



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

Fukushima Daiichi Menschliche und organisatorische Faktoren

Teil 1:

Die Ereignisse und die an ihrer Bewältigung
beteiligten Organisationen



Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG UND VORGEHEN	3
2	WESENTLICHE DATEN DES EREIGNISSES	5
2.1	Erdbeben	5
2.2	Tsunami	8
2.2.1	Auswirkungen auf Fukushima Daiichi	9
2.3	Erklärung des Notstands	16
2.4	Entwicklung der Lage	17
2.5	Klassierung des Unfalls auf der INES-Skala (International Nuclear Event Scale)	19
2.6	Arbeitsbedingungen für das Personal in der Kernanlage	20
3	AN DER BEWÄLTIGUNG DES EREIGNISSES BETEILIGTE ORGANISATIONEN	21
3.1	In Tokio ansässige Organisationen	22
3.1.1	Notfallzentralen der Regierung	23
3.1.2	Krisenzentrum am Hauptsitz von TEPCO	24
3.2	Organisationen in der Präfektur Fukushima	26
3.3	Organisationen am Standort Fukushima Daiichi	27
3.3.1	Notfallzentrale (ERC)	29
3.3.2	Personal im Bereich der Reaktorblöcke	35
3.3.3	Externe Mitarbeiter als Unterstützer des Kernkraftwerks	38
4	AUSBLICK AUF DIE KOMMENDEN DOKUMENTE	41
5	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	42
6	QUELLEN	43
7	FUSSNOTEN	45

1 Einleitung und Vorgehen

Nach dem Unfall von Fukushima Daiichi am 11. März 2011 führte das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI¹ verschiedene Analysen zum Unfallhergang durch ([1], [2], [30]). Eine dieser Analysen zielte darauf ab, ein vertieftes Verständnis des Ereignisablaufs und der dazu beitragenden Faktoren aus menschlicher und organisatorischer Sicht zu erhalten ([1]).

Von 2012 bis 2015 wertete eine Expertengruppe des ENSI mit Unterstützung einer externen Expertin weiterhin Informationen zu dem Ereignis aus vielen unterschiedlichen Quellen aus, um dadurch die in 2011 veröffentlichte Analyse zu den menschlichen und organisatorischen Aspekten zu vertiefen. Die vorliegende Analyse berücksichtigt insbesondere die nach und nach von folgenden Institutionen zu dem Unfall veröffentlichten Berichte: TEPCO (Betreiber des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi [6], [14], [28], [31], [32]); japanische Behörden (Untersuchungsausschuss der japanischen Regierung – ICANPS [17], [19]; Untersuchungsausschuss des japanischen Parlaments – NAIIC [7]); IAEA ([11]); internationale Sicherheitsbehörden und spezialisierte Einrichtungen (darunter insbesondere die von ASN/IRSN [4], [26], GRS [23], [24] und INPO [12], [15] veröffentlichten Berichte).

Die Vertiefung der in 2011 durchgeführten Analyse zu den menschlichen und organisatorischen Aspekten wurde notwendig, da dieser Unfall und alles, was dazu beigetragen hat, wie alle „grossen“ Unfälle auch in anderen Industrien, sehr komplex ist. Diese Komplexität ist nicht allein den beteiligten technischen Aspekten geschuldet, sondern hängt auch mit der Interaktion zwischen technischen, organisatorischen und menschlichen Aspekten zusammen, was eine systemische und zeitaufwändige Analyse notwendig macht. Der vorliegende Bericht enthält den ersten von drei Teilen dieser Analyse.

Es ist zu berücksichtigen, dass auch weiterhin Analysen erforderlich sein werden, um die mitwirkenden physikalischen, organisatorischen und menschlichen Prozesse genauer zu verstehen. Die in der aktuellen Dokumentenreihe enthaltene Analyse kann daher nach wie vor noch nicht als abgeschlossen gelten. Auch wenn die vorgelegten Daten zu Tagen und Uhrzeiten (jeweils Ortszeit) anhand eines Vergleichs unterschiedlicher Quellen überprüft wurden, sollen diese trotzdem vorsichtig verwendet werden, da es bei einigen Daten weiterhin Unsicherheiten gibt.

Die vom ENSI in der Analyse vorgelegten Feststellungen und Schlussfolgerungen zielen in keinsten Weise darauf, die japanischen Akteure zu kritisieren. Vielmehr sind sie der Versuch, die menschlichen und organisatorischen Mechanismen zu verstehen, die den Eintritt dieses Unfalls erklären könnten. Hier muss weiter berücksichtigt werden, dass viele der uns heute verfügbaren Daten den mit dem Krisenmanagement befassten Stellen während der Ereignisse nicht zugänglich waren.

Auch ist es erforderlich, sich stets das ausserordentliche Ausmass des Erdbebens und des Tsunamis sowie den Mut und die Selbstlosigkeit zu vergegenwärtigen, die die Akteure an den Tag gelegt haben, insbesondere die Mitarbeiter des Standorts Fukushima Daiichi. Sie mussten mit den dramatischen Folgen eines Unfalls umgehen, der gleichzeitig mehrere Reaktorblöcke getroffen hatte, und dabei mit einer katastrophalen Lage am Standort kämpfen, mit zahlreichen Nachbeben und dies manchmal ohne jede Nachricht zum Wohlergehen ihren eigenen Familien.

Es ist ausserdem notwendig, die organisatorischen Schwachstellen bezüglich des Schutzes des Standorts mit seinen Anlagen gegen die Gefahr eines Tsunamis grossen Ausmasses und beim Management eines schweren Unfalls zu verstehen, um daraus die notwendigen Lehren zu ziehen. Diese Schwachstellen können nur durch eine umfassende Analyse der Situation erklärt werden, die gleichzeitig das technische Umfeld sowie die menschlichen und organisatorischen Aspekte des Unfalls berücksichtigt.

Die vom ENSI durchgeführte Analyse der menschlichen und organisatorischen Faktoren des Ereignisses umfasst mehrere Teile, darunter das vorliegende Dokument, das folgende Themen behandelt:

- Wesentliche Daten des Ereignisses, die für das Verständnis der von den verschiedenen Organisationen und Personen zu bewältigenden Situation erforderlich sind (vgl. Kapitel 2);
- die an der Bewältigung des Notfalls beteiligten Organisationen in Tokio, in der Präfektur Fukushima und am Standort Fukushima Daiichi (vgl. Kapitel 3);
- Hinweise auf die noch zu veröffentlichenden Dokumente (vgl. Kapitel 4).

Letztere werden einerseits die im zeitlichen Ablauf der standortintern und -extern zur Unfallbewältigung ergriffenen Massnahmen (zweites Dokument) und andererseits die für die Erklärung des Ereignisses relevanten menschlichen und organisatorischen Faktoren (drittes Dokument) behandeln.

Nicht Gegenstand der vorliegenden Analyse sind hingegen die kurz- und langfristigen Konsequenzen des Unfalls für die breite Bevölkerung und die Umwelt. Durch diesen Unfall, den schwersten seit dem von Tschernobyl (Ukraine) 1986, wurden erhebliche Strahlendosen in die Atmosphäre, den Boden und das Wasser der Region um das Kernkraftwerk Fukushima Daiichi abgegeben ([12]², [27], [30]), was die japanischen Behörden veranlasste, mehr als 100'000 Personen zu evakuieren ([17]). Obschon die physischen und psychosozialen Konsequenzen des Unfalls für die Bevölkerung aus menschlicher und organisatorischer Sicht in hohem Masse relevant sind, würde diese Betrachtung den Rahmen des Berichts sprengen.

Der vorliegende und die noch folgenden Berichte richten sich an ein breites, jedoch fachlich interessiertes Publikum. Sie haben den Anspruch, die menschlichen und organisatorischen Aspekte der Ereignisse in Fukushima ausreichend tief zu beleuchten, sodass daraus für die Aufsicht über die schweizerischen Kernanlagen relevante und konkrete Lehren abgeleitet werden können. Es werden deshalb in den Berichten, dort wo dies erforderlich scheint, auch fachspezifische Begriffe und Konzepte aus dem Bereich der menschlichen und organisatorischen Faktoren verwendet. Zu einem systemischen Verständnis der Ereignisse, also einem Verständnis der Interaktionen zwischen den beteiligten Menschen und Organisationen und der Technik ist jedoch auch ein gewisses Verständnis der technischen Gegebenheiten und Ereignisse erforderlich. Aus diesem Grund enthält der vorliegende Bericht ebenfalls eine minimale Beschreibung der Ereignisse aus technischer Sicht unter Verwendung der entsprechenden Terminologie.

Die im Text zitierten Nummern in eckigen Klammern verweisen auf die in den Quellenangaben genannten Dokumente (vgl. Abschnitt 6). Fussnoten werden am Ende des Dokuments zusammengefasst und weisen auf die verwendeten Quellen hin oder enthalten Zusatzinformationen.

2 Wesentliche Daten des Ereignisses

2.1 Erdbeben

Das Erdbeben vom 11. März 2011, welches den Tsunami auslöste, hatte die Magnitude 9 auf der Richterskala. Sein Epizentrum lag etwa 100 km vor der Küste der Präfektur Miyagi in einer Tiefe von 24,4 km an der Nordostküste der Insel Honshu. Dieses Erdbeben hatte die viertgrösste Magnitude, die weltweit seit dem 18. Jahrhundert aufgezeichnet wurde, nach den Erdbeben von Chile 1960 (Magnitude 9.5), Alaska 1964 (Magnitude 9.2) und Sumatra 2004 (Magnitude 9.1 - 9.2) ([3]). Es war das stärkste, jemals in Japan aufgezeichnete³ Erdbeben ([4]).

Vom Erdbeben betroffen waren mehrere Kernanlagen, darunter diejenigen am Standort Fukushima-Daiichi des Betreibers „Tokyo Electric Power Company“ (TEPCO). An diesem Standort hatten das Erdbeben und der darauf folgende Tsunami die erheblichsten Auswirkungen ([5]). Der Standort weist sechs Siedewasserreaktoren (BWR - Boiling Water Reactor) auf, die in den 1970er Jahren in Betrieb genommen wurden und zwischen 460 und 1100 MWe leisteten (vgl. nachstehende Tabelle).

Blöcke	1	2	3	4	5	6
Jahr der Inbetriebnahme	1971	1974	1976	1978	1978	1979
Leistung (in MWe)	460	784	784	784	784	1100
Reaktortyp	BWR 3	BWR 4	BWR 4	BWR 4	BWR 4	BWR 5
Containment	Mark I	Mark I	Mark I	Mark I	Mark I	Mark II
Hersteller	GE	GE/ Toshiba	Toshiba	Hitachi	Toshiba	GE/ Toshiba

Tabelle 1:
Reaktorblöcke in Fukushima Daiichi – Jahr der Inbetriebnahme, elektrische Leistung, Reaktortyp und Containmenttyp sowie Hersteller

Am 11. März 2011 befanden sich die Blöcke 1, 2 und 3 im Leistungsbetrieb; die Blöcke 4, 5 und 6 befanden sich in Revision und waren somit nicht im Leistungsbetrieb (Reaktor 4: Reaktorkern ohne Brennelemente; Reaktoren 5 und 6: Reaktorkern mit Brennelementen) ([14]⁴).

Die Blöcke 1 bis 6 verfügen alle über jeweils ein Brennelement-Lagerbecken, das eine erhebliche Anzahl von neuen oder abgebrannten Brennelementen (BE) enthielt. In einem, allen Blöcken gemeinsamen, Brennelementnasslager befanden sich 6 375⁵ Brennelemente, die eine wesentlich geringere Nachzerfallsleistung hatten als die Brennelemente in den Reaktorblöcken, jedoch trotzdem gekühlt werden mussten ([23], [26]).

Während des Erdbebens wurde die automatische Abschaltung der Reaktoren 1, 2 und 3 ausgelöst. Die Systeme zur Kühlung der Reaktoren starteten automatisch ([14]).

Über die eigentlichen Kernanlagen des Standorts hinaus beschädigte das Erdbeben die Einrichtungen der Stromverteilung⁶ zwischen dem TEPCO-Umspannwerk Shinfukushima⁷ und dem Kernkraftwerk Fukushima Daiichi. Dadurch kam es zum Ausfall der externen Stromversorgung (Loss of Off-Site Power LOOP) ([14], [7]⁸, [5]⁹). Die 12 Notstromdiesel (zwei pro Reaktorblock) zur Versorgung der Kühlsysteme liefen an und ermöglichten die Versorgung der Systeme zur Reaktorkühlung und zur Nachwärmeabfuhr (vgl. folgende Tabelle) ([7]).

11. März	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Block 5	Block 6
	In Betrieb			Abgeschaltet für Revision Reaktor ohne BE	Abgeschaltet für Revision Reaktor mit BE	Abgeschaltet für Revision Reaktor mit BE
14:46 Uhr Erdbeben	Automatische Abschaltung der Reaktoren Ausfall der externen Wechselstromversorgung Automatischer Start der Notstromdiesel					
	Start der Reaktorkühlung mittels IC (Isolation Condenser)	Start der Reaktorkühlung mittels RCIC (Reactor Core Isolation Cooling)				

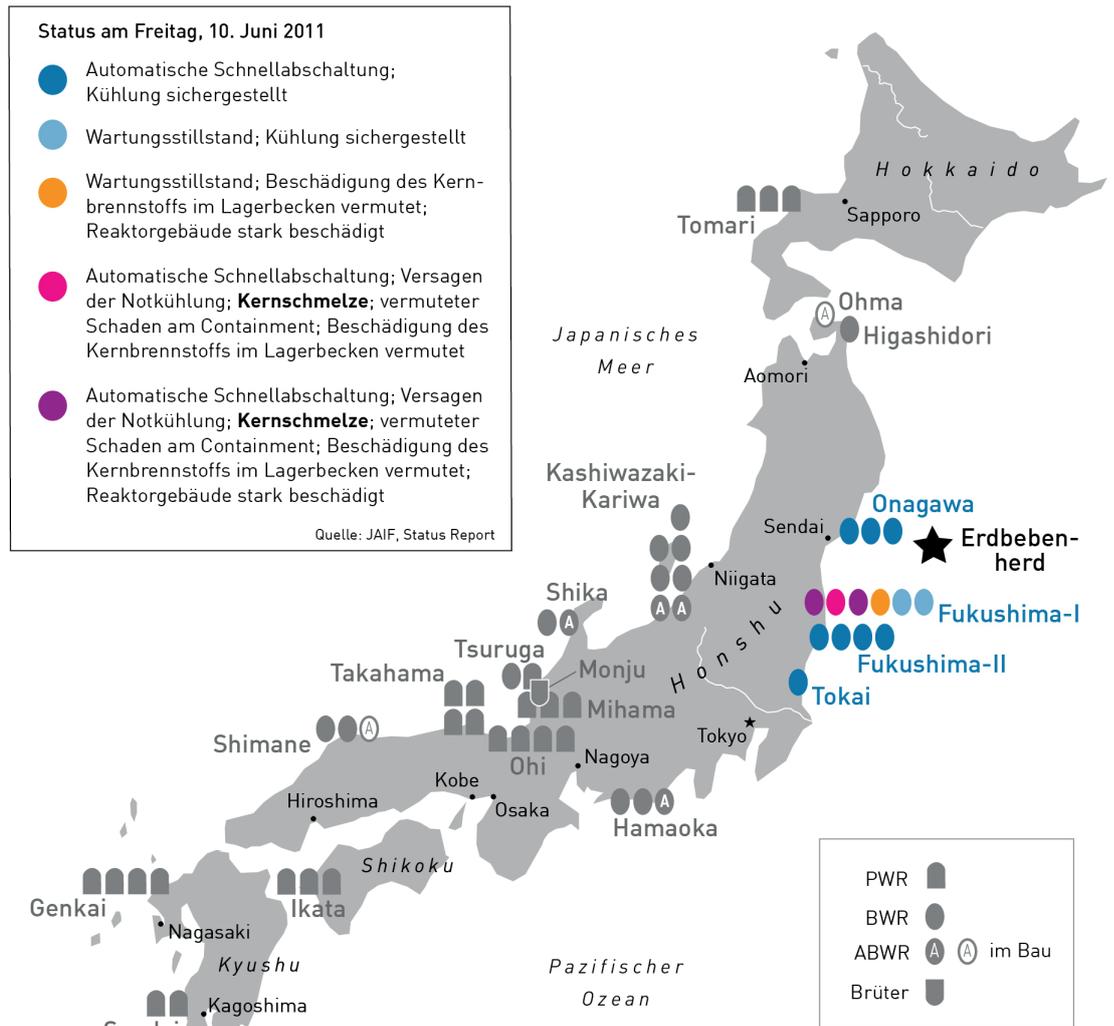
Tabelle 2:
Zustand der Blöcke 1 bis 6 von Fukushima Daiichi vor und unmittelbar nach dem Erdbeben

TEPCO gibt an, dass die einzelnen Kernanlagen am Standort dem Erdbeben erfolgreich standgehalten haben ([14]¹⁰).

Dennoch bleibt es im Rahmen der zur Erstellung dieser Analyse vom ENSI berücksichtigten Dokumente weiter schwierig, die genauen Auswirkungen des Erdbebens auf die Komponenten und Ausrüstungen der Reaktoren zu bewerten¹¹.

2.2 Tsunami

Abbildung 1:
Vom Tsunami am
11. März 2011
betroffene Kernan-
lagen
(Quelle: 2011 Nuk-
learforum Schweiz)



Das Erdbeben löste eine sehr hohe Flutwelle aus. Das Wasser drang bis zu 5 km ins Landesinnere ein. Am 12. September 2012 zog die japanische Polizeibehörde (National Police Agency of Japan) folgende Bilanz des Ereignisses in den betroffenen Regionen: 15 883 Tote, 2 643 Vermisste und 6 150 Verletzte ([8]).

Vom Tsunami betroffen waren mehrere Kernkraftwerksstandorte: Fukushima Daiichi („Fukushima I“ - 6 Blöcke) und in geringerem Umfang Onagawa (3 Blöcke), Fukushima Daini („Fukushima II“ - 4 Blöcke) sowie Tokai (1 Block in Betrieb). Die betroffenen Kernanlagen werden in Abbildung 1 dargestellt.

2.2.1 Auswirkungen auf Fukushima Daiichi

Ab 15:27 Uhr (Ortszeit¹²), also rund 40 Minuten nach dem Erdbeben, trafen mehrere hohe Wellen den Standort Fukushima Daiichi. Die erste Welle mit ca. 4 m Höhe wurde von den Schutzwällen des Standorts abgefangen, die so ausgelegt waren, dass sie einer Wellenhöhe von 6.1 m standhalten sollten.

Acht Minuten später traf eine neue, wesentlich höhere Welle von 14 m ein und überflutete das Kraftwerksgelände mit den Blöcken 1 bis 4, welches 10 m über dem Meeresspiegel liegt.

Die Tore und Türen der Gebäude der Blöcke 1 bis 4, in denen sich Systeme, Komponenten und Materialien befanden, waren nicht wasserdicht. Das Wasser drang in die Untergeschosse ein und überflutete mit einer Höhe von 1.5 bis 5.5 m u.a. Schalttafeln, mehrere Notstromdiesel und Batterien zur Versorgung der Not- und Nachkühlsysteme. Die Gebäude, in denen sich die Pumpen zur Kühlwasserentnahme aus dem Meer befanden, wurden ebenfalls zerstört und standen für die notwendige Reaktorkühlung nicht mehr zur Verfügung ([6]¹³, [4]).

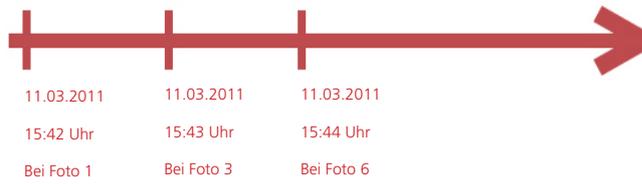


Abbildung 2:
Die Tsunamiwelle
trifft auf das Kern-
kraftwerk
(Quelle: TEPCO)

Der Reaktorunfall von Fukushima Daiichi – Menschliche und organisatorische Faktoren



Das Areal des Kernkraftwerks (auf 10 m über dem Meeresspiegel) wird überflutet. Man beachte den weissen Personenwagen, welcher von der Welle weggespült wird.



Der Reaktorunfall von Fukushima Daiichi – Menschliche und organisatorische Faktoren



Die folgende Abbildung lässt den grossen überfluteten Bereich der Anlagen am Standort erkennen (blauer Bereich in der Abbildung).



Abbildung 3:
Überfluteter
Bereich der
Kernanlage
Fukushima
Daiichi ([10])

Der Tsunami verursachte den Totalausfall der Stromversorgung, inklusive der Batterieversorgung, für die Blöcke 1, 2 und 4 (Station Black-Out), mit der Folge ([11]¹⁴, [7], [12], [13])

- der Nichtverfügbarkeit von Systemen, Komponenten und Ausrüstungen, welche eine gesicherte Stromversorgung benötigen (insbesondere die Hauptkühlsysteme);
- Ausfall der Beleuchtung in den Gebäuden;
- Verlust der Instrumentierung und damit der Information des Anlagenzustandes im Kommandoraum 1-2 und der Anzeigen des Anlagenstatus (Safety Parameters Display System, SPDS) in der Noteinsatzzentrale (Emergency Response Center, ERC), was dazu führte, dass das Personal keinen direkten Überblick mehr über den aktuellen Zustand der Anlage auf Basis der Warteninstrumentierung gewinnen konnte¹⁵;
- Unmöglichkeit der Steuerung der Prozesse aus dem Kommandoraum 1-2;
- Verlust fast aller Kommunikationsmittel zwischen der ERC und dem innerhalb und ausserhalb der Anlagen arbeitenden Personal. Es blieb lediglich eine Verbindung zwischen der ERC und den einzelnen Kommandoräumen verfügbar.

Der Reaktorblock 3 verlor ebenfalls in Folge des Tsunamis seine Wechselstromversorgung. Die Batterien (Gleichstromversorgung) blieben jedoch in Betrieb und fielen erst am Abend des 12. März 2011 aus.

Der Reaktorblock 5 verlor die gesamte Wechselstromversorgung. Eine Versorgungsleitung zur Verbindung des Reaktorblockes 6 mit dem Reaktorblock 5 ermöglichte die Wiederherstellung der Stromversorgung durch den noch einzigen in Betrieb befindlichen Notstromdiesel des Blockes 6. Dies noch bevor auch die Gleichstromversorgung¹⁶ im Block 5 ausgefallen wäre ([14]¹⁷).

Der Reaktorblock 6 hatte zwar auch die externe Stromversorgung verloren, doch nur einen der beiden Notstromdiesel. Der noch funktionsfähige Notstromdiesel wurde luftgekühlt und war somit nicht auf die zerstörte Kühlwasserversorgung angewiesen ([14]¹⁸), so dass die erforderliche Wechselstromversorgung weiter funktionierte und darüber letztlich auch Reaktorblock 5 versorgt werden konnte.

Am Standort Fukushima Daiichi wurde hingegen die externe Stromversorgung nicht vollständig unterbrochen. Die meisten Instrumente und Steuereinrichtungen in den Kommandoräumen blieben funktionsfähig. Unter anderem konnten dadurch die Teams nach einigen Tagen die Kühlwasserversorgung der Anlagen wieder sicherstellen und das Ereignis besser bewältigen. Die vier Reaktoren konnten am 15. März 2011, ohne Beschädigung der Brennelemente, in den sicheren Zustand „kalt, abgestellt“ (Cold Shutdown) gebracht werden ([12], [14]).

Teil 2 dieses Berichtes wird weitere Informationen zum Ablauf des Unfalls enthalten.



Abbildung 4:
Vom Tsunami
im Bereich der
Kühlwasser-
pumpenhäuser
verursachte
Schäden
(Foto vom
17.03.2011 –
Quelle: TEPCO)

2.3 Erklärung des Notstands

Unmittelbar nach dem Erdbeben (um 14:46 Uhr am 11. März 2011) richtete das Wirtschafts-, Handels- und Industrieministerium (METI) in Tokio eine Notfallzentrale („Emergency Response Headquarters“) ein, um die Folgen des Ereignisses zu managen und Informationen zum Zustand der Kernanlagen zu sammeln, die in den betroffenen Gebieten liegen ([17], [19]).

Um 14:50 Uhr richtete auch das Büro des Premierministers für das Management der Folgen des Erdbebens in Tokio ein Krisenzentrum („Emergency Response Office“; vgl. (3) in Abbildung 8) am Amtssitz des Premierministers, dem so genannten „Kantei“¹⁹, ein, das Verbindung zu den Verantwortlichen der zuständigen Ministerien hielt. Um 15:14 Uhr wurden zudem im Kantei die „Emergency Disaster Response Headquarters“ (vgl. (1) in Abbildung 8), unter der Leitung von Premierminister Kan, eingerichtet, sowie, im Gebäude des Kabinetts, das dazu gehörige Sekretariat (vgl. (4) in Abbildung 8 ([17], [19])).

Kurz nach Eintreffen des Tsunami und der daraus folgenden Überflutung erhielt die japanische Nuklearaufsichtsbehörde (Nuclear and Industrial Safety Agency - NISA) um 15:42 Uhr eine Nachricht vom Standort Fukushima, dass sich auf Grund des umfassenden Ausfalls des Wechselstroms (externe Stromversorgung und Dieselgeneratoren) ein Störfall gemäss Artikel 10 des Gesetzes „Nuclear Emergency Preparedness Act“ ereignet hatte. Die NISA übermittelte die Nachricht ans Büro des Premierministers und an die zuständigen Behörden ([14]²⁰).

Diese Nachricht führte dazu, dass nun, nebst den verschiedenen Krisenzentren, die sich bislang in erster Linie mit den allgemeinen Folgen des Erdbebens und des Tsunamis befasst hatten, verschiedene Stellen zur spezifischen Behandlung des nuklearen Störfalls im KKW Fukushima Daiichi und anderen betroffenen Kernanlagen eingerichtet wurden. Namentlich richtete das METI die „Nuclear Emergency

Preparedness Headquarters“ in seiner Notfallzentrale „Emergency Response Center“ (ERC) sowie die „Local Nuclear Emergency Preparedness Headquarters“ im so genannten „Off-site Center“ in der Stadt Okuma, nahe dem Standort des KKW Fukushima Daiichi ein. Im Kantei wurden zudem um 16:36 Uhr die Funktion und die Besetzung des Krisenzentrums im Untergeschoss („Emergency Response Office“) auf den nuklearen Störfall erweitert ([17], [19]).

Gegen 16:45 Uhr erhielt der stellvertretende Direktor der NISA einen Bericht von TEPCO mit der Nachricht über eine Verschlechterung der Lage (Verlust der Möglichkeit der Kühlwasserversorgung mittels der Notkühlsysteme in den Reaktoren 1 und 2), woraufhin er dem Minister des METI die Erklärung eines nuklearen Notstands („Nuclear Emergency Situation“) gemäss Artikel 15 des Gesetzes „Nuclear Emergency Preparedness Act“ übermittelte ([19], [14]).

Nach mehreren Besprechungen erteilte der Premierminister gegen 18:30 Uhr seine Genehmigung zur offiziellen Erklärung des nuklearen Notstands ([19]). Am 11. März 2011 um 19:03 Uhr veröffentlichte die Regierung diese Erklärung.

Damit wurden verschiedene weitere Organisationen in den Notfalleinsatz ausserhalb und innerhalb des Standorts des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi einbezogen (vgl. Kapitel 3).

2.4 Entwicklung der Lage

Die Lage in den Blöcken 1, 2 und 3 des Standorts Fukushima Daiichi verschlechterte sich in den vier auf den Tsunami folgenden Tagen aufgrund des anhaltenden Ausfalls der Stromversorgung und der nicht mehr direkt vorhandenen Kühlwasserversorgung drastisch.

In der folgenden Graphik werden die Zeitfenster hinsichtlich der Entwicklung des Zustands der Reaktoren dargestellt. Diese wurden von verschiedenen Organisationen (TEPCO, Untersuchungsausschuss des japanischen Parlaments (NAIIC), Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS), Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), Paul Scherrer Institut (PSI), etc.) im Nachhinein anhand der zum Ereignis verfügbaren Daten rekonstruiert.

Demnach erreichte der Wasserstand im Reaktorblock 1 zwischen zwei und drei Stunden nach dem Erdbeben die Oberkante des aktiven Teils der Brennstäbe (Kernoberkante/Top of Active Fuel – TAF). Fast gleichzeitig waren die Brennelemente im Reaktor beschädigt. Der Wasserstand im Reaktor erreichte die Kernunterkante (Bottom of Active Fuel – BAF) ca. zwei Stunden später, also ca. fünf Stunden nach dem Erdbeben. Für den Reaktor im Block 2 war dies am 14. März 2011 der Fall (Abfall des Wasserstands auf Kernoberkante ca. 74 Stunden nach dem Erdbeben, Beschädigung der Brennelemente im Reaktor eine Stunde später und Wasserstand Kernunterkante spätestens eine weitere Stunde später) und am 13. März 2011 für Reaktorblock 3 (Abfall des Wasserstands von der Kernoberkante zwischen 36 und 43 Stunden nach dem Erdbeben – also zwischen 02:30 und 9:30 Uhr; Beschädigung der Brennelemente im Kern ca. drei Stunden später und Wasserstand Kernunterkante sechs bis sieben Stunden nach dem Erreichen der Reaktoroberkante) ([4], [6], [7], [14], [23], [24], [28], [31], [34]).

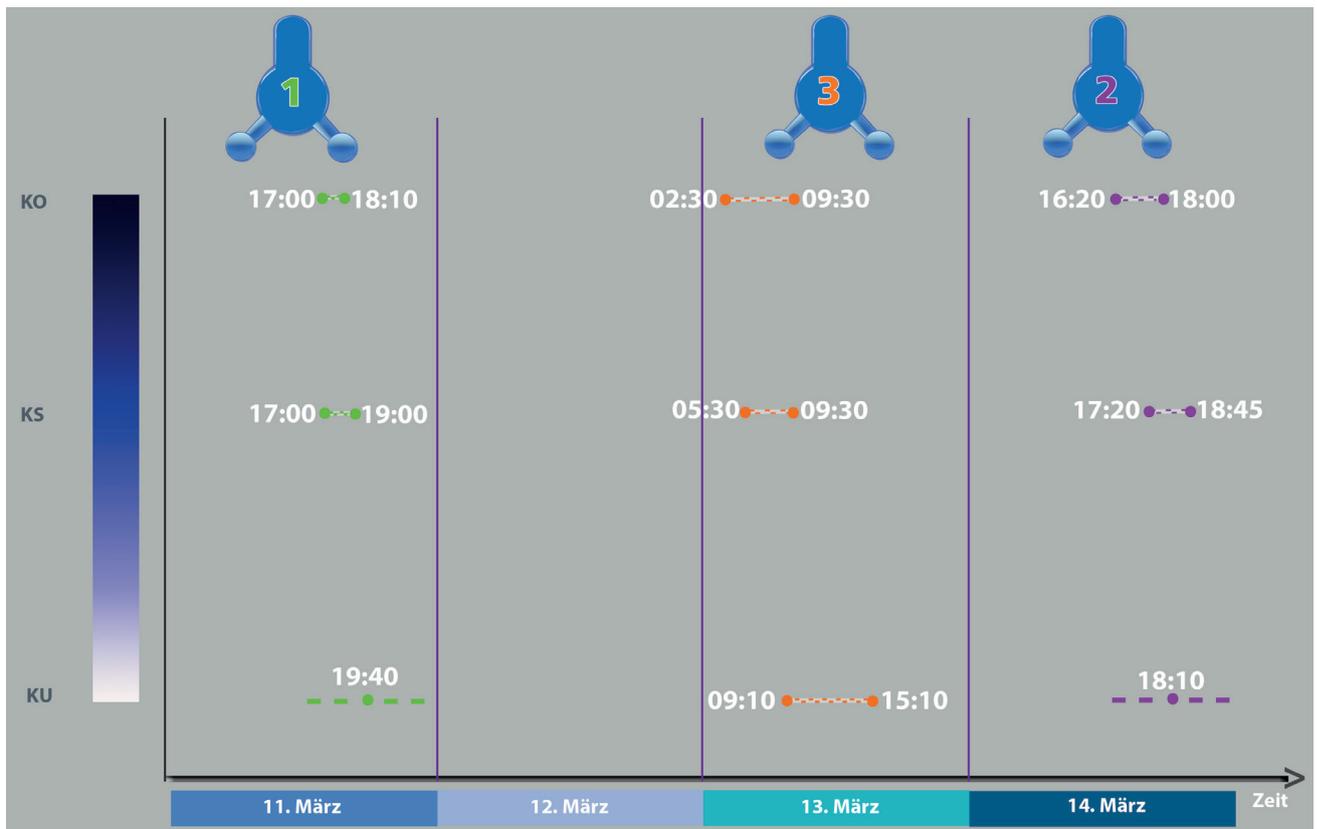
Bezüglich dieser Zeitangaben, welche insbesondere von TEPCO nach und nach auf Grund ihrer Analysen geliefert wurden, bestehen Unsicherheiten. Sie sind noch nicht abschliessend bestätigt – und

werden dies möglicherweise auch nie sein können. Zudem weichen sie teilweise erheblich voneinander ab. Daten von TEPCO dienen als Grundlage für auf (verschiedenen) mathematischen Modellen beruhende Simulationen der verschiedenen Institute (z.B. IRSN, GRS, PSI etc.). Im Laufe weiterer Untersuchungen können sich die Angaben auch weiterhin noch etwas ändern. So wurde z. B. in einem neueren, von TEPCO im August 2014 veröffentlichten Bericht angegeben, dass der Wasserstand in Reaktor 3 die Kernoberkante am 13. März 2011 schon mehrere Stunden vor dem Zeitpunkt, der sich aus Schätzungen vorhergehender Analysen des Betreibers ergeben hatte, erreicht haben könnte ([31]; vgl. hierzu auch [34]).

Es sei hier zudem nochmals darauf hingewiesen, dass die Daten im Nachhinein rekonstruiert wurden und für die in der akuten Situation während des Unfallablaufs involvierten Personen nicht direkt sichtbar und damit ihnen nicht unmittelbar bekannt waren. Schreiberaufzeichnungen und Daten aus Prozessrechnerauswertungen waren auf Grund der geschilderten Situationen gar nicht oder nur sehr eingeschränkt verfügbar.

Abbildung 5:

Vermutete Zeitfenster der Erreichung des Füllstandes der Reaktorkernoberkante (KO), des Beginns der Beschädigung der Brennelemente im Reaktordruckbehälter (KS) und der Erreichung des Füllstandes der Reaktorkernunterkante (KU) (Quellen: TEPCO [6], [14], [28], [31], NAIIC [7], IRSN [4], GRS [23], [24], PSI [34])



Legende:

KO = Kernoberkante
 KS = Kernschaden
 KU = Kernunterkante

• - - - • Zeitfenster basiert auf mindestens 2 verschiedenen Angaben in unterschiedlichen Berichten.

- - - , - - - Zeitfenster basiert auf 2 übereinstimmenden Angaben in unterschiedlichen Berichten. Auch bei diesen Angaben ist jedoch von Unsicherheiten bezüglich des genauen Zeitpunkts auszugehen.

2.5 Klassierung des Unfalls auf der INES-Skala (International Nuclear Event Scale)

Am 12. März 2011 klassierte die NISA den Unfall auf Stufe 4 der INES-Skala (International Nuclear Event Scale). Die Schwere des Ereignisses wurde am 18. März 2011 mit Stufe 5 für die Reaktoren 1 bis 3 und Stufe 3 für Reaktor 4 neu bewertet. Am 12. April 2011 wurde der Unfall für den Standort Fukushima Daiichi insgesamt auf Stufe 7 eingeordnet ([1]).

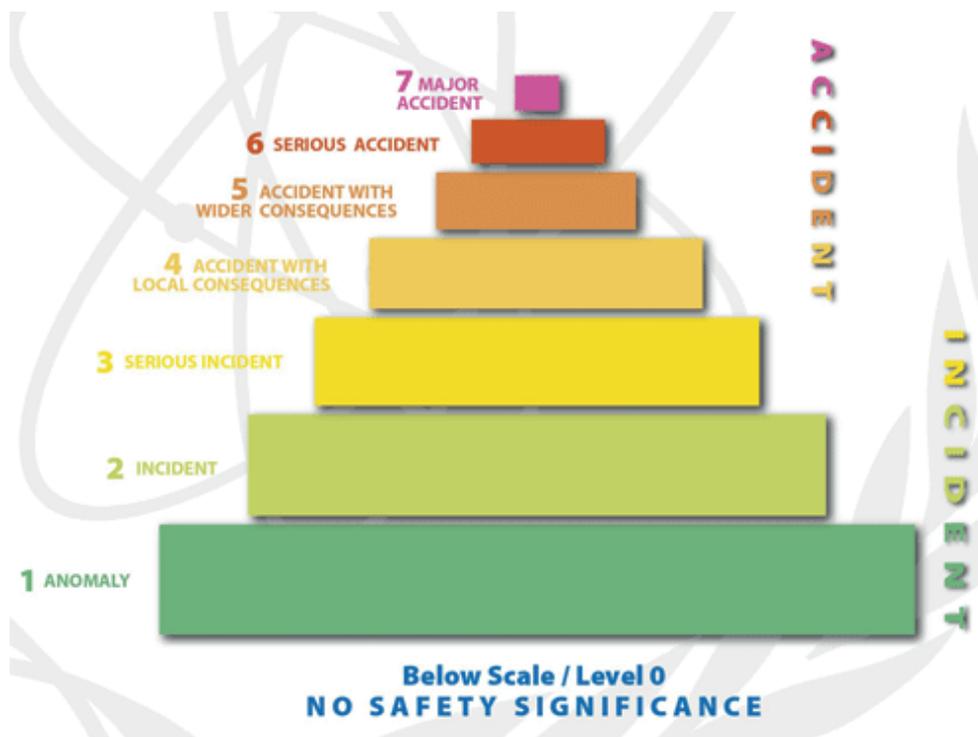


Abbildung 6:
INES-SKALA
(Quelle: IAEA)

Legende:

0	Nicht sicherheitssignifikante Vorkommnisse
1	Anomalie
2	Zwischenfall
3	Ernsthafter Zwischenfall
4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung
5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung
6	Ernsthafter Unfall
7	Schwerwiegender Unfall

2.6 Arbeitsbedingungen für das Personal in der Kernanlage

Die Analyse zeigt, dass die Arbeitsbedingungen für das am Standort und in den Anlagen eingesetzte Personal (von TEPCO, Unterstützungspersonal und Auftragnehmern) insbesondere in den ersten Tagen und Wochen nach dem Tsunami sehr schwierig waren. Dieser Aspekt wird im dritten Teil der Analyse detaillierter behandelt, der für die Erklärung des Ereignisses relevante menschliche und organisatorische Faktoren darstellen wird.

TEPCO erklärt, dass die Mitglieder der ERC erst nach 36 Stunden abgelöst wurden und nur wenige Stunden Pause machten, um zu duschen oder eine Mahlzeit einzunehmen ([14]). Die Vorgesetzten der Betriebsmannschaften blieben drei Tage ununterbrochen im Dienst, viele unter ihnen ohne Nachrichten von ihren Familien, sowie ohne Ruhezeiten.

Auch die Teams der Sondereinsatzkräfte sowie alle Auftragnehmer, die an den Notfalleinsätzen zur Wiederherstellung der Stromversorgung und zur Reaktorkühlung beteiligt waren, arbeiteten unter extrem schwierigen Bedingungen: Die Wege in der Anlage waren mit Trümmern aller Art übersät, die beim Rückgang des Wassers zurückgeblieben waren. Zahlreiche Nachbeben waren spürbar, und die radio-logischen Bedingungen in der Anlage verschlechterten sich täglich ([16]).

Schliesslich werden in den vom ENSI analysierten Dokumenten die zahlreichen Kommunikations- und Koordinationsprobleme betont, die in der Anlage einerseits zwischen der ERC, den Betriebsmannschaften in den Kommandoräumen und den Einsatzkräften auf dem Terrain und andererseits zwischen der Anlage und den Aufsichtsbehörden, der Regierung und dem Krisenzentrum am TEPCO-Hauptsitz in Tokio auftraten ([7], [17], [12], [9]). Auch diese Thematik wird in Teil 3 des Berichts ausführlicher behandelt werden.

3 An der Bewältigung des Ereignisses beteiligte Organisationen

Wie bereits unter Kapitel 2.3 ersichtlich wurde, waren an der Bewältigung des Ereignisses eine Vielzahl von Stellen und Organisationen beteiligt. Die folgenden Abschnitte stellen die hauptsächlich beteiligten, übergeordneten Stellen dar^{21,22} ([6], [7], [13], [17]):

- die in Tokio ansässigen Organisationen (vgl. 3.1) umfassten Stellen, die beim Kantei (den Büros des Premierministers), beim METI bzw. der NISA und im Kabinettsgebäude (vgl. 3.1.1 - links in Abbildung 8) sowie dem Hauptsitz von TEPCO (vgl. 3.1.2 - rechts in Abbildung 8) tätig waren;
- die in der Präfektur Fukushima ansässigen Organisationen (vgl. 3.2, Abbildung 10);
- die der TEPCO zugehörigen Organisationen an den Standorten Fukushima Daiichi und Daini (vgl. 3.3, Abbildung 11).

Diese in den folgenden Abschnitten beschriebenen Organisationen mussten, um die Notfallmassnahmen zu koordinieren, unter schwierigsten Bedingungen ihre Informationen austauschen und zusammenarbeiten ([17]²³).

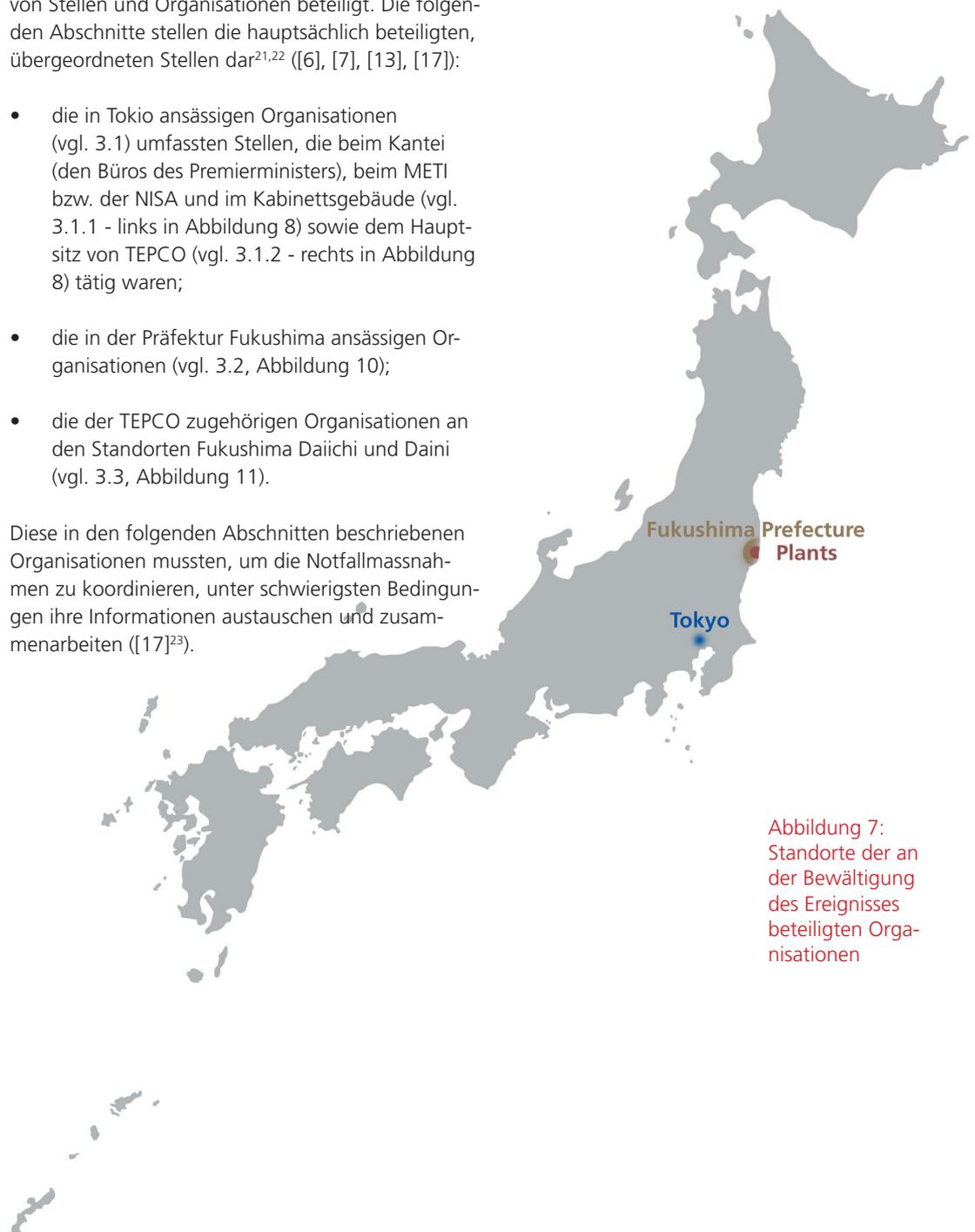


Abbildung 7:
Standorte der an
der Bewältigung
des Ereignisses
beteiligten Orga-
nisationen

3.1 In Tokio ansässige Organisationen

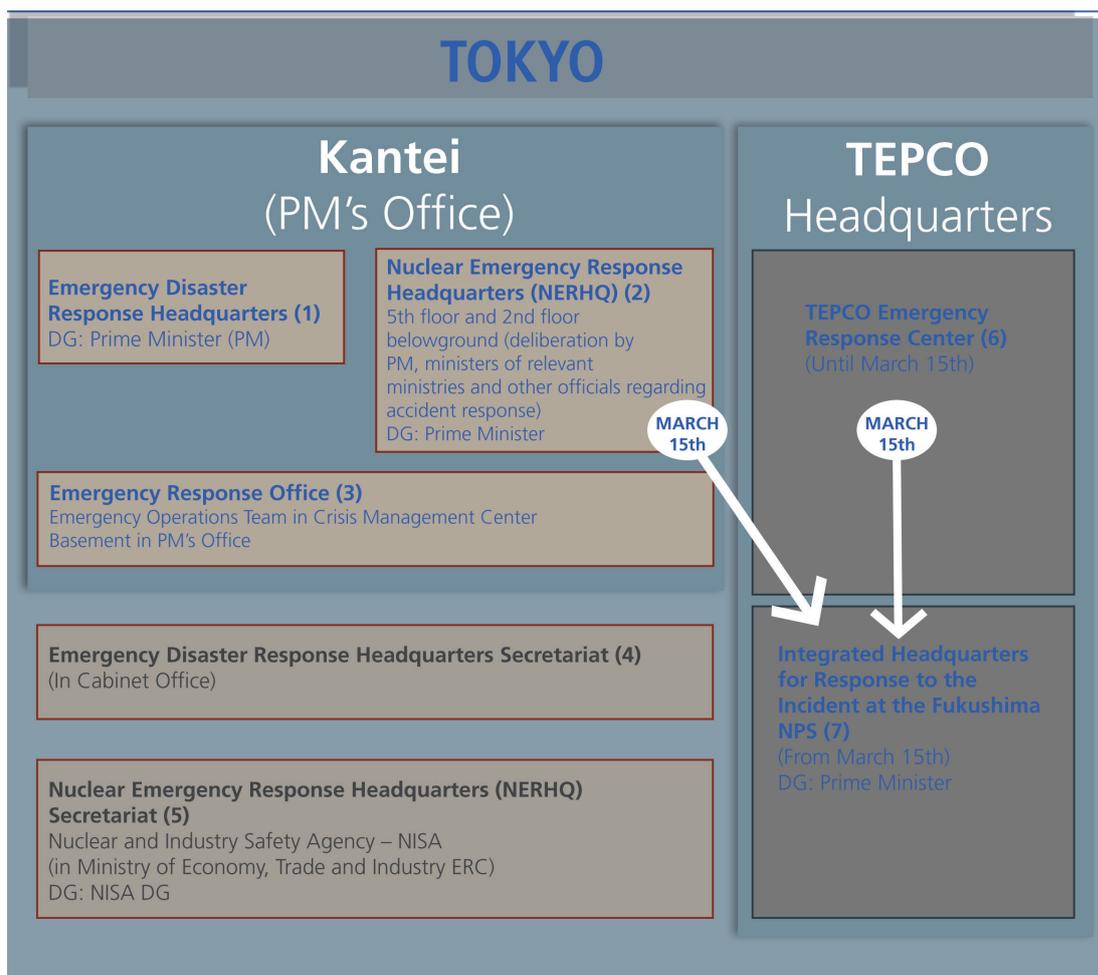


Abbildung 8: An den Notfallmassnahmen zur Bewältigung der Ereignisse beteiligte Organisationen mit Sitz in Tokio (vgl. ([6], [7], [17], [19])

3.1.1 Notfallzentralen der Regierung

Am 11. März 2011 um 19:03 Uhr veröffentlichte die Regierung die Erklärung des nuklearen Notstands. Gegen 19:45 Uhr bestätigte der Kabinettschef des Premierministers („Chief Cabinet Secretary“) in einer Pressekonferenz die Ausrufung des nuklearen Notstands und erklärte, dass im Kantei (dem Sitz des Premierministers) eine Notstandszentrale namens „NERHQ“ („Nuclear Emergency Response Headquarters“ – im 5. Stock und im Untergeschoss im Kantei; vgl. (2) in Abbildung 8) eingerichtet wurde ([19]).

Der Premierminister leitete, als „Director General“, das NERHQ. Ihm zur Seite standen, als „Deputy Director-General“, der Minister des METI und die am Krisenmanagement beteiligten Minister der Regierung. Die verschiedenen dort tätigen Beamten wurden beauftragt, alle nach dem Erdbeben, dem Tsunami und dem nuklearen Unfall erforderlichen Notfallmassnahmen zu ergreifen ([19]²⁴).

Zusätzlich zum NERHQ wurden auf Regierungsebene mehrere andere Krisenzentren gebildet:

- die „Emergency Disaster Response Headquarters“, ebenfalls unter der Leitung des Premierministers, wo die anderen, nicht-nuklearen Folgen des Erdbebens und des Tsunamis gemanagt wurden (vgl. (1) in Abbildung 8 und Kapitel 2.3);
- das „Emergency Response Office“ („Emergency Operations Team“) (im Untergeschoss des Kantei) (vgl. (3) in Abbildung 8 und Kapitel 2.3);
- das „Emergency Disaster Response Headquarters Secretariat“ (vgl. (4) in Abbildung 8).
- das „Nuclear Emergency Response Headquarters Secretariat“ (vgl. (5) in Abbildung 8) wurde beim METI (im METI „Emergency Response Center“) unter Leitung des Generaldirektors der NISA zur Unterstützung der genannten Krisenzentren eingerichtet.

Wegen des hohen Geräuschpegels im NERHQ, das mit zahlreichen Offiziellen besetzt war²⁵, richteten sich der Premierminister, sein Kabinettschef („Chief Cabinet Secretary“), der Minister des METI, der Leiter der Kommission für Nukleare Sicherheit („NSC Chair“), der stellvertretende Direktor der NISA („NISA Vice Director General“) und Vertreter von TEPCO in einem anderen Raum (im Untergeschoss – „mezzanine floor“) ein ([19]). Ausgehend von Informationen, die beim Krisenzentrum NERHQ, bei der NSC und bei anwesenden (oder telefonisch am Sitz von TEPCO kontaktierten) Vertretern von TEPCO eingeholt wurden, erörterten die Verantwortlichen Fragen zur Definition von Evakuierungs-/Zufluchtzonen („evacuation/sheltering areas“), zu im Bereich der Anlagen in Fukushima Daiichi konkret zu ergreifenden Massnahmen (Druckentlastung, Wassereinspeisung in die Reaktoren usw.) und zu der für diese Massnahmen benötigten logistischen Unterstützung.

Auf Ersuchen des Premierministers wurde das NERHQ ab dem 15. März 2011 durch eine andere Organisation („Integrated Headquarter for Response to the Incident at the Fukushima NPS“, vgl. (7) in Abbildung 8) ersetzt, die am TEPCO-Hauptsitz angesiedelt wurde (siehe auch 3.1.2).

3.1.2 Krisenzentrum am Hauptsitz von TEPCO

Bereits am 11. März 2011 um 15:06 Uhr wurde ein Krisenzentrum („Emergency Response Center“) am Hauptsitz von TEPCO in Tokio gebildet. Darin wurden bis zu 200, auf neun Teams verteilte Personen zusammengefasst (vgl. Abbildung 9 [14], [17]).

In Anbetracht zahlreicher Schwierigkeiten auf den Anreisewegen gelang es dem Exekutivdirektor, dem Präsidenten von TEPCO und anderen Verantwortlichen erst in den frühen Morgenstunden des 12. März 2011, das Krisenzentrum in Tokio zu erreichen ([7], [11]²⁶, [18]²⁷).

Wie im vorhergehenden Abschnitt angegeben, funktionierte dieses Krisenzentrum bei der TEPCO bis zum 15. März 2011. Auf Ersuchen des Premierministers wurde es danach durch eine andere Organisation, das „Integrated Headquarter for Response to the Incident at the Fukushima NPS“ ersetzt, welches durch den Premierminister selbst geleitet wurde. Dadurch sollte der Austausch von Informationen über den Zustand der Reaktoren zwischen dem Betreiber und dem Kantei verbessert werden²⁸ ([17], [19], [7]).

Nachträglich legte die japanische Regierung über die Kommunikations- und Kooperationsprobleme, die zu Beginn der Ereignisse zwischen den Stellen auf nationaler und lokaler Ebene aufgetreten waren, Rechenschaft ab. Dabei stellte sie fest, dass die Kompetenzen der einzelnen Stellen nicht ausreichend definiert waren. Dieser Aspekt wird im dritten Teil des Berichts behandelt, der Erklärungsansätze aus dem Bereich Mensch und Organisation zu den Ereignissen darstellen wird.

Bei einem Associated Press im Juli 2012 gewährten Interview bestätigte Naoto Kan, Premierminister zum Zeitpunkt der Ereignisse, dies wie folgt: „(...) we were totally unprepared (...) Not only the hardware, but our system and the organization were not prepared.“ ([29]²⁹). Auch TEPCO bestätigte dies ([16]³⁰), sowie auch die IAEA. Bereits 2007, nach dem Erdbeben, welches das Kernkraftwerk Kashiwazaki-Kariwa in Mitleidenschaft gezogen hatte, hatte sich dieser Mangel an Koordination zwischen den beteiligten Stellen gemäss IAEA gezeigt ([11]³¹).

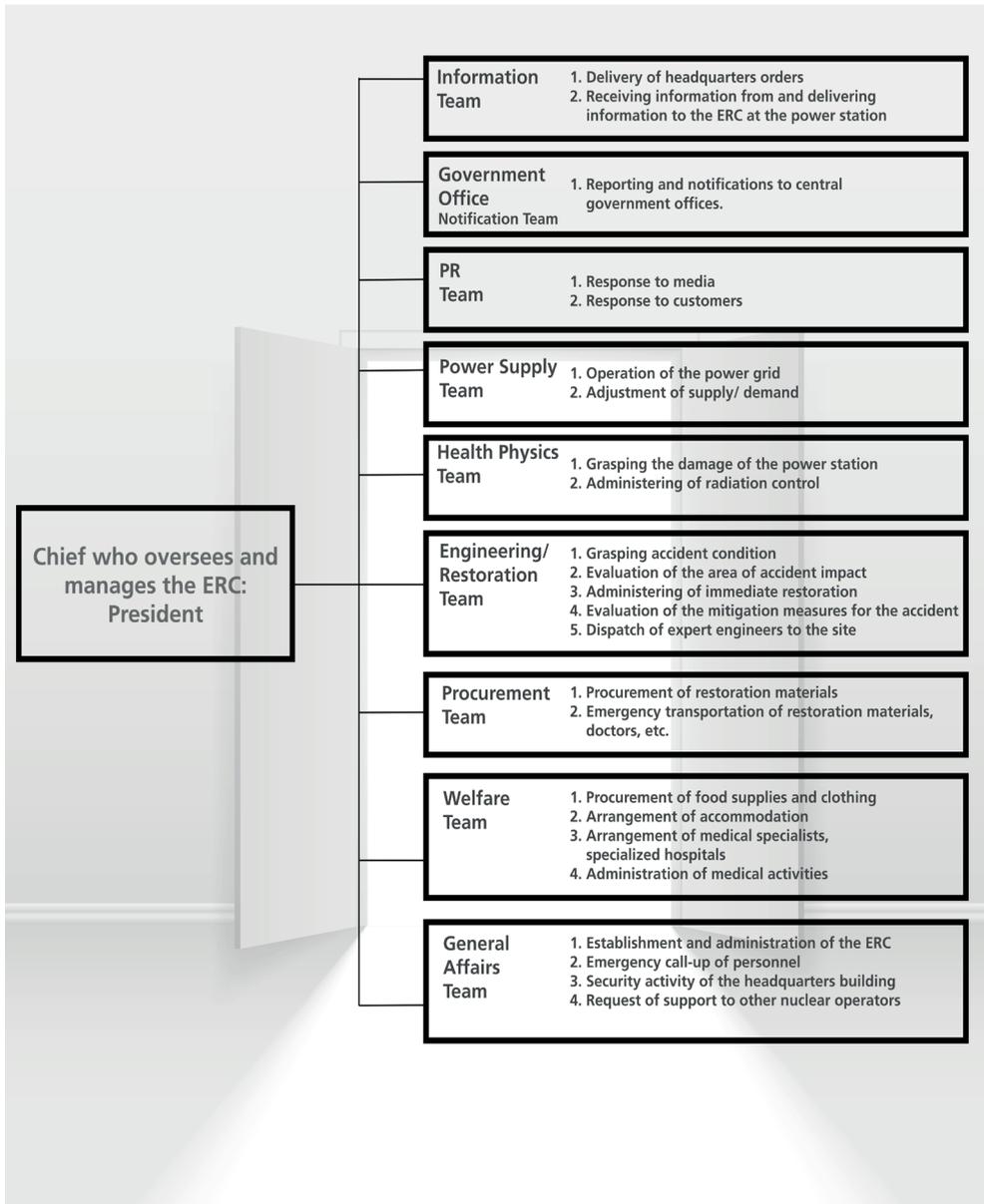


Abbildung 9:
Organigramm
und Aufga-
ben der neun
Teams im
Emergency Re-
sponse Center
am Hauptsitz
von TEPCO
(Abbildung in
Anlehnung an
TEPCO [14],
Attachment
5-2)

3.2 Organisationen in der Präfektur Fukushima

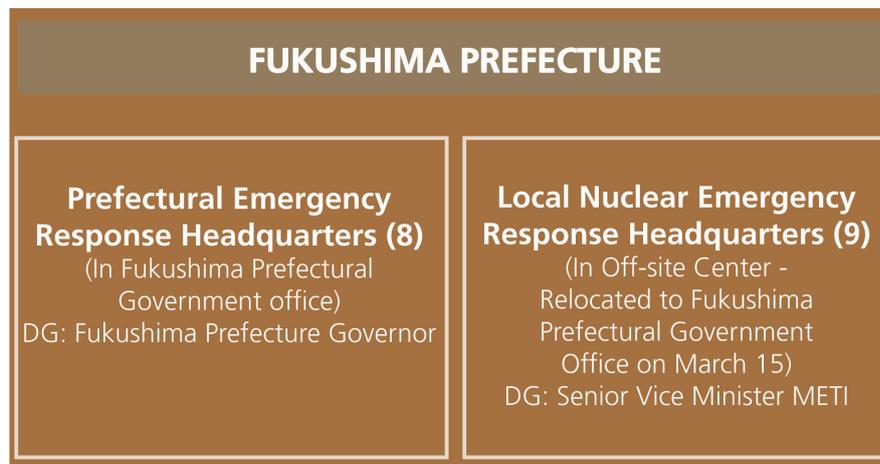
Nach dem Erdbeben bzw. nach der Erklärung des nuklearen Notstands durch die Regierung am 11. März 2011 um 19:03 Uhr wurden zwei Notfallzentralen eingerichtet:

- Die erste gleich nach dem Erdbeben mit dem Namen „Prefectural Emergency Response Headquarters“ wurde in den Räumen der Präfektur in Fukushima City organisiert und wurde vom Gouverneur der Präfektur von Fukushima geleitet (vgl. (8) in Abbildung 10);
- Die zweite mit dem Namen „Local Nuclear Emergency Response Headquarters“ (Local NERHQ) wurde nach der Erklärung des nuklearen Notstands in dem „Off-site Center“ in nächst möglicher Nähe zum Kernkraftwerk in der Stadt Okuma in ca. 5 km Entfernung zum Anlagenstandort Fukushima Daiichi unter der Leitung eines Vize-Ministers des METI eingerichtet (vgl. (9) in Abbildung 10) ([6], [13], [17], [19]).

Das lokale NERHQ wurde erst am frühen Morgen des 12. März 2011 ab 3:20 Uhr arbeitsfähig ([6]³², [14]³³). In Anbetracht der erschwerten Zugänglichkeit der Stadt Okuma, der fehlenden Stromversorgung (Unterbrechung der normalen Stromversorgung sowie keine funktionierende Notstromversorgung), der Verknappung von Lebensmitteln, Wasser und Kraftstoff im Zentrum sowie eines Anstiegs der Strahlenbelastung in den nicht mit dosisminimierenden Luftfiltern ausgestatteten Räumen³⁴ wurde es dann ab 15. März 2011 in die Büros der Präfektur Fukushima in Fukushima City, ca. 75 km vom Ort entfernt, verlegt ([7], [17], [19], [20], [22]³⁵).

Angesichts dieser Schwierigkeiten konnte das örtliche NERHQ nicht die zentrale Rolle spielen, die ihm zugedacht war, insbesondere was die Erfassung und Weiterleitung von Informationen zur Situation der Kernkraftwerke an die von den verschiedenen mit der Krisenbewältigung befassten Stellen betrifft ([21], [17], [19], [22], [13]).

Abbildung 10: Beteiligte Organisationen mit Sitz in der Präfektur von Fukushima ([6], [7], [17], [19])



3.3 Organisationen am Standort Fukushima Daiichi

Zum Zeitpunkt des Erdbebens am 11. März 2011 arbeiteten ca. 6 400 Personen in den Anlagen am Standort Fukushima Daiichi (davon ca. 750 Mitarbeiter von TEPCO). Ungefähr 2 400 davon waren in den kontrollierten Zonen („Radiation control area“) der Anlagen tätig ([12], [14]). Wie sich aus der Tabelle 3 ergibt, arbeitete der grösste Teil des Personals in den damals für Wartungsarbeiten abgeschalteten Blöcken 4, 5 und 6 ([14]).

Unmittelbar nach dem Erdbeben und bevor der Tsunami auf den Standort Fukushima Daiichi traf erhielt ein Teil des Personals die Anordnung zur Evakuierung. Die Personen besammelten sich auf dem Hauptparkplatz des Standortes und erhielten die Genehmigung, nach Hause zu gehen³⁶; 400 weitere Personen blieben vor Ort (es handelte sich um ca. 130 Operateure und 270 Instandhaltungsarbeiter) ([12]³⁷).

In den folgenden Tagen schwankte die Gesamtzahl der am Standort anwesenden Personen. Im gegenwärtigen Stadium der Analyse ist es nicht möglich, die genaue Anzahl des von Tag zu Tag anwesenden Personals anzugeben.

Dagegen bestätigte sich, dass wegen der am 12. März 2011 in Block 1, am 14. März 2011 in Block 3 und am 15. März 2011 in Block 4 erfolgten Wasserstoffexplosionen weitere Evakuierungen von Personal vorgenommen wurden.



Abbildung 11: Beteiligte Organisationen mit Sitz an den Standorten der Kernkraftwerke Fukushima Daiichi und Fukushima Daini.

Tabelle 3:
Übersicht
der Anzahl
Personen in der
kontrollierten
Zone von Fuku-
shima Daiichi
zum Zeitpunkt
des Erdbebens
([14])

	Blöcke 1 und 2	Blöcke 3 und 4	Blöcke 5 und 6	Andere Örtlichkei- ten	Insgesamt
Anzahl Personen (ca.)	160	1200	800	240	2400

Im Anschluss an die Explosion vom 15. März 2011 wurden alle für das Krisenmanagement nicht unbedingt erforderlichen Personen (ca. 650) auf Ersuchen des Kraftwerksleiters („Superintendent“) vorläufig zum Standort des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi evakuiert, ([6]³⁸, [12]). Eine Belegschaft von ca. 70 Personen blieb im Bereich des erdbebensicheren Gebäudes, in dem die ERC untergebracht war, zurück³⁹ ([13]⁴⁰, [14]⁴¹). Zu diesen Personen kamen in den folgenden Tagen weitere hinzu.

Das in den Tagen nach dem Tsunami vor Ort tätige Personal lässt sich global in drei Gruppen einteilen, die in den folgenden Abschnitten beschrieben werden:

- die Einsatzkräfte in der Notfallzentrale („Emergency Response Center“ - ERC) (vgl. 3.3.1);
- das Personal zur Überwachung und Leitung der sechs Blöcke vor Ort (vgl. 3.3.2);
- externe Mitarbeiter zur Unterstützung vor Ort (vgl. 3.3.3).

3.3.1 Notfallzentrale (ERC)

Unmittelbar nach dem Erdbeben wurde die Notfallzentrale („Emergency Response Center“ - ERC), wie es für Störfälle vorgesehen ist, am Standort im zweiten Stock eines erdbebensicheren Gebäudes eingerichtet. Dieses Gebäude ist in der folgenden Abbildung pinkfarben dargestellt („Main anti-earthquake building“).

Die ERC hatte die Aufgabe, über die Massnahmen zu entscheiden, welche für die Beherrschung/Begrenzung der Folgen des Unfalls notwendig waren, und deren Umsetzung zu kontrollieren ([14]⁴², [12]).

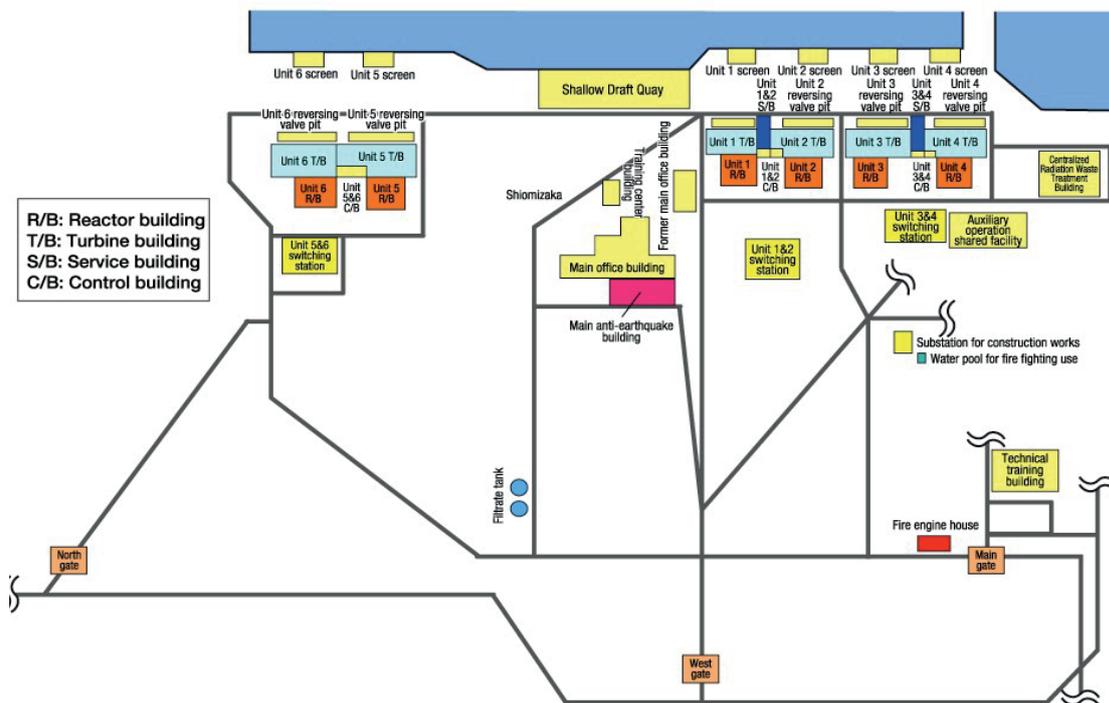


Abbildung 12: Plan der Anlagen Fukushima Daiichi (Quelle: TEPCO)

Legende:

Hellblau/Orange:
die Blöcke von links nach rechts: 6; 5; 1; 2; 3 und 4

Pink (in der Mitte der Abbildung):
das erdbebensichere Gebäude, in dem sich die Notfallzentrale („Emergency Response Center“ - ERC) befindet

Key (EN)	Legende (DE)
R/B : Reactor building	R/B: Reaktorgebäude
T/B : Turbine building	T/B: Maschinenhaus
S/B : Service building	S/B: Werkstattgebäude
C/B : Control building	C/B: Betriebs- und Kommandoraumgebäude
Unit # screen	Block # Einlaufbauwerk
Shallow Draft Quay	Kaianlage
Unit	Block
Shiomizaka	Hangstrasse zur Küste
Reversing valve pit	Revisions-(Umschalt-)Ventilschacht
Unit # switching station	Block # Hochspannungs(Netz-)schaltanlage
Training center building	Schulungsgebäude
Former main office building	Ehemaliges Verwaltungsgebäude
Main office building	Verwaltungsgebäude
Main anti-earthquake building	Erdbebensicheres Gebäude
Centralized Radiation Waste Treatment Building	Gebäude für die zentrale Aufbereitung radioaktiver Rückstände
Auxiliary shared facility	Hilfsanlagengebäude
Substation for construction works	Umspannwerk für Baustellen
Water pool for fire fighting use	Wasserbecken für Brandbekämpfung
North gate	Nordtor
Filtrate tank	Filtratbehälter
Fire engine house	Feuerwehrgebäude
Main gate	Haupttor
Technical training building	Technisches Schulungsgebäude
West gate	Westtor



Abbildung 13: Fotos des Krisenzentrums vor Ort (Emergency Response Center – ERC) ([16])

Masao Yoshida, Kraftwerksleiter („Site Superintendent“) leitete die ERC, unterstützt von zwei „Unit Superintendents“, von denen einer für die Blöcke 1 - 4, der andere für die Blöcke 5 - 6 verantwortlich war.

Diesen beiden „Unit Superintendents“ waren je ein operativer Manager („Operations Department General Manager“) für Blöcke 1 - 4 bzw. 5 - 6 mit den entsprechenden Schichtmannschaften in den Kommandoräumen unterstellt (vgl. folgende Abbildung).

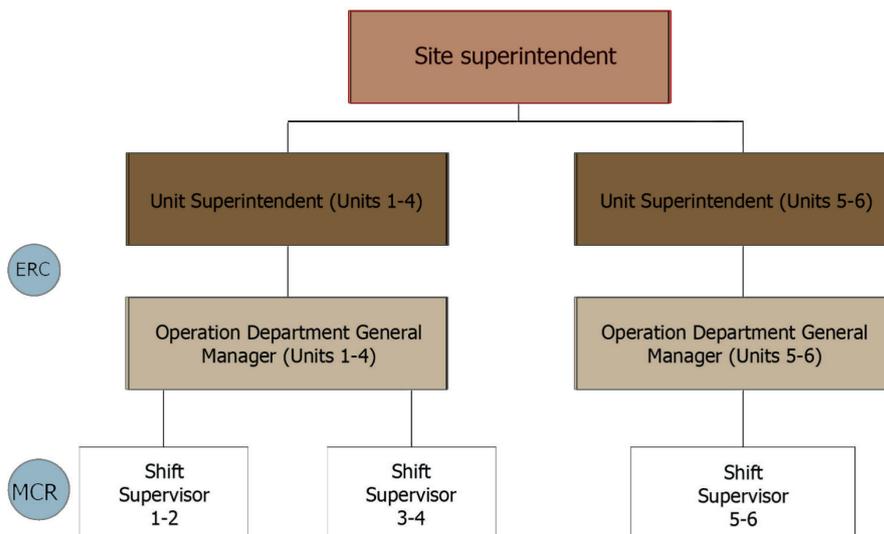


Abbildung 14: Organigramm des Operations Department im Emergency Response Center (Darstellung in Anlehnung an [12])
ERC (Emergency Response Center = Noteinsatzzentrale) und MCR (Main Control Room = Hauptkommandoraum)

Zwölf verschiedene Teams ergänzten diese Organisation ([14]⁴³) (vgl. folgendes von TEPCO stammendes Organigramm).

Abbildung 15:
Organisation
und Aufgaben
der 12 Teams
im Emergency
Response Center
in Fukushima
Daichi (Abbil-
dung in Anleh-
nung an TEPCO
[14], Attachent
5-2)

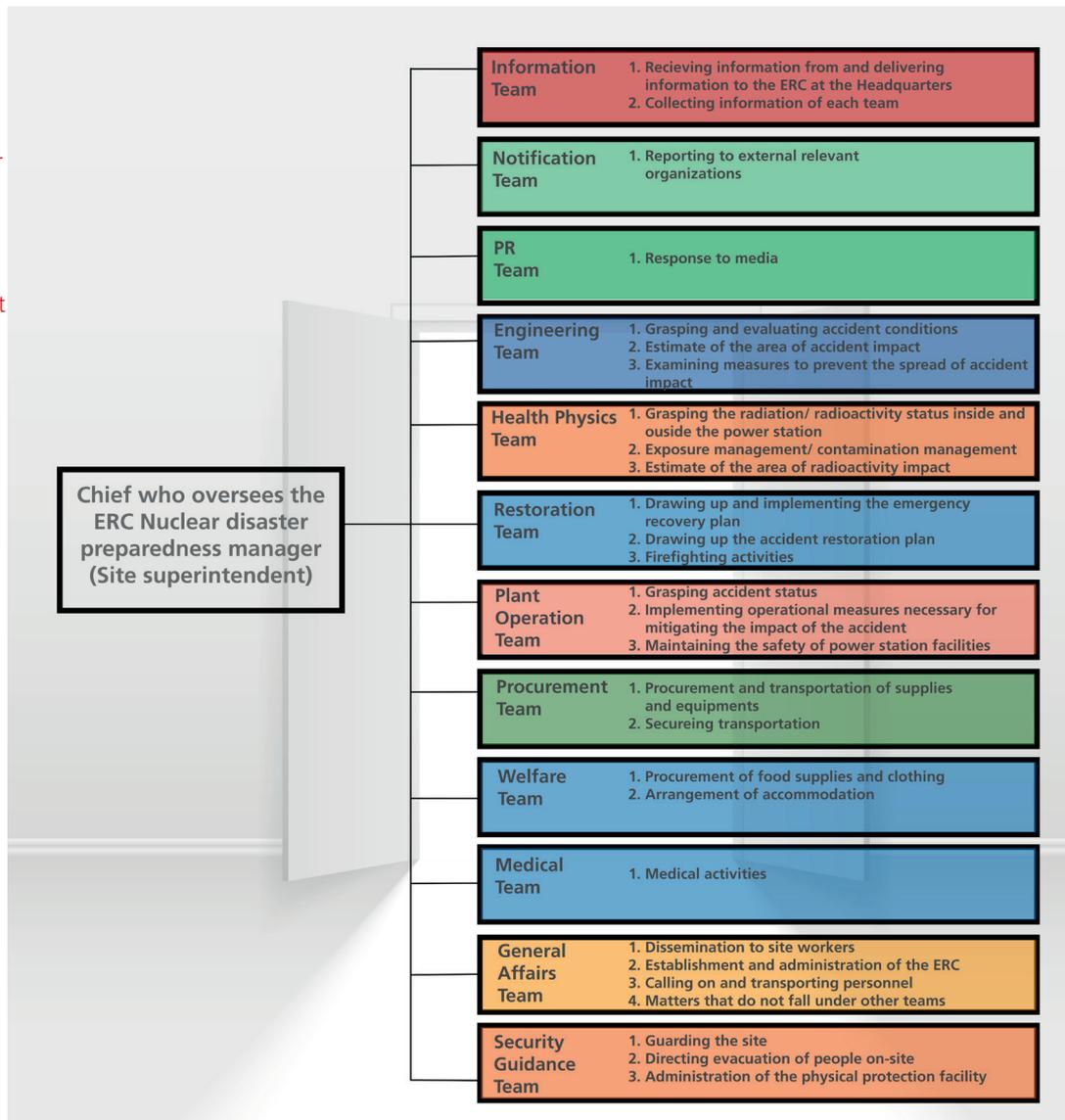
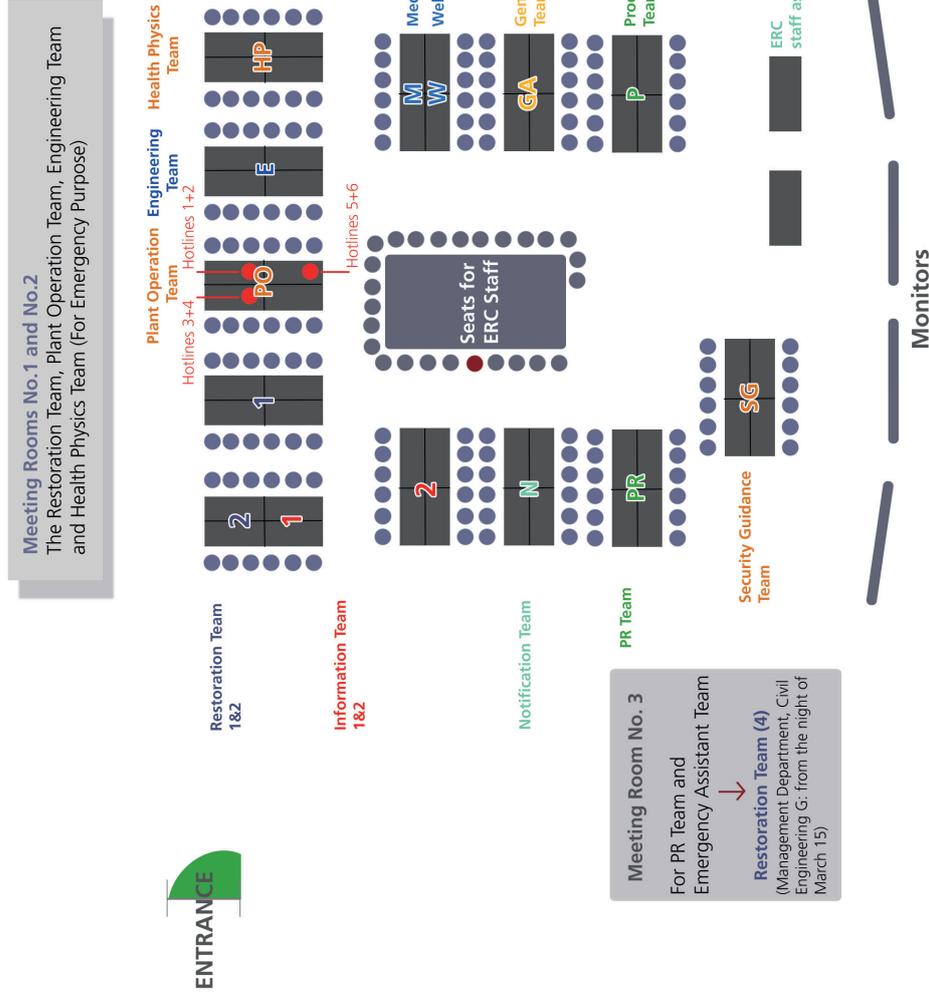


Abbildung 16:
Darstellung des
Layouts der Notfall-
zentrale (ERC) von
Fukushima Daiichi (In
Anlehnung an ICAFPS
[17], Attachment IV-1)



Die Abbildung zeigt den Raum der ERC und die Anordnung der 12 Teams um einen zentralen Tisch, an dem der Site Superintendent arbeitete (vgl. roten Kreis in der Abbildung).

Erläuterungen zum Layout: Die 12 in Abbildung 15 genannten Teams waren im ERC-Hauptraum sowie in weiteren Sitzungsräumen tätig. Das „Restoration Team“ war auf Grund seiner Größe auf vier verschiedene Räume verteilt und in verschiedene Untergruppen aufgeteilt. Diese wurden von 2 Leitern geführt (vgl. Abbildung 17) und waren in Abhängigkeit vom Anlagenzustand für die vielfältigen, unterschiedlichen Arbeiten zuständig⁴⁴. Bemerkung: das Layout stellt die Situation am 11.03.2011 bei der Einrichtung der Notfallzentrale dar. Es veränderte sich im Laufe der Zeit teilweise.

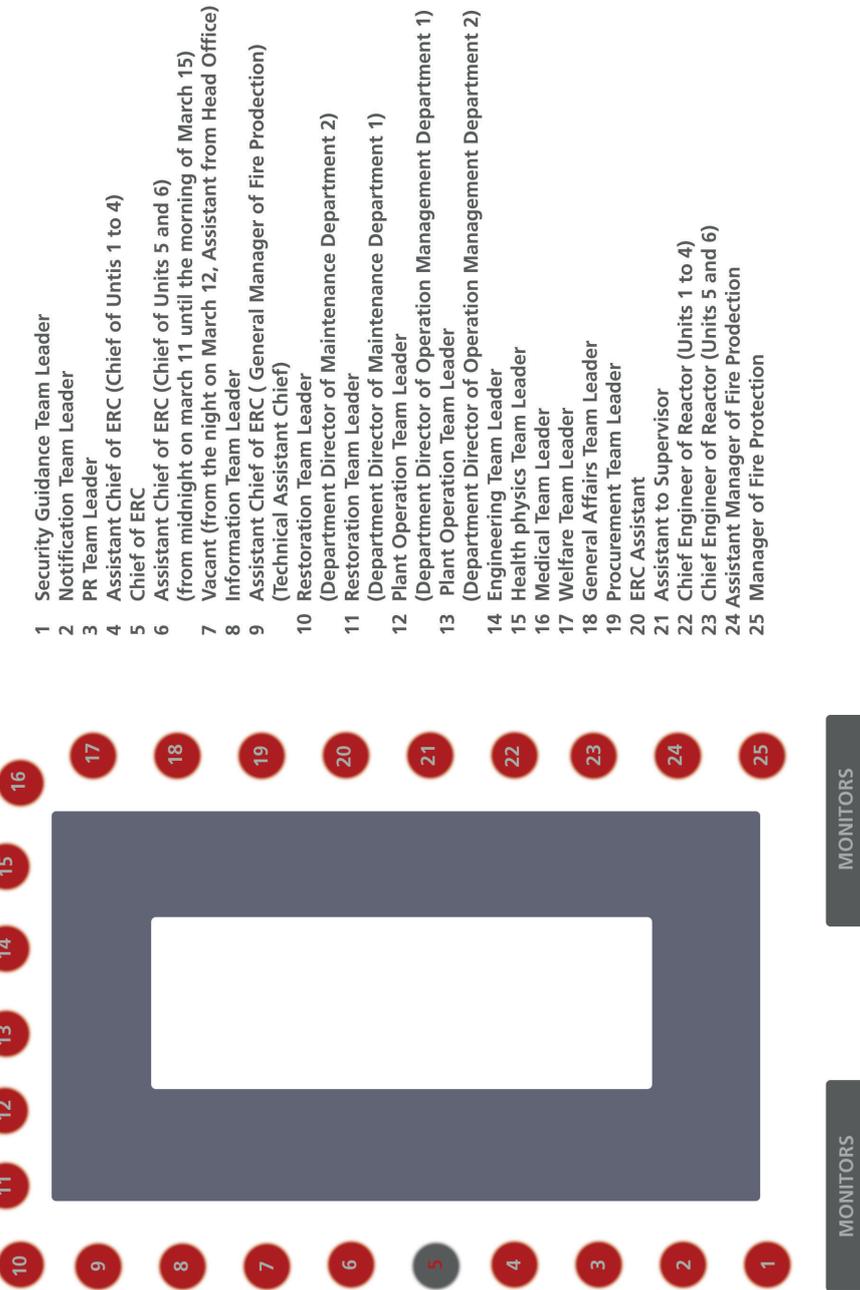


Abbildung 17:
 Sitzordnung der Verantwortlichen in der ERC von Fukushima Daiichi (bei Einrichtung der ERC am 11. März 2011) (In Anlehnung an ICANPS [17], Attachment IV-1)

Die Notfallzentralen (ERC) am Standort („ERC at the power station“) und am TEPCO Hauptsitz („ERC at the headquarters“) standen über ein Telefonkonferenzsystem in Verbindung.

Dagegen verlor die ERC am Standort (ebenso wie die Kommandoräume) nach Ausfall der Stromversorgung rasch die Anzeigen zur Information der an der Unfallbewältigung beteiligten Manager über den Zustand der Systeme in den Blöcken 1 bis 3. Die verfügbaren Informationen wurden nicht mehr direkt mittels des elektronischen Visualisierungssystems (SPDS) bezogen, sondern stammten aus der Hotline, die zwischen der ERC und den Kontrollräumen weiterhin funktionierte ([14]⁴⁵), sowie aus Meldungen von Mitarbeitern (Anlagenoperatoren) vor Ort, die von den einzelnen Blöcken der Kernanlage in die ERC kamen.

3.3.2 Personal im Bereich der Reaktorblöcke

Kurz nachdem sich das Erdbeben ereignet hatte, waren in den drei Kommandoräumen („Main Control Room“ – MCR) des Standortes 97 Personen anwesend ([14] – vgl. Tabelle 4):

- Kommandoraum der Blöcke 1 und 2: 14 Personen, die zum zuständigen Schichtteam (Betriebspersonal) gehörten sowie weitere 10 Personen zur Unterstützung;
- Kommandoraum der Blöcke 3 und 4: 9 Personen aus dem zuständigen Schichtteam; 8 Personen zur Unterstützung sowie 12 Personen für Arbeiten im Zuge des Revisionsstillstandes im Block 4;
- Kommandoraum der Blöcke 5 und 6: 9 Personen aus dem zuständigen Schichtteam; 8 Personen zur Unterstützung sowie 27 Personen für Arbeiten im Zuge der Revisionsstillstände von Block 5 und 6.

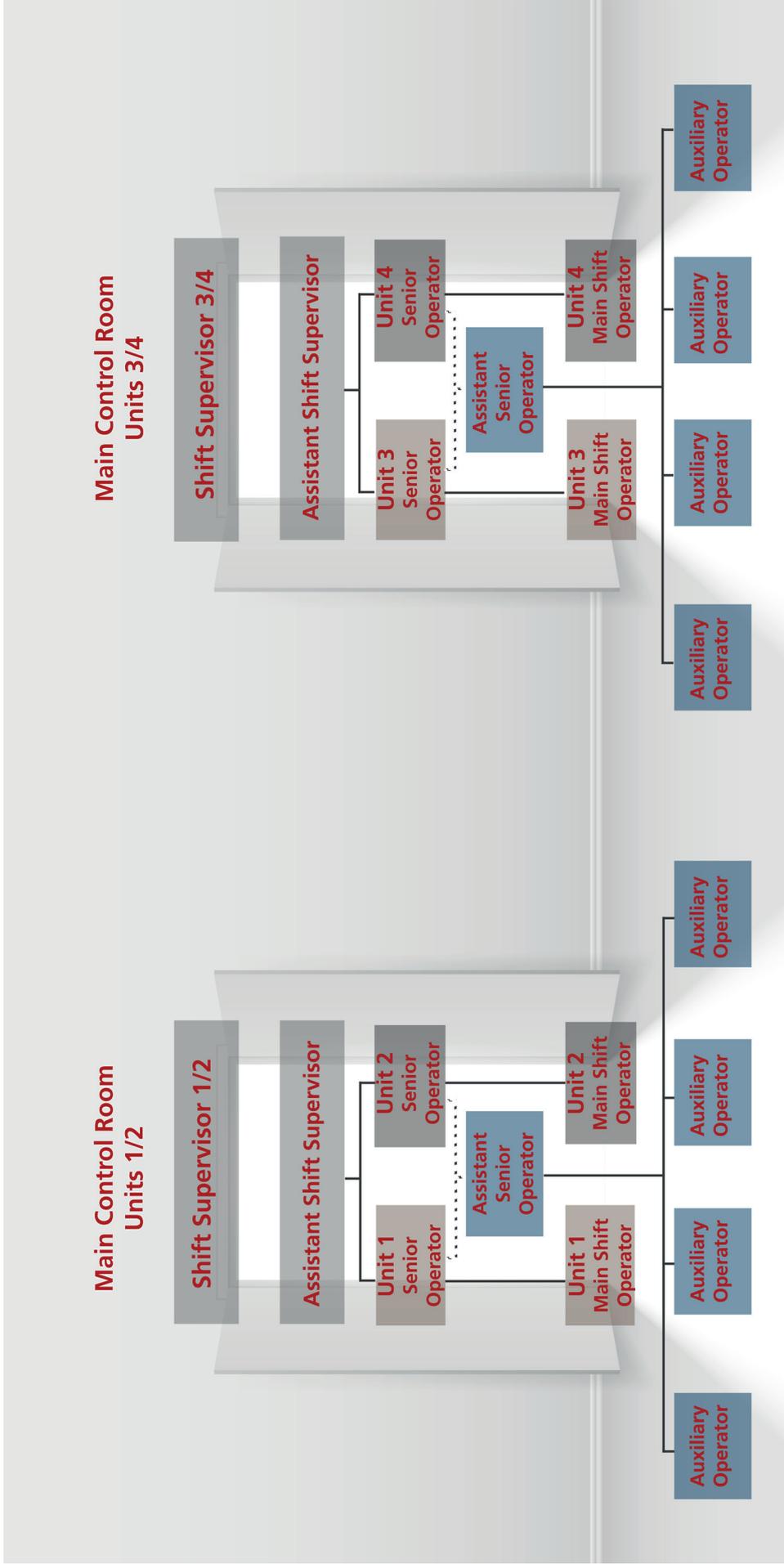
Tabelle 4:
Übersicht der
Anzahl der Per-
sonen, die kurz
nach dem Erd-
beben in den
Kommandoräu-
men anwesend
waren
([14])

	Blöcke 1 und 2	Blöcke 3 und 4	Blöcke 5 und 6	Insgesamt
Gesamtzahl Personen	24	29	44	97
Schichtteam	14	9	9	32
Schichtunterstützung („Work Management Team“)	10	8	8	26
Revisionsteam („Regular Inspection Team“)	0	12	27	39

In den Kommandoräumen der Blöcke 1-2 und 3-4 leiteten, unter normalen Umständen, zwei Schichtchefs („Shift Supervisor“) jeweils ein Team, bestehend aus einem stellvertretenden Schichtchef („Assistant Shift Supervisor“ - einer für zwei Blöcke), zwei erfahrenen Operateuren („Senior Operators“ – einer für jeden Block), einem Assistenten („Assistant Senior Operator“ – einer für zwei Blöcke), zwei Operateuren („Main Shift Operators“ – einer für jeden Block) und vier Anlagenoperatoren („Auxiliary Operators“) für zwei Blöcke ([12]) (vgl. die folgende Abbildung).

Die Schichtteams wurden, wie oben erwähnt, durch weitere Kräfte des so genannten „Work Management Teams“ und des jährlichen Revisionsteams unterstützt, welche unmittelbar nach dem Erdbeben in die Kommandoräume kamen. Beim „Work Management Team“ handelt es sich um qualifiziertes Betriebspersonal (Schichtchef und Operateure), welche in einem Büro neben dem Kommandoraum im Tagdienst Arbeiten im Zusammenhang mit der Revision in den Blöcken erledigten ([14]⁴⁶). Zudem wurden die Teams in den Blöcken, die sich in Revision befanden, durch Personal des Revisionsteams unterstützt, welches jeweils zur Unterstützung der jährlichen Revision der einzelnen Blöcke zusammengestellt wird.

Abbildung 18:
 Organisation der Teams in den Kommandoräumen 1-2 und 3-4 (nach INPO [12])



Am 11. März 2011 gegen 21:00 Uhr erreichte zusätzliches Personal die Reaktorblöcke⁴⁷: 17 Personen verstärkten das Team in den Blöcken 1 und 2, 7 Personen in den Blöcken 3 und 4, sowie 9 Personen in den Blöcken 5 und 6 ([14]). Weiteres Personal kam kontinuierlich hinzu, wobei die genauen Zahlen nicht bekannt sind. Als sich am 12. März 2011 um 15:36 Uhr eine Explosion in Block 1 ereignete, wurde das Personal im Kommandoraum auf das für die direkten Interventionen im Block vor Ort benötigte Minimum reduziert. Während die erfahrensten Mitarbeitenden im Kommandoraum blieben, wurden die weniger erfahrenen Personen ins erdbebensichere Gebäude evakuiert⁴⁰. Am 13. März 2011 wurde auch das Personal des Kommandoraums der Blöcke 3 und 4 bis auf wenige, verbleibende Personen ins erdbebensichere Gebäude evakuiert ([14]).

3.3.3 Externe Mitarbeiter als Unterstützer des Kernkraftwerks

Wie sich aus der folgenden Tabelle ergibt, haben sich Mitarbeitende vom Hauptsitz der TEPCO sowie Auftragnehmer der TEPCO zur Unterstützung vor Ort begeben:

Am 11. März 2011 waren 256 Personen anwesend, am 12. und 13. März 2011 etwa 450, 540 am 14. März 2011 und 400 am 15. März 2011. Etwa 60% dieser Personen waren Mitarbeitende von TEPCO, 40% waren externe Auftragnehmer oder Personal aus anderen Kernanlagen ([14]).

Personal von...	März				
	11.	12.	13.	14.	15.
TEPCO	152	257	304	346	253
Auftragnehmern und anderen Betreibern	104	197	153	194	147
Gesamtzahl des Unterstützungspersonals	256	454	457	540	400

Tabelle 5: Übersicht des externen Personals zur Unterstützung des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi ([14])

Externes Personal unterstützte die vier für die Ausführung folgender Arbeiten eingerichteten Notfall-Einsatzgruppen:

- Wiederherstellung der Stromversorgung sowie Wiederherstellung der Instrumentierungen und Beleuchtung („Restoration Team“),
- Wassereinspeisung in die Reaktoren durch Löschwasserpumpen („Fire Brigade“),
- Kontrolle der Strahlenbelastung in der Anlage und ihrer Umgebung („Health Physics Team“),
- Versorgung der Anlage mit dem benötigten Material („Procurement Team“) ([14]).

In nachstehender Tabelle werden für jede dieser Gruppen vom 12. bis 15. März 2011 die maximal pro Tag anwesende Zahl von Personen und die durchschnittliche Zahl der anwesenden Einsatzkräfte gezeigt ([14]).

Tabelle 6:
Aufteilung
des Unterstüt-
zungspersonals in den
Notfall-Ein-
satzgruppen
([14])

Notfall-Einsatzgruppen	Maximale Zahl von eingesetzten Personen pro Tag	Durchschnittliche Zahl der anwesenden Einsatzkräfte	Herkunft des Personals
Wiederherstellung der Stromversorgung („Restoration Team“)	439	354	Nur Mitarbeitende von TEPCO (Konzern und KKW Kashiwazaki-Kariwa)
Wassereinspeisung in die Reaktoren („Fire Brigade“)	31	17	Nur externe Auftragnehmer
Kontrolle der Strahlungsbelastung („Health Physics Team“)	162	103	Mitarbeitende von TEPCO (KKW Kashiwazaki-Kariwa) sowie Mitarbeitende anderer Stromversorgungsunternehmen
Versorgung der Anlage mit Material („Procurement Team“)	87	58	Mitarbeitende von TEPCO (Konzern und KKW Kashiwazaki-Kariwa) sowie externe Auftragnehmer

Zudem entsandte das Kernkraftwerk Kashiwazaki-Kariwa (TEPCO) 20 Personen (3 Mitarbeitende des Unternehmens und 17 externe Auftragnehmer) für die Sucharbeiten nach zwei am Standort Fukushima Daiichi nach der Flutwelle vermissten Personen.

TEPCO gibt schliesslich auch an, dass ungefähr 250 Mitarbeitende aus verschiedenen anderen Unternehmen in der Anlage Unterstützung leisteten⁴⁸.

Im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung zwischen Betreibern bei Unfällen („Agreement on Cooperation between Nuclear Operators during Nuclear Disaster“) erhielt TEPCO ab 13. März 2011 Unterstützung von anderen Stromversorgungsunternehmen (vgl. Tabelle oben). Am 15. März 2011 verstärkten, im Rahmen dieser Vereinbarung, 120 Personen in erster Linie das „Health Physics Team“ ([14]).

4 Ausblick auf die kommenden Dokumente

Die in diesem ersten Teil des Dossiers zur Analyse der menschlichen und organisatorischen Aspekte des Ereignisses von Fukushima Daiichi enthaltenen Informationen hatten das Ziel, einen Überblick über das Ereignis zu liefern und die in die Krisenbewältigung einbezogenen Organisationen zu beschreiben. Ausserdem liefert er einige Anhaltspunkte zu den materiellen und organisatorischen Bedingungen, unter denen die verschiedenen Akteure arbeiten mussten.

Im nächsten Teil dieses Dossiers wird eine eingehende Beschreibung des zeitlichen Ablaufs des Unfalls aus organisatorischer und menschlicher Sicht vorgelegt werden. Vom Zeitpunkt des Erdbebens an werden die Ereignisse für die Reaktoren 1, 2 und 3 beschrieben, an denen die grössten Schäden zu verzeichnen waren. Die Aktionen der verschiedenen in die Bewältigung des Unfalls einbezogenen Akteure werden dabei erläutert. Dies, um dadurch auch die Bedingungen und Schwierigkeiten besser verstehen zu können, denen die Personen und die verschiedenen (externen und internen) Krisenbewältigungsteams gegenüber standen.

Im dritten Teil des Dossiers sollen schliesslich Erklärungsansätze zu dem Ereignis aus menschlicher und organisatorischer Sicht dargestellt werden, um daraus Erkenntnisse für Organisationen zu gewinnen, die potenziell in das Management eines schweren Unfalls einbezogen werden.

5 Abkürzungsverzeichnis

ASN	Autorité de sûreté nucléaire (Französische Nuklearaufsichtsbehörde)
BAF	Bottom of Active Fuel (Kernunterkante)
BE	Brennelemente
BWR	Boiling Water Reactor (Siedewasserreaktor)
CB	Control building (Betriebs- und Kommandoraumgebäude)
DG	Director General
EDG	Emergency Diesel Generator
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
ERC	Emergency Response Center (Notfallzentrale)
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit
HPCS	High Pressure Core Spray System
IAEA	International Atomic Energy Agency
IC	Isolation Condenser
ICANPS	Investigation Committee on the Accidents at Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company
INES	International Nuclear Event Scale (Internationale Bewertungsskala für nukleare Ereignisse)
INPO	Institute of Nuclear Power Operations
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit)
KKW	Kernkraftwerk
KO	Kernoberkante
KS	Kernschaden
KU	Kernunterkante
LOOP	Loss of Off-Site Power
MCR	Main Control Room
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry (Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie)
MEXT	Ministry of Education, Culture, Sport, Science and Technology (Ministerium für Bildung, Kultur, Sport, Wissenschaft und Technologie)
MWe	Elektrische Leistung (Megawatt)
NAIIC	Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission
NERHQ	Nuclear emergency Response Headquarters
NISA	Nuclear and Industrial Safety Agency (Japanische Nuklearaufsichtsbehörde)
NPS	Nuclear Power Station
NSC	Nuclear Safety Commission
PM	Prime Minister
PSI	Paul Scherrer Institut
RB	Reactor building (Reaktorgebäude)
RCIC	Reactor Core Isolation Cooling
RDB	Reaktordruckbehälter
RPV	Reactor Pressure Vessel (Reaktordruckbehälter)
SB	Service building (Werkstattgebäude)
SPDS	Safety Parameters Display System
TAF	Top of Active Fuel (Kernoberkante)
TB	Turbine building (Maschinenhaus)
TEPCO	Tokyo Electric Power Company

6 Quellen

- [1] Analyse Fukushima 11/03/2011 - Vertiefende Analyse des Unfalls in Fukushima am 11. März 2011 unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren, ENSI, 29.08.2011
http://static.ensi.ch/1323964640/fukushima_analyse.pdf
- [2] Ablauf Fukushima 11/03/2011 - Ereignisabläufe Fukushima Daiichi und Daini infolge des Tohoku-Chihou-Taiheiyou-Oki Erdbebens vom 11.03.2011, ENSI, 26.08.2011
http://static.ensi.ch/1323964819/fukushima_ablauf.pdf
- [3] L'accident majeur de Fukushima Daiichi - Académie des sciences - Solidarité Japon - Rapport du sous-groupe Nucléaire - Juni 2011
- [4] Analyse des Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN) zum Ablauf des Ereignisses von Fukushima- IRSN (Film): „L'accident de Fukushima Daiichi“
 Französische Fassung des Films: <http://www.youtube.com/watch?v=tjEHCGUx9JQ>;
 Oder: <http://www.irsn.fr/FR/popup/Pages/analyse-IRSN-accident-Fukushima.aspx>
 Englische Fassung des Films: http://www.youtube.com/watch?v=ZJwg_McDGSi;
 Oder: <http://www.irsn.fr/EN/popup/Pages/fukushima-video-2-years.aspx>
- [5] L'accident de Fukushima I - IRSN Pôle Sûreté des installations et des systèmes nucléaires - 19. März 2012 - Karine HERVIOU
- [6] Fukushima Nuclear Accident Analysis Report (Interim Report) - The Tokyo Electric Power Company, Inc. - 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
 Opinions of Workers and Working Conditions that indicate the Difficulty and Harshness of Working in the Field (p. 52)
- [7] 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/naiic.go.jp/en/report/>
- [8] National Police Agency of Japan www.npa.go.jp, zitiert durch:
http://en.wikipedia.org/wiki/2011_T%C5%8Dhoku_earthquake_and_tsunami
- [9] Fukushima Nuclear Accidents - National Academies of Sciences - Fukushima Lessons-Learned Committee Meeting - Shin Takizawa - Tokyo Electric Power Company, 6. September 2012
- [10] How did Individual and Organizational Use of Probability and Risk Assessment at TEPCO Contribute to the Fukushima Accident? - Hank Drumhiller, World Association of Nuclear Operators (WANO) - 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
http://www-pub.iaea.org/iaea meetings/EM5/EM5_Hank%20Drumhiller_WANO.pdf
- [11] IAEA International Fact Finding Expert Mission of the Fukushima Daiichi NPP Accident Following the Great East Japan Earthquake and Tsunami, 24. Mai bis 2. Juni 2011
http://www-pub.iaea.org/mtcd/meetings/pdfplus/2011/cn200/documentation/cn200_final-fukushima-mission_report.pdf
- [12] Special Report on the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station - INPO 11-005, November 2011.
http://www.nei.org/corporatesite/media/filefolder/11_005_Special_Report_on_Fukushima_Daiichi_MASTER_11_08_11_1.pdf
- [13] Fukushima from the Perspective of Managing the Unexpected - Akira Kawano, Tokyo Electric Power Company (TEPCO) - Technical Meeting on Managing the unexpected; From the Perspective of the Interaction between Individuals, Technology and Organization - IAEA, 25.-29. Juni 2012
<https://gnsn.iaea.org/NSNI/SC/TMMtU/Presentations/Mr%20Kawano's%20Presentation%202.pdf>
- [14] Fukushima Nuclear Accidents Investigation Report - The Tokyo Electric Power Company, Inc. - 20. Juni 2012
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/2012/1205638_1870.html

- [15] Lessons Learned from the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station - INPO 11-005 Addendum, August 2012
<http://www.wano.info/Documents/Lessons%20Learned.pdf>
- [16] Lessons of TEPCO's Fukushima Accident from Human and Organizational Aspects and Challenges for Nuclear Reform - Akira Kawano, Tokyo Electric Power Company (TEPCO) - 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
http://www-pub.iaea.org/iaeameetings/IEM5/IEM5_Akira%20Kawano_Japan.pdf
- [17] 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>
- [18] Fukushima in review: A complex disaster, a disastrous response - Rebuild Japan Initiative Foundation - Bulletin of the Atomic Scientists 2012 - 1. März 2012 - Yoichi Funabashi and Kay Kitazawa DOI: 10.1177/0096340212440359
<http://bos.sagepub.com/content/68/2/9>
- [19] 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>
- [20] Gist of panel's report on Fukushima accident – Asahi, 27. Dezember 2011
<http://ajw.asahi.com/article/0311disaster/fukushima/AJ201112270050>
- [21] 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
<http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/japan-report/>
- [22] Fukushima accident overwhelmed contingency planning - Asahi, 17. Juni 2011
http://ajw.asahi.com/article/0311disaster/analysis_opinion/AJ201106161220
- [23] Fukushima Daiichi 11. März 2011, Unfallablauf, Radiologische Folgen, 2. Auflage 2013
GRS-S-53 ISBN 978-3-939355-59-5
<http://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-S-53op1.pdf>
- [24] Fukushima Daiichi 11. März 2011, Unfallablauf, Radiologische Folgen, 3. Auflage 2014,
GRS-S-54 ISBN 978-3-944161-00-6
http://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS_Fukushima_2014_WEB_0.pdf
- [25] Fukushima, six mois après : un technicien de la centrale raconte - Le Nouvel Observateur, 12. September 2011
<http://tempsreel.nouvelobs.com/planete/20110912.OBS0229/fukushima-six-mois-apres-un-technicien-de-la-centrale-raconte.html>
- [26] L'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daïchi - ASN IRSN, 9. Juni 2011
http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/Documents/IRSN-ASN-Deroulement-accident-Fukushima_09062011.pdf
- [27] Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation - World Health Organization 2013
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/78218/1/9789241505130_eng.pdf
- [28] 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. 1 – Tokyo Electric Power Company Inc. - 13. Dezember 2013
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu13_e/images/131213e0102.pdf
- [29] Ex-PM: Japan was unprepared for nuke crisis - Associated Press, 17. Februar 2012
- [30] Radiologische Auswirkungen aus den kerntechnischen Unfällen in Fukushima vom 11.03.2011, ENSI, 16.12.2011
<http://static.ensi.ch/1324244724/20111215-fukushima-auswirkungen.pdf>
- [31] Report on the Investigation and Study of Unconfirmed/Unclear Matters In the Fukushima Nuclear Accident - Progress Report No.2 - Tokyo Electric Power Company, Inc. - 6. August 2014
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/2014/1240140_5892.html
- [32] Fukushima Nuclear Accident Summary & Nuclear Safety Reform Plan - March 29, 2013 - Tokyo Electric Power Company, Inc.
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu13_e/images/130329e0801.pdf
- [33] Ryūshō Kadota (2014). On the Brink: The Inside Story of Fukushima Daiichi. Kurodahan Press (English Translation)
- [34] Fernandez-Moguel, L. & Birchley, J. (Paul Scherrer Institute). Analysis of the accident in the Fukushima Daiichi nuclear power station Unit 3 with MELCOR_2.1. Annals of Nuclear Energy 83 (2015), pp. 193-215.

7 Fussnoten

¹ Parallel zur Erarbeitung des vorliegenden Berichts wirkte eine Vertretung des ENSI an der Erstellung des offiziellen Fukushima-Berichts der IAEA mit. Der IAEA-Bericht ist im Spätsommer 2015 erschienen. Die beiden Berichte von IAEA und ENSI sind formal voneinander unabhängig und beleuchten unterschiedliche Aspekte im Rahmen der übergeordneten Thematik der menschlichen und organisatorischen Faktoren.

² "The Nuclear Safety Commission of Japan estimated approximately 17 million curies (6.3 E17 Bq) of iodine-131 equivalent radioactive material was released into the air and 0.127 million curies (4.7 E15 Bq) into the sea between March 11 and April 5" ([12]).

³ vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Erdbeben_in_Japan.

⁴ Block 4: Revisionsstillstand (Maintenance Outage) der Anlage; Block 5: Stillstand (Shutdown) zur Durchführung einer Dichtheitsprüfung am Reaktordruckbehälter (RDB) (Reactor Pressure Vessel – RPV – Leakage tests); Block 6: kalt abgestellt (Cold Shutdown) vor Revisionsstillstand (Maintenance Outage) ([14]).

⁵ Block 1: 392 Brennelemente, davon 100 neue; Block 2: 615 Brennelemente, davon 28 neue; Block 3: 566 Brennelemente, davon 52 neue; Block 4: 1 535, davon 204 neue ; Block 5: 994 Brennelemente, davon 48 neue; Block 6: 940 Brennelement, davon 64 neue ([14], S. 299).

⁶ Eine Leitung, Okuma 3L, die von Block 3, war bereits vor dem Erdbeben wegen Wartungsarbeiten ausser Betrieb; dasselbe gilt für einen der Notstromdiesel ([14], Attachment 6-4).

⁷ Der Zustand der Stromversorgung aus dem Umspannwerk Genskiriyoku für Block 1 war unbekannt ([14], Attachment 6-4).

⁸ Der Untersuchungsausschuss des japanischen Parlaments hat erläutert, dass dieser Ausfall hätte vermieden werden können, wenn die Anlage über redundante, diversitäre Systeme externer Stromversorgung verfügt hätte und das Umspannwerk Shinfukushima erdbebenfest gewesen wäre ([7]).

⁹ Eine Notstromversorgungsleitung von 66 kV war vorhanden, doch konnte Reaktor 1 nicht von ihr versorgt werden ([5]).

¹⁰ „It is difficult even now to confirm the state of the equipment in the reactor building and the basement of the turbine building at Fukushima Daiichi because of the problem of the remaining pools of contaminated water in the buildings and the problem of radiation, etc. Therefore, evaluation of the earthquake’s impact on functions of equipment important from the perspective of safety was carried out based on plant parameter assessment, results of earthquake response analysis using observation records, and results of visual checks of power station equipment. As a result, major equipment at Fukushima Daiichi with functions important to safety retained their safety functionality during and immediately after the earthquake, and damage to such equipment caused by the earthquake was not confirmed. Also, even equipment of the low Seismic Design Classification was almost completely unaffected by the damage caused by the earthquake. While off-site power was lost due to the earthquake, power was successfully secured by the EDG at the point after the earthquake, and the plant was in a state of being able to respond suitably during and immediately following the earthquake“ ([14] S. 18 Main Summary).

¹¹ Es ist wahrscheinlich, dass diese Feststellung von Dauer ist, da bestimmte Bereiche der Anlage angesichts der radiologischen Bedingungen in ihrer Umgebung schwer zugänglich bleiben und da die Explosionen am Standort erhebliche Schäden an den Installationen verursacht haben.

¹² Alle Zeitangaben beziehen sich auf die jeweilige japanische Ortszeit.

¹³ Weniger als 1.5 m in den Blöcken 5 und 6 ([6]).

¹⁴ „The extent of flooding was extensive, completely surrounding all of the reactor buildings at the Fukushima Daiichi site. (...) „There were many obstacles blocking access to the road such as debris from the tsunami and rubble that was produced by the explosions. (...) „The tsunami caused the loss of all nine available Emergency Diesel Generators (EDG) cooled by sea water and the loss of one of the three EDGs cooled by air. The air-cooled EDG at Unit 6 was the remaining source of AC power at the six-unit site“ ([11]).

- ¹⁵ Die Instrumentierung von Block 3 war nach dem Tsunami noch verfügbar, doch nur für etwa 30 Stunden.
- ¹⁶ Wechselstromversorgung durch externe Stromversorgung sowie Dieselgeneratoren; Gleichstromversorgung durch Batterien.
- ¹⁷ „since the DC power source would eventually run out and display values would no longer be confirmable, AC power sources had to be ensured quickly“ ([14], S. 265).
- ¹⁸ „The water-cooled EDGs themselves at Units 5 and 6 (EDG (5A), EDG (5B), EDG (6A), and high pressure core spray system (HPCS) DG) were not damaged by water, but all of the water-cooled EDGs at Units 1 to 4 shut down due to water damage. Water-cooled EDGs at Unit 5 and 6, which were not damaged by water, became inoperable due to loss of emergency seawater system pumps, ultimately resulting in the shutdown of all water-cooled EDGs.
On the other hand, Unit 2 EDG (2B), Unit 4 EDG (4B), and Unit 6 EDG (6B) are air-cooled EDGs and do not have emergency seawater system pumps, thus, there was no impact on their cooling systems caused by the tsunami. EDGs (2B) and (4B) were installed in the shared auxiliary facility (common pool building) to the southwest of Unit 4 R/B. Although there was no water damage to the EDGs themselves, the electrical equipment room in the basement of the building was flooded, submerging the EDG power panels and causing them to lose function.
As a result, all of the EDGs for Units 1 to 5 shut down, causing a station black out. Unit 6 air-cooled EDG (6B) continued operating and maintained power“ ([14], S. 152).
- ¹⁹ Der Begriff „Kantei“ bezeichnet den Gebäudekomplex in Tokio, in dem die Büros und der Wohnsitz des Premierministers untergebracht sind.
- ²⁰ „Notifications are made by sending simultaneous fax messages from the power station to related organizations such as the government (Cabinet Secretariat, METI, and Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Fukushima Prefecture, the affected local municipal authorities, police, and the firefigh-ting headquarters in accordance with the nuclear operator disaster prevention business plan.“ ([14] Summary Report S. 12).
- ²¹ Die Auflistung ist nicht vollständig. Nebst den in der Abbildung genannten Organisationen waren zahlreiche weitere Akteure an der Bewältigung der Folgen des Erdbebens und des Tsunamis beteiligt, wie beispielsweise die Polizei, die lokalen Feuerwehren und die Armee oder weitere Regierungsstellen und Gemeindebehörden ([13], [17]).
- ²² Gegenwärtig fehlen noch ausführlichere Angaben, um die interne Organisation der beteiligten Stellen, die genaue Zahl der beteiligten Personen und deren Qualifikationen, deren Aufgaben sowie deren Beziehungen untereinander genau angeben zu können.
- ²³ „...in order for the Government, local public bodies, the nuclear power operator and other relevant entities to share information and collaborate with one another as required regarding the emergency response measu-res“ ([17], S. 60).
- ²⁴ „At that time, government officials from relevant ministries and agencies headed by Crisis Management De-puty Chief Ito had been carrying out response measures for earthquake/tsunami and nuclear accident“ ([19], S. 219).
- ²⁵ „(...) Prime Minister came to a conclusion that it was not appropriate for him to deal with the accident in the noisy Crisis Management Center meeting room crowded with many officials from relevant ministries and agencies, and went down on the Center’s mezzanine floor (the mezzanine floor below ground in the Prime Minister’s Office)“ ([19], S. 219).
- ²⁶ „Two top managers, Chairman Katsumata and President Shimizu, were both out of Tokyo and away from TEPCO headquarters for more than 20 hours after the earthquake“ ([11]).

²⁷ Die „Rebuild Japan Initiative Foundation“ erläutert, dass der Generaldirektor von TEPCO sich auf einer Chinareise befand und dass sich der Präsident des Unternehmens mit seiner Gattin im Westen Japans aufhielt, wo er bis Samstag, den 12. März, blockiert war. „For example, neither the chairman nor the president-TEPCO’s top two Managers was at the head office between Friday, March 11, and 10 a.m. on Saturday, March 12, the most crucial period for dealing with the accident. According to the explanation given by TEPCO, company Chairman Tsunehisa Katsumata was traveling in China on a business trip, and company President Masataka Shimizu was in Nara, a historical town in the western part of Japan, sightseeing with his wife, when the disaster happened. The closure of three of the main Japanese transportation arteries - the Chuo motorway, the Tomei motorway, and the Tokaido Shinkansen, or bullet train - leading back to the Tokyo area prevented Shimizu from returning by land, and a tragicomic series of miscues related to air transport kept him in western Japan until mid-morning on Saturday.“

Die Kommission zieht folgenden Schluss: „TEPCO was consequently unable to make prompt organizational decisions and wound up losing the government’s trust with regard to information sharing and decision making“ ([18]).

²⁸ Auf die erheblichen Schwierigkeiten in der Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen beteiligten Stellen wird in Teil 3 des Berichts ausführlicher eingegangen werden.

²⁹ „Before 3/11, we were totally unprepared“ he said. Not only the hardware, but our system and the organization were not prepared. That’s the biggest problem“ ([29]).

³⁰ „After the disaster, the activities at the site were in disarray because ‘the chain of command system was unclear’ and ‘information was not fully shared’ as well as others factors“ ([16]).

³¹ There is no formal and legally binding coordination between the responses to various types of emergencies, although the consequences of the 2007 Kashiwazaki-Kariwa earthquake event indicated the necessity of such coordination“ ([11], Findings Sheet A3-01).

³² „The off-site center is a key location, where the actual disaster response measures are performed near the power station. For this reason, the disaster prevention business plan stipulates that TEPCO has to dispatch staff members to the off-site center. However, the nuclear disaster site response headquarters at the off-site center could not perform initial activities during this accident due to the reasons such as power outages. This caused delays in dispatching workers from the ERC at Fukushima Daiichi. Upon having notified that the off-site center commenced its activities in the early hours of March 12, 10 staff members were initially dispatched to the off-site center. Within that same day, a total of 21 workers began activities at the center“ ([6]).

³³ „A report was received on March 12 at 3:20 that the off-site center activities were beginning“ ([14] S.14).

³⁴ Schon 2009 hatte das Innen- und Kommunikationsministerium („Ministry of Internal Affairs and Communications“) diese letztgenannte Vorrichtung als vorrangige Ausrüstung identifiziert („Recommendations based on the Administrative evaluation and inspection of nuclear disaster prevention programs – Second Issue“ [17]).

³⁵ Die japanische Zeitung Asahi berichtet, dass die 22 über das gesamte Staatsgebiet verteilten, in der Nähe von Nuklearanlagen angesiedelten Krisenzentren schon Gegenstand eines gross angelegten Investitionsprogramms waren, um sie insbesondere mit Einrichtungen für Telefonkonferenzen mit dem METI auszustatten ([22]).

³⁶ Ein Techniker, der im September 2011 von der Wochenzeitschrift „Nouvel Observateur“ dazu befragt wurde, was er zum Zeitpunkt des Erdbebens gemacht hatte, erklärt: „Uns wurde gesagt, nach Hause zu gehen und auf einen Anruf zu warten. Als der Tsunami ankam, war ich also nicht mehr da, und auch nicht während der späteren Explosionen. Wir haben zwei Wochen gewartet. Später haben wir erfahren, dass TEPCO während dieser zwei Wochen tatsächlich nur einige hauseigene Ingenieure vor Ort belassen hatte. Was die Techniker angeht, hat TEPCO die Subunternehmen beauftragt, die die Maschinen hergestellt hatten. Es sind die Mitarbeiter dieser Subunternehmen, die während der ersten zwei Wochen gearbeitet haben“ ([25]).

³⁷ „Immediately after the tsunami, approximately 400 people (about 130 operators and 270 maintenance personnel) were available for the recovery process“ ([12]).

³⁸ „From March 14 to March 15, 2011 The Fukushima Daiichi NPS Unit 2 was in crisis. At around 6:10 on March 15, an explosive sound was occurred and the pressure in the S/C of Unit 2 indicated 0 MPa [abs] (vacuum). Due to this event, at around 6:30 the TEPCO president gave the order to „evacuate except worker who works for the recovery work“. The Site superintendent ordered that „team leaders to designate necessary worker“ after which all contractors and TEPCO employees not directly involved with the work at hand (approximately 650 people) took temporary refuge in a safe place while the workers that remained (approximately 70 people) continued with recovery work“ ([6]).

³⁹ In manchen (japanischen oder englischsprachigen) Medien wurde diese in der Anlage verblieben Gruppe von Mitarbeitern die „50 von Fukushima“ („Fukushima Fifty“) genannt.

⁴⁰ „After hydrogen explosion at Unit1 (15:36 on March 12): Unit 1/2 MCR: Only shift supervisor, deputy and chief remained in the MCR, and the other operators moved to the seismic isolated building. After increase in the radiation level in the Unit 3/4 MCR: Only a couple of operators remained in the MCR, and the other operators moved to the seismic isolated building. After hearing the large sound in the morning on March 15: Only about 70 personnel remained in the site ERC and about 650 people temporarily evacuated to the 2F site“ ([13]) [2F = Fukushima Daini].

⁴¹ „March 14th, at 13:25 [...]. At this time, about 700 people had remained at the power station, all of whom would be exposed to danger. They included administrative staff, women and people who had no direct involvement in any immediate emergency work, who were reaching their limits physically with the continuous round-the-clock work.. [...] At around 19:45, CNO Muto instructed his subordinates to examine an „evacuation procedure“, and an evacuation manual was subsequently prepared. [...] The announcement specifically said „Evacuation has been decided. All members (excluding emergency response members) are to take immediate evacuation actions. [...] the manual was last updated at 3:13 on March 15,“ ([14], S. 102).

⁴² „The head of the ERC at the power station (Station Director) has the authority to design and implement an emergency recovery plan and to implement the necessary measures to prevent the spread of an accident. In addition, the checking of the operating conditions of the facilities and decision making regarding operations according to prescribed procedures are done by the shift supervisor“ ([14] Summary Report S. 12).

⁴³ „At the ERC at the power station, there are 12 teams separated by different roles that implement activities to prevent the spread of accident, restoration activities, required notification activities, and public relation activities under the command of the ERC chief (site superintendent)“ ([14] Main Report S. 72).

⁴⁴ Die vom ENSI für die Erstellung dieser Analyse berücksichtigten Dokumente ermöglichen keine genaueren Angaben zur Organisation der ERC oder zu ihrer Veränderung im weiteren Verlauf des Unfalls.

⁴⁵ „With no instrumentation for monitoring in the Main Control Room (MCR), and all emergency information transmission systems also having been lost, the ERC at the power station gleaned information by word of mouth from those coming back from the field and by the hotline that was the only remaining means of communications, and transmitted the information“ ([14] Summary Report S. 13).

⁴⁶ „After reactor automatic shutdown, the work management team stationed in an office near the MCR (comprised of Shift Supervisor and operators, separate from the Shift Team in charge of operations) rushed to the MCR to support the Shift Team. Supporting personnel were also dispatched to the MCR from the ERC at the power station. Operators focused on station monitoring/operation for response from that point onward, while also keeping close contact between the MCR and the ERC at the power station“ ([14], S. 275).

⁴⁷ Dabei handelte es sich um Schichtpersonal (Schichtchefs und Operateure) jener Schichtgruppen, welche zum Zeitpunkt des Erdbebens nicht im Dienst waren ([33]).

⁴⁸ Die vom ENSI für die Erstellung dieser Analyse berücksichtigten Dokumente ermöglichen in diesem Stadium keine umfassenden Angaben zu den externen Unterstützern am Standort und in den Anlagen, den Stellen, denen sie zugehörten und zu ihrer Organisation bei den verschiedenen Einsätzen, an denen sie teilgenommen haben.

Impressum:

Herausgeber

ENSI
Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
Industriestrasse 19
CH-5200 Brugg
Telefon +41 56 460 84 00
info@ensi.ch
www.ensi.ch

ENSI-AN-9393

in Zusammenarbeit mit:

Christine Rémond
Pluricommunication
14 rue du Roi de Sicile
75004 PARIS



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
Industriestrasse 19
CH-5200 Brugg
Telefon +41 56 460 84 00
Telefax +41 56 460 84 99
info@ensi.ch
www.ensi.ch

ENSI-AN-9393

