

# **Aktuelle Situation im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi nach dem Unfall im Jahre 2011**

## **Bericht des BMU zur öffentlichen Anhörung im Umweltausschuss des Deutschen Bundestages**

**Stand März 2013**

<p>Deutscher Bundestag Ausschuss f. Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit</p> <p>Ausschussdrucksache 17(16)732</p> <p>Öffentliche Anhörung - 24.04.2013</p> <p>18.04.2013</p>
--

### **1 Situation in Fukushima Dai-ichi**

#### **1.1 Bespeisung der Reaktoren**

Die Maßnahmen, die während der ersten Monate nach dem Unfall ergriffen wurden, dienten im Wesentlichen zwei Zielen: Zum einen ging es darum, die Kühlung des vorhandenen Kernbrennstoffs in den Reaktoren und den Brennelemente(BE)-Lagerbecken zu stabilisieren, effektiver zu gestalten und besser gegen mögliche weitere Einwirkungen von außen – etwa weitere Erdbeben, Überflutungen – zu schützen; zum anderen sollten die Freisetzungen radioaktiver Stoffe in Luft und Wasser reduziert und der Strahlenschutz der Beschäftigten verbessert werden. Mit dem Fortschreiten der Arbeiten konnte eine relativ stabile Kühlung für die Reaktoren aufgebaut werden. Damit sanken die Temperaturen in den Reaktoren und liegen seit Oktober 2011 stabil unterhalb von 100 °C. Weiterhin konnte eine relativ stabile Kühlung für die BE-Lagerbecken und eine Kontrolle der Freisetzung radioaktiver Stoffe erreicht werden. Da der so erlangte Zustand der Anlage weiterhin aufrecht erhalten werden kann, erfolgte am 16. Dezember 2011 die offizielle Deklaration eines Zustands für die Reaktoren, bei dem verschiedene Parameter denen eines abgeschalteten und ausreichend gekühlten Reaktors entsprechen und der von TEPCO als sogenannter „coldshutdown“ Zustand bezeichnet wird.

Die Bespeisung der Reaktorblöcke 1 bis 3 erfolgte in der ersten Woche nach dem Unfall über mobile Pumpen, teilweise mit Meereswasser. Später wurden alle drei Blöcke auf Frischwassereinspeisung und Elektromotorpumpen, die vom externen Stromnetz versorgt werden, umgestellt. Seit Ende Juni 2011 werden die Blöcke 1 bis 3 mit Was-

ser bespeist, dass aus der zwischenzeitlich errichteten Aufbereitungsanlage (s. u.) stammt. Durch die Inbetriebnahme der Aufbereitungsanlagen konnte ein offener Kühlkreislauf eingerichtet werden. Nachdem das Wasser in den Reaktordruckbehälter eingespeist ist, fließt es über Leckagen in die Druckkammer des Containments. Von dort aus gelangt es auf bisher unbekanntem Wegen in den unteren Reaktorgebäudebereich und dann weiter in das benachbarte Maschinenhaus. Aus dem Maschinenhaus wird das Wasser über Pumpen zurück zur Aufbereitungsanlage gefördert, wo es gereinigt wird. Anschließend wird das Wasser wieder zurück in die Reaktordruckbehälter gefördert bzw. in Behältern zwischengelagert. Zur Einspeisung von Kühlmittel stehen auch mehrere Vorratsbehälter zur Verfügung. Die Einspeisung selbst kann bei einem Ausfall der vom externen Stromnetz versorgten Elektromotorpumpen über eine Mehrzahl von Ersatzaggregaten erfolgen. Dafür stehen Ersatz-Elektromotorpumpen, die auch von Dieselgeneratoren mit Strom versorgt werden können, Kondensatpumpen in den Maschinenhäusern und mehrere Feuerlöschfahrzeuge für Notfälle bereit. Im Sommer 2012 wurde das in die Reaktoren eingespeiste Wasser aus der Aufbereitungsanlage vor der Einspeisung gekühlt, um dem jahreszeitlich bedingten Anstieg der Temperaturen entgegenzuwirken. Diese Kühlung wurde im Herbst 2012 nicht mehr benötigt und ausgeschaltet. Die Bespeisung der Reaktorblöcke 1 bis 3 stand nahezu ununterbrochen zur Verfügung abgesehen von Unterbrechungen z. B. durch Reparaturen von Leckagen an den Einspeiseleitungen. Die gemessenen Temperaturen am Boden des Reaktordruckbehälters sind gesunken und lagen Anfang März 2013 zwischen 30 °C bis 17 °C.

Im vergangenen Jahr 2012 konzentrierten sich die Arbeiten am Bespeisungssystem auf eine robustere Auslegung des Systems, um die Zuverlässigkeit des bestehenden Kühlkreislaufs allgemein und auch gegen Erdbebeneinwirkungen sowie Wettereinflüsse zu optimieren. Ventile und Messeinrichtungen wurden besser isoliert und die Elektromotorpumpen bekamen einen Wetterschutz. Feuerlöschleitungen wurden gegen robustere Kunststoffrohrleitungen aus Polyethylen ausgetauscht und Rohrleitungswege falls möglich verkürzt. Die Robustheit wird weiter verbessert indem die Einspeiseleitungen an das Hauptspeisewassersystem der Blöcke 2 und 3 neu angeschweißt werden. Da für diese Arbeiten dann nur ein Bespeisungsweg – der über das Kernsprühsystem – zur Verfügung steht, wurde Ende Februar 2013 probeweise die Bespeisung vorübergehend nur auf das Kernsprühsystem umgestellt. Dabei konnten keine signifikanten Auswirkungen auf die Kernkühlung festgestellt werden.

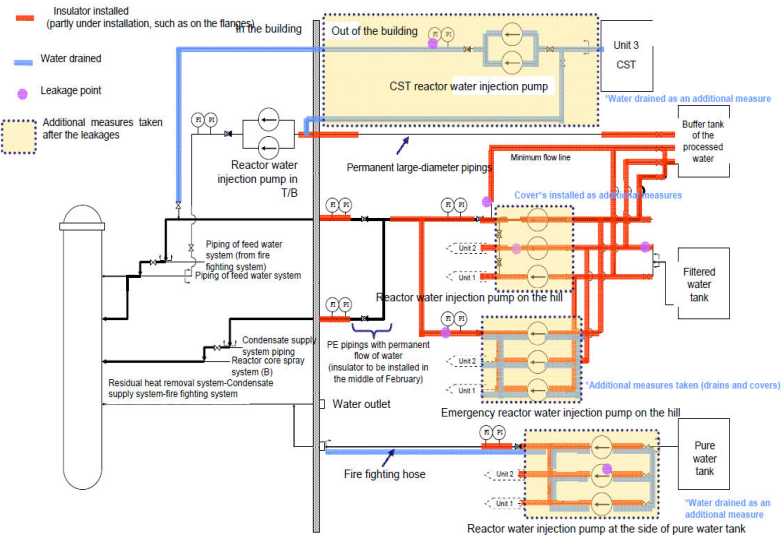


Abb. 1: Einspeisemöglichkeiten in den Reaktordruckbehälter

Zur Vorsorge gegen eine Wasserstoff-Verbrennung durch verbliebenen oder neu entstehenden Wasserstoff wird kontinuierlich Stickstoff in das Containment und die Reaktordruckbehälter eingespeist. Im Oktober 2012 wurde im Block 1 mit der Verdrängung von verbliebenem Wasserstoff aus dem oberen Torusbereich mittels direkter Einspeisung von Stickstoff in den Torus begonnen. Ende März 2013 ist dieselbe Maßnahme für den Block 2 vorgesehen. Durch die Analyse der verdrängten Gase soll auch die Radiolyse rate im Toruswasser bestimmt werden.



Abb. 2: Reaktoreinspeisepumpen und Ersatzaggregate

## 1.2 Kühlung der BE-Lagerbecken.

Zur Kühlung der BE-Lagerbecken der Blöcke 1, 3 und 4 wurden zwischen Ende Juni und Mitte August 2011 alternative Kühlsysteme errichtet, mit denen das Beckenwasser in einem separaten, geschlossenen Kreislauf über Luftkühler gekühlt wird. Das Be-

ckenwasser in den Blöcken 2 und 4 ist inzwischen mit mobilen Anlagen hinreichend gereinigt worden. Die Reinigung des Beckenwassers in Block 3 ist noch in Betrieb, Damit sind die Bedingungen gegen Korrosionsangriffe verbessert worden. Eine Reinigung für Block 1 ist nicht notwendig, da kein Meereswasser in das BE-Lagerbecken eingespeist wurde. Sollte die Kühlung für die BE-Lagerbecken ausfallen, geht TEPCO davon aus, dass die Kühlung innerhalb von 6 h wiederhergestellt werden kann (Stand Dezember 2012). Darüber hinaus würden für das BE-Lagerbecken von Block 4 mindestens 16 Tage zur Verfügung stehen bis der Füllstand des Beckenwassers kritische Werte erreicht. Im Notfall stehen die Autobetonpumpen zur Einspeisung von Wasser bereit.

Die BE-Lagerbecken der Blöcke 3 und 4, die seit der Explosion der Reaktorgebäude zur Luft hin offen sind, wurden inzwischen ganz oder teilweise abgedeckt. Dadurch können bei Aufräumarbeiten keine Trümmerteile hineinfallen, Regenwasser wird abgehalten und aufgesetzte Stahlplatten können als Standfläche für kleinere Arbeitsgeräte benutzt werden.

### **1.3 Stromversorgung**

Um zu gewährleisten, dass auch nach einem weiteren Beben oder einer weiteren Überflutung mit teilweisem Ausfall der zur Einspeisung benötigten externen Aggregate eine Kühlung schnell wiederhergestellt werden kann, ist neben der Verfügbarkeit von Reservepumpen auch eine möglichst robuste Stromversorgung erforderlich. Seit März 2012 stehen hierfür sechs externe Netzanschlüsse sowie mehrere Dieselgeneratoren und Fahrzeuge mit Dieselgeneratoren zur Verfügung. Dadurch hat sich die Stromversorgungssituation am Standort seit dem Unfall wesentlich verbessert: Für den Fall eines Ausfalls einer Stromversorgungsquelle sind mehrere Redundanzen vorhanden. Zum Schutz gegen mögliche Überflutungen befinden sich Dieselgeneratoren ebenso wie Fahrzeuge und Pumpen auf einem Hügel.

## **1.4 Aufbereitungsanlagen - Behandlung kontaminierter Wässer**

### **1.4.1 Entstehung und Transport kontaminierter Wässer**

Das in die Reaktoren eingespeiste Wasser wird nach der Einspeisung auf seinem Weg in den unteren Reaktorgebäudebereich kontaminiert, da es unterwegs mit Radionukliden in Kontakt kommt, die vorwiegend aus dem geschmolzenen Kernbrennstoff stammen. Die Radionuklide werden zum Teil vom Wasser aufgenommen und gelangen so, wie oben beschrieben, in die benachbarten Maschinenhäuser. Zusätzlich dringt Grundwasser in die Reaktorgebäude und Maschinenhäuser der Blöcke 1 bis 4 ein. TEPCO geht davon aus, dass so in den letzten Monaten ca. 400 m<sup>3</sup> Grundwasser pro Tag eindringen und durch die Vermischung ebenfalls kontaminiert werden. Zusammen mit dem in die Reaktoren eingespeisten Wasser fallen fast 800 m<sup>3</sup> kontaminiertes Wasser pro Tag an, die aufzubereiten sind.

Die in den unteren Gebäudebereichen der Blöcke 1 bis 4 befindliche Wassermenge von fast 80.000 m<sup>3</sup> ist seit mehr als einem Jahr nahezu unverändert, um einen Wasserstand in den Gebäuden zu halten, bei dem zwar Grundwasser von außen eindringen kann, aber kein kontaminiertes Wasser aus dem Gebäude nach draußen gelangen kann. Auch in den unteren Gebäudebereichen des Maschinenhauses der Blöcke 5 und 6 sammelte sich Wasser an. Dieses Wasser wurde in der blockeigenen Aufbereitungsanlage gereinigt. Anschließend wurde es außerhalb der Anlage versprüht oder in Tanks gelagert. In den letzten Monaten berichtete TEPCO nur noch über das Abpumpen von Wasser aus dem unteren Maschinenhausbereich von Block 6.

### **1.4.2 Anlagen zur Wasseraufbereitung**

Seit Mitte Juni 2011 wird das kontaminierte Wasser in Aufbereitungsanlagen behandelt, die auf dem Anlagengelände errichtet wurden. Die Anlagen haben jeweils unterschiedliche Aufgaben. In einem ersten Schritt wird das Wasser von Ölrückständen befreit und anschließend ein Teil der radioaktiven Stoffe – insb. das Cäsium 137 – durch Ionenaustausch dem Wasser entzogen und damit der Grad der Kontamination verringert (KURION). Vor der vorläufigen Lagerung oder Wiedereinspeisung in die Reaktoren wird das Wasser noch entsalzt. Im August 2011 ging ein weiterer Anlagenteil mit integrierten Filtern zur Abscheidung von Öl und anschließender Cäsiumentfernung in Betrieb (SARRY). Bis zum 22.03.2013 wurden ca. 590.000 m<sup>3</sup> Wasser aufbereitet.

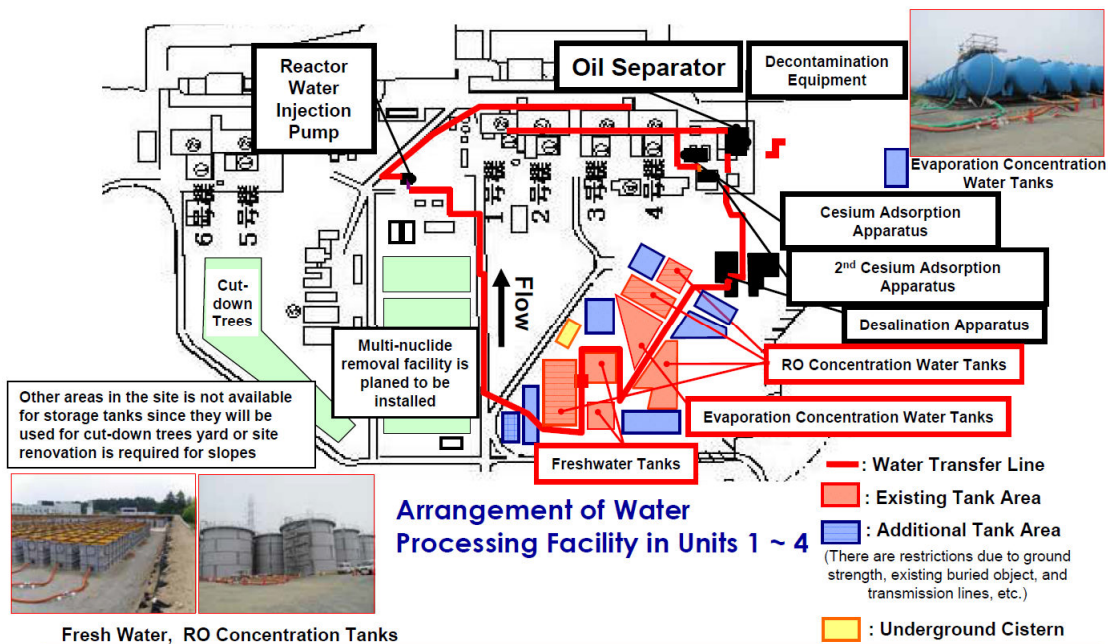


Abb. 3: Anordnung der Einrichtungen zur Wasseraufbereitung

In den Jahren 2012 und 2013 wurden Feuerlöschleitungen gegen robustere Kunststoffrohrleitungen aus Polyethylen ausgetauscht und die Rohrleitungslängen falls möglich verkürzt. Dies ist auch eine Vorsorgemaßnahme, um Leckagen zu vermeiden. Sollten dennoch Leckagen auftreten, sind Maßnahmen zur Erkennung von Leckagen ergriffen worden, wie z. B. Kameraüberwachungen und Rundgänge.

Ein Teil des kontaminierten Wassers war im April 2011 wegen fehlender Lagermöglichkeiten gezielt in den Pazifik eingeleitet worden bzw. gelangte unkontrolliert ins Meer, wodurch es zu Kontamination des Meerwassers und des Meeresgrundes kam.

### 1.4.3 Lagerung des aufbereiteten Wassers

Ein Teil des aufbereiteten Wassers wird zur Bespeisung der Reaktoren wiederverwendet und muss so nicht zwischengelagert werden. Dadurch müssen auch weniger Lagerkapazitäten bzw. Behälter bereitgestellt werden. Zur Zwischenlagerung des Wassers war und ist es notwendig, auf dem Anlagengelände verschiedenste Behälter aufzustellen. Die dafür benötigten Aufstellplätze werden durch Roden von Waldstücken auf dem Anlagengelände geschaffen. Zur Lagerung kam auch ein Schwimmponon zum Einsatz (Megafloat). Zusätzlich wurden unterirdische Wasserlagerkapazitäten errichtet. Neben der Wasserlagerung müssen auch die flüssigen und festen Abfälle aus den Aufbereitungsanlagen, die zum Großteil radioaktiv sind, gelagert werden. Dafür

werden Behälter mit Abschirmungen benutzt oder die Behälter werden in ausgehobene Erdgruben verbracht in denen sie zur Abschirmung mit Erde abgedeckt werden.

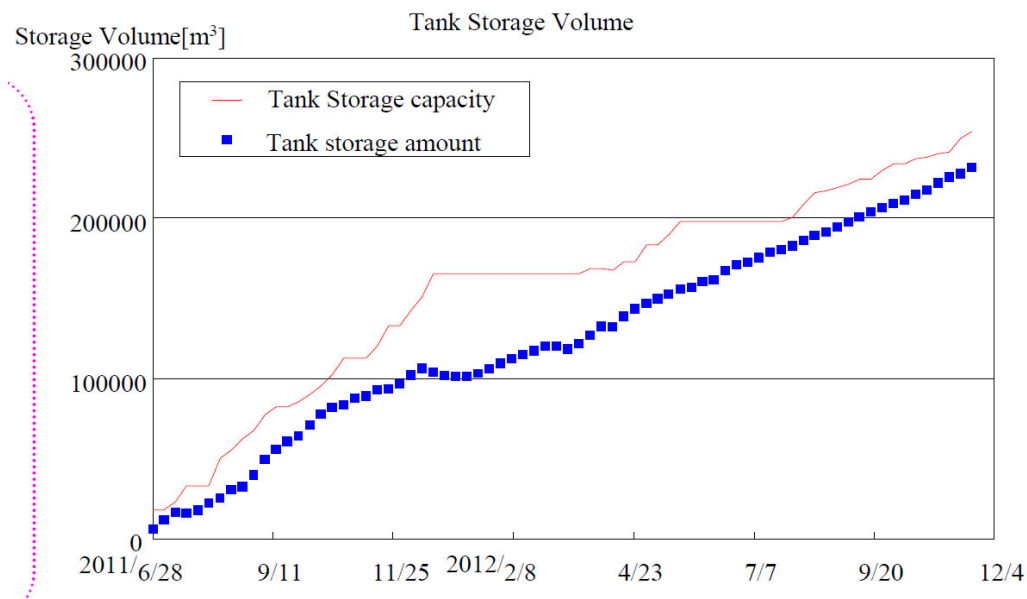


Abb. 4: Anstieg aufbereitetes Wasser und Lagerkapazitäten (28.06.2011 - 04.12.2012)

#### 1.4.4 Weitere Anlage zur Wasseraufbereitung.

Seit November 2012 ist ein Strang einer dreisträngigen Anlage zur Entfernung verschiedenster Radionuklide in der Inbetriebnahme (ALPS), um die Konzentrationen von Radionukliden im aufbereiteten und zwischengelagerten Wasser weiter zu verringern, die mit den beiden bestehenden Anlagen zur Cäsiumentfernung nur schwer zu entfernen sind. Mit der Anlage soll die Konzentration von 62 der bislang 63 identifizierten Radionuklide verringert werden können. Die Tritiumkonzentration kann von der Anlage nicht vermindert werden. TEPCO möchte mit dieser Anlage das Wasser so weit reinigen, dass es möglicherweise unbedenklich ist, dass Wasser in das Meer einzuleiten. Dadurch könnte das Problem der aufzubauenden Kapazitäten zur Zwischenlagerung gelöst werden.

#### 1.5 Geplante Grundwasserabsenkung auf dem Anlagengelände

Grundwasser fließt von der Bergseite des Anlagengeländes in das Meer hinein und ein Teil davon gelangt auch in die Reaktorgebäude und Maschinenhäuser. Dieser Zufluss des Grundwassers in die Gebäude soll verringert werden, um die aufzubereitende



Wassermenge und vorzuhaltende Lagermöglichkeiten zu verringern. Dies soll durch eine Absenkung des Grundwasserspiegels erreicht werden. Dafür sollen zwischen der Bergseite und den Gebäuden Grundwasserbrunnen gebohrt und Grundwasserpumpen installiert werden. Das abzapfende Wasser soll in das Meer eingeleitet werden. Bevor das Wasser aus den Grundwasserbrunnen abgegeben werden kann, wird es in Tanks zwischengelagert und auf Kontaminationen hin untersucht. Die Grundwasserabsenkung wird mit Beobachtungsbrunnen zwischen den Grundwasserbrunnen und den Gebäuden sowie den Entwässerungsschächten an den Gebäuden überwacht. Der Grundwasserdruck an den Gebäuden wird durch die Grundwasserabsenkung verringert und der Grundwasserspiegel an den Gebäuden soll nur soweit absinken, dass kein kontaminiertes Wasser aus den Gebäuden gelangen kann. Ende Februar 2013 waren die Brunnenbohrungen abgeschlossen. Zurzeit werden noch Wasserproben untersucht und Rohrleitungen verlegt.

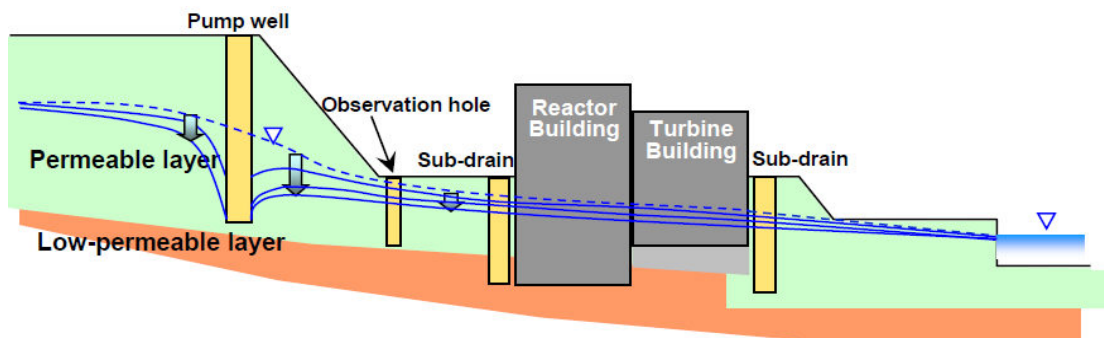
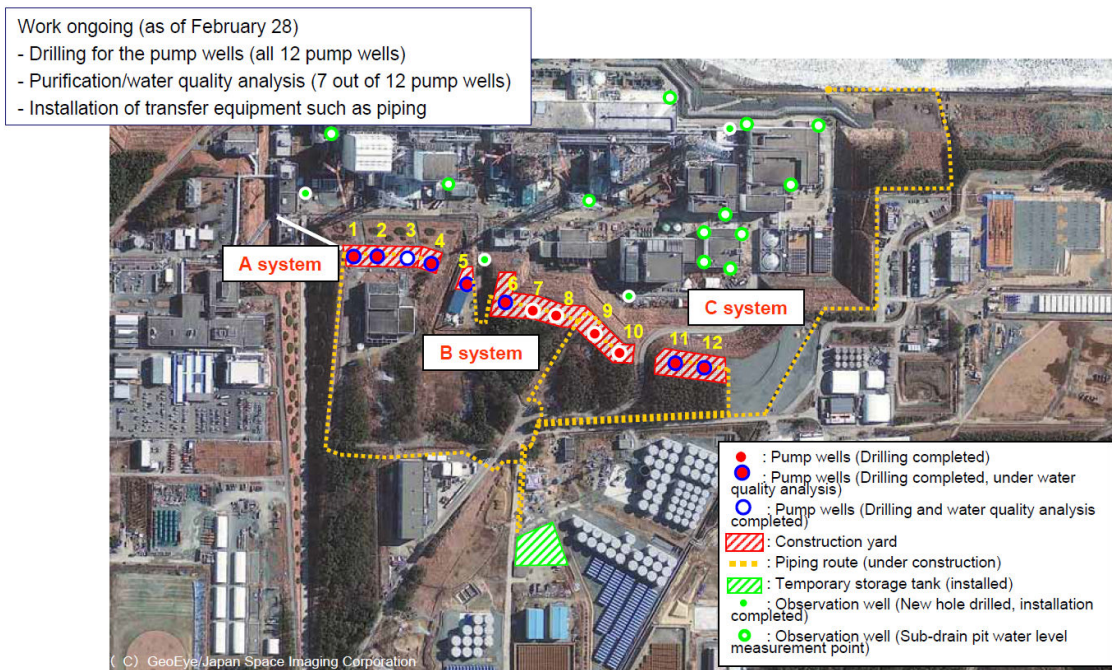




Abb. 5: Absenkung des Grundwasserspiegels

## 1.6 Standfestigkeit des Reaktorgebäudes von Block 4.

Nach der Explosion wurde vorsorglich mit einer Ertüchtigung der Stützkonstruktion des BE-Lagerbeckens begonnen. Dafür wurden u. a. Stahlträger eingebaut und Beton ausgebracht. Die Konstruktion ist weitestgehend von der 4. und 5. Etage des Reaktorgebäudes isoliert. Die Arbeiten konnten am 30.06.2011 abgeschlossen werden. Die japanische Aufsichtsbehörde hat die Auslegung des Gebäudes gegen Erdbeben überprüft und TEPCO bestätigt, dass das Gebäude einem Erdbeben der Intensitätsklasse 6+ (japanische Erdbebenklassifizierung) standhält. Diese Klasse 6+ entspricht der Intensität des Tohoku-Erdbebens vom 11. März 2011. Für das BE-Lagerbecken wurde durch die Verstärkung seiner Stützkonstruktion eine um mehr als 20% verbesserte Sicherheitsmarge gegenüber der Ursprungsauslegung erreicht.

Seit Mai 2012 wird das Reaktorgebäude quartalsmäßig auch im Zusammenhang mit der Errichtung der Einhausung für den Block 4 auf Schiefstellungen und Zustand der Gebäudewände hin überprüft. Neben der optischen Vermessung der Reaktorgebäudeaußenwände und Bestimmung des Zustandes des Betons (Risse, Härte) wird zur Erkennung einer Schiefstellung der Abstand zwischen der Wasseroberfläche und der Bedienebene gemessen. Dieser Abstand wird an verschiedenen Stellen im BE-Lagerbecken sowie Flutraum gemessen. Bei den bisher durchgeführten Überprüfungen wurden keine Schiefstellungen festgestellt.

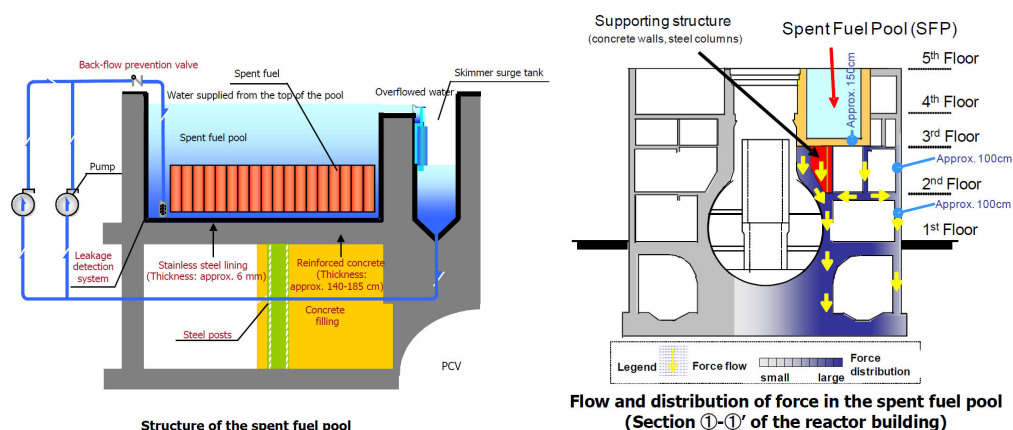
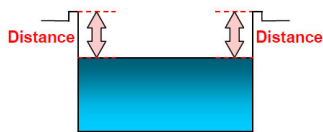


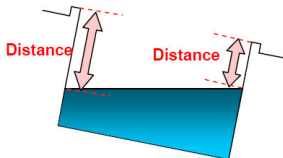
Abb. 6: Verstärkung der Strukturen für das BE-Lagerbecken

### 1) Building not tilted

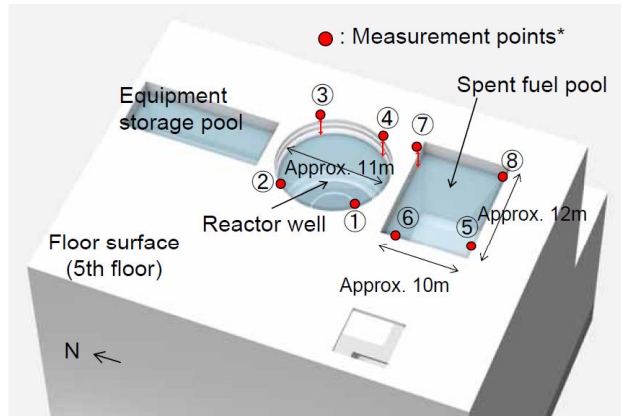


The distances are the same

### 2) Building tilted



Difference in the distances



Measurement Points (Floor surface of the 5th floor)

\* The measurement points are set according to the progress statuses of debris removal and cover installation for fuel removal.

Abb. 7: Messungen zur Feststellung eines Schiefstandes

## 1.7 Reduzierung luftgetragener Freisetzungen und der Ortsdosisleistungen (ODL) auf dem Anlagengelände

Durch den Unfall wurde eine große Menge Schutt auf dem Anlagengelände verteilt, was die Arbeiten auf dem Gelände erschwerte. Der Schutt wurde zum Teil mit ferngesteuerten Maschinen entfernt, wodurch die ODL in den geräumten Bereichen verringert werden konnte. Darüber hinaus wurden und werden zur weiteren Reduzierung der ODL auf dem Anlagengelände Dekontaminationsmaßnahmen durchgeführt. So wurden beispielsweise Bäume gefällt, Asphaltflächen gereinigt, kontaminierte Flächen umgepflügt bzw. mit Erde abgedeckt sowie Deponien für kontaminierten Schutt und kontaminierte Erde angelegt. Ende Oktober 2012 lagerten etwa 54.000 m<sup>3</sup> Schutt und 69.000 m<sup>3</sup> gefällte Bäume in solchen Deponien auf dem Gelände.

### 1.7.1 Einhausungen für die Blöcke 1, 3 und 4

Die Einhausung soll verhindern, dass radioaktive Stoffe in die Umwelt gelangen, die insbesondere während der Stilllegung aus dem Inneren des Reaktorgebäudes freigesetzt werden könnten. Darüber hinaus dient sie auch dem Schutz vor witterungsbedingten Einwirkungen und verbessert dadurch die Arbeitsbedingungen. In der Einhausung sollen Geräte für die Stilllegung der Anlage untergebracht werden, wie z. B. ein Kran und Einrichtungen zur Handhabung von Brennelementen mit denen Brennele-

mente aus dem BE-Lagerbecken und der Kernbrennstoff aus dem Reaktor geborgen werden können. Eine Be- und Entlüftungsanlage der Einhausung sorgt für eine gezielte Luftführung. Mit der gezielten Luftführung wird vermieden, dass Luft, die radioaktive Stoffe enthalten kann, aus dem Inneren der Einhausung bzw. dem Reaktorgebäude in die Umgebung gelangt. Radioaktive Stoffe in der Abluft werden durch Filter zurückgehalten und deren Konzentration vor und hinter der Filterung überwacht. Neben der Be- und Entlüftungsanlage werden weitere Komponenten wie Kameras, Beleuchtung sowie Geräte zur Messung von Temperatur und Strahlung installiert. Die Einhausungen wurden bzw. werden als Stahl-Stützkonstruktionen ausgeführt. Diese Konstruktionen unterscheiden sich jedoch in der Ausführung. Dies ist vor allem auf den Zustand der Beschädigungen der Reaktorgebäudestrukturen durch die Explosionen bedingt. So weist das Reaktorgebäude von Block 3 die größten Beschädigungen auf. Die Auslegung der Konstruktionen gegen Erdbeben entspricht allgemeinen japanischen Bauvorschriften.

Block 1 hat eine Einhausung erhalten, die das gesamte Reaktorgebäude umschließt und im Oktober 2011 fertig gestellt wurde. An der Stahlkonstruktion wurden vorgefertigte Elemente montiert. Diese Elemente sind mit einer Membran aus Polyesterfasern bespannt, die mit PVC beschichtet ist. Die Grundfläche der Einhausung misst 42 m x 47 m, ihre Höhe beträgt 57 m. Die Satteldachkonstruktion wurde gewählt, damit Regen oder Schnee seitlich ablaufen können und somit mit ihrem Gewicht nicht das Dach belasten. Die Einhausung soll für eine Schneelast von 30 cm ausgelegt sein. Die Auslegung gegen Wind beträgt 25 m/sec; sie wurde an dem in den letzten 35 Jahren in der Region gemessenen Höchstwert von 17 m/sec über eine Dauer von 10 min. ausgerichtet.

Die Einhausung von Block 3 unterscheidet sich äußerlich von denen der Blöcke 1 und 4. Im Wesentlichen ist ein zylinderförmiger Aufsatz vorgesehen, in dem die Handhabungseinrichtungen zum Bergen der Brennelemente aus dem BE-Lagerbecken und des Kernbrennstoffs untergebracht sind. Die Einhausung soll jedoch anscheinend das Reaktorgebäude ebenfalls vollständig umschließen. Der zylinderförmige Aufsatz der Einhausung soll eine Abmessung von 19 x 57 Meter und eine Höhe von 54 Metern haben. Die gesamte Konstruktion wird nach Fertigstellung 1.500 Tonnen wiegen.

Erste vorbereitende Arbeiten zur Errichtung der Einhausung von Block 4 begannen im März 2012 mit der Räumung von Trümmern im Umfeld des Reaktorgebäudes zur Gründung eines Fundaments. Einen Monat später konnte mit den Arbeiten zur Gründung des Fundamentes neben dem Reaktorgebäude begonnen werden. Auf dem Fun-

damant ist eine L-förmige Stahlstützkonstruktion vorgesehen, die das Reaktorgebäude nur teilweise überdeckt und durch einem Wetterschutz auf dem von der Stahlkonstruktion nicht überdeckten Bereich ergänzt wird. Die Konstruktion misst in der Grundfläche 31 x 69 Meter und hat eine Höhe von 53 Metern. Nach Fertigstellung des Fundamentes wurden Anfang Januar 2013 erste Stahlpfeiler für die Stahlgerüstkonstruktion gesetzt. Für diese Konstruktion müssen die Überreste des oberen Reaktorgebäudeteils bis zum Bedienflur abgetragen werden. Mitte März 2013 war das 3. Stockwerk der Stützkonstruktion errichtet und damit die Höhe des Bedienflures erreicht. Laut Planung soll die Einhausung Mitte 2013 fertig sein.

Der Block 2 benötigt keine Einhausung, da das Reaktorgebäude noch intakt ist. Durch eine offene Druckentlastungsöffnung im Reaktorgebäude konnte der entstandene Wasserstoff in die Umgebung gelangen und es fand keine Explosion statt. Diese Druckentlastungsöffnung wurde im März 2013 verschlossen, um radioaktive Emissionen aus dem Block 2 weiter zu verringern. Das Reaktorgebäude hat über die verschlossene Druckentlastungsöffnung eine gefilterte Lüftungsanlage erhalten.

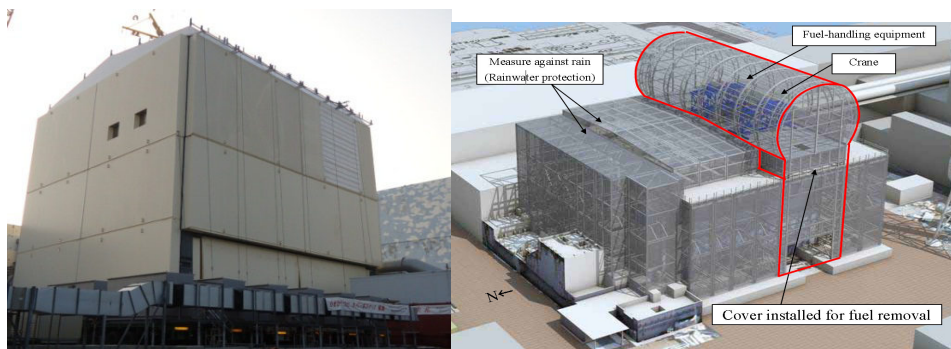


Abb. 8: Einhausungen für die Blöcke 1 und 3

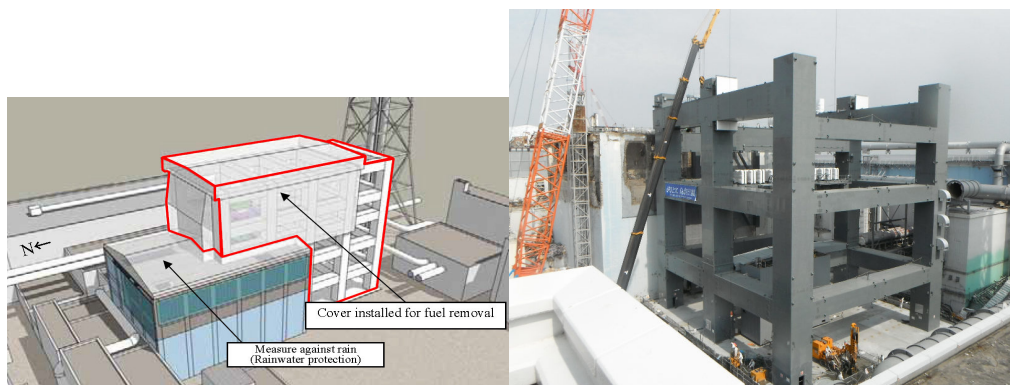


Abb. 9: Einhausungen für den Block 4



Abb. 10: Verschiessen der Druckentlastungsöffnung in Block 2

### **1.7.2 Überwachung der Strahlenexposition aus den Blöcken 1 bis 3**

Zur Überwachung der luftgetragenen Strahlenexposition aus den Blöcken 1 bis 3 werden abhängig vom Block seit Ende 2011 bzw. Anfang 2012 mit den neu installierten Lüftungssystemen für die Containments die in der Containmentluft enthaltenen Aktivitäten gemessen und von TEPCO veröffentlicht.

### **1.7.3 Weitere Verminderung der Strahlenexposition in der Luft**

Zur Verhinderung einer luftgetragenen Verschleppung radioaktiver Stoffe und zur Verminderung der Direktstrahlung wurden u. a. kontaminierte Flächen umgepflügt, mit Erde abgedeckt, Deponien für kontaminierten Schutt und kontaminierte Erde angelegt sowie Dekontaminierungen durchgeführt.

Eines der Ziele der Phase 1 liegt darin, im fiskalischen Jahr 2012 (d. h. bis Ende März 2013) die effektive Jahresdosis am Anlagenzaun auf weniger als 1 mSv/a zu verringern. Im September 2012 war das Ziel die effektive Jahresdosis am Anlagenzaun auf weniger als 1 mSv/a zu verringern noch nicht erreicht. Die effektive Dosisbelastung entsteht im Wesentlichen durch die aktuellen Freisetzungen aus den Blöcken 1 bis 3 (im September 2012 berechnet zu 0,03 mSv/a am Anlagenzaun), den im Bereich des Anlagenzauns abgelagerten Radionukliden und der Direktstrahlung von Deponien (z. B. Schutt, gerodete und offen gelagerte Baumstämme, Abfälle aus den Aufbereitungsanlagen). Das Jahresdosisziel kann nach TEPCO bis Ende März 2013 vor allem durch Abschirmung der Deponien noch erreicht werden. Dafür werden u. a. Deponien errich-

tet, die Schutt und Baumstämme aufnehmen und mit Erdabschirmungen versehen werden. Weiterhin werden Deponien in der Nähe des Anlagenzauns umgelagert und Abschirmungen für die Anlage zur Entfernung verschiedenster Radionuklide errichtet.

Die Gesamtheit der Maßnahmen zur Verringerung der luftgetragenen Aktivitäten hat dazu geführt, dass das Personal zur Erleichterung bei Tätigkeiten außerhalb des Anlagengeländes statt der Aktivkohle-Schutzmasken seit März 2012 Staubschutz-Masken getragen werden, die leichter sind und eine leichtere Atmung ermöglichen. Diese Erleichterung konnte im Verlauf des Jahres auch an mehreren Stellen auf dem Anlagengelände eingeführt werden.

## **1.8 Verminderung der Strahlenexposition im Meer**

Insbesondere zu Beginn des Unfalls gelangte kontaminiertes Wasser ins Meer. Zum einen waren dafür unbeabsichtigte Leckagen an der Aufbereitungsanlage, Undichtigkeiten an den Kühlwassereinlaufbauwerken und Regenwassereinträge verantwortlich. Zum anderen wurde im April 2011 wegen fehlender Wasserlagermöglichkeiten ein Teil des kontaminierten Wassers gezielt in den Pazifik eingeleitet. Die im Meereswasser enthaltenen Aktivitäten werden an verschiedenen Orten überwacht. Die Messergebnisse werden von TEPCO regelmäßig veröffentlicht.

### **1.8.1 Barrieren gegen wassergetragene Freisetzungen**

In 2011 wurden die blockeigenen Kühlwassereinläufe der Blöcke 1 bis 4 so abgedichtet, dass Freisetzungen ins Meer hinein, die durch unterstellte Leckagen auftreten könnten, unterbunden werden. Um einen möglicherweise kontaminierten Grundwassereintrag vom Anlagengelände ins Meer zu verhindern, wurde im April 2012 mit dem Bau einer wasserundurchlässigen Barriere (Dichtungsfunktion durch einzurammende Spundwände) vor den Kühlwassereinlaufbauwerken der Blöcke 1 bis 4 und dem anschließenden südlichen Anlagengelände begonnen, welche mehrere Meter in die Tiefe reicht. Die Fertigstellung ist laut Betreiber Mitte für 2014 geplant. Zur Reduzierung des Wellenschlags werden Wellenbrecher außerhalb des Hafengeländes und des südlichen Anlagengeländes gesetzt. Zwischen dem Hafenbecken und dem Kühlwassereinlaufbereich der Blöcke 1 bis 4 sowie dem Kühlwassereinlaufbereich der Blöcke 5 und 6 ist jeweils eine schwimmende Sedimentsperre aus Vliesstoffen, den sogenannten silt-fences, eingesetzt worden. Mit deren Hilfe sollen Sedimente mit radioaktiven Stoffen



zurückgehalten werden, die sonst über das Meerwasser des Hafenbeckens in das offene Meer freigesetzt werden könnten. Vergleichbare Sedimentsperren wurden auch direkt vor den blockeigenen Kühlwasserzuläufen der Blöcke 1 bis 4 gesetzt. Im September 2012 wurde an einigen Stellen im Kühlwassereinlaufbereich der Blöcke 1 bis 4, bei denen nur ein relativ geringer Seewasseraustausch stattfindet, eine zu hohe Konzentration radioaktiven Cäsiums gemessen. Als Quelle dafür wurde die Sedimentsperre vor Block 3 verantwortlich gemacht, die zunächst zurückgehaltene Partikel nicht mehr festhalten konnte. Diese Sperre wurde durch eine neue ersetzt.

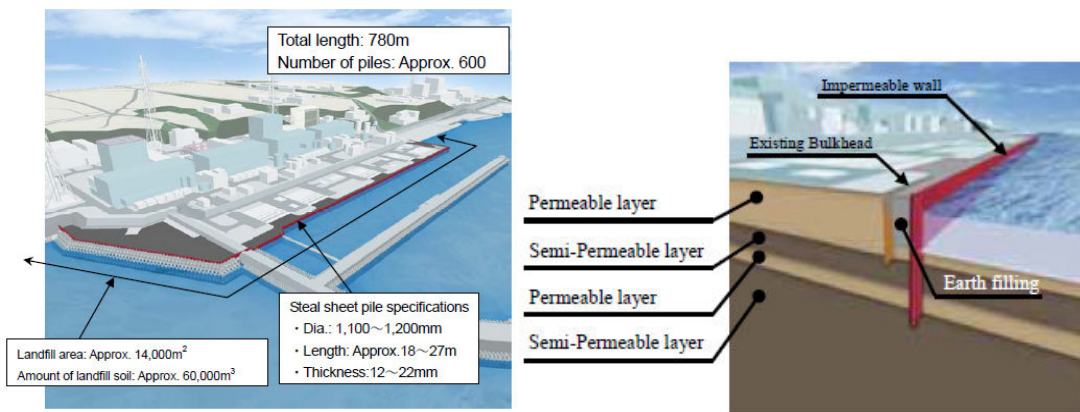


Abb. 11: Schematische Darstellung der im Bau befindlichen Barriere

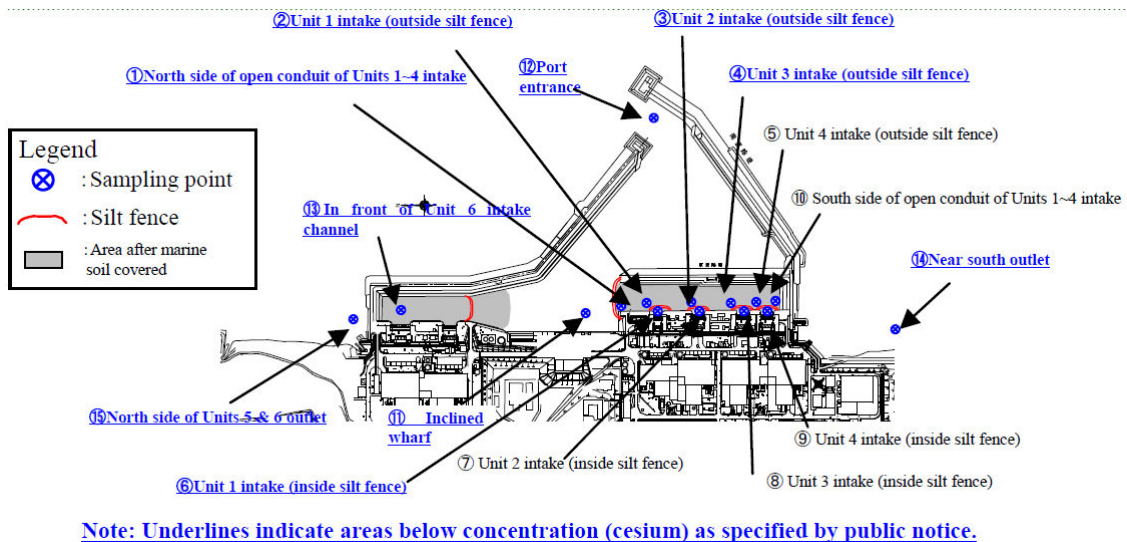


Abb. 12: Lage der Messorte und Einrichtungen zur Rückhaltung von Kontaminationen

## 1.8.2 Versiegelung des Meeresbodens.

Mitte März 2012 begann TEPCO den Meeresboden vor den Einlaufbauwerken der Blöcke 1 bis 4 und 5 bis 6 auf einer Fläche von rund 70.000 m<sup>2</sup> mit einem Ton-Zement-Gemisch zu versiegeln. Damit soll verhindert werden, dass Radionuklide, die sich in größerem Umfang im Sediment angereichert haben, in das offene Meer gelangen (etwa durch Aufwirbelungen während der Tide). Am 5. Juli 2012 waren die Versiegelungen fertig und die beiden aufgetragenen Versiegelungsschichten haben zusammen eine Dicke von ca. 55 cm, was auch Probenahmen zeigten. TEPCO geht davon aus, dass durch diese Maßnahme die Kontaminationen für rund 50 Jahre gebunden werden können.

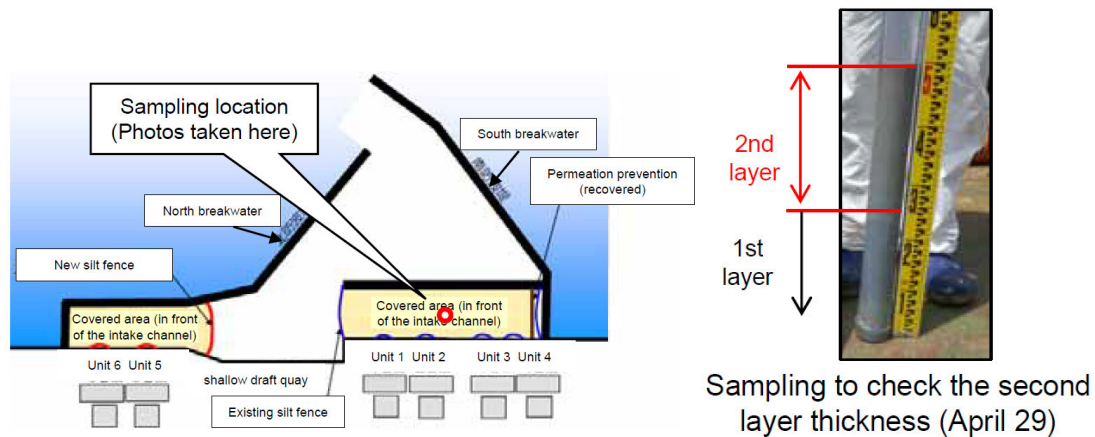


Abb. 13: Lage der Versiegelungen und Schichtdicken-Probenentnahme

## 1.9 Maßnahmen zur Bestimmung von Anlagenzuständen.

Da viele Zustände in den Anlagen nicht bekannt sind, wurde und wird weiterhin versucht, Erkenntnisse über diese zu erlangen. Nachfolgend werden einige interessante Methoden dargestellt.

### 1.9.1 Einsatz von Endoskopen

TEPCO hat mit Hilfe von Endoskopen das Innere des Containments von Block 1 und 2 untersucht. Die dafür erforderlichen Tätigkeiten wurden zuvor in Block 5 geprobt. Um das Endoskop hinein führen zu können musste zuvor jeweils eine Durchführung in der Containmentwand geöffnet werden.

Am 19. Januar 2012 hat TEPCO erste Aufnahmen aus dem Inneren von Block 2 veröffentlicht. Allerdings war man mit der Qualität der Aufnahmen, die unter anderem Rohrleitungen und die Innenwand des Containments zeigten, nicht zufrieden. Grund dafür waren zahlreiche Artefakte auf den Aufnahmen, die durch ionisierende Strahlung oder Wasserdampf hervorgerufen wurden. Zusätzlich wurde ein Thermoelement mit eingeführt, mit dem eine Temperatur von 44,7 °C in der Containmentatmosphäre gemessen werden konnte. Dies entspricht in etwa auch der Temperatur, die mit einem Messinstrument derzeit an der Außenwand des Reaktor-druckbehälters gemessen wird (42,6 °C). Bei einem zweiten Einsatz des Endoskops am 26. und 27.03.2012 wurden der Wasserstand im Containment (60 cm hoch) und Dosisleistungen (bis zu 73 Sv/h) sowie Temperaturen an verschiedenen Stellen in der Containmentatmosphäre (42,8 °C bis 44,9 °C) und in der Wasservorlage (48,5 °C bis 50,0 °C) ermittelt. Die Wasservorlage stammt aus dem in den Reaktor-druckbehälter eingespeisten Kühlmittel, das sich durch Leckagen im Sumpf des Containments sammelt und weiter über bislang unbekannte Leckagepfade zum Maschinenhaus gelangt.

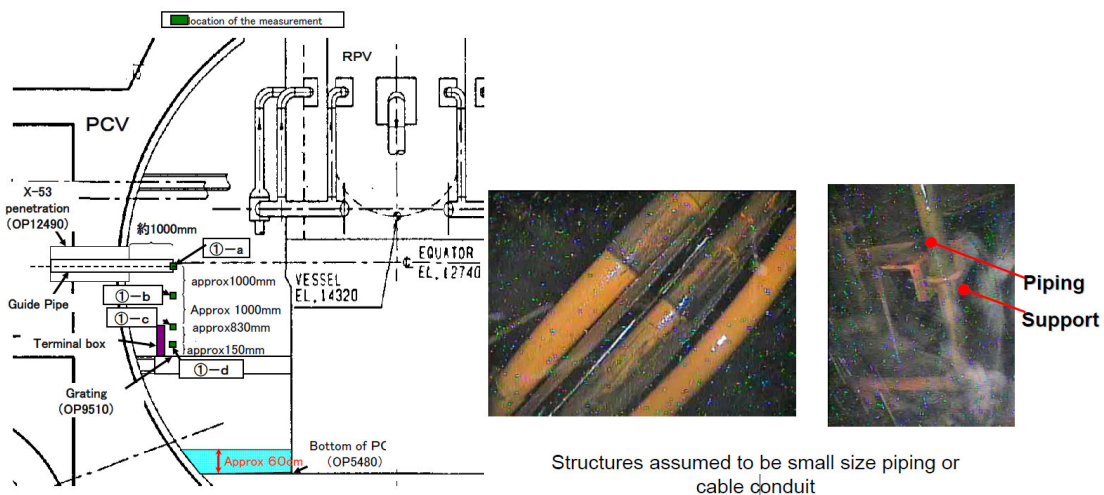


Abb. 14: Messorte im und Aufnahmen aus dem Containment Block 2

Vom 09.10.2012 bis 13.10.2012 hat TEPCO das Innere des Containments von Block 1 mit einem Endoskop untersucht. Dabei wurden ebenfalls der Wasserstand im Containment (2,80 m hoch) und Temperaturen sowie Dosisleistungen (bis zu 11 Sv/h in der Containmentatmosphäre und 0,5 Sv/h im Wasser) an verschiedenen Stellen in der Containmentatmosphäre (34,1 °C bis 35,1 °C) und in der Wasservorlage (37,0 °C bis 37,4 °C) ermittelt. Zusätzlich wurden Wasserproben gezogen und deren Zusammensetzung untersucht. Darüber hinaus wurden dauerhafte Messeinrichtungen für Temperatur und Wasserstand im Containmentinneren installiert. TEPCO beobachtet, wie sich

die installierten Messeinrichtungen verhalten, wenn sich bestimmte Parameter verändern, beispielsweise die Außentemperatur oder die eingespeiste Wassermenge in den Reaktordruckbehälter. Seit dem 03.12.2012 wird die Messeinrichtung als zuverlässig eingestuft.

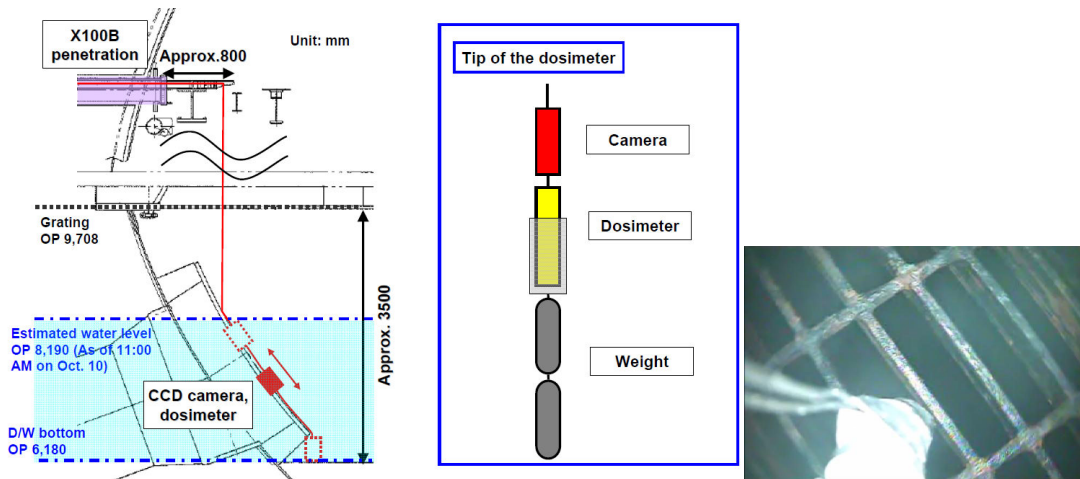


Abb. 15: Weg des Endoskops im und Aufnahme aus dem Containment

Am 03.10.2012 ist es TEPCO gelungen, in Block 2 ein Thermometer mittels eines Endoskops von außerhalb des Containments durch eine geöffnete Durchführung des Containments ca. 50 mm weit in einen bereits vorhandenen Rohrleitungsstutzen im unteren Bereich des Reaktordruckbehälters in dessen Außenwand zu installieren. Der Vorgang wurde vorab mehrmals an einem Prüfstand getestet, bevor er am Reaktor umgesetzt wurde. Die nun in der Außenwand des Reaktordruckbehälters ermittelte Temperatur entspricht in etwa der Temperatur, die auch an vergleichbarer Stelle von einem anderen als zuverlässig angesehenen Thermometer gemessen wird. Mit der neu installierten Temperaturmessung will TEPCO in erster Linie die Zuverlässigkeit der Temperaturüberwachung des Reaktordruckbehälters verbessern, da bereits mehrere Thermometer als nicht mehr zuverlässig bzw. als defekt angesehen werden. Ende Februar 2013 war die Installation eines weiteren Thermometers vorgesehen. Dafür wollte TEPCO vier Führungs-Rohrleitungen der Neutronenflussinstrumentierung (Kalibrierrohr des Fahrkammersystems) nutzen. Diese führen von einem Raum außerhalb des Containments (Raum für Incore-Messungen) bis in den Reaktordruckbehälter. Mit Hilfe einer Glasfaseroptik wurde zuvor der Zustand des jeweiligen Führungsrohrs erkundet. Die Versuche mit der Faseroptik, ins Innere des Reaktordruckbehälters zu gelangen, mussten jedoch abgebrochen werden: In einer der Rohrleitungen konnte die Faseroptik wegen eines mechanischen Fehlers nicht weiter eingeführt werden. In den

drei anderen Rohrleitungen behinderten Ablagerungen an der Rohrwand das Einführen der Faseroptik. In zwei dieser Rohrleitungen war der Rohrleitungsquerschnitt höchstwahrscheinlich vollständig blockiert. In einem nächsten Schritt will TEPCO die Ablagerungen innerhalb der Führungsrohre beseitigen.

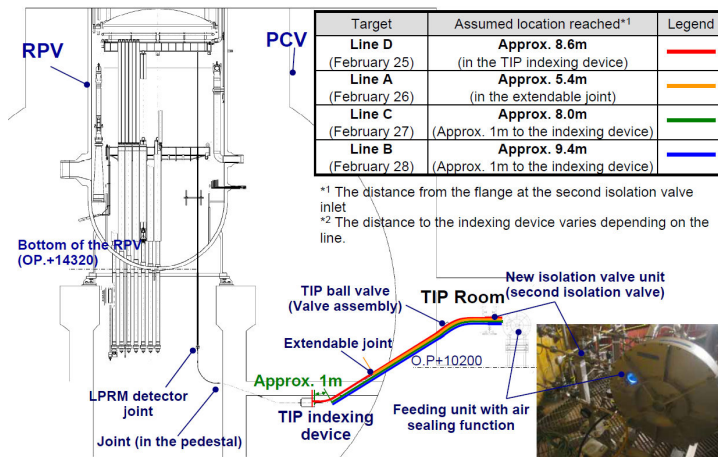


Abb. 16: Fahrkammersystem und Installationsversuch für Thermometer (Ende Februar 2013)

### 1.9.2 Einsatz von Robotern

Es sind verschiedenste Roboter in den Reaktorgebäuden der Blöcke 1 bis 3 eingesetzt worden, um einen Überblick über die Zustände (z. B. Ortsdosisleistungen, Temperaturen, visuelle Eindrücke) in den einzelnen Gebäudebereichen zu bekommen und weitere Arbeiten zu planen. Dadurch wird die Strahlenbelastung des Personals vermindert und die Roboter können sich an Orten aufhalten, die für das Personal aus strahlenschutztechnischen Gründen nicht zugänglich sind. Mit Hilfe der Roboter können so die Ortsdosisleistungen in den Reaktorgebäuden kartographisch erfasst werden und visuelle Inspektionen zur Planung der Entfernung von Trümmern und zur Leckagesuche im Torusbereich (Block 2 und 3) genutzt werden. Bisher konnten jedoch keine Leckagen oder schwere Schäden im Torusbereich gefunden werden.



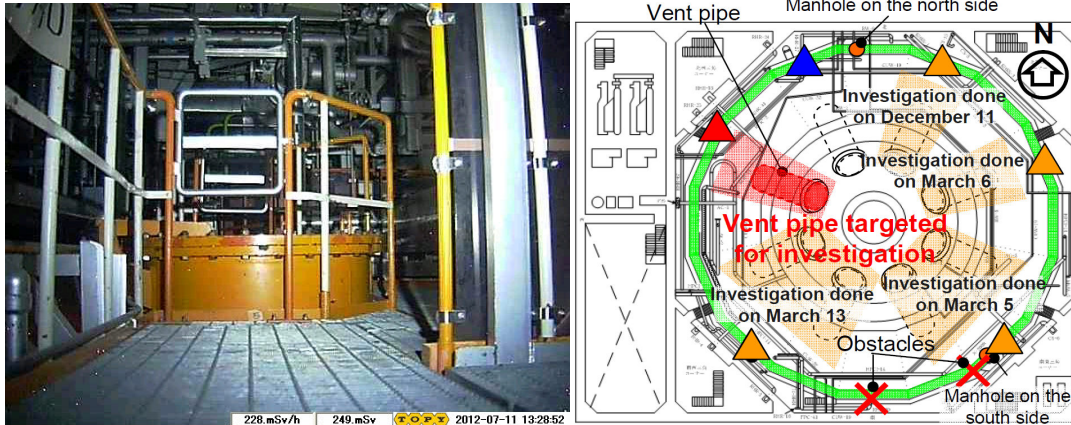


Abb. 17:Leckagesuche am Torus

### 1.9.3 Einsatz eines Ballons

Am 24.10.2012 untersuchte TEPCO mit einem Erkundungsballon den Bedienflur, der auch 5. Ebene genannt wird, im Block 1. Vom Bedienflur aus ist die Bergung der Brennelemente aus dem BE-Lagerbecken und später auch des Kernbrennstoffs aus dem Reaktor geplant. Die Erkundung auf der Höhe des Bedienflurs ermöglicht es, vor Beginn der Arbeiten möglichst viele Details darüber zu erhalten, wie der Zustand des Brückenkrans und der Brennelement-Wechselmaschine ist, welche Aufräumarbeiten in diesem Bereich noch durchzuführen und welche Zugänge/Schächte noch nutzbar sind. Dafür wurde der Ballon vom Erdgeschoss (Ebene 1) aus im Materialtransportschacht mit Hilfe von Seilen zum Bedienflur gesteuert. Der Ballon, mit einem Durchmesser von 2 Metern und einer Höhe von 5 Metern, war mit mehreren hochauflösenden Kameras sowie zwei Dosimetern ausgestattet. Die am Ballon installierten Dosimeter haben auch Dosisleistungen auf den unterschiedlichen Ebenen im Reaktorgebäude ermittelt. Sie variieren zwischen 20,1 mSv/h auf der 4. Ebene bis hin zu 150,5 mSv/h auf der 2. Ebene. Ein erster Erkundungsversuch mit einem Ballon am 08.08.2012 war fehlgeschlagen, weil der Ballon an einem Hindernis auf der 4. Ebene nicht vorbeikam. Mit dem konstruktiv veränderten Ballon (insb. andere Form und geringerer Durchmesser) war die zweite Erkundung dann erfolgreich.



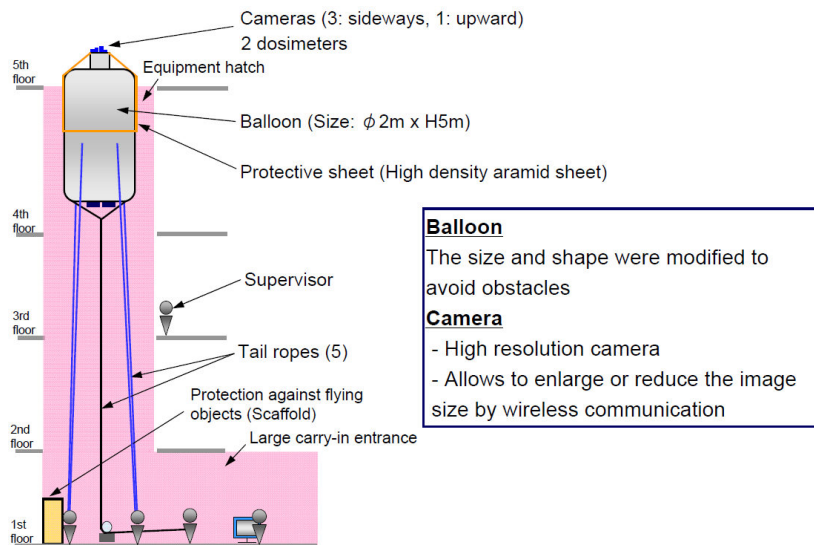


Abb. 18: Aufstieg des Erkundungsballoons im Materialtransportschacht

#### 1.9.4 Bergen zweier Brennelemente aus BE-Lagerbecken, Block 4

Am 18. und 19. Juli 2012 wurde probeweise je ein unbestrahltes Brennelement mithilfe eines mobilen Krans aus dem BE-Lagerbecken von Block 4 entnommen und für weitere Untersuchungen in das gemeinsam genutzte Gebäude zur Nasslagerung von Brennelementen transportiert. Die Untersuchung zeigte, dass keine signifikanten Beschädigungen oder Formveränderungen vorliegen. Spuren von Flugrost auf den Brennstäben konnten mit einem Tuch entfernt werden. Der Flugrost stammt wahrscheinlich von Metalltrümmern, die in das BE-Lagerbecken gefallen sind. Bislang sind keine Untersuchungsergebnisse bekannt, die auf Beeinträchtigungen der Brennelemente durch die Zusp eisung von Meereswasser am Anfang des Unfalls hinweisen. Es wurden Trümmerteilchen zwischen den Brennstäben gefunden, die jedoch zu keinen Beschädigungen führten. Solche Trümmerteilchen könnten jedoch u. U. die Bergung der Brennelemente erschweren, da sie z. B. zum Klemmen beim Ziehen der Brennelemente oder Beschädigungen der Hüllrohre führen könnten.



Abb. 19: Bergen zweier unbestrahlter Brennelemente aus dem BE-Lagerbecken

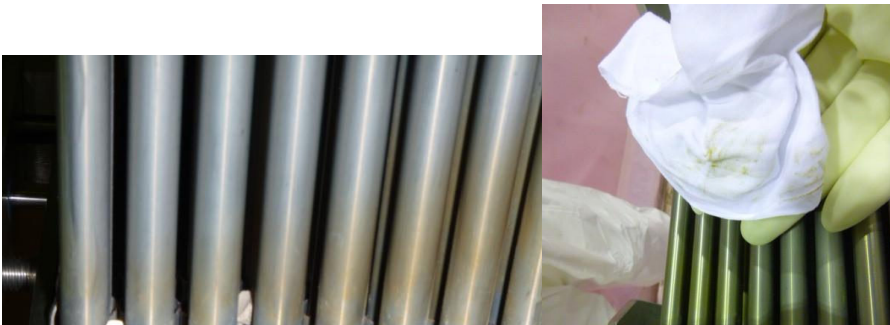


Abb. 20: Flugrost und Entfernung des Flugrosts mittels Wischen

### 1.10 Lagerung von Brennelementen - Gemeinsames Nasslagerbecken

Neben den BE-Lagerbecken in den Blöcken 1 bis 6 existiert auf dem Anlagengelände ein Gebäude zur Lagerung abgebrannter Brennelemente aus den Blöcken 1 bis 6. In dessen gemeinsamen Nasslagerbecken sind 6375 der vorhandenen 6840 Stellplätze bereits belegt.

Um die Brennelemente aus dem BE-Lagerbecken des Blocks 4 zu bergen und wie geplant im gemeinsamen Nasslagerbecken lagern zu können, sollen Brennelemente aus dem gemeinsamen Nasslager zur Trockenlagerung verbracht werden. Dafür werden Lagerbehälter zur Trockenlagerung angeschafft und eine Einrichtung zur temporären Lagerung der Behälter ist zu errichten.

Ende Februar 2012 sind erste Lagerbehälter zur Trockenlagerung der Brennelemente per Frachtkahn nach Fukushima transportiert worden. Die Anlieferung der Lagerbehälter wird voraussichtlich zwei bis drei Jahre in Anspruch nehmen.

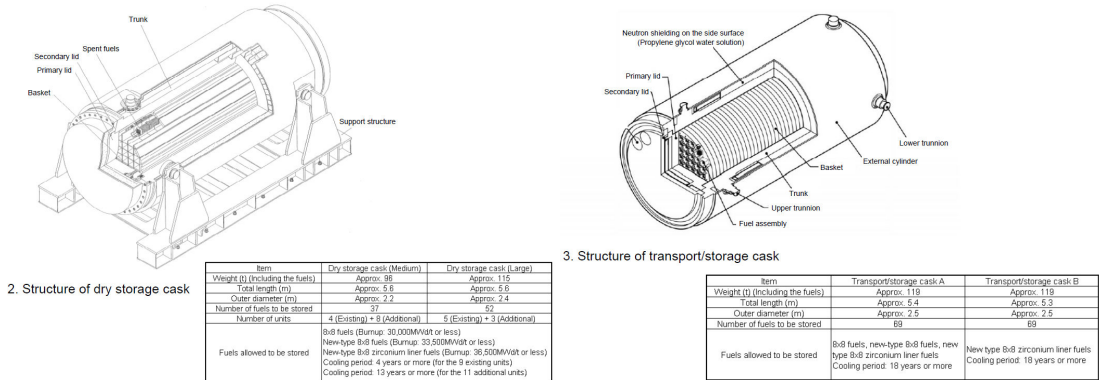


Abb. 21: Trockenlagerbehälter, Behälter zum Transport und zur Trockenlagerung

Die Arbeiten zur Errichtung der Einrichtung zur temporären Lagerung der Behälter begannen am 18.06.2012. Zurzeit werden Fundamente gesetzt und die Krananlage ist im Aufbau.