], Att. 2).
- 638 "... pour le réacteur 1, il n'y avait que des planches en bois. Alors ça explose et c'est fini. Par contre, pour le réacteur 3, c'est du béton qui a volé" ([40], p. 130).
- 639 "The fire brigade had been monitoring Unit 3 backwash valve pit water level and fire engine flowrate/pressure during injection. They directed SDF water supply trucks, which came to provide the Unit 3 backwash valve pit with water, to said pit. After directing several trucks, the sound of an explosion was heard, and the entire area was blanketed in thick white smoke. Debris began falling noisily thereafter, and the fire brigade took cover under some nearby piping. Although cover was not sufficient, this incident thankfully ended without injuries" ([7], Att. 2).
- 640 "After the smoke cleared, two injured employees were found walking near the Unit 3 S/B. Along with other workers in the field, they began evacuating via debris-strewn roads between Units 2/3. It was while workers had passed through the gate between Units 2/3 during evacuation that SDF trucks arrived. Evacuees, both injured and uninjured, rode upon the truckbeds to return to the seismic isolated building" ([7], Att. 2).
- 641 "When Unit 3 exploded I was in the Unit 3 and 4 MCR sampling data. There was an incredible shock and I thought that the MCR was going to collapse and I would die. I was overcome with intense fear. Radiation levels were rising in the MCR so I found a low place and took refuge behind the Unit 4 MCR. Members from the next shift were late, but just when I was about to be completely fed up with wearing the full face mask the next shift arrived. I was grateful and only wanted to quickly return to the seismic isolated building" ([7], Att. 2).
- 642 In einer Mitteilung um 13:05 Uhr schätzte der Superintendent folgendes ein: "Equipment may have been damaged by Unit 3 explosion. Do not assume they are usable" ([7], Att. 2).
- 643 "Water injection to Unit-1 and Unit-3 was again halted with the hydrogen explosion at Unit-3. It is known that water injection to Unit-1 was eventually interrupted from 01:10 to 20:00. Possible impacts of water injection interruption on the accident progression need to be examined (Unit-1/Issue-11)" ([25]).
- 644 "14.03.2011 11:01: Unit 3 explosion caused damage to the seawater injection setup. ... Due to scattered debris and high local radiation zones on-site, the Unit 3 backwash valve pit was no longer usable as water source. (...). Seawater injection presumed stopped. (...). The Unit 3 explosion stopped seawater injection" ([29], Annex III, TV1).
- 645 "The site superintendent ordered evacuation and confirmation of personnel safety. They also ordered the security team to perform radiation level measurement and reporting. Since a tsunami alert was in effect, they ordered evacuation to take place as soon as possible. Workers in the MCR who were not operators halted their work to evacuate to the seismic isolated building" ([7], Att. 2).
- 646 "Dire que j'avais eu comme un pressentiment et que j'avais donné l'ordre de retrait dans un premier temps. Vous ne pouvez pas imaginer comme je regrette d'avoir autorisé le retour sur le terrain. Puisque ça devait exploser, il aurait fallu laisser exploser. Sans renvoyer les hommes sur le terrain, bien sûr. On pouvait très bien laisser exploser et reprendre les travaux après, en commençant par débayer le terrain. Il n'y avait rien d'autre à faire" ([40], p. 131).

647 "Results of personnel safety confirmation were reported at 11:30 on March 14. Initially, around 40 personnel were reported missing" ([7], Att. 2, p. 126).

648 "Au début, tout juste après l'explosion, quand les tout premiers rapports sont arrivés du terrain et que j'ai su qu'il y avait une quarantaine de disparus, j'ai vraiment eu l'intention de me donner la mort. Si c'était vrai. Il y avait quarante morts, j'étais décidé à me faire hara-kiri" ([40], p. 129).

649 "Unit 3 parameters were reported at 11:15 on March 14. Reactor pressure was 0.195 MPa at Subsystem A and 0.203 MPa at Subsystem B. D/W pressure was 380kPa[abs], and S/C pressure was 390kPa[abs]. The site superintendent deemed both the reactor and PCV to be sound since their pressures could be measured, and the measured values gave weight to this decision" ([7], Att. 2).

650 "Since there were multiple injured personnel as well, a request for ambulances was made to the head office ERC (number of injured: 4 employees, 3 contractors, 4 SDF)" ([7], Att. 2).

651 "I was in the lead vehicle and had overtaken the water tender, so when the blast hit us I was just to get out and guide the two trucks behind us into position. It was just as I put my hand on the door. If the door had been open, the blast would have blown it away. We were lucky the door was still closed, I thought. The men in the tenders behind us hadn't dismounted either. If the explosion had come just a little later it would have been over for all of us." (...) "out from under the water tank behind them crawled a soldier, favouring one leg. It seemed he had decided that was the safest place and had quickly dived for cover under the truck." (...) We had to get out of there fast. All the men in the last truck had suffered bruising. One of them seemed to have injured his neck, perhaps even whiplash. They were all capable of walking out, so we evacuated on our own. By our standards, no-one was seriously hurt". (...) "Iwakuma waited for the last of his men to respond, and then shouted, "let's move" just at that moment, out of the corner of his eye, he spotted a figure. Through the dusty grey air he could see someone. But it wasn't just one, or even two. There were four or five. No, more. Seven or eight, at least. They appeared out of the blue, as if they had crawled out of somewhere, in their orange protective suits and masks. They were TEPCO people" ([16], p. 168ff.).

652 "The safety of operators within each MCR was confirmed at 11:40 on March 14. A total of 7 personnel were reported missing (6 SDF and 1 contractor employee). The SDF later withdrew from the area" ([7], Att. 2).

653 "There were seven or eight of us now. We wanted to go straight back to the Office Center, but they wanted us to take them back to the QPB, so we detoured around there and unloaded them. [...] we told them at the QPB that we were going to return to the Offsite Center, and then we set off in the truck" p171 "I hadn't honestly expected the number to drop to zero. I was delighted. The last to be confirmed were the four people from the JGSDF. They had dropped off the TEPCO staff but hadn't actually reported in at the QPB, so it took a while to confirm that they were safe. Once we knew they were safely back at the Offsite Center, we knew that no one had died. There were plenty of injuries, but the fact that there were no lives lost was a huge relief" ([16], p. 173).

654 "Workers evacuating from the field came to the seismic isolated building, and many injured were brought there. Although the security team measured contamination of injured, the situation did not allow precise measurement (both the injured and the seismic isolation building were heavily contaminated), and instrument readings were off the charts" ([7], Att. 2).

655 "It was reported to the station ERC at 14:04 on March 14 that emergency exposure dosage limit would be raised to 250mSv. This decision came after adjustment between the head office and NISA" ([7], Att. 2).

656 "Or, tout le monde était sous le choc, figé, incapable de réfléchir. Alors je les ai tous réunis pour leur parler. Je leur ai dit à quel point je regrettais de les avoir renvoyés sur le terrain alors que le danger n'était pas écarté, que j'avais pris la mauvaise décision et que je leur demandais de me pardonner. Je leur ai aussi dit qu'il y avait de fortes probabilités pour que les injections d'eau soient stoppées, qu'il fallait préparer l'injection du réacteur 2, que si on ne réagissait pas, on allait vers une situation encore plus catastrophique.

Seulement, le terrain était sûrement jonché de gravats. Il fallait commencer par évacuer ces gravats hautement radioactifs. Je leur ai dit d'être prudents, de mesurer scrupuleusement la radioactivité et de s'atteler au minimum requis, de changer, par exemple, juste le tuyau qu'il fallait pour pouvoir assurer l'injection d'eau, et de poursuivre, au plus vite, la préparation du réacteur 2. Je le leur ai demandé humblement" ([40], p. 135).

657 "I asked workers to go back to the front lines to clear rubble, because there must be mountains of rubble at the site, and the rubble was highly radioactive. So I asked them to have that in mind in measuring radiation levels properly, removing rubble, and replacing water injection hoses to a minimum required extent. I bowed my head to ask them to get ready promptly for water injection.

And I was really moved when everybody came out willing to go back to the front lines.

I called for restraint, on the contrary, so they would not go out at random. We arranged things like, this team and that team should be doing this, construction guys should use backhoes to clear rubble. We worked out plans before they left. And most of them at that time got almost excessive radiation doses when they were, like, replacing hoses" ([31]).

658 "After site superintendent orders, personnel headed into the field at 13:05 on March 14. There, they began field status check amidst high radiation levels due to scattered debris. The injection line was unusable due to damage sustained by fire engines/hoses near the Unit 3 backwash valve pit. Explosion debris was also scattered at the water source (Unit 3 backwash valve pit)" ([7], Att. 2).

659 "Rubble and debris of high radiation levels was scattered in and around the backwash valve pit in front of the Unit 3 T/B by the explosion in the Unit 3 R/B. In addition, as for the water injection lines of Units 1, 2 and 3 which were already in use or were ready for use, the fire engine pumps stopped and fire hoses were damaged and rendered unusable except for the two vehicles which came from the Minami-Yokohama and Chiba TPSs and were parked away from the building" ([9], p. 250).

660 "2011-03-14 13:05: Seawater injection line work restarted. (...) This time directly from the ocean since the damage caused to the fire engines and hoses by the Unit 3 explosion had damaged the previous injection line from the pit beyond repair" ([29], Annex III, TV1).

661 "Since the fire engines providing the Unit 3 backwash valve pit with seawater from the unloading wharf was fully functional and thus usable, it was decided these fire engines would be used to transport seawater from the unloading wharf to reactors at both Units 2 and 3. Alternate reactor injection line assembly (e.g. replacing damaged hoses) was carried out. Fire engines were started up around 15:30 on March 14 and seawater injection began again" ([7], Att. 2).

662 "2011-03-14 21:14: Seawater injection stopped. ... The water injection to Unit 3 was halted to ensure Unit 2 water injection" ([29], Annex III, TV1).

663 "A large collision noise occurred, accompanied by vibrations. Unit 4 side ceiling of MCR shook" ([7], Att. 2).

664 "Due to a malfunction of the small generator being used to excite the solenoid valves of the S/C vent valve (AO valve) isolation valve and bypass valve at 16:00 on March 15, the said valves closed. The small generator was replaced at 16:05 to excite the S/C vent valve (AO valve) isolation valve solenoid valve and perform the opening operation. Keeping these valves open proved difficult from then on, due to problems with keeping the S/C vent valve (AO valve) isolation valve and bypass valve drive air pressure/air supply line solenoid valves excited. Therefore, the opening operation was performed several times" ([7], Att. 2).

665 "2011-03-15 16:05: SC vent valve opened. (...) The valve was found closed" ([29], TV1, Annex III).

666 "S/C vent valve (AO valve) isolation valve:

- confirmed closed at 21:00 on March 17 / Opened around 21:30 on March 17
- confirmed closed at 05:30 on March 18 / Opened around 05:30 on March 18
- confirmed closed at 11:30 on March 19 / Opened around 11:25 on March 20
- confirmed closed at around 18:30 on April 8

S/C vent valve (AO valve) bypass valve:

- Opened at 01:55 on March 16
- Confirmed closed around 18:30 on April 8" ([7], Att. 2).

667 [16], p. 211 ff.

668 "Since the upper structure of the reactor building was damaged as a result of the explosion on March 14, water was discharged onto the structure from helicopters as well as squirt fire trucks and water trucks on March 17, and water was discharged using concrete pump trucks starting on March 27. Following this, cooling water injection using fuel pool cooling cleanup water system piping began on April 22, and cooling using an alternate cooling system began on June 30" ([7]).

669 "Offsite power was also lost due to the earthquake at Unit 4, which was not in operation because planned outages were underway. After the tsunami struck, it was no longer possible to use the emergency diesel generator and all power was lost" ([24]).

670 "Both heat removal and coolant injection functions for the spent fuel pool were lost, and the drop in water levels at the spent fuel pool due to evaporation produced concerns" ([24]).

671 "Power transmission to Unit 4 P/C via high voltage power supply cars began" ([7], Att. 2).

672 "Because the SFP water level was full and water temperature was at 27 degrees C before the earthquake, SFP cooling was not an immediate issue" ([7]).

673 "As of 4:08 a.m. on March 14 the water temperature of the spent fuel pool was confirmed to be 84°C, and the water level was forecast to drop to the upper tips of the fuel in late March. For that reason, it was recognized that there was some leeway time-wise (...)" ([24]).

674 "Personnel headed to check SFP status but were unable to enter the reactor building (R/B) due to high radiation levels" ([7], Att. 2).

675 "Large collision noise occurred, accompanied by vibrations. Unit 4 side ceiling of MCR shook" ([7], Att. 2).

676 "...it is assumed that the Unit 4 explosion was caused by hydrogen that accumulated in the reactor building after flowing through vents from the Unit 3 PCV" ([7]).

677 "(...) it was recognized that there was some leeway time-wise for responding, but then a hydrogen explosion occurred in the reactor building due to an inflow of hydrogen into the Unit 4 reactor building through the vent lines attendant with the venting at Unit 3" ([24]).

678 "Some 20-30 minutes later, somebody came back from the No. 4 reactor and said, "The No. 4 reactor building is in shambles". "What's that?" we asked, and we sent people to take photographs, and there it was, totally out of shape" ([31]).

679 "07:00 It was notified to government agencies that personnel would temporarily evacuate to Fukushima Daini, save the minimum needed for monitoring work activities" ([7], Att. 2).

680 "15.03.2001 07:00: Site evacuation of non -essential personnel, including temporary evacuation of some ERC personnel, ordered. ... The Site Superintendent ordered the evacuation. Female employees (...) evacuate (...). Approximately 650 people were evacuated to the Fukushima Daini NPP; 50-70 people, including the Site Superintendent, remained at the Fukushima Daiichi ERC" ([29]).

681 "07:55 Unit 4 R/B 5F ceiling area damage notified to governmental agencies. (...) It was confirmed that steam was drifting in the upper areas of R/B, and this was notified to government agencies" ([7], Att. 2).

682 "09:38 : Fire confirmed in the northwest corner of Unit 4 R/B 3F, and government agencies were notified at 09:56" ([7], Att. 2).

683 "Legally mandated order issued by Minister of Economy Trade and Industry (extinguish SFP fire and prevent criticality recurrence). Another order was issued later (time unclear) to perform SFP injection as soon as possible" ([7], Att. 2).

684 "However, high radiation levels prevented the fire brigade from firefighting at the site" ([9]).

685 "TEPCO employees sent for field check of the fire at Unit 4 R/B confirmed it had burned out on its own, and government agencies were notified of this at 11:45" ([7], Att. 2).

686 "Restoring cooling water injection and cooling of the SFPs for Units 1 to 6 and the common pool was necessary, but there was a large discrepancy between the time margins for doing so. In particular, the amount of heat being generated by the SFP for Unit 4 in which all fuel was being stored since the unit had undergone periodic inspection was huge, so cooling this facility was given priority since it was predicted that the water level would drop to reach the top of the fuel by the end of March" ([7]).

687 "Since the upper structure of the reactor building was damaged as a result of the explosion on March 15, a water truck was used to discharge water into the structure starting on March 20, and a concrete pump truck was used to discharge water from March 22. Following this, cooling water injection using temporarily installed fuel pool cooling water injection facilities began on June 16, and cooling using an alternate cooling system began on July 31" ([7]).

688 "Unit 5 was shut down for outage from January 3, 2011. RPV pressure resistance leakage tests were being conducted with fuel loaded on the reactor. (...) Unit 6 was shut down for outage from August 14, 2010. It was in long-term shutdown status due to flammability control system failure. The reactor was in a state of cold shutdown with fuel loaded" ([7], Att. 2).

689 Block 5: "The EDG 5A, 5B automatically shut down due to tsunami water damage in its seawater pumps and power panels. This led to SBO at 15:40 on March 11, making RHR and core spray systems inoperable" ([7]). Block 6: "The EDG 6A and HPCS D/G (excluding D/G body) automatically shut down due to tsunami water damage in its seawater pumps and power panels. This led to SBO at 15:40 on March 11, making RHR and core spray systems inoperable. This made the HPCS pump unusable due to loss of power. The air-cooled EDG 6B contained within the EDG building did not shut down, as it did not need cooling via seawater system and its power panel did not receive water damage. It continued to provide power to the M/C-6D" ([7]).

690 "Cold shutdown was achieved for Unit 5 while event progression was controlled. This was due to power source cross-ties with Unit 6, which allowed the early restoration of monitoring instruments needed for accident response, alongside restoration of functions needed for reactor depressurization, MUWCs, and RHR/RHR seawater system. (...) Cold shutdown was achieved for Unit 6 while event progression was controlled. This was because one EDG had been ensured, monitoring instruments needed for accident response could be confirmed, and RHR/RHR seawater system were restored early on through cooling water injection via MUWCs. Cooling function was ensured through the last item" ([7]).

691 Unit 5: "(...) reactor pressure gradually rose due to fuel decay heat. (...) restoration of the SRV, which could not be operated from the MCR, which was for allowing RPV pressure resistance leakage tests, started in the early hours of March 14. (...) The SRV was manually opened from the MCR for RPV depressurization at 05:00 on March 14. Depressurization continued from then on".

Unit 6: "Since reactor pressure gradually rose due to the effects of decay heat, the SRV was manually opened from the MCR for intermittent reactor depressurization from March 14 onward" ([7]).

⁶⁹² Unit 5: "Measures were taken to restrict SFP water temperature increase until RHR function restoration. These included draining portions of SFP water (where temperature increased) into the S/C, as well as using lines installed as AM measures to supply the MUWC pump with water. This took place from 22:16 on March 16 to 05:43 on March 17".

Unit 6: "Since water temperature showed signs of rising beyond March 11 despite the ensuring of sufficient reactor and SFP water levels, an order was issued within the ERC at the Headquarters in the afternoon of March 15 to deliberate reactor and SFP cooling measures. Deliberation began at headquarters the next day (March 16). The suggestions were submitted to the station from afternoon to late evening of March 16. It was suggested that RHR seawater system restoration be performed by an alternate measure (general under-water pumps powered by power supply cars).

Upon receiving these suggestions, personnel sent out to perform accident response support at Units 1 to 4 were recalled to the station. After creating a framework for response at Units 5 and 6, they began specific restoration measure deliberation, equipment surveys, preparatory work, and adjustments" ([7]).

⁶⁹³ "Aussi bien pour les réacteurs 1 et 2 que pour les 3 et 4, il n'y avait pas moyen de laisser une personne en permanence dans les salles de commande à cause de la radioactivité. On était obligés d'envoyer périodiquement quelqu'un relever les données" ([40], p. 161).

⁶⁹⁴ "The operation team was too overwhelmed with work to grasp plant conditions and the status of responsive measures and did not have ample time for deliberation" ([15], Att. 2-4-1).

⁶⁹⁵ "... le gros problème, c'était le nombre de personnes disponibles. C'est plus une question de nombre de personnes que d'organisation à proprement parler. Par exemple, le groupe Réhabilitation. Il était déjà en première ligne quand on a perdu les alimentations électriques. Ensuite, il s'est aussi occupé de réhabiliter les instruments de mesure. Beaucoup d'hommes ont été irradiés parmi ceux qui se sont occupés des instruments de mesure. Il est évident qu'ils n'étaient absolument pas assez nombreux" ([40], p. 99f.).

⁶⁹⁶ "There was an insufficient number of radiation control workers because conditions exceeding normal RCA [radiation controlled areas, A.d.R] conditions had expanded to include outdoor areas" ([7], p. 442).

⁶⁹⁷ "Comme on avait atteint un haut niveau de radioactivité, il fallait du monde pour gérer la radioprotection des équipes. On n'avait pas assez de personnel pour toutes ces surveillances. Fukushima Daini était encore en pleine restauration, comme nous. Du coup, c'est plutôt de Kashiwazaki que les renforts sont venus" ([40], p. 101).

⁶⁹⁸ "... il faut du personnel qui connaisse suffisamment cette installation. (...) Si on y [Kernkraftwerk Fukushima Daiichi, a.d.R.] amène un membre de Kashiwazaki, il n'est absolument pas sûr qu'il soit capable de conduire ou d'entretenir la tranche 2 chez nous" ([40], p. 103).

⁶⁹⁹ "C'étaient des sous-traitants. Cela aussi complique l'histoire. Avec un contrat de sous-traitance, s'il n'y avait pas eu toute cette radioactivité, on aurait pu demander aux sous-traitants de participer activement, autant que nos propres employés, aux travaux. Seulement, vu les circonstances, si l'entreprise partenaire vous disait : «Il y a vraiment trop de radioactivité. En tant qu'entreprise, nous ne pouvons pas envoyer nos hommes sur le terrain ?, nous ne pouvions pas insister.» Dans les faits, nous ne pouvions que les laisser partir. Dans ce sens-là, les choses n'avaient pas été bien prévues, puisque nous avions besoin des hommes de Nanmei pour effectuer un certain nombre de tâches. Effectivement, le contrat n'avait pas prévu les incidents de ce genre" ([40], p. 101f.).

⁷⁰⁰ "... dans l'ensemble, nous travaillons toujours de concert avec des sous-traitants qui ont le savoir-faire" ([40], p. 103).

701 "In addition, personnel could not dedicate themselves to accident control activities, etc. for the station. For example, the head of the ERC at the Headquarters was swarmed with phone calls from external parties and technical employees were unavailable for accident control activities because they had to interact with the press, etc. for hours" ([7], p. 441).

702 "With respect to operating the plant, the AM measures used at the time of the accident 'assumed normal operation of [the] adjoining reactor unit and did not consider the possibility of multiple reactor units simultaneously being affected by external events such as natural hazards. Therefore, TEPCO did not plan any action that can be taken when a reactor unit has lost all power and is not able to receive power from the adjoining reactor unit' ([9]). In addition, procedures to direct how to 'manually perform critical actions in the field concurrent with a loss of all AC and DC power (including loss of compressed air)' were not in place ([8]). Furthermore, procedures to direct how to restore measuring instrument functionality and power, and how to vent and depressurize the reactor under such conditions did not exist ([3])" ([29], TV2, Ch. .2.6.4.4).

703 "Avant tout, il fallait aller injecter l'eau. C'était une obligation. Alors, et c'est ce que s'est passé aussi ensuite pour le réacteur 2 et le réacteur 3, il a fallu arbitrer entre le danger auquel j'exposais mes hommes et l'urgence de la situation. Pour moi, ça a été une des choses les plus difficiles. Fallait-il les retenir à l'abri ou les envoyer œuvrer? Mais si on ne travaillait pas à la restauration de ces circuits, on ne pouvait pas avancer à l'étape suivante. Il a toujours fallu que je trouve un juste milieu entre les deux" ([40], p. 117).

704 "Même pour la condensation, (...) on n'était pas véritablement sûrs que la vapeur aille se condenser dans une chambre de dépressurisation à plus de 100°C. Est-ce que la pression de la cuve allait descendre ? Est-ce que la baisse de la pression de l'enclume de confinement n'allait pas naturellement entraîner une hausse de la pression dans la cuve ? Tout ça, on ne pouvait pas le savoir à l'avance, on avançait sans trop savoir quelles allaient être les conséquences, parce que c'était une première. Personne n'était passé par là avant nous" ([40], p. 147f.).

705 "... ce soir-là, il y a eu plusieurs répliques de force 5 à 6. À chaque fois, j'ai donné l'ordre de retraite au personnel sur le terrain. C'était des conditions d'autant plus compliquées pour les manœuvres" ([40], p. 113).

706 "... mais c'était la première fois que je me trouvais confronté à une telle situation, et, pour être tout à fait franc, moi-même, je ne l'avais pas compris. On ne connaissait pas encore les détails de la situation sur le terrain. Et en cela, nous étions encore assez proches des gens du siège. Bien sûr, sur le terrain, on ne voyait plus les indicateurs, dans la salle de commande, on était dans le noir, tous les instruments principaux étaient éteints, mais on avait l'impression que si on ordonnait d'éventer, cela pouvait être fait. Il n'y avait pas de source électrique, ni de source d'air, mais on croyait bizarrement dur comme fer que, pour éventer, il suffisait d'ouvrir une vanne, que si on arrivait à ouvrir cette vanne, ça allait marcher. C'est après qu'on a compris. L'AOV (Air Operated Valve) ne fonctionnait pas. On s'est demandé si on ne pouvait pas faire ça manuellement. Mais la radioactivité était trop forte pour qu'on puisse entrer. Et c'est là qu'enfin, on s'est rendu compte à quel point c'était difficile" ([40], p. 93).

707 "Mais on n'arrivait pas à faire passer le message au siège ni à Tokyo, à leur montrer à quel point cet éventage était difficile. Eux se contentaient de dire : "Faites vite, faites vite." Dans de telles circonstances, il y a un réel décalage entre ceux qui sont véritablement sur le terrain, ceux qui sont quand même proches du terrain, comme la cellule de crise, et ceux qui sont loin du terrain, par exemple le siège" ([40], p. 93).

708 "Comme on a passé beaucoup de commandes, les choses n'arrivaient pas forcément dans l'ordre ni dans le timing qu'on aurait voulu. (...) il y a eu quelques cas où les choses qu'on nous avait envoyées ne correspondaient pas à l'usage qu'on voulait en faire. Mais assez vite, on nous a envoyé tout ce qui pouvait l'être. La maison mère a décidé de nous envoyer tout ce qui lui tombait sous la main, même s'il y avait des chances pour que ce ne soit pas le modèle attendu. Ce qui était casse-pieds, c'est qu'il nous appartenait à nous d'aller voir à chaque fois les caractéristiques du matériel. (...) En plus, comme on nous envoyait toutes sortes de choses, il fallait faire le tri entre ce qui pouvait être utilisé et ce qui était inutile. On mobilisait pour ça des gens du terrain qui auraient été plus utiles ailleurs. C'était un gâchis incroyable" ([40], p. 76f.).

709 "Certains, extrêmement ingénieux, ont été capables d'imaginer des solutions incroyables. (...) les hommes de la production out de la réhabilitation, chez nous, sont de véritables professionnels extrêmement expérimentés. Ils sont capables de tout faire. (...) Ils ont l'expérience de manœuvres qu'ils ont faites eux-mêmes, sans forcément tout déléguer aux entreprises partenaires. Et c'est parce qu'ils avaient cette expérience qu'ils ont été capables d'accomplir tout ça. (...) C'est le genre de solution qui ne peut même pas vous effleurer l'esprit si vous n'avez pas en tête le P&ID (Piping, Instrumentation Diagram) es une véritable connaissance du terrain" ([40], p. 80f.).

710 "During the accident response, since the situation far exceeded assumptions, there were cases when orders were given to engage in work for there was no clear division of roles. Specifically, the site superintendent issued instructions to consider using the fire engines to inject cooling water into the reactor for Unit 1. The fire engines were deployed as fire control measures based on lessons learned from the Niigata-Chuetsu-Oki Earthquake and were not deployed for reactor water injection. Although there were clear roles/responsibility for firefighting activities, there was no such division of roles for reactor injection" ([7], p. 442).

711 "On March 22nd I was able for the first time to leave the power station after the earthquake and headed towards my parents' house where my family had evacuated to" ([7], Att.2).

712 Es sind sehr wenige dokumentierte Angaben über die schwierige Nahrungsmittelversorgungslage, die hygienischen Bedingungen, die Möglichkeiten für die Mitarbeitenden, sich zu erholen oder zu schlafen etc. auffindbar. Etliche Hinweise aus verschiedenen Quellen, namentlich Medien- und Erlebnisberichte, inklusive mündlicher Erzählungen von Zeugen und direkt Beteiligten im Rahmen der Arbeiten am Bericht der IAEA ([29]), bestätigen jedoch die äusserst schwierige Versorgungslage und Rahmenbedingungen.

713 "Around March 15th I was finally able to get in touch with my family and they told me that they had seen on the news that with the exception of about 50 necessary workers everyone had evacuated to 2F, so they were quite surprised when I told them I was still at 1F"; "Around noon on March 16th I was finally able to get in touch with my wife when evacuated to the Kawauchi Village evacuation center and confirmed that she was able to make it safely to my parents' house in Ibaraki Prefecture"; "I was finally able to meet up with my family at the evacuation center on March 27th, 16 days after the disaster"; "Around March 17th I heard from someone that we could use wireless phones to connect to an outside line via headquarters, and I was finally able to check on the safety of the members' families (mobile phones were still not working at this point). Of course I called my house first and was finally able to get in touch with my family who had evacuated. I heard my wife crying; she had thought that I had died in the explosion. She couldn't get in touch with me, so it was natural that she had thought so" ([7], Att. 2).

714 Vgl. insbesondere [7], Att. 2, Voices from the Field.

8 Anhang: Chronologie der Ereignisse

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
11. März 2011				
14:46	Erdbeben			
14:46–48	Automatische Abschaltung der Reaktoren Verlust der externen Stromversorgung Automatischer Start der Dieselgeneratoren			
14:46–15:00	<ul style="list-style-type: none"> 14:52: Automatischer Start des Notkondensations-systems (IC) 	<ul style="list-style-type: none"> 14:50: Operateure starten das RCIC (Reactor Core Isolation Cooling System). 14:51: RCIC schaltet sich automatisch ab (Füllstand hoch). 		<ul style="list-style-type: none"> 14:49: Tsunami-Alarm (3 m Höhe oder mehr)
15:00–15:15	<ul style="list-style-type: none"> 15:03: Operateure schalten IC ab. → Reaktordruck steigt an. 	<ul style="list-style-type: none"> 15:02: Operateure starten das RCIC. 	<ul style="list-style-type: none"> 15:05: Operateure starten das RCIC. 	<ul style="list-style-type: none"> 15:14: Tsunami-Alarm (6 m Höhe)
15:15–15:35	<ul style="list-style-type: none"> 15:17–15:34: Operateure starten und stoppen den IC mehrmals und halten dadurch den Reaktordruck im Bereich von 6 bis 7 MPa. Mitteilung an die Notfallzentrale (ERC). 15:34: Letzte Tätigkeit der Steuerung des IC-Betriebs vor dem Ausfall der Stromversorgung: IC gestoppt. 	<ul style="list-style-type: none"> 15:28: RCIC schaltet sich automatisch ab (Füllstand hoch). 	<ul style="list-style-type: none"> 15:25: RCIC schaltet sich automatisch ab (Füllstand hoch). 	<ul style="list-style-type: none"> 15:27: Erste Welle (Fluthöhe von 4–5 m) trifft auf den Standort. 15:31: Tsunami-Alarm (10 m Höhe)
15:36	Zweite Tsunami-Welle trifft auf den Standort (Fluthöhe von 14–15 m)			
15:35–15:45	<ul style="list-style-type: none"> Dieselgeneratoren, Schaltanlagen und Batterien werden überflutet bzw. erleiden einen Wasserschaden. 15:37: Dieselgeneratoren schalten ab. Station black out (Verlust der gesamten Wechselstromversorgung). Verlust der gesamten Gleichstromversorgung (Batterien). Verlust der Instrumentierung im Kontrollraum, inkl. Positionsanzeigen der IC-Ventile. Kontrollraum ist dunkel; Notbeleuchtung in der Kontrollrauhälfte für Block 1. 	<ul style="list-style-type: none"> 15:37: Der wassergekühlte Dieselgenerator, die Schaltanlagen und die Batterien werden überflutet bzw. erleiden einen Wasserschaden. 15:39: Operateure nehmen das RCIC in Betrieb. → Reaktor wird wieder gekühlt. 15:41: Der luftgekühlte Dieselgenerator fällt aus. Station black out (Verlust der gesamten Wechselstromversorgung). 15:41–15:50: Weitgehender Verlust der Gleichstromversorgung (Batterien). Verlust der Instrumentierung im Kontrollraum. Kontrollraum ist dunkel. 	<ul style="list-style-type: none"> Dieselgeneratoren und Schaltanlagen werden überflutet. 15:38: Dieselgeneratoren schalten ab. Station black out (Verlust der gesamten Wechselstromversorgung). Gleichstromversorgung (Batterien) bleibt aufrecht. → Kühlung des Reaktors und Instrumentierung weiter funktionsfähig. 	<ul style="list-style-type: none"> Block 4: Dieselgeneratoren, Schaltanlagen und Batterien werden überflutet bzw. erleiden Wasserschaden. Block 5: Schaltanlagen werden überflutet. Block 6: Schaltanlagen werden überflutet; ein luftgekühlter Dieselgenerator bleibt funktionsfähig. 15:38: Block 4: Verlust der gesamten internen Stromversorgung. Ausfall der Kühlung des Brennelementlagerbeckens. Blöcke 5 und 6: Ausfall der gesamten Wechselstromversorgung; Ausnahme: ein luftgekühlter Dieselgenerator in Block 6. → Reaktoren 5 und 6 und Brennelement-Lagerbecken werden weiter gekühlt.
15:45–16:00				

■ Reaktor ohne Kühlung
 ■ Einspeisung von Frischwasser in den Reaktor
 ■ Einspeisung von Meerwasser in den Reaktor
■ Verminderte Wirksamkeit der Einspeisung von Frischwasser
 ■ Verminderte Wirksamkeit der Einspeisung von Meerwasser

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
16:00–16:15			<ul style="list-style-type: none"> • 16:03: Operateure starten das RCIC. Veränderung der Konfiguration des Systems, um die automatische Abschaltung zu verhindern und Gleichstrom zu sparen. 	
16:15–16:30				
16:30–17:00	<ul style="list-style-type: none"> • 16:42–ca. 17:00: Anzeige des RDB-Füllstands temporär verfügbar; Füllstand über der Kernoberkante. • 16:44: Kraftwerksleiter beauftragt die ERC zu prüfen, ob Dampf aus den Abblaseleitungen des IC austritt. Bestätigung durch Mitarbeitende der ERC. • 16:55: Erste Gruppe von Operateuren vor Ort geschickt (Beurteilung der Funktion des Feuerlöschsystems). Rückkehr unverrichteter Dinge (Tsunami-Warnung). 			
17:00–17:30	<ul style="list-style-type: none"> • 17:12: Kraftwerksleiter fordert Suche nach alternativer Wassereinspeisungsmöglichkeit für den Reaktor. → Nutzung des Feuerlöschsystems. • 17:15: ERC berechnet, dass die Kernabdeckung in einer Stunde zu erwarten ist. • 17:19: Zweite Gruppe von Operateuren vor Ort geschickt (Überprüfung der Instrumentierung des Reaktors und des Wasserpegels im IC-Tank). • 17:19: Dritte Gruppe von Operateuren vor Ort geschickt (Überprüfung des Feuerlöschsystems). Inbetriebsetzung der dieselbetriebenen Feuerlöschpumpe (DDFP) gelingt. Pumpe auf Stand-by gestellt (Einsparung von Treibstoff). Manuelle Verhinderung des automatischen Starts der Pumpe. 	<ul style="list-style-type: none"> • 17:12: Kraftwerksleiter fordert Suche nach alternativer Wassereinspeisungsmöglichkeit für den Reaktor. → Nutzung des Feuerlöschsystems. 		

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
17:30–18:00	<ul style="list-style-type: none"> • 17:50: Rückkehr Gruppe 2 unverrichteter Dinge (hohe Ortsdosisleistung (ODL)). • 18:00: Rückkehr Gruppe 3. • Weiterhin Unklarheit über den Zustand des IC. 	<ul style="list-style-type: none"> • 17:35: Funktionsfähige Anzeige im Kontrollraum vorgefunden: Füllstand im Reaktor hat sich stabilisiert. Information an die ERC. 		
18:00–18:30	<ul style="list-style-type: none"> • Vorübergehende Wiederverfügbarkeit der Kontrollraum-Anzeigen der Positionen der IC-Ventile ausserhalb des Containments (Strang A): Status geschlossen. → IC ist ausser Betrieb. • 18:18: IC-Strang A vom Kontrollraum aus manuell gestartet; Dampf entweicht über dem Reaktorgebäude. Bericht an die ERC. • Schlussfolgerung: IC funktioniert. • Dampf stoppt kurz danach. Operateure im Kontrollraum zweifeln, ob der IC funktioniert. • 18:25: IC-Strang A manuell gestoppt. ERC wird informiert; Information gelangt jedoch nicht an alle Stellen in der ERC. 	<ul style="list-style-type: none"> • 18:12: Verlust der Anzeige des Füllstands im RDB. Funktion (Füllstandhaltung) des RCIC nicht mehr überprüfbar. • Situation von Block 2 wird von der ERC als dringlicher (als Block 1) betrachtet. 		
18:30–19:00	<ul style="list-style-type: none"> • 18:30: Schichtleiter schickt eine Gruppe von 5 Operateuren vor Ort (Konfiguration einer alternativen Zufuhr von Wasser aus dem Feuerlöschsystem in den Reaktor). 			
19:00–19:30				
19:30–20:00				

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
20:00–20:30	<ul style="list-style-type: none"> • 20:00: Konfigurierung einer Wasserzufuhr aus dem Feuerlöschsystem beendet. • 20:07: Gruppe von Mitarbeitern vor Ort geschickt (Prüfung des Reaktor-drucks). 			
20:30–21:00	<ul style="list-style-type: none"> • 20:47: Beleuchtung im Kontrollraum mit Hilfe eines kleinen Generators provisorisch wiederhergestellt. • 20:50: Feuerlöschsystem ist bereit zur Einspeisung von Wasser in den RDB; DDFP wird gestartet; Einspeisung jedoch nicht möglich, da der Druck im RDB zu hoch ist. 	<ul style="list-style-type: none"> • 20:47: Beleuchtung im Kontrollraum mit Hilfe eines kleinen Generators provisorisch wiederhergestellt. 		
21:00–21:30	<ul style="list-style-type: none"> • 21:00: Total ca. 30 Personen im Kontrollraum der Blöcke 1 und 2. • 21:19: Anschluss von Batterien aus einem Bus an die Anzeigetafeln im Kontrollraum. • Anzeige des Füllstands im RDB: Füllstand oberhalb der Kernoberkante. ☞ Wissensstand heute: Die Information war falsch. • 21:30: IC-Strang A vom Kontrollraum aus manuell gestartet (2. Versuch). Dampf tritt aus dem Reaktorgebäude; Dampfaustritt stoppt später; IC-Strang A funktioniert nicht. 	<ul style="list-style-type: none"> • 21:00: Total ca. 30 Personen im Kontrollraum der Blöcke 1 und 2. • 21:00: Beginn der Vorbereitung einer alternativen Einspeiseleitung via das Feuerlöschsystem (mittels der dieselbetriebenen Feuerlöschpumpe DDFP unter der Nutzung von Leitungen des Restwärmesystems RHR). Operateure begeben sich in Gruppen vor Ort zur manuellen Öffnung von Ventilen. • 21:02: Kraftwerksleiter informiert die Behörden über die voraussichtliche Erreichung der Kernoberkante um 21:40 (unter der Annahme ausbleibender Kühlung seit dem Tsunami). 	<ul style="list-style-type: none"> • 21:27: Provisorische Beleuchtung im Kontrollraum hergestellt. 	<ul style="list-style-type: none"> • 21:27: Block 4: Provisorische Beleuchtung im Kontrollraum hergestellt.
21:30–22:00		<ul style="list-style-type: none"> • 21:50: Füllstandsanzeige wiederhergestellt: Der Kern ist nicht abgedeckt. Information an die ERC. Funktion des RCIC ist jedoch unklar. 		

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
22:00–22:30		<ul style="list-style-type: none"> • 22:00: Herstellung der alternativen Reaktoreinspeisung mittels DDFP ist abgeschlossen. DDFP wird in Betrieb genommen. Reaktordruck ist jedoch höher als die DDFP-Förderhöhe. • 22:10: Information an die Behörden, dass der Kern noch nicht abgedeckt ist. 		<ul style="list-style-type: none"> • 22:00: Fahrzeug mit Notstromgenerator trifft ein.
22:30–23:00				
23:00–23:30				
23:30–00:00	<ul style="list-style-type: none"> • 23:50: Kleiner Generator für die Anzeige des Drucks im Primärcontainment benutzt. Druck höher als der Auslegungswert. Information an die ERC. • Kraftwerksleiter zieht in Betracht, dass der IC ausser Betrieb ist. 	<ul style="list-style-type: none"> • 23:25: Anzeige des Drucks im Primärcontainment vor Ort abgelesen: keine Druckentlastung erforderlich. 		
12. März 2011				
00:00–00:30	<ul style="list-style-type: none"> • 00:06: Kraftwerksleiter ordnet die Vorbereitung der Druckentlastung des Primärcontainments (Venting) an. 			
00:30–01:00				
01:00–01:30		<ul style="list-style-type: none"> • 01:00: Operateure (Gruppe 1) suchen den RCIC-Raum auf (Prüfung der Funktion des RCIC). • Prüfung nicht möglich. • Rückkehr unverrichteter Dinge. • 01:20: Feststellung, dass die DDFP ausser Betrieb ist 		<ul style="list-style-type: none"> • 01:20: Fahrzeug mit Notstromgenerator trifft ein.
01:30–02:00	<ul style="list-style-type: none"> • 01:30: Behörden genehmigen die Vorbereitung / Durchführung der Druckentlastung des Primärcontainments (Venting) ab 03:00. • 01:48: Feuerlöschpumpe (DDFP) ausser Betrieb wegen Treibstoffmangels → Einspeisung nicht möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> • 01:30: Behörden genehmigen die Vorbereitung / Durchführung der Druckentlastung des Primärcontainments (Venting) ab 03:00. 		

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
02:00–02:30	<ul style="list-style-type: none"> • 02:03: Erörterung alternativer Einspeisemöglichkeiten: Feuerwehrfahrzeuge. • ca. 02:00 (–04:00): Suche nach den Gebäudeanschlüssen für die Schläuche der Feuerwehrfahrzeuge. • 02:10–02:56: Betankung der Feuerlöschpumpe (DDFP). Erfolgreicher anschließender Versuch der Wiederinbetriebnahme der DDFP. 	<ul style="list-style-type: none"> • 02:12: Gruppe 2 kehrt zum RCIC-Raum zurück und betritt diesen. Geräusche sind vernehmbar, wahrscheinlich vom RCIC. 		<ul style="list-style-type: none"> • 2 von 3 Feuerwehrfahrzeugen am Standort sind nicht einsatzfähig.
02:30–03:00	<ul style="list-style-type: none"> • 02:30: Feststellung: Druck im Primärcontainment ist gestiegen. • (02:34: Priorisierung Venting Block 2 gegenüber Block 1). • 02:45: Feststellung: Druck im RDB ist gesunken. • 02:55: Neu-Priorisierung Venting Block 1 (gegenüber Block 2). 	<ul style="list-style-type: none"> • 02:34: Entscheidung: Priorisierung des Ventings von Block 2. • 02:55: Gruppe 2 kehrt in den Kontrollraum zurück. Bericht an die ERC: Das RCIC funktioniert. → Neu-Priorisierung des Ventings von Block 1. • 02:56: Füllstand im Kondensatvorratsbehälter (derzeitige Wasserbezugsquelle des RCIC) tief. Schichtleiter beschliesst die Umstellung des RCIC-Wasserbezugs auf den Torus. 		
03:00–03:30			<ul style="list-style-type: none"> • 03:27: Erfolgreicher Versuch der Operateure, die dieselbetriebene Feuerlöschpumpe DDFP fernbedient in Betrieb zu nehmen. 	<ul style="list-style-type: none"> • 03:06: Ankündigung des Ventings für die Blöcke 1 und 2 während einer Pressekonferenz.
03:30–04:00	<ul style="list-style-type: none"> • 03:30: Suche nach den Gebäudeanschlüssen für die Feuerweherschläuche bisher erfolglos; Rückkehr in die ERC für sachdienliche Hinweise. • 03:30: Gebäudeanschlüsse gefunden. 			
04:00–04:30	<ul style="list-style-type: none"> • 04:00: Anschluss des Feuerwehrfahrzeugs an den Kühlkreislauf erfolgreich. • Einspeisung von 1300 l Wasser. • 04:22: Abbruch der Einspeisung wegen Zunahme der ODL. 	<ul style="list-style-type: none"> • 04:20: Beginn der Arbeiten zur Umstellung des RCIC-Wasserbezugs vom Kondensatvorratsbehälter auf den Torus. • Operateure begeben sich in den RCIC-Raum. 	<ul style="list-style-type: none"> • 04:00: Gruppe von Operateuren wird vor Ort entsandt zur Einrichtung einer Torus-Sprühleitung mit Hilfe des Feuerlöschsystems. 	
04:30–05:00				

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
05:00–05:30		<ul style="list-style-type: none"> • 05:00: Arbeiten zur Umstellung des RCIC-Wasserbezugs vom Kondensatvorratsbehälter auf den Torus sind abgeschlossen. 		
05:30–06:00	<ul style="list-style-type: none"> • 05:46: Rückkehr auf das Gelände und Wiederaufnahme der Einspeisung mit dem Feuerwehrfahrzeug. 			
06:00–06:30				
06:30–07:00		<ul style="list-style-type: none"> • 06:50: Minister für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) ordnet das Venting von Block 2 an. 		
07:00–07:30				<ul style="list-style-type: none"> • 07:11: Premierminister (PM) besucht den Standort.
07:30–08:00				
08:00–08:30	<ul style="list-style-type: none"> • 08:03: Kraftwerksleiter kündigt das Venting für 09:00 Uhr an. 			<ul style="list-style-type: none"> • 08:04: Premierminister verlässt den Standort. • 08:27: Information: Bevölkerung ist noch nicht vollständig evakuiert.
08:30–09:00				
09:00–09:30	<ul style="list-style-type: none"> • 09:04: Kraftwerksleiter gibt Anweisung zum Ventingbeginn. • 09:04: Erste Gruppe von Operateuren verlässt den Kontrollraum zur Öffnung des MO-Ventils. • 09:15: Öffnung des MO-Ventils zu 25% gemäss Vorschrift. • 09:24: Zweite Gruppe von Operateuren verlässt den Kontrollraum zur Öffnung des AO-bypass-Ventils. • Öffnung des AO-bypass-Ventils wegen hoher ODL nicht möglich. 			<ul style="list-style-type: none"> • 09:02: Information: Bevölkerung ist vollständig evakuiert.
09:30–10:00				
10:00–10:30	<ul style="list-style-type: none"> • 10:17–10:24: Drei Versuche, das Ventil ferngesteuert vom Kontrollraum aus zu öffnen (mit dem kleinen Generator). Ergebnis für die Operateure unklar. 			<ul style="list-style-type: none"> • Bis 10:15: Weitere Fahrzeuge mit Notstromgenerator treffen ein.
10:30–11:00				

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
11:00–11:30	<ul style="list-style-type: none"> • 11:15: Operateure kommen zum Schluss, dass die Containment-Druckentlastung nicht erfolgt ist. 			
11:30–12:00			<ul style="list-style-type: none"> • 11:36: RCIC schaltet sich in Folge einer Fehlfunktion ab. Erfolgreiche Neustartversuche vom Kontrollraum aus. • Operateure vor Ort entsandt zur Prüfung der Ursache; Ursache ist nicht klar ermittelbar. 	
12:00–12:30			<ul style="list-style-type: none"> • 12:06: Alternatives Torus-Sprühen via Feuerlöschsystem beginnt. 	
12:30–13:00	<ul style="list-style-type: none"> • 12:30: Kompressor wird bei einem externen Unternehmen am Standort gefunden. 		<ul style="list-style-type: none"> • 12:35: Automatischer Start des HPCI. • Manuelle HPCI-Regelung mittels veränderter Konfiguration des Systems, um die automatische Abschaltung zu verhindern und Gleichstrom zu sparen (analog zu RCIC). 	
13:00–13:30				
13:30–14:00				
14:00–14:30	<ul style="list-style-type: none"> • 14:00: Anschluss des Kompressors für die Steuerung des Hauptventils AOV. 			
14:30–15:00	<ul style="list-style-type: none"> • 14:30: Dampf am Kamin. → Venting erfolgt. • 14:53: Frischwasserressourcen erschöpft; Wasser-einspeisung in den RDB abgebrochen. • 14:54: Kraftwerksleiter ordnet die Einspeisung von Meerwasser an. Beginn der Vorbereitungen für die Einspeisung von Tsunami-Meerwasser aus dem Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3. 			
15:00–15:30	<ul style="list-style-type: none"> • 15:18: Information an die Behörden: Venting erfolgt. 			

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
15:30–16:00	<ul style="list-style-type: none"> • 15:30: Vorbereitungen für die Einspeisung von Meerwasser abgeschlossen. → Bereit für die Meerwassereinspeisung. • 15:36: Wasserstoffexplosion. • Installierte Leitung für die Meerwassereinspeisung ist beschädigt. 	<ul style="list-style-type: none"> • 15:36: Explosion in Block 1 verursacht die Öffnung des «blowout panels» im Reaktorgebäude von Block 2. (Dies wird vom Personal jedoch erst am 14.03.2011 festgestellt.) 		<ul style="list-style-type: none"> • 15:54: ERC ordnet die Evakuierung des Personals ins ERC-Gebäude an (Ausnahmen: älteste Mitglieder der Betriebsmannschaften bleiben in den Kontrollräumen).
16:00–16:30				
16:30–17:00				
17:00–17:30	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 17:00: Arbeiten auf dem Werksgelände wieder freigegeben. • 17:20: Beginn der Reparaturarbeiten an der Meerwasserleitung. 			
17:30–18:00		<ul style="list-style-type: none"> • 17:30: Anweisung durch den Kraftwerksleiter, das Venting von Block 2 vorzubereiten. 	<ul style="list-style-type: none"> • 17:30: Anweisung durch den Kraftwerksleiter, das Venting von Block 3 vorzubereiten. 	
18:00–18:30				
18:30–19:00				
19:00–19:30	<ul style="list-style-type: none"> • 19:04: Meerwasserleitung ist repariert. • 19:04: Start der Meerwassereinspeisung. • 19:06: Information an die Aufsichtsbehörde NISA. • 19:25: Anordnung vom TEPCO-Hauptquartier, die Meerwassereinspeisung abzubrechen (befürchtete Gefahr der Rekritikalität). • Kraftwerksleiter befolgt die Anweisung nicht. • Meerwassereinspeisung geht weiter. 	<ul style="list-style-type: none"> • (Zeit unklar): Erörterung der Vorgehensweise; Erarbeitung der Vorschriften. • Ventil vor der Berstscheibe (MOV) geöffnet (25%). • Gruppe von Operateuren begibt sich zum Torus-Raum im Reaktorgebäude (Prüfung des Status des Torus-Entlastungsventils); Dampf tritt aus dem Raum; Raumtemperatur ist sehr hoch. → Erfüllung des Auftrags ist nicht möglich. • MO-Ventil wird wieder geschlossen (Anordnung der ERC). 		
19:30–20:00				
20:00–20:30				

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
20:30–21:00	<ul style="list-style-type: none"> • 20:45: Borsäure zur Kritikalitätsunterbindung ins Kühlwasseraufnahmebecken zugegeben. 		<ul style="list-style-type: none"> • 20:36: Ausfall der Messung Reaktorfüllstand (leere Batterien). • Operateure erhöhen die Durchflussmenge des HPCI geringfügig. • Reparaturarbeiten der Füllstandmessung werden veranlasst. 	
21:00–21:30			<ul style="list-style-type: none"> • 21:00: Beginn der Beratungen zum Vorgehen zum Venting (unter Berücksichtigung der in Block 1 angewandten Verfahren und der Notfallvorschriften). 	
21:30–22:00				
22:00–22:30				
22:30–23:00				
23:00–23:30				
23:30–00:00				
13. März 2011				
00:00–00:30				
00:30–01:00				
01:00–01:30				
01:30–02:00				
02:00–02:30			<ul style="list-style-type: none"> • 02:00: Druck im RDB, welcher sich seit ca. 19:00 des 12.3. stabilisiert hatte, beginnt zu sinken. 	


Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
02:30–03:00			<ul style="list-style-type: none"> • 02:30: Druck im RDB unterschreitet den Grenzwert für die automatische HPCI-Abschaltung. Das HPCI läuft trotzdem weiter. • 02:30: Betriebsmannschaft beschliesst, das HPCI anzuhalten und die Wasser-Einspeisung mit dem Feuerlöschsystem (DDFP) von Torus-Kühlung auf Reaktor-Kühlung umzustellen. • Operateure vor Ort entsandt (Prüfung des Zustands der Feuerlöschpumpe (DDFP); Vorbereitung einer alternativen Einspeiseleitung). • 02:42: Operateure stellen vor Ort die DDFP-Betriebskonfiguration von Torus-Kühlung auf Reaktor-Kühlung um. • Das HPCI wird von den Operateuren im Kontrollraum angehalten. • Information gelangt nicht an alle ERC-Mitglieder. Der Kraftwerksleiter weiss nicht Bescheid über die Abschaltung des HPCI. • 02:45: Die Operateure versuchen, durch Öffnen der SRV den RDB auf niedrigen Druck (erforderlich für die Einspeisung mit der DDFP) zu halten bzw. zu bringen. Doch die SRV lassen sich nicht öffnen. • Information an die ERC. 	
03:00–03:30		<ul style="list-style-type: none"> • 03:00: Containment-Druckmessung im Kontrollraum wiederhergestellt. 		

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
03:30–04:00			<ul style="list-style-type: none"> • 03:35 / 03:37: Erfolgreiche Versuche, das HPCI und das RCIC manuell zu starten. • Druck im RDB steigt an. • 03:38: Erfolgreicher Versuch, die SRV zu öffnen (für RDB-Druckentlastung). • 03:51: Wiederherstellung Messung Reaktorfüllstand anhand von 12 in Reihe geschalteter 2V-Batterien. Messung zeigt einen Wasserfüllstand nahe an der Kernoberkante an. 	
04:00–04:30			<ul style="list-style-type: none"> • (Zeit unklar): Beschluss, das RCIC so bald wie möglich neu zu starten. • Gruppe von Operateuren geht vor Ort, um den Zustand von HPCI und RCIC zu prüfen. 	
04:30–05:00			<ul style="list-style-type: none"> • 04:52: Erfolgreicher Versuch, das Torus-Entlastungsventil vom Kontrollraum aus zu öffnen. <p>Vor-Ort-Prüfung identifiziert Probleme bei der Druckluftversorgung für die Ansteuerung des Ventils.</p>	

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
05:00–05:30			<ul style="list-style-type: none"> • 05:08: Rekonfigurierung des Feuerlöschsystems für Torus-Sprühung (da nicht für Wassereinspeisung in den RDB nutzbar). • 05:08: Erfolgreicher Versuch, das RCIC in Betrieb zu nehmen. • 05:10: ERC nimmt den Ausfall der Reaktorkühlung, da die Inbetriebnahme des RCIC (und zuvor des HPCI) nicht möglich ist, zur Kenntnis und informiert die Behörden (05:58). • 05:15: Kraftwerksleiter ordnet die Fertigstellung der Vorbereitung der Containment-Druckentlastung an. • 05:21: Feuerwehrbrigade empfiehlt eine Meerwassereinspeisung via die Feuerwehrfahrzeuge aus dem Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3 (analog zu Block 1). Beginn der Vorbereitung der Einspeiseleitung. • 05:23: Instandsetzungsarbeiten an der Druckluftversorgung für die Ansteuerung des Torus-Entlastungsventils. 	
05:30–06:00			<ul style="list-style-type: none"> • (Zeit unklar): Operateure begeben sich in den Torus-Raum (Prüfung, ob das Torus-Ventil offen ist). Arbeitsbedingungen im Raum haben sich verschlechtert (grosse Hitze). → 08:00: Rückkehr in den Kontrollraum. 	
06:00–06:30				

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
06:30–07:00			<ul style="list-style-type: none"> • Meerwassereinspeisung aus dem Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3 ist fertiggestellt. • 06:50: Anweisung von der TEPCO-Leitung, die Einspeisung von Frischwasser gegenüber Meerwasser zu bevorzugen solange Frischwasser verfügbar sei. → Einspeisung wird wieder auf Frischwasser (aus dem Löschwassertank) umgebaut. 	
07:00–07:30		<ul style="list-style-type: none"> • 07:00: Die ERC bittet Mitarbeiter, Batterien ihrer Autos für die Blöcke 3 und 2 zur Verfügung zu stellen. 	<ul style="list-style-type: none"> • 07:00: Die ERC bittet Mitarbeiter, Batterien ihrer Autos für die Blöcke 3 und 2 zur Verfügung zu stellen, damit eine alternative Ansteuerung des SRV-Öffnens vorbereitet werden kann. 	
07:30–08:00			<ul style="list-style-type: none"> • Nochmalige Rekonfiguration des Feuerlöschsystems von Torus-Sprühung zu Drywell-Sprühung. • 07:39: Beginn der Drywell-Sprühung. • 07:43: Stopp der Torus-Sprühung. 	
08:00–08:30		<ul style="list-style-type: none"> • 08:10: Öffnung des MO-Ventils vor der Berstscheibe (25%). 	<ul style="list-style-type: none"> • 08:00: Containmentdruck nahezu stabil. • Beschluss der ERC, die Drywell-Sprühung anzuhalten und die Erstellung der Druckentlastungsleitung zwecks frühzeitigem Venting voranzutreiben. 	

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
08:30–09:00			<ul style="list-style-type: none"> • 08:35: Öffnung des Entlastungsventils vor der Berstscheibe (MOV) (15%, gegenüber den in der Vorschrift verlangten 25%). • 08:41: Öffnung des Torus-Entlastungsventils (AOV). → Venting-Leitung ist bereit. Meldung an die ERC. → Warten auf das Bersten der Berstscheibe. Berstscheibe birst nicht, da der Druck im Torus zu niedrig ist und der Ansprechdruck der Berstscheibe nicht erreicht ist. • 08:40–09:10: Stopp der Drywell-Sprühung und Rekonfigurierung der Einspeiseleitung für die alternative Einspeisung (via DDFP) in den Reaktor. 	
09:00–09:30			<ul style="list-style-type: none"> • 09:00: Autobatterien werden in den Kontrollraum gebracht und zur elektrischen Versorgung der SRV vorbereitet. • 09:08: Schneller Druckabfall im RDB beobachtet (Ursache unklar). Druckanstieg im Primärcontainment bis 09:20. • 09:20: Schneller Druckabfall im Primärcontainment. → Venting erfolgt. • 09:25: Beginn der Frischwassereinspeisung via das Feuerlöschsystem. • 09:28: Vorübergehende Druckerhöhung im Primärcontainment festgestellt. Ursache: Unregelmässigkeit im Druckluftsystem des Torus-Entlastungsventils. Korrekturmassnahmen werden jedoch wegen hoher ODL abgebrochen. → Torus-Druckentlastungsventil schliesst wieder. 	

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
09:30–10:00			<ul style="list-style-type: none"> • 09:50: Anschluss von zehn 12V-Batterien zur SRV-Ansteuerung im Kontrollraum. Öffnen der SRV mit dem Ziel, die RDB-Druckentlastung zu erhalten. 	
10:00–10:30		<ul style="list-style-type: none"> • 10:15: Kraftwerksleiter gibt die Anweisung zur Durchführung des Ventings. 		
10:30–11:00			<ul style="list-style-type: none"> • 10:30: Kraftwerksleiter ordnet die Vorbereitung der Meerwassereinspeisung (im Hinblick auf die Erschöpfung der Frischwasservorräte) an. 	
11:00–11:30		<ul style="list-style-type: none"> • 11:00: Torus Entlastungsventil geöffnet. → Druckentlastungsleitung ist für das Venting vorbereitet. Das Venting findet jedoch nicht statt, da der Druck im Torus kleiner als der Ansprechdruck der Berstscheibe ist (Berstscheibe birst nicht). • Operateure halten das Ventil offen. 	<ul style="list-style-type: none"> • 11:17: Torus-Entlastungsventil (AOV) im geschlossenen Zustand vorgefunden. Beginn der erneuten Öffnung des Ventils. 	
11:30–12:00				
12:00–12:30		<ul style="list-style-type: none"> • 12:05: Kraftwerksleiter ordnet die Vorbereitung einer Einspeiseleitung für Meerwasser vom Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3 (gefüllt mit Tsunami-Wasser) an. • Feuerwehrmannschaft wird damit beauftragt (parallel zu Block 3). 	<ul style="list-style-type: none"> • 12:00: Reaktordruck beginnt wieder zu steigen. Anschlüsse der Batterien zur SRV-Ansteuerung sind unterbrochen. Wiederherstellung. → RDB-Druckentlastung wird fortgesetzt. • 12:20: Frischwasservorrat ist weitgehend aufgebraucht. → Reduzierte Wirksamkeit der Wassereinspeisung. → Feuerwehr rekonfiguriert die Einspeiseleitung (auf Meerwassereinspeisung aus dem Meerwasseraufnahmebecken). 	
12:30–13:00			 <ul style="list-style-type: none"> • 12:30: Torus-Entlastungsventil (AOV) offen. Jedoch nicht möglich, es in offener Position zu blockieren. 	

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
13:00–13:30		<ul style="list-style-type: none"> • 13:10: Batterien an der Schalttafel im Kontrollraum angeschlossen, um die Sicherheits- und Abblaseventile (SRV) zu steuern. 	<ul style="list-style-type: none"> • 13:12: Beginn der Meerwassereinspeisung. 	
13:30–14:00				
14:00–14:30				<ul style="list-style-type: none"> • 14:20: Beginn der Wiederherstellung der Stromversorgung von Block 4 durch Fahrzeuge mit Notstromgeneratoren.
14:30–15:00			<ul style="list-style-type: none"> • 14:31: Hohe ODL beim Reaktorgebäude. ERC vermutet eine Wasserstoffkonzentration im Reaktorgebäude. Dadurch Explosionsgefahr. → 14:45: Beschluss: Vorübergehende Evakuierung des Personals im Kontrollraum und vor Ort. 	
15:00–15:30		<ul style="list-style-type: none"> • 15:18: Information an die Behörden betreffend geschätzter Menge an Umweltabgaben von Radionukliden beim Venting. 	<ul style="list-style-type: none"> • 15:05: Druck im Primärcontainment steigt erneut an. Druckluftflaschen zur Offenhaltung des Torus-Entlastungsventils sind nicht ausreichend wirksam. → Suche nach einem zusätzlichen, transportablen Kompressor. • 15:28: ODL im Teil von Block 3 des Kontrollraums: 12 mSv/h. → Operateure begeben sich in den Bereich von Block 4 des Kontrollraums. 	<ul style="list-style-type: none"> • Im Laufe des Nachmittags können nur wenige Arbeiten in den Kontrollräumen durchgeführt werden. → Evakuierung der Operateure ins ERC-Gebäude.
15:30–16:00				
16:00–16:30				
16:30–17:00				
17:00–17:30			<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 17:00: Evakuierungsbefehl aufgehoben. Personal nimmt die Arbeiten zum Venting und an der Leitung zur Meerwassereinspeisung wieder auf. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Versuche, das Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3 mit Meerwasser aus unterschiedlichen Quellen zu befüllen. → Versuche scheitern grösstenteils.
17:30–18:00			<ul style="list-style-type: none"> • 17:52: Kompressor für die Offenhaltung des Torus-Entlastungsventils ist organisiert. Einrichtung beginnt. 	

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
18:00–18:30				
18:30–19:00				
19:00–19:30			<ul style="list-style-type: none"> • 19:00: Kompressor für die Offenhaltung des Torus-Entlastungsventils wird in Betrieb genommen. 	
19:30–20:00				
20:00–20:30				
20:30–21:00			<ul style="list-style-type: none"> • 20:30 - 21:10: Druck im Primärcontainment sinkt. • 21:10: → Torus-Entlastungsventil wird als offen betrachtet. 	
21:00–21:30				
21:30–22:00				
22:00–22:30		<ul style="list-style-type: none"> • 22:22: Kraftwerksleiter verlangt die Beschaffung transportabler Luftkompressoren für die Offenhaltung des Torus-Entlastungsventils. 		
22:30–23:00				
23:00–23:30				
23:30–00:00				
14. März 2011				
00:00–00:30				
00:30–01:00			<ul style="list-style-type: none"> • Ab ca. 00:50: Druck im Primärcontainment: steigende Tendenz. 	
01:00–01:30	<ul style="list-style-type: none"> • 01:10: Meerwasserquelle versiegt. → Meerwassereinspeisung unterbrochen. 		<ul style="list-style-type: none"> • 01:10: Meerwasserquelle versiegt. → Meerwassereinspeisung unterbrochen. 	
01:30–02:00				<ul style="list-style-type: none"> • 01:52: Kompressoren vom Standort Fukushima Daini treffen ein.
02:00–02:30				
02:30–03:00				
03:00–03:30			<ul style="list-style-type: none"> • 03:20: Anpassung der Wassereinspeisung aus dem Kühlwasseraufnahmebecken. → Wassereinspeisung wird wieder aufgenommen. Block 3 wird prioritär behandelt. 	

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
03:30–04:00			<ul style="list-style-type: none"> • 03:40: Funktionsstörungen am Versorgungskreislauf des Torus-Entlastungsventils festgestellt. Ventil vom Kontrollraum aus erneut geöffnet. Fraglich, ob das Ventil offengehalten werden konnte. 	
04:00–04:30				<ul style="list-style-type: none"> • 04:08: Temperatur im Brennelementlagerbecken von Block 4: 84°C (gegenüber 27°C vor dem Störfall). • Vorhersage: Kernoberkante wird erst gegen Ende März erreicht. → Lage im Becken wird als nicht dringlich beurteilt.
04:30–05:00				
05:00–05:30			<ul style="list-style-type: none"> • Druck im Primärcontainment steigt weiter an. • 05:20: Entscheid, das Torus-Bypass-Ventil zu öffnen • 05:20: Beginn der Öffnung des Torus-Bypass-Entlastungsventils. 	<ul style="list-style-type: none"> • 05:03: Vier Feuerwehrfahrzeuge aus anderen Kraftwerkstandorten von TEPCO treffen ein. → Einsatz für die Förderung von Meerwasser aus dem Ozean in das Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3.
05:30–06:00				
06:00–06:30			<ul style="list-style-type: none"> • 06:10: Torus-Bypass-Entlastungsventil wird als offen betrachtet. Fraglich, ob das Ventil tatsächlich geöffnet und offen gehalten werden konnte. 	
06:30–07:00			<ul style="list-style-type: none"> • 06:30: Druck im Primärcontainment steigt immer noch an. → Kraftwerksleiter weist das Personal an, ins ERC-Gebäude zu evakuieren (befürchtete Explosion). 	
07:00–07:30			<ul style="list-style-type: none"> • 07:00: Explosion bleibt aus. Druck im Drywell stabilisiert sich auf hohem Niveau. 	

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
07:30–08:00			<ul style="list-style-type: none"> • 07:30: Evakuierungsbefehl wird aufgehoben. • Arbeiten zur Herstellung einer Leitung zur Entnahme von Wasser aus dem Ozean zur Befüllung des Kühlwasser-aufnahmebeckens. • 07:43: Team des Militärs bestätigt die Möglichkeit, Frischwasser mit Lastwagen heranzubringen. 	
08:00–08:30				
08:30–09:00			<ul style="list-style-type: none"> • 08:52: Zusatz von Bor ins Wasser des Kühlwasseraufnahmebeckens. 	
09:00–09:30			<ul style="list-style-type: none"> • 09:05: Feuerwehrfahrzeuge nehmen die Förderung von Meerwasser aus dem Ozean ins Kühlwasseraufnahmebecken. 	
09:30–10:00			<ul style="list-style-type: none"> • 09:34: Information der Behörden über die anormale radiologische Situation. 	
10:00–10:30				<ul style="list-style-type: none"> • 10:26: Sieben Tankwagen der Armee treffen am Standort ein. Zwei davon werden zum Wiederauffüllen des Kühlwasseraufnahmebeckens beim Block 3 eingesetzt.
10:30–11:00				<ul style="list-style-type: none"> • Personal wird zur Prüfung des Zustands des Brennelementlagerbeckens von Block 4 entsandt. Wegen starker Strahlung ist das Betreten des Reaktorgebäudes nicht möglich.
11:00–11:30	<ul style="list-style-type: none"> • 11:01: Kühlwasseraufnahmebecken beim Block 3 wieder mit Meerwasser gefüllt. • 11:01: Explosion in Block 3 verursacht Schäden. → Meerwassereinspeisung nicht möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> • 11:00: Meerwassereinspeiseleitung ist bereit. • 11:01: Explosion in Block 3 verursacht Schäden. → Meerwassereinspeiseleitung muss repariert werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • 11:01: Wasserstoffexplosion → Schäden an der Meerwasserleitung zwischen dem Ozean und dem Kühlwasseraufnahmebecken sowie an Feuerwehrfahrzeugen. Meerwassereinspeisung wird unterbrochen. • 11:15: Druck in Reaktor und Containment sind messbar. Kraftwerksleiter folgert, dass RDB und Containment intakt sein müssen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrere Mitarbeiter von TEPCO, einer Fremdfirma und des Militärs werden verletzt. • Personal ins ERC-Gebäude evakuiert (ausser einige Operateure in den Kontrollräumen). • Kontrollmessungen ergeben, dass die Verletzten und das ERC-Gebäude stark kontaminiert sind.

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
11:30–12:00				
12:00–12:30		<ul style="list-style-type: none"> • (RCIC spätestens um 12:30 ausgefallen. Ausfall wird vom Personal noch nicht diagnostiziert. Ursache unbekannt.) 		
12:30–13:00		<ul style="list-style-type: none"> • 12:30: Hoher Druck und hohe Temperatur im Torus. • 12:30: Beschluss der ERC, Vorbereitung der Primärcontainment-Venting-Leitung gegenüber der Druckentlastung des RDB zu priorisieren. • 12:50: Torus-Entlastungsventil wird in geschlossenem Zustand vorgefunden. • 12:50: Meldung, dass der Reaktorfüllstand sinkt und der Druck im RDB steigt. 		
13:00–13:30		<ul style="list-style-type: none"> • 13:05: Kraftwerksleiter bestätigt das Absinken des Reaktorfüllstands. Kernabdeckungsbeginn wird auf 16:00 prognostiziert. • 13:05: Anweisung, die Trümmer auf den Strassen zwischen den Blöcken 2 und 3 zu räumen und die Wassereinspeiseleitung in Block 2 zu reparieren. Sehr hohe Strahlenbelastung. → kurze Einsatzzeiten. • Beginn der Herstellung einer alternativen Meerwassereinspeiseleitung direkt von den Feuerwehrfahrzeugen in den Reaktor. • 13:25: Reaktorfüllstand sinkt weiter. → Schlussfolgerung: RCIC ist ausgefallen. 	<ul style="list-style-type: none"> • 13:05: Aufnahme der Arbeiten zur Herstellung einer Einspeiseleitung direkt vom Ozean in den RDB mittels Feuerwehrfahrzeuge. 	<ul style="list-style-type: none"> • 13:05: Personal wird zur Rückkehr auf das Gelände und zur Wiederaufnahme der Arbeiten aufgefordert (trotz hoher Strahlenmesswerte wegen verstreuter Trümmer).
13:30–14:00				
14:00–14:30				<ul style="list-style-type: none"> • 14:04: ERC wird von den Behörden informiert, dass der erlaubte Dosisgrenzwert für das Personal auf 250 mSv angehoben wird.
14:30–15:00		<ul style="list-style-type: none"> • 14:43: Meerwassereinspeiseleitung (direkt aus dem Ozean) ist hergestellt. 		

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
15:00–15:30		<ul style="list-style-type: none"> • 15:00: Wege zwischen den Blöcken 2 und 3 geräumt. • 15:28: Kraftwerksleiter informiert die Behörden: Die Erreichung der Kernoberkante wird um 16:30 erwartet. 		<ul style="list-style-type: none"> • 15:00–16:00: Starke Nachbeben erschweren die Arbeiten.
15:30–16:00		<ul style="list-style-type: none"> • 15:30: Feuerwehrfahrzeuge sind einsatzbereit und deren Pumpen gestartet. Meerwassereinspeisung in den Reaktor findet nicht statt, weil der Reaktordruck zu hoch ist. • 15:57: Neue Schätzung des Zeitpunkts der Erreichung der Kernoberkante: 17:30. • Beschluss ERC: Vorbereitung der Venting-Leitung muss bis 17:00 abgeschlossen sein; anschliessend Beginn der Reaktor-Druckentlastung. 	<ul style="list-style-type: none"> • 15:30: Beginn der Meerwassereinspeisung durch Feuerwehrfahrzeuge. 	
16:00–16:30		<ul style="list-style-type: none"> • 16:15: Externe Intervention der NSC: RDB-Druckentlastung und -Einspeisung sollen gegenüber dem Venting priorisiert werden. • Die ERC hält am Beschluss von 12:30 fest (Priorisierung des Ventings). • 16:21: Versuch, das Torus-Entlastungsventil zu öffnen. Nicht möglich, die Öffnung zu bestätigen. • 16:28: Änderung der Prioritäten: Priorisierung der Reaktor-Druckentlastung. Jedoch Weiterführung der Vorbereitung des Ventings 		
16:30–17:00		<ul style="list-style-type: none"> • 16:34–18:00: Mehrfache, erfolglose Versuche, die SRV vom Kontrollraum aus zu öffnen. • Erfolgreicher Versuch, 10 Batterien in Reihe an die Schalttafeln im Kontrollraum anzuschliessen. 		

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
17:00–17:30		<ul style="list-style-type: none"> • 17:17: Wasserfüllstand im Reaktor erreicht die Kernoberkante (Angabe von TEPCO). • 17:25: Information der Regierungsstellen, dass Wasserfüllstand im Reaktor die Kernoberkante erreicht hat. 		
17:30–18:00				
18:00–18:30		<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 18:00: Erfolgreiche Öffnung mehrerer SRV (direkter Anschluss von Kabeln). → Beginn der Reaktor-Druckentlastung. • 18:22: Reaktorfüllstand 3,7m unter der Kernoberkante (Kern vollständig abgedeckt) (gemäss Anzeige). 		
18:30–19:00				
19:00–19:30		<ul style="list-style-type: none"> • 19:05: Beginn der Meerwasser-Einspeisung durch Feuerwehrfahrzeuge nach ausreichender Reaktor-Druckentlastung. • 19:20: Ausfall der Feuerwehrfahrzeuge wegen Treibstoffmangels. → Meerwasser-Einspeisung unterbrochen. • Manuelle Befüllung mit Treibstoff. 	<ul style="list-style-type: none"> • 19:20: Ausfall der Feuerwehrfahrzeuge wegen Treibstoffmangels. → Meerwasser-Einspeisung unterbrochen. 	
19:30–20:00		<ul style="list-style-type: none"> • 19:32: Information an die Regierungsstellen: Reaktor-kern ist abgedeckt. • 19:54 / 19:57: Feuerwehrfahrzeuge nehmen den Betrieb wieder auf. → Meerwasser-Einspeisung erfolgt wieder (jedoch mit reduzierter Wirksamkeit auf Grund von Druckschwankungen bis am 15.3., ca. 13:00). Plan zur regelmässigen Treibstoffkontrolle. 	<ul style="list-style-type: none"> • 19:54 / 19:57: Feuerwehrfahrzeuge nehmen den Betrieb wieder auf. Plan zur regelmässigen Treibstoffkontrolle. → Meerwasser-Einspeisung erfolgt wieder. 	<ul style="list-style-type: none"> • 19:30: Beginn von Beratungen und Vorbereitungen zur Evakuierung des Personals vom Standort.
20:00–20:30	<ul style="list-style-type: none"> • 20:00: Meerwassereinspeisung wieder aufgenommen (direkt aus dem Ozean). 	<ul style="list-style-type: none"> • 20:00: Druckerhöhung im Primärcontainment und im RDB. 		

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
20:30–21:00		<ul style="list-style-type: none"> • 20:37: Öffnung eines weiteren SRV. Der Reaktordruck steigt trotzdem weiterhin an. 		
21:00–21:30		<ul style="list-style-type: none"> • 21:00: Versuch, das Torus-Bypass-Ventil zu öffnen. Personal glaubt (fälschlicherweise) an den Erfolg der Massnahme. • 21:20: Öffnung eines weiteren SRV. Der Reaktordruck beginnt zu sinken. RDB-Füllstand beginnt zu steigen. 	<ul style="list-style-type: none"> • 21:14: Meerwasser-Einspeisung unterbrochen (Priorisierung Block 2). 	
21:30–22:00				Anstieg der ODL beim Haupttor.
22:00–22:30				
22:30–23:00		<ul style="list-style-type: none"> • 22:50: Druckanstieg im Containment und im RDB. 		
23:00–23:30		<ul style="list-style-type: none"> • 23:00: Erfolgreicher Versuch, ein weiteres SRV zu öffnen. 		
23:30–00:00		<ul style="list-style-type: none"> • 23:35: Druckanstieg im Drywell hält an. Bestätigung, dass das Torus-Bypassventil geschlossen ist. → Anweisung des Kraftwerksleiters, das Drywell-Bypassventil zu öffnen. 		
15. März 2011				
00:00–00:30		<ul style="list-style-type: none"> • 00:01: Drywell-Bypassventil geöffnet. Druck ist stabil und grösser als der Ansprechdruck der Berstscheibe; Berstscheibe birst jedoch nicht. • Drywell-Bypassventil schliesst nach wenigen Minuten wieder. 		
00:30–01:00				
01:00–01:30		<ul style="list-style-type: none"> • 01:10: Öffnung eines weiteren SRV. • 01:20: Senkung und Stabilisierung des Reaktordrucks. 		
01:30–02:00				
02:00–02:30		<ul style="list-style-type: none"> • 02:22: Leichter Reaktordruckanstieg. Öffnung eines weiteren SRV. Reaktordruck bleibt jedoch unverändert. 		

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
02:30–03:00			<ul style="list-style-type: none"> • 02:30: Wiederaufnahme der Meerwasser-Einspeisung. 	
03:00–03:30		<ul style="list-style-type: none"> • 03:00: Drywell-Druck ist weiterhin grösser als der Auslegungsdruck. • Erneuter Versuch des Drywell-Ventings bleibt erfolglos. 		
03:30–04:00				
04:00–04:30		<ul style="list-style-type: none"> • 04:17: Information an die Regierungsstellen, dass das Drywell-Venting erfolglos war. 		
04:30–05:00				
05:00–05:30				
05:30–06:00				
06:00–06:30		<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 06:14: Wahrnehmung eines Explosionsgeräuschs und von Erschütterungen. Anzeige eines Torus-Drucks von 0 MPa abs. → Personal hielt Explosion in Block 2 für möglich. 		<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 06:14: Wasserstoffexplosion im Block 4. Erschütterung der Decke im Kontrollraum von Block 4. Wahrscheinliche Ursache: Ausbreitung von Wasserstoff aus Block 3.
06:30–07:00				<ul style="list-style-type: none"> • 06:50: ODL am Standort steigt stark an. • 06:55: Beschädigung der Decke des Reaktorgebäudes wird festgestellt.
07:00–07:30				<ul style="list-style-type: none"> • 07:00: Kraftwerksleiter ordnet die Evakuierung von 650 Personen am Standort an. Mitteilung an die Regierungsstellen. Personal begibt sich zum Standort Fukushima Daini. • Ca. 70 Personen verbleiben am Standort.
07:30–08:00				<ul style="list-style-type: none"> • 07:55: Meldung an die Regierungsstellen betreffend Beschädigung des Oberteils des Reaktorgebäudes von Block 4 und Dampfaustritt.
08:00–08:30		<ul style="list-style-type: none"> • 08:25: Weisser Rauch oder Dampf tritt aus dem Reaktorgebäude aus. 		
08:30–09:00				
09:00–09:30				

Datum / Uhrzeit	Block 1	Block 2	Block 3	Andere / Alle Blöcke
09:30–10:00				<ul style="list-style-type: none"> • 09:38: Brand bricht im Reaktorgebäude von Block 4 aus. • 09:56: Information der Behörden über den Brand im Block 4.
10:00–10:30		<ul style="list-style-type: none"> • Vormittag: Druck im Containment und im RDB sinkt (Zeitpunkt des Beginns unklar). Wahrscheinliche Ursache: Schäden an den Anlagen. 		<ul style="list-style-type: none"> • Anstieg der ODL in der Umgebung (Dorf Iitate) Vermutete Herkunft: Block 2.
10:30–11:00				<ul style="list-style-type: none"> • 10:30: METI-Minister ordnet die Brandbekämpfung sowie eine Wasserzugabe in das Brennelementlagerbecken von Block 4 an. • Wegen zu hoher Strahlenbelastung kann die Feuerwehr den Brand nicht bekämpfen.
11:00–11:30				<ul style="list-style-type: none"> • 11:00: Mitarbeiter melden, dass der Brand allein erloschen ist.
11:30–12:00				<ul style="list-style-type: none"> • 11:45: Information an die Behörden: Brand ist alleine erloschen.
12:00–12:30				<ul style="list-style-type: none"> • Ab Mittag beginnt das nach Fukushima Daiichi evakuierte Personal, zum Standort Daiichi zurückzukehren.
12:30–13:00				
16:00–16:30			<ul style="list-style-type: none"> • 16:00: Torus-Venting-Ventil wird im geschlossenen Zustand vorgefunden. Ursache: Funktionsstörung des kleinen Generators zur Steuerung der Torus-Entlastungsventile. • Installierung eines neuen Generators 16:05: Torus-Venting-Ventil wird wieder geöffnet. Offenhaltung jedoch schwierig. Schwierigkeiten dauern in den nächsten Tagen an. 	

Impressum

Herausgeber

ENSI

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat

Industriestrasse 19

CH-5200 Brugg

Telefon +41 56 460 84 00

info@ensi.ch

www.ensi.ch

ENSI-AN-10426

In Zusammenarbeit mit

Christine Rémond

Pluricomcommunication

1049 Chemin des Crottons

F – 83440 Callian



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI

Swiss Confederation

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Informationsdienst
CH-5200 Brugg
Telefon +41 56 460 84 00
Telefax +41 56 460 84 99
info@ensi.ch
www.ensi.ch

ENSI-AN-10426
15. Oktober 2018

