

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser

Inhalt

Fakten und Funktion	1
Aufbau der Dampferzeuger	2
Vorbereitung der Dampferzeuger	2
Ausbau der bisherigen Materialschleuse.....	2
Der neue Kontrollbereichsabschluss	5
Aufbau zusätzlicher Hilfsmittel innerhalb des Reaktorgebäudes	7
Der Weg von der Einbaulage nach draußen	8
Entsorgung der Dampferzeuger	10

Fakten und Funktion

Beim Kernkraftwerk Unterweser handelt es sich um einen Druckwasserreaktor. Während des Leistungsbetriebs wurde im Reaktor (1) Wasser unter hohem Druck erhitzt, ohne dass es zu sieden begann. Das erhitzte Wasser wurde dann zu vier separaten **Dampferzeugern** (3) geleitet, wo es seine Wärme an den sekundären Wasserdampfkreislauf abgab. Die Heizrohre des Dampferzeugers trennten den primären und den sekundären Kreislauf druckdicht voneinander. Das Wasser im zweiten Kreislauf erhitze sich und verdampfte. Dieser Dampf trieb die Turbinen und den Generator im konventionellen Teil des Kernkraftwerks an.

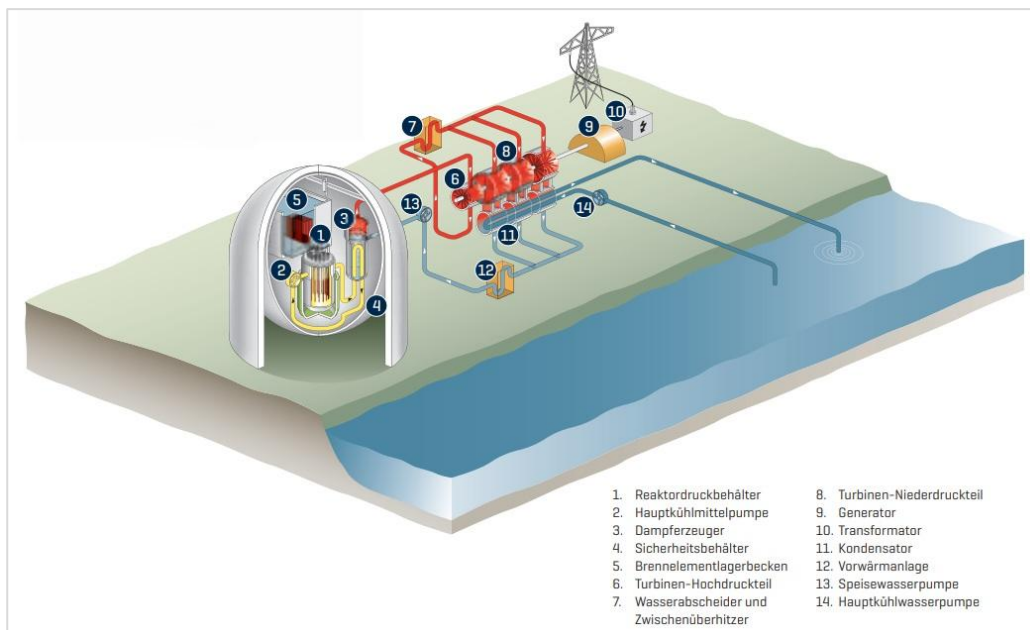


Abbildung 1: Schnittbild der
Kreisläufe eines
Druckwasserreaktors

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser

Aufbau der Dampferzeuger

Der Dampferzeuger ist ein großer Wärmetauscher, der die Wärmeenergie des Hauptkühlmittels an das Wasser des sekundären Wasserdampfkreislaufs abgibt. Dampferzeuger stellen somit das Bindeglied zwischen Primär- und Sekundärkreislauf dar.

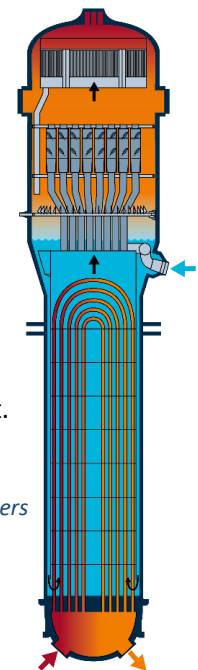
Höhe:	20 m
Durchmesser:	5 m
Gewicht:	ca. 300 t

Das Kühlmittel durchfließt den Druckwasserreaktor im Primärkreis. Von dort fließt es unter hohem Druck (158 bar) und einer Temperatur von ca. 300 °C durch die Rohrbündel des Dampferzeugers und überträgt seine Wärme an das Wasser auf die Sekundärseite des Dampferzeugers. Der dadurch entstehende Wasserdampf treibt die Turbine an.

Vorbereitung der Dampferzeuger

Die in den vier Dampferzeugern vorhandenen Rohrbündel des primären Kühlkreislaufs wurden bereits im Herbst 2012 im Rahmen der Primärkreisdekontamination umfassend gespült. Darüber hinaus wurden alle mit den Dampferzeugern in Verbindung stehenden Leitungen getrennt, die zahlreichen Rohrstutzen gekürzt und alle Öffnungen verschlossen. Die Betonriegel, die die Dampferzeuger während des Leistungsbetriebs abschirmten, wurden entfernt. Um zu verhindern, dass sich lose Partikeln wie Korrosion oder Farbreste usw. lösen, wurde die Oberfläche der Dampferzeuger mit Restfaserbindemittel beschichtet.

Abbildung 2: Aufbau eines Dampferzeugers



Ausbau der bisherigen Materialschleuse

Um die vier Dampferzeuger aus dem Sicherheitsbehälter (Containment) des Kraftwerks ausheben zu können, musste zunächst die Materialschleuse umgebaut werden. Im Rahmen dieses Teilprojekts wurde ein neuer in seiner Größe erweiterbarer Abschluss des Kontrollbereichs geschaffen, durch den ein Ausschleusen der gewaltigen Komponenten problemlos möglich ist.

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser

Ausheben des Flugzeugabweisers

Im März 2024 wurde zunächst außerhalb des Reaktorgebäudes der sogenannte Flugzeugabweiser entfernt. Dieser 110 t schwere Riegel befand sich an der Außenseite des Containments unmittelbar vor der Schleuse und diente während des Leistungsbetriebs dem Schutz der Anlage. Das Ausheben wurde durch Framatome geplant und mit Unterstützung von Mammoet, einer Fachfirma für Schwertransporte, durchgeführt.



Abbildung 3: Der Flugzeugabweiser wird abgebaut...



Abbildung 4: ... und abgelegt.

Abbau der Decken- und Frontriegel und der Bühne

Ein weiterer wichtiger Schritt erfolgte im August 2024: Im Außenbereich des Reaktorgebäudes wurden die drei Decken- und die beiden Frontriegel am Halbportal abgebaut und herausgehoben. Anschließend wurde die Bühne am Halbportalkran demontiert. Diese werden für den weiteren Rückbau nicht mehr benötigt und sind für das spätere Absenken der Dampferzeuger im Weg.

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser



Abbildung 5: Demontage der Bühne am Halbportalkran



Abbildung 6: Demontierte Materialschleuse bereit zum Ablassen

Ausbau der Materialschleuse

Nach der Demontage der Front- und Deckenriegel und der vollständigen Entkernung der Materialschleuse war der Weg frei, um die Materialschleuse Ende August 2024 aus ihrer Einbaulage zu heben und in einem Stück ausbauen zu können. Dies geschah in mehreren Schritten: Zunächst wurde die Schleuse um ca. 2,5 m nach außen verschoben – eine Arbeit, die höchste Präzision erforderte. Am darauffolgenden Tag wurde sie am Halbportalkran angeschlagen und auf einem Tieflader abgestellt.

Schließlich erfolgte der Transport der Materialschleuse zum Maschinenhaus. Dort wurde die Schleuse auf den 16 m hohen Turbinenflur gehoben und im vorgesehenen Bereich abgesetzt.



Abbildung 7: Die Materialschleuse wird herausgehoben

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser



Abbildung 8: Abtransport der Materialschleuse ins Maschinenhaus



Abbildung 9: Ankunft der Materialschleuse am Zerlegeplatz im Maschinenhaus

Seit Januar 2025 erfolgen die Zerlegearbeiten an der Materialschleuse. Dafür wurde eigens ein temporärer Kontrollbereich im Maschinenhaus eingerichtet.

Der neue Kontrollbereichsabschluss

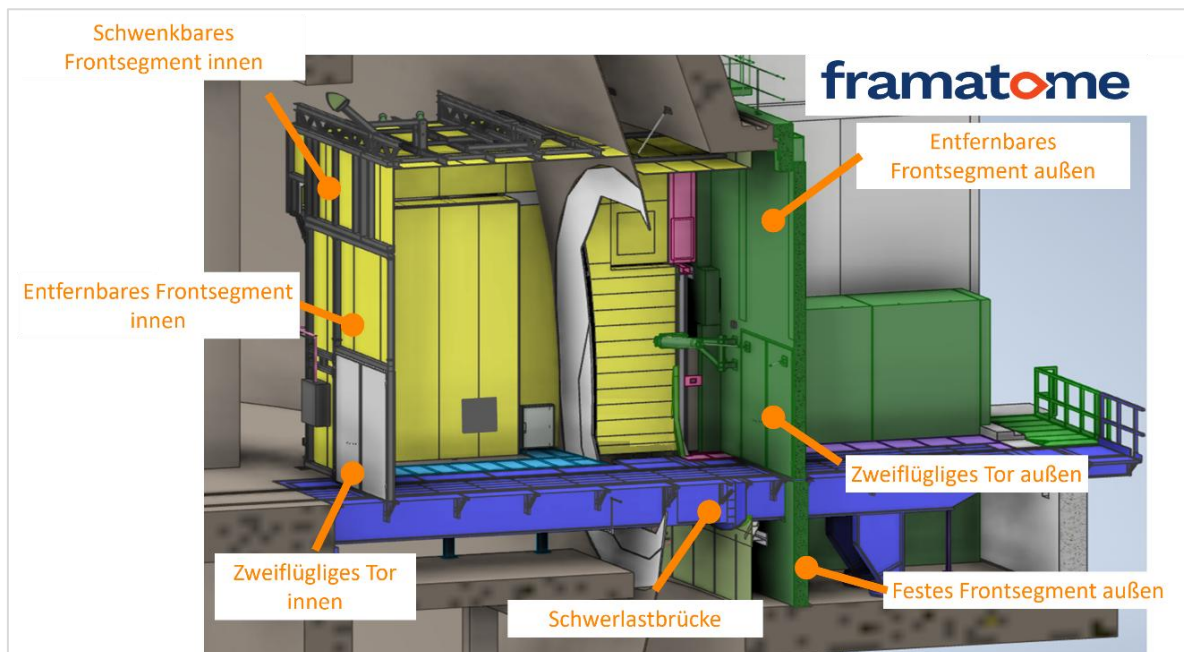


Abbildung 10: Aufbau des neuen Kontrollbereichsabschlusses (Quelle: Framatome)

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser

Anstelle der Materialschleuse wurde ein neuer Schleusenraum geschaffen, um den erforderlichen Abschluss des Kontrollbereichs nach außen wiederherzustellen. Der neue Kontrollbereichsabschluss ist als ein umschlossener Raum (Kontrollbereichsabschlussraum) angelegt. Sein äußerer Teil, der die Grenze des Kontrollbereichs darstellt, besteht aus Stahlbetonfertigteilen, einem entfernbar äußeren Frontsegment und einer äußeren Toranlage. Nach innen stellen Hallenbauelemente, ein entfernbares inneres Segment und eine innere Toranlage die Grenze zu den weiteren Räumen im Kontrollbereich dar. Die Schwerlastbrücke ist ebenfalls ein wesentlicher Bestandteil des Kontrollbereichsabschlusses.

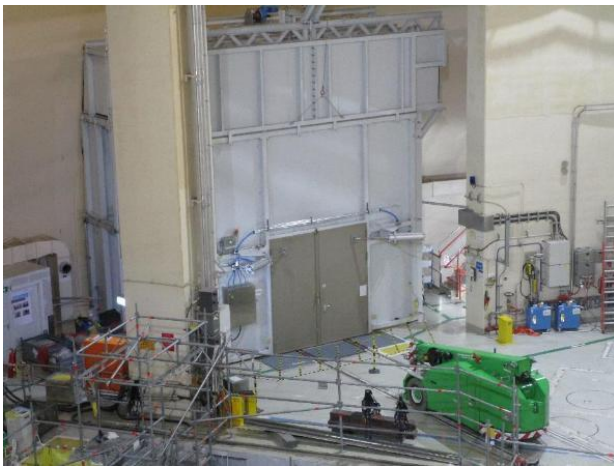


Abbildung 11: Neuer Abschluss des Kontrollbereichs

Die Raumschließung mit den zweiflügeligen Toranlagen ermöglicht das Heraus- und Hereinbringen von Gegenständen bis zur Größe eines 20-Fuß-Containers. Zum Heraus- und Hereinbringen von Großkomponenten können die entfernbar Segmente innen und außen geöffnet werden.

Einbau der Schwerlastbrücke

Für den Transport der Dampferzeuger aus dem Reaktorgebäude wurde von Juli 2024 bis März 2025 eine neue Schwerlastbrücke eingebaut. Diese läuft durch den Kontrollbereichsabschluss und ist der Transportweg von innen nach außen. Über diese werden die Dampferzeuger mittels eines hydraulischen Verschiebesystems aus dem Kontrollbereich geschoben. Die Schwerlastbrücke ist für eine Last von 300 t ausgelegt. Im März 2025 wurde sie einer erfolgreichen Belastungsprüfung unterzogen und mit einer Überlast von 378 t beladen. Dies entspricht der 1,25-fachen Last eines Dampferzeugers zuzüglich Transportequipment. Die anschließenden Sicht- und Oberflächenprüfungen an vordefinierten Schweißnähten bestätigten, dass die Schwerlastbrücke voll einsatzfähig und damit der Transportweg für die vier Dampferzeuger aus dem Kontrollbereich frei ist.

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser

Aufbau zusätzlicher Hilfsmittel innerhalb des Reaktorgebäudes

Aufgrund des hohen Gewichts der Dampferzeuger benötigt der Rundlaufkran im Reaktorgebäude eine zusätzliche Stützkonstruktion. Die Träger des Reaktorgebäudekrans können die komplette Last des Dampferzeugers nicht allein tragen. Deshalb konstruierte Framatome eine Mittelstütze, die auf einer Ringbahn steht und mit dem Kran mitdrehen kann. Diese Mittelstütze erhöht die Tragfähigkeit der Kranträger auf 352 t. So kann die Konstruktion den Hebe- und Schwenkvorgang des Rundlaufkrans stützen. Es wurden zahlreiche Lastprüfungen durchgeführt, die die Tragfähigkeit für die Dampferzeuger nachgewiesen haben.



Abbildung 12: Einbau und Abnahme der Ringbahn und Mittelstütze



Abbildung 13: Prüfgewichte für den Belastungstest

Um ein Versagen der neuen Hebemittel, der Schwerlastbrücke sowie der Krananlagen während der Dampferzeugerhübe und -transporte auszuschließen, wurden verschiedene Belastungstests durchgeführt. Anschließend folgten diverse Überprüfungen der Komponenten und Schweißnähte. Bei den Überlasttests kamen bis zu 440 t zum Einsatz, die aufwendig ein- und ausgeschleust werden mussten.

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser

Der Weg von der Einbaulage nach draußen

Für die Zeit des Ausschleusens und auch während des Belastungstests der Schwerlastbrücke war es erforderlich, zusätzlich zum eigentlichen Kontrollbereichsabschluss einen mobilen inneren Abschluss des Kontrollbereichs herzustellen. Dieser wurde in Form einer Konstruktion aus Gerüsten und Planen realisiert. Die Erfüllung der Anforderungen an einen zuverlässigen Kontrollbereichsabschluss, insbesondere die Unterdruckhaltung und gerichtete Luftströmung, wurde vom Strahlenschutz überprüft.



Abbildung 14: Zusätzliche innere Einhausung als zuverlässiger Kontrollbereichsabschluss

Der Hubvorgang

Für den Hubvorgang gibt es einen Schrittfolgeplan, der im Vorfeld durch die Sachverständigen des TÜV Nord geprüft und freigegeben wurde. Der Hubvorgang beginnt mit einem Sicherheitsbriefing der Mannschaft, die für diesen Hub verantwortlich ist. Im nächsten Schritt werden die Krananzeige und die Lastanzeige an der Innentraverse sowie die sichere Auslösung der Überlastabschaltungen überprüft. Nach erfolgreicher Prüfung startet dann der eigentliche Hubvorgang mit dem Entfernen der Muttern der Haltebolzen der Dampferzeuger.

Sobald der Dampferzeuger frei ist, wird er leicht angehoben. Im Anschluss werden weitere Störkanten demontiert, die Tragbalken zur Seite geschwenkt und die Gerüste abgebaut. Nach einigen leichten Drehbewegungen mit kleineren Hüben ist der Dampferzeuger aus seiner Einbaulage befreit und kann mit dem Gebäudekran ca. 6,5 m angehoben werden. Dabei wird die Lastanzeige am Reaktorgebäudekran permanent im Blick behalten. Dann beginnt der Transport des Dampferzeugers von seiner Einbaulage zu seinem Ablageplatz. Auch hierbei sind mehrere Drehungen und Hübe nötig, bis der Dampferzeuger schließlich an seinem Ablageplatz vor dem Tor des Kontrollbereichsabschlusses angelangt ist. Vom Beginn der Prüfungen bis zu diesem Zeitpunkt dauerte es beim Hub des ersten Dampferzeugers ca. 18 Stunden.

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser

Der Weg durch den neuen Kontrollbereichsabschluss

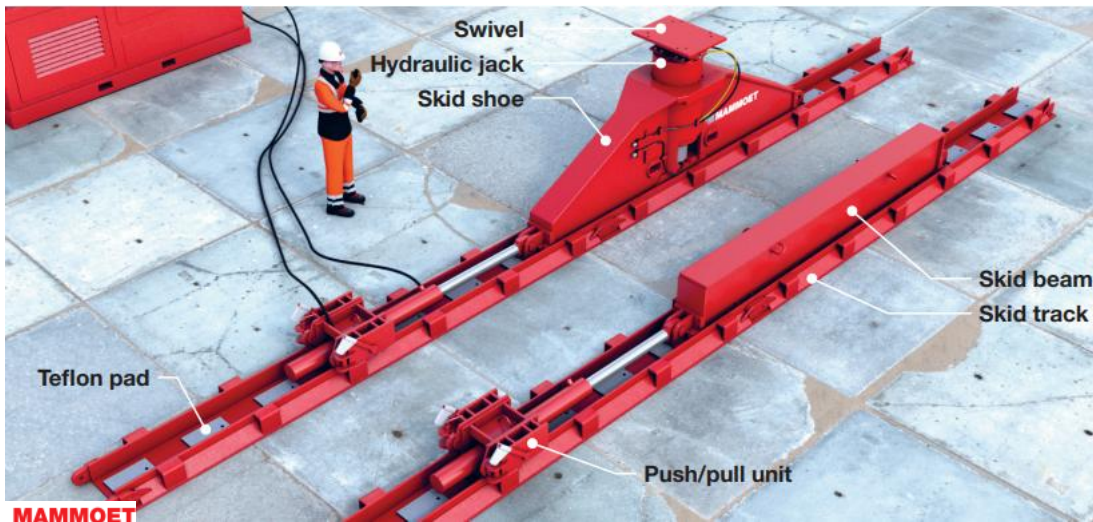


Abbildung 15: Verschubsystem im Modell (Quelle: Mammoet)

Für den Transport des Dampferzeugers aus dem Reaktorgebäude wird ein Verschiebesystem eingesetzt. Dies hat verglichen mit einem Wagen den Vorteil, dass die Masse des Dampferzeugers von rund 300 t einfacher und gleichmäßiger verteilt werden kann.

Nach dem Absetzen des Dampferzeugers auf dem Verschiebesystem wird zunächst der innere Kontrollbereichsabschluss um den Dampferzeuger herum aufgebaut. Das Ausschleusen selbst findet an einem anderen Tag statt. Voraussetzung für die Freigabe zum Start des Ausschleusvorgangs ist eine günstige Wetterlage mit einer prognostizierten Windgeschwindigkeit von maximal 10 m/s.

Zur Vorbereitung des Ausschleusvorgangs wird das Außensegment des Kontrollbereichsabschlusses ausgebaut und mit dem Außenkran aus seiner Halterung gehoben. Anschließend wird die sogenannte Außentraverse an den Kran angeschlagen. Diese wurde speziell für den Dampferzeugerhub gefertigt. Nachdem die Außentraverse erfolgreich über dem nun geöffneten Kontrollbereichsabschluss positioniert ist, beginnt das eigentliche Ausschleusen. Dabei wird der Dampferzeuger mit Hilfe von Hydraulikzylindern nach draußen geschoben und unter der Außentraverse positioniert. Der Dampferzeuger wird dann an speziell gefertigten Anschlagseilen und über vier jeweils 780 kg schwere Seilschlösser an die Außentraverse angeschlagen.

Ausbau der vier Dampferzeuger des Kernkraftwerks Unterweser

Nun beginnt der Absenkvorgang nach unten. Dieser endet mit dem Ablegen des Dampferzeugers auf einen Spezialtransporter, der ihn zum vorgesehenen Abstellplatz bringt. Sobald die Außentraverse vom Kran abgeschlagen ist, wird diese zum Einsetzen des Außensegments des Kontrollbereichsabschlusses verwendet. Erst mit dem Verschließen des äußeren Kontrollbereichsabschlusses ist das Ausschleusen beendet. Auch das Ausschleusen wird weitere 18 Stunden in Anspruch nehmen. Die Dampferzeuger werden bis zu ihrem Abtransport nach Schweden auf dem Kraftwerksgelände gelagert.

Entsorgung der Dampferzeuger

Die vier Dampferzeuger können voraussichtlich Ende Juli nach Studsvik zu Cyclife Schweden transportiert werden. Hierzu werden sie auf ein Frachtschiff verladen. Cyclife verfügt über eine Schmelzanlage im Südwesten Schwedens, die speziell auf die Zerlegung und Entsorgung solcher Großkomponenten ausgerichtet ist.

Die Firma Cyclife, ein Tochterunternehmen der Electricité de France (EDF), hat sich auf die Stilllegung von Kernkraftwerken und das Abfallmanagement spezialisiert. Das Unternehmen erhielt 2021 den Zuschlag der PreussenElektra für den Abbau und die Entsorgung der insgesamt 16 Dampferzeuger in den Kernkraftwerken Unterweser, Grafenrheinfeld, Grohnde und Brokdorf. Bereits vor etwa 15 Jahren entwickelte Cyclife in Schweden ein Verfahren zur Zerlegung und Verarbeitung von Dampferzeugern und baute auch die hierfür notwendige Infrastruktur auf. Bis zum heutigen Tag wurden dort insgesamt 13 Dampferzeuger und 15 Großwärmetauscher aus schwedischen, deutschen und englischen Kernkraftwerken erfolgreich verarbeitet.