

Februar 2010

Beschreibung möglicher Produktionsstätten

Größe, Form und Anforderungen an mögliche
Produktionsstätten für Elemente der Festen
Fehmarnbeltquerung

An aerial photograph showing a wide expanse of blue water, likely the Fehmarn Belt, with a thin strip of land visible on the right side. The sky is clear and blue.

Femern
Sund \approx Bælt

Beschreibung möglicher Produktionsstätten

Dieser Bericht wurde erstellt von:

Femern A/S

Femern A/S

Die Femern A/S ist mit dem Entwurf und der Planung einer Festen Fehmarnbeltquerung zwischen Deutschland und Dänemark beauftragt.

Die Femern A/S ist ein Tochterunternehmen der Sund & Bælt Holding A/S, eines 100-prozentigen Staatsunternehmens im Besitz des dänischen Verkehrsministeriums, das bereits über Erfahrungen aus dem Bau der festen Querungen über den Großen Belt und den Öresund verfügt.

Im April 2009 wurde die Femern A/S vom dänischen Verkehrsminister entsprechend dem „Gesetz über die Projektierung einer Festen Fehmarnbeltquerung mit den verbundenen Hinterlandanbindungen“ mit der Verantwortung für die Vorbereitungsarbeiten, die Untersuchungen und die Projektierung einer Festen Fehmarnbeltquerung beauftragt.

Das Unternehmen hat seinen Hauptsitz in Kopenhagen und unterhält Büros in Burg auf Fehmarn und Rødbyhavn, Dänemark.

www.femern.de

Impressum

Femern A/S – Februar 2010

Zweite, überarbeitete Auflage

Fotos: Øresundsbron,
Sund & Bælt A/S, Jan Kofoed-
Winther

Computergrafiken: Møllers Tegne-
stue, Cowi A/S & Obermeyer and
Rambøll, Arup & TEC

Druck: Vester Kopi

*Titelseite: Der Fehmarnbelt von Westen Richtung
Osten gesehen.*

Foto: Jan Kofoed-Winther

Inhalt

DIE FESTE FEHMARNBELTQUERUNG	5
ALLGEMEINES	7
Entwurfs- und Bauphilosophie	9
Prozentuale Verteilung nach Arbeitsarten bei der Fehmarnbeltquerung	11
Je näher desto besser	13
Ausschreibung der Produktionsstätten	15
Über diesen Bericht	15
BRÜCKE	16
Mehrere Produktionsstätten	16
Produktionsstätte für Brückencaissons, Pfeiler und Tragwerkmontage	18
Produktionsstätte für den Überbau	21
TUNNEL	25
Mehrere Produktionsstätten	25
Produktionsstätte für Tunnelelemente	26
Baggerung	30
ANFORDERUNGEN UND WÜNSCHE BEZÜGLICH DER RAHMENBEDINGUNGEN FÜR PRODUKTIONSSTÄTTEN	32

Haftungsausschluss. Es wurde noch nicht festgelegt, ob die Feste Fehmarnbeltquerung als Brücke oder als Tunnel ausgeführt wird. Der Inhalt dieses Berichts ist kein Hinweis darauf, welches Vorhaben verwirklicht werden soll, welche Arbeitsmethoden anzuwenden sind, oder an welchen Orten die Produktionsstätten errichtet werden.

Die Feste Fehmarnbeltquerung

Im Herbst 2009 ratifizierten Deutschland und Dänemark den Vertrag zur Errichtung einer festen Querung über den Fehmarnbelt zwischen beiden Ländern.

Die Feste Fehmarnbeltquerung wird aus einer vierspurigen Autobahn und einer zweigleisigen, elektrifizierten Eisenbahnverbindung bestehen und 19 km über den Fehmarnbelt führen – von der Insel Fehmarn auf deutscher Seite nach Rødbyhavn auf der dänischen.

Die feste Querung wird Skandinavien noch stärker mit dem übrigen Europa verbinden und eine direkte Anbindung der skandinavischen Länder an den Norden Deutschlands und in Richtung Osten an die dynamisch wachsenden Ostseeanrainerstaaten schaffen. Ziel der kombinierten festen Straßen- und Schienenquerung ist vor allem die umweltfreundliche und wirtschaftliche Verbesserung der Transportbedingungen für Passagiere und Güter.

Das Bauwerk überquert die deutsch-dänische Grenze, die zwischen den Küsten der beiden Staaten verläuft.

Die Ratifizierung des deutsch-dänischen Vertrages ist in beiden Ländern durch nationale Gesetze erfolgt. Wie im Staatsvertrag vereinbart, ist Dänemark für Entwurf, Genehmigung, Ausführung, Betrieb und Finanzierung der Küstenverbindung sowie die Hinterlandanbindungen auf dänischer Seite verantwortlich. Die feste Querung wird vorfinanziert durch Kredite, für die der dänische Staat bürgt, die Refinanzierung erfolgt ausschließlich über Mautgebühren. Dänemark bleibt der alleinige Eigentümer und Betreiber der festen Querung. Laut Vertrag ist Deutschland für die Hinterlandanbindungen auf deutscher Seite verantwortlich.

Im April 2009 beauftragte der dänische Verkehrsminister das staatliche Unternehmen Femern A/S mit dem Gestaltungsentwurf für die feste Querung. Die Entwurfs- und Genehmigungsphase ist bereits recht weit fortgeschritten: So wurden bereits bzw. werden derzeit etwa Umweltauswirkungen, Baugrund und die Sicherheit auf See untersucht sowie verschiedene Entwürfe für eine Brücke und einen Tunnel als alternative Varianten. Vor Baubeginn müssen eine umfangreiche Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt und die Planungsgenehmigung von den Behörden in Deutschland und Dänemark eingeholt werden – nach Rücksprache mit den anderen Ostseeanrainerstaaten.

Die Entwurfs- und Genehmigungsphase des Vorhabens wird voraussichtlich 2012 abgeschlossen. Dann wird die endgültige Genehmigung für den Bau und den Betrieb des Vorhabens in Form eines Baugesetzes im dänischen Parlament erfolgen. Der Bau wird voraussichtlich sechs Jahre in Anspruch nehmen.

Die vorläufigen Baukosten der Küstenverbindung belaufen sich auf schätzungsweise 4,5 Milliarden Euro beim Bau einer Brücke und 5,5 Milliarden Euro beim Bau eines Tunnels. Beiden Beträgen liegen die Preise von 2008 zugrunde.

Der Bau selbst wird in der sechsjährigen Hochphase (ein Jahr Anlaufphase, fünf Jahre Ausführung) voraussichtlich etwa 6.000-7.000 Arbeiter pro Jahr beschäftigen. Unabhängig von der gewählten Lösung besteht das Bauwerk überwiegend aus großen Stahl- und Betonteilen, die in Fabriken und Baudocks an Land produziert und an Ort und Stelle im Trassenführungskorridor zusammengesetzt werden. Kontrollierte Arbeitsbedingungen sichern dabei eine hohe Qualität und niedrige, kontrollierte Belastungen für Mensch und Umwelt.



*Die feste Querung über den Öresund im Bau.
Foto: Øresundsbron*

Allgemeines

Der Bau eines Tunnels bzw. einer Brücke von der Größe des Fehmarnbeltvorhabens erfordert tausende Arbeiter, gewaltige Mengen an Material und Ausrüstung sowie großflächige Produktionsstätten für die Brücken- und Tunnelelemente. Dieser Bericht soll Behörden, Wirtschaft und interessierter Öffentlichkeit ein Bild von den Anforderungen vermitteln, die ein so großes Bauvorhaben wie die Feste Fehmarnbeltquerung stellt. Die Femern A/S hofft, damit weiteres Interesse an den bevorstehenden Bauarbeiten und an der Ansiedlung einer der größeren Produktionsstätten für Bauelemente zu wecken.

Dieser Bericht umfasst nur mögliche Gestaltungsvarianten von Produktionsstätten für Elemente, wie Brückenpfeiler, Caissons oder Tunnelemente. Die Rampenanlagen auf den Inseln Fehmarn und Lolland werden hier nicht berücksichtigt.

Der Bericht basiert auf den Erfahrungen aus großen Bauvorhaben auf der ganzen Welt, einschließlich der Querungen über den Öresund und den Großen Belt. Zahlenangaben, Texte und Zeichnungen dienen ausschließlich der Anschaulichkeit und sind nicht repräsentativ für den aktuellen Produktionsprozess oder die endgültigen Produktionseinrichtungen für das Fehmarnbeltvorhaben. Der Inhalt dieses Berichts gibt weder die endgültige Trassenführung oder den Entwurf einer Brücke bzw. eines Tunnels wieder noch beeinflusst er diese.

In den Ausschreibungsunterlagen für Bauunternehmer legt die Femern A/S Auftrag, Zeitrahmen und Leistungsstandards durch eine Reihe funktionaler Bedingungen sowie die Entwurfs- und Durchführungsbedingungen fest. Ein so genannter „illustrativer Entwurf“ zeigt, dass diese Anforderungen erfüllbar sind. Dieser bildet auch die Grundlage für die deutsche Planfeststellung und das dänische Baugesetz, die voraussichtlich innerhalb von drei Jahren, d. h. bis Ende 2012, abgeschlossen bzw. verabschiedet werden.

Der Gesamtauftrag wird in eine Reihe von Verträgen unterteilt. Unabhängig davon, ob die Entscheidung zugunsten einer Tunnel- oder einer Brückenlösung ausfällt, werden wahrscheinlich mindestens drei Hauptverträge ausgeschrieben. Infolgedessen müssen mehrere Produktionsstätten eingerichtet werden.

Im Gegensatz zu den Produktionsstätten, die sich auch in einiger Entfernung vom Trassenverlauf befinden können, müssen einige Arbeitsstätten und Arbeitshäfen nahe der Trasse und dem Rampenanschluss angesiedelt werden.

Die ideenreichen und gut durchdachten Angebote der Bauunternehmer bilden die Grundlage für spezifische Lösungen, einschließlich der Standortwahl und der Gestaltung der Produktionsstätten. Die freie Wahl des Verfahrens ist dabei ein wichtiger Aspekt des Beitrags, den der Bauunternehmer dazu leisten kann, optimale Lösungen zu finden – für das Endprodukt wie für den Bauprozess.

Über Anzahl und Standorte der Produktionsstätten entscheiden die Bauunternehmer. Wie bereits erwähnt, wird es voraussichtlich drei – möglicherweise auch mehr – große Produktionsstätten geben, unabhängig davon, ob die Entscheidung letztlich zugunsten eines Tunnels oder einer Brücke ausfällt.



Der Bau einer Brücke oder eines Tunnels von der Größe der Festen Fehmarnbeltquerung erfordert tausende Bauarbeiter, eine Reihe großer Produktionsstätten sowie den Zugang zu Tiefwasserhäfen. Die Fertigungsanlage der Öresundbrücke wurde im Nordhafen von Malmö auf neu gewonnenem Land errichtet. Nach Abschluss der Bauarbeiten wurde sie abgebaut, und die Fläche wird jetzt für den Hafenbetrieb genutzt.

Foto: Øresundsbron

Entwurfs- und Bauphilosophie

Wie bei der Festen Öresundquerung sollen die Bauunternehmer auch beim Fehmarnbeltvorhaben vertraglich zur Durchführung der Detailplanung und der Bauarbeiten verpflichtet werden (Entwurfs- und Bauphilosophie). Grundlage hierfür ist eine klare Verteilung von Aufgaben, Zuständigkeiten und Risiken zwischen der Femern A/S und den Bauunternehmern.

Ein Entwurfs- und Bauauftrag hat folgende Merkmale und Vorhabensphasen:

- Die Femern A/S ist verantwortlich für Planung und Entwurf, Umweltgutachten, Baugrunduntersuchungen usw., die für das Planfeststellungsverfahren benötigt werden, innerhalb dessen die Behörden die Bedingungen für den Bauprozess und das abgeschlossene Vorhaben festlegen. Dies kann zum Beispiel Anforderungen an Lärm, Staub, Wasserqualität, Abfallentsorgung, Zugang usw. betreffen.
- Die Behörden müssen das Vorhaben genehmigen. In Dänemark geschieht dies durch die Verabschiedung eines Baugesetzes, während in Deutschland das kombinierte Straßen- und Eisenbahnvorhaben von der Planfeststellungsbehörde des Landes Schleswig-Holstein genehmigt werden muss. Zu diesem Zeitpunkt wird über die endgültige Trassenführung und die Form des Bauwerks entschieden.
- Festgelegt werden neben den funktionalen Bedingungen der Femern A/S auch Bedingungen für Planung und Durchführung. Es wird ein illustrativer Entwurf vorbereitet, der beispielhaft die Durchführung der Arbeiten darstellt. Dabei handelt es sich allerdings nur um eine fiktive Darstellung des endgültigen Vorhabens.
- Danach wird das Vorhaben nach den geltenden EU-Vorschriften international ausgeschrieben. Ist der Gesamtauftrag zu umfangreich für einen einzelnen Bauunternehmer, wird er in mehrere Verträge aufgeteilt. Zu Beginn wird die Femern A/S die Bauunternehmer zur Präqualifikation einladen, d. h. diese müssen nachweisen, dass sie über die für die Durchführung des jeweiligen Teilvorhabens erforderlichen Qualifikationen und Kapazitäten verfügen. Eine Reihe ausgewählter Bauunternehmerkonsortien wird anschließend aufgefordert, Angebote einzureichen. Danach erhalten die Bauunternehmer die Ausschreibungsunterlagen, auf deren Grundlage sie innerhalb von sechs bis acht Monaten ihre detaillierten Angebote einreichen müssen. In dieser Phase untersuchen die Bauunternehmer geeignete Orte für Produktionsstätten und benennen Subunternehmer und Lieferanten. Nach Eingang der Angebote wird die Femern A/S diese prüfen und die Bauverträge an die Bauunternehmerkonsortien vergeben, die die wirtschaftlich vorteilhaftesten Angebote eingereicht haben.
- Zwischen der Unterzeichnung des Bauvertrags und dem Beginn der Ausführung liegt ein Zeitraum von ungefähr einem bis zwei Monaten. Innerhalb dieser Zeitspanne arbeitet der Bauunternehmer die Ausführungsplanung aus, legt sie der Femern A/S zur Genehmigung vor und muss die für ein solches Bauvorhaben erforderlichen spezifischen Genehmigungen einholen. Gleichzeitig werden die dazugehörigen Produktionsstätten eingerichtet.
- Die etwa sechsjährige Bauphase ist ein kompakter Prozess, an dem in der Hochphase wahrscheinlich ca. 6.000 bis 7.000 Menschen pro Jahr beteiligt sind.

- Gegen Ende des Bauvorhabens werden die Arbeiten nach und nach reduziert.
- Bis zur Einweihung der Querung sind zahlreiche Prüfungen durchzuführen, z. B. der Schienenanlagen und der Notfallmaßnahmen. Darüber hinaus werden die Betriebsführung und das Monitoring der Querung aufgebaut.
- Vor der Einweihung wird eine Reihe neuer Lieferanten und Bauunternehmer mit dem Betrieb und der Wartung der fertiggestellten Querung beauftragt. Dazu zählen auch das Personal der Mautstation, die Kontrolle und das Monitoring, die Straßenmeisterei sowie die laufende Wartung der Querung.

Wie die Feste Öresundquerung wird auch die Fehmarnbeltquerung Staatsgrenzen überschreiten. Viele Aspekte im Zusammenhang mit der Produktion und dem Bau unterliegen daher detaillierten Gesetzen und Vorschriften in mehr als einem Land. Andere werden in technischen Normen und Standards vorgeschrieben. Aspekte, die detaillierten Regeln unterliegen, sind beispielsweise:

- Zulässige Grenzwerte für Lärm und Staub, etwa auf der Produktionsstätte, um Belästigungen der Anwohner und der örtlichen Wirtschaft zu vermeiden
- Arbeitsumfeld und Arbeitsschutzmaßnahmen
- Verkehr von und zu den Produktionsstätten – zu Land und zu Wasser
- Kontrolle der Sedimentfreisetzung im Wasser infolge von Baggerarbeiten

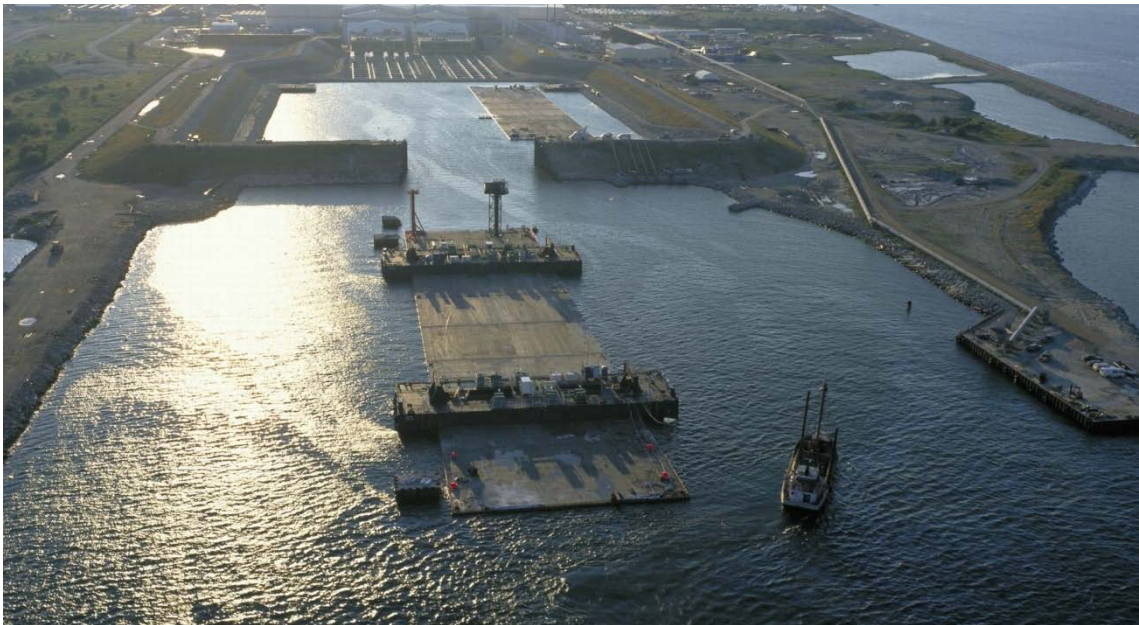
Im Hinblick auf technische Normen und Standards bedeutet die umfangreiche Entwicklung von Eurocodes (EN), dass die Art der Durchführung in Deutschland und Dänemark mehr oder weniger harmonisiert ist (wie auch im Rest der EU). Allerdings unterscheiden sich die Gesetze und Vorschriften in beiden Ländern zu einem gewissen Grad. Die Verantwortlichen müssen dafür sorgen, dass die gesetzlichen Bestimmungen eingehalten werden, die am Ort der tatsächlichen Produktion gelten. Bestimmte grenzüberschreitende Tätigkeiten erfordern die Anwendung ähnlicher Regeln für Aktivitäten in beiden Ländern. In solchen Situationen sollten die jeweils strengsten gesetzlichen Bestimmungen angewandt werden.

Die Femern A/S möchte als vorbildliches Unternehmen handeln. Das bedeutet, dass das Unternehmen beträchtliche Mittel investiert, um sicherzustellen, dass sich sowohl die Organisation selbst als auch die von ihr engagierten Bauunternehmer der anzuwendenden Regeln voll bewusst sind. Zusätzlich zu verstärkter Achtsamkeit verlangt die Femern A/S, dass Trainings- und Kontrollprogramme installiert werden, um die korrekte Einhaltung der anzuwendenden Bestimmungen sicherzustellen.

Prozentuale Verteilung nach Arbeitsarten bei der Fehmarnbeltquerung

Art der Arbeit	Tunnel	Brücke
Schiffsbesatzungen (Baggerung)	7%	-
Erd- und Betonarbeiten	43%	27%
Richtmeister	5 %	8%
Ingenieure	6%	8%
Elektriker	6%	8%
Monteure	5%	8%
Servicefunktionen (Sicherheit, Kantine, Reinigung, Handwerker)	4%	7%
Schweißer	-	5%
Seeleute, Kapitäne usw.	7%	5%
Schlosser	-	5%
Fahrer und Maschinisten	4%	4%
Verwaltungspersonal	4%	4%
Installateure	-	4%
Kranführer	2%	4%
Kabelmonteure	-	2%
Vermesser	2%	2%
Bahnpersonal	4%	-

Quelle: Verteilung der Arbeitskräfte bei der Festen Öresundquerung, Femern A/S, Dez. 2009



*Das Tunnelementwerk für den Öresundtunnel im Nordhafen von Kopenhagen, Dänemark.
Foto: Øresundsbron*

Je näher desto besser

Die Entfernung der Produktionsstätten von der Brücken- bzw. Tunneltrasse ist von großer Bedeutung: Je näher diese an der Trasse liegen, desto geringer sind das Risiko und die Kosten des Transports.



Arbeitshäfen, Endfertigungsplätze und Zufahrtsbereiche müssen unmittelbar neben der Trasse liegen (Entwürfe für diese Anlagen sind nicht Teil dieses Berichts, sondern werden vorgestellt im Dokument „Beschreibung möglicher Baustellen – Puttgarden und Rødbyhavn“, Februar 2010).

Die Produktionswerke für Caissons und Pfeiler der Vorlandbrücken sowie die Montagestätte für den Brückenüberbau sollten am besten innerhalb eines Radius von 80 km liegen.

Die Produktionsstätten für die Caissons der Hochbrücke bzw. für die Tunnelelemente sollten idealerweise innerhalb eines Radius von 120 km um die Trasse herum liegen. Weiter entfernte Standorte können möglich sein, wenn dies wirtschaftlich vertretbar ist.

Der Stahl-Überbau für eine Brücke kann überall auf der Welt gefertigt werden. Sollte die Produktion weit entfernt vom Brückenstandort stattfinden, werden wahrscheinlich in einer Produktionsstätte innerhalb eines Radius von 120 km kleinere Abschnitte verschweißt und die Straßenfahrbahn gegossen.



*Der riesige Schwimmkran „Svanen“ platziert einen Pfeiler der Öresundbrücke.
Foto: Øresundsbron*

Ausschreibung der Produktionsstätten

Da die Bauunternehmer die großen Produktionsstätten innerhalb einer relativ kurzen Zeit errichten müssen, ist nach Einschätzung der Femern A/S ein Errichten dieser Anlagen „auf der grünen Wiese“ nicht wünschenswert. Der Hauptgrund dafür ist, dass die Behörden dann nicht ausreichend Zeit hätten, um die notwendige Planungsgrundlage zu schaffen und die Basisinfrastruktur vorzubereiten.

Anders als die an den Rampenanschlüssen gelegenen (kleineren) Produktionsstätten werden die Hauptproduktionsstätten höchstwahrscheinlich in Gebieten angesiedelt, die bereits für industrielle Zwecke genutzt werden, wie beispielsweise Häfen.

Wie bereits angesprochen, treffen die Bauunternehmer die endgültige Entscheidung über die Standorte der Produktionsstätten auf der Grundlage der Zugänglichkeit, des Preises und der Verfügbarkeit von Arbeitskräften, d. h. anhand der Marktbedingungen. Diejenigen Regionen, die eine Ansiedlung solcher Anlagen anstreben, müssen sich daher selbst profilieren und sicherstellen, dass sowohl die notwendige Planungsgrundlage als auch die Infrastruktur vorhanden sind.

Über diesen Bericht

Dieser Bericht enthält einige Zeichnungen von beispielhaften Produktionsstätten. Darüber hinaus werden die voraussichtlichen Volumina und physischen Anforderungen (Schätzungen) angegeben. Die Zahlen dienen nur der Orientierung.

Dazu gehören:

- Arbeitsmethoden
- Materialmengen, z. B. für Stahl, Beton, Sand usw.
- Infrastrukturanforderungen, wie Straßen, Bahntrassen, Häfen, Wassertiefe, Stromversorgung, Wasserversorgung und Entwässerung
- Grundsätze für die Form einer Tunnel- bzw. Brückenelementproduktionsstätte
- Schätzung der erforderlichen Arbeitskräfte

Brücke

Es ist davon auszugehen, dass eine Brücke weitgehend an Land gebaut wird, weil Arbeiten dort wesentlich effizienter durchgeführt werden können als vor der Küste. Zudem ist an Land die Qualität der Arbeiten höher und die Unfallgefahr niedriger.

Das Brückenbauwerk wird daher in einzelne Segmente unterteilt, um den Transport zum endgültigen Standort zu ermöglichen. Die Pfeiler und Pfeilercaissons sollen einzeln an Land betoniert werden. Das Brückentragwerk wird in Segmente entsprechend dem Abstand zwischen den Pfeilern unterteilt. Die Fundamente für die Pylonen der Hochbrücke werden an Land gegossen und zum endgültigen Standort vor der Küste transportiert, wo die Pylonen dann direkt vor Ort betoniert werden. Verladekais sind Teil der Baustellen auf Fehmarn und Lolland.

Die Brücke ist – nach Planungsstand – untergliedert in eine 9.300 m lange nördliche Vorlandbrücke von dänischer Seite bis zur Hochbrücke, eine 3.300 m lange Hochbrücke über die näher zur deutschen Küste verlaufende Fahrrinne sowie eine 6.000 m lange südliche Vorlandbrücke von der Hochbrücke bis zur deutschen Küste.

Mehrere Produktionsstätten

Die Produktionsstätten für die Pfeilercaissons und Pfeiler werden an Land im Umkreis von wahrscheinlich maximal 80 km um die Brückenbaustelle eingerichtet. Die Wassertiefe in den Verladehäfen muss mindestens 6 m betragen.

Da die Brücke in die nördliche Vorlandbrücke, die südliche Vorlandbrücke und die Hochbrücke unterteilt wird, werden wahrscheinlich drei Bauunternehmer mit jeweils bis zu drei verschiedenen Produktionsstätten beauftragt. Die Anlieferung von Baumaterial zur Baustelle muss von Land und von See her möglich sein. Der größte Teil des Baumaterials wird voraussichtlich von See her angeliefert.

Die erforderliche Flächengröße ist in den beigefügten Prinzipskizzen dargestellt. Die Produktionsstätten müssen für die Anlieferung von Produktionsmaterial (Maschinen für die Betonherstellung, Schalung, Bewehrung, Personal und Ausrüstung für die Produktion) gut erreichbar sein.

Sämtliche Produktionsstätten sind so organisiert, dass sie alle örtlichen Auflagen bezüglich Lärm, Staub und Erschütterungen erfüllen. Wahrscheinlich werden die Arbeiten gelegentlich auch rund um die Uhr stattfinden.

Ein Servicehafen für den Transport des Personals und ein Hafen für das Verladen von vor der Küste benötigtem Material und Ausrüstung müssen in einer maximalen Entfernung von 20 km von der Brückenbaustelle an Standorten mit einer Wassertiefe von 4 m bzw. 6 m vorhanden sein.

Die Bauarbeiten an Land für die Produktion der Pfeilercaissons und der Pfeiler sind in der Abfolge vergleichbar. Einige Standorte für die Herstellung der Bauwerkselemente werden entlang einer gemeinsamen Transportroute zum Ladekai für den Transport zur Brückenbaustelle mit einem speziellen schweren Schwimmkran angelegt. Jedes Element wird an diesem Standort betoniert, und sämtliche Bewehrungen, Schalungen und Betonierarbeiten werden an Land vor dem Verladen des Elements fertiggestellt.

Zahlen zur nördlichen Vorlandbrücke (Schätzwerte)

Länge	9.300 m	
Produktionsstätte für Pfeiler und Caissons		
Anzahl der Pfeiler	51	
Anzahl der Caissons	51	
Beton	255.000 m ³	
Bewehrung	70.000 t	
Bauzeit	42 Monate	
Fläche Produktionsstätte Pfeiler und Caissons	160.000 m ²	Entfernung von der Brückenbaustelle idealerweise max. 80 km
Überbau		
Anzahl der Tragwerke	51	Können weit entfernt von der Brücke gebaut werden
Bauzeit	33 Monate	
Fläche Tragwerkmontagestätte	120.000 m ²	Entfernung von der Brückenbaustelle Idealerweise max. 80 km

Zahlen zur südlichen Vorlandbrücke (Schätzwerte)

Länge	6.000 m	
Produktionsstätte für Pfeiler und Caissons		
Anzahl der Pfeiler	33	
Anzahl der Caissons	33	
Beton	165.000 m ³	
Bewehrung	45.000 t	
Bauzeit	38 Monate	
Fläche Produktionsstätte Pfeiler und Caissons	110.000 m ²	Entfernung von der Brückenbaustelle idealerweise max. 80 km
Überbau		
Anzahl der Tragwerke	33	Können weit entfernt von der Brücke gebaut werden
Bauzeit	30 Monate	
Fläche Tragwerkmontagestätte	120.000 m ²	Entfernung von der Brückenbaustelle Idealerweise max. 80 km

Bitte beachten Sie, dass die genannten Zahlen keine Entscheidung für den Entwurf des aktuellen Vorhabens darstellen, sondern nur illustrativen Charakter haben.

Produktionsstätte für Brückencaissons, Pfeiler und Tragwerkmontage

Erforderlich sind zwei fast identische Hauptproduktionsstätten für die Herstellung der Fundamente und Pfeiler, auf denen die Brücke ruht. Für jede dieser Produktionsstätten besteht Bedarf an über 500 Arbeitskräften.

Die Herstellung der Caissons und Pfeiler erfordert Betonierarbeiten in großem Umfang.

Zu den erforderlichen Fachkenntnissen zählen technische Leitung, Schalen, Bewehren, Schweißen, Betonieren, Qualitätssicherung, Kranführen und Vermessung.

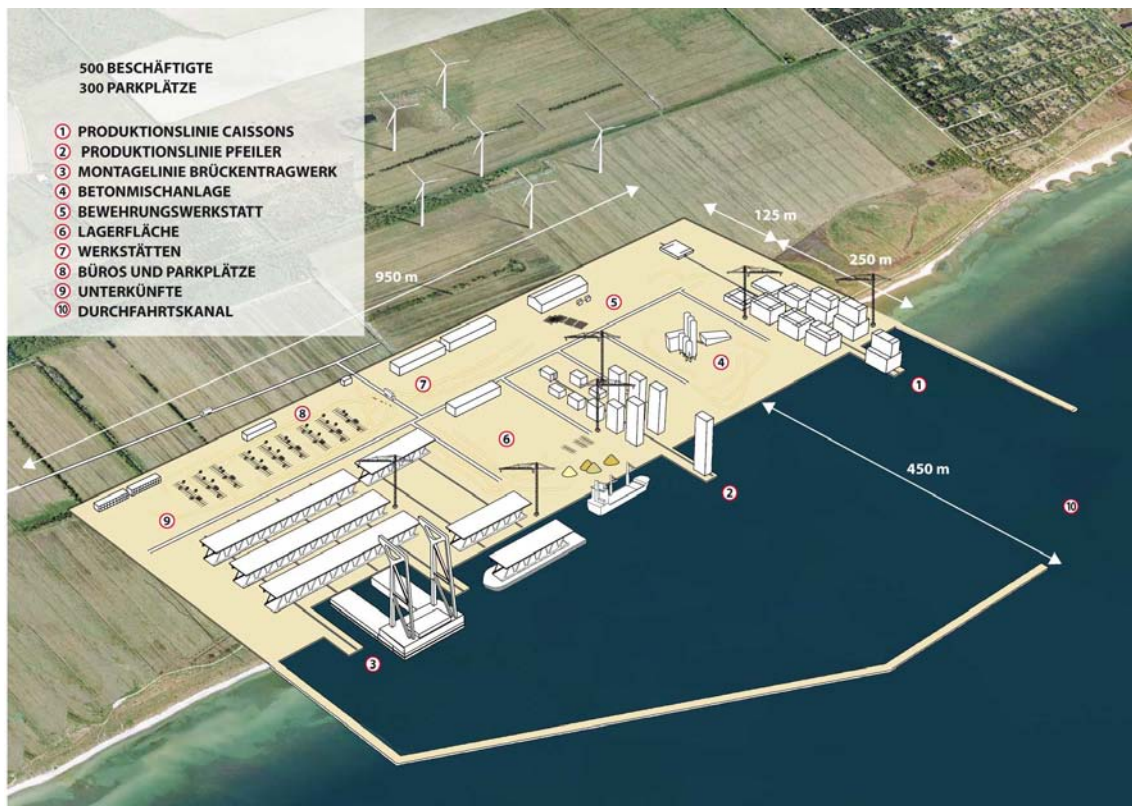
Die Montage des Tragwerks umfasst die Verbindung der Brückentragwerksegmente durch Schweißen und das Gießen von Beton entweder an den Verbindungsstellen zwischen den Tragwerksegmenten oder beim gesamten Tragwerk.

Zu den erforderlichen Fachkenntnissen zählen technische Leitung, Schweißen, Schalen, Betonieren, Bewehren, Anstreichen, Qualitätssicherung, Kranführen und Vermessung.

Die erwarteten Anforderungen für eine Produktionsstätte für eine Vorlandbrücke mit Anlieferung der Betonbestandteile auf dem Seeweg sowie für die Montage des Brückentragwerks sind wie folgt:

- Wasser: Der erwartete durchschnittliche Wasserbrauch für die Betonherstellung und durch das Personal vor Ort beträgt 100 bis 150 m³ pro Tag. Der Wasserverbrauch in der Hauptbelastungszeit wird auf 20 bis 25 m³ pro Stunde geschätzt.
- Abwasser: Die durchschnittliche Abwassermenge wird 80 bis 125 m³ pro Tag betragen.
- Strom: Der Großteil des elektrischen Stroms wird für Schweißarbeiten und die Betonmischanlage benötigt werden. Der Gesamtverbrauch wird auf 500 kVA geschätzt.
- Lkw-Verkehr: Täglich werden ca. 10 bis 20 Lkw zur Produktionsstätte fahren. Es wird angenommen, dass die Materialien für den Beton (Sand, Kies und Zement) über den Seeweg zur Produktionsstätte geliefert werden.
- Lärm: Es wird erwartet, dass die Lärmschutzgrenzen für Schwerindustrie eingehalten werden.
- Staub: Es wird erwartet, dass die Auftragnehmer die nötigen Vorkehrungen treffen, um sicherzustellen, dass Staub keine Umweltprobleme verursacht (zum Beispiel durch Bewässern und Säubern der Produktionsstätte).

Beispiel einer Produktionsstätte für Brückenelemente – 350.000 m²





*Caissonsproduktion für die Feste Öresundquerung im Nordhafen von Malmö, Schweden.
Foto: Øresundsbron*

Produktionsstätte für den Überbau

Die Produktion von Brückentragwerken an Land besteht aus dem Bau der Tragwerkelemente in einer Stahlfabrik an einem beliebigen Standort auf der Welt. Der Bau umfasst das Schneiden, Schweißen und Montieren des Stahlteils des Tragwerks. Das Betonieren der Straßenplatten kann ebenfalls in der Fabrik erfolgen. Nach dem Betonieren der Fahrbahnplatte werden die Tragwerkelemente zur Landbaustelle transportiert, um kleinere Elemente, wie die Eisenbahnausrüstung, endgültig zu installieren. Lange Brückentragwerke können in kleinere Sektionen unterteilt und zur Endmontage auf die Baustelle gebracht werden.

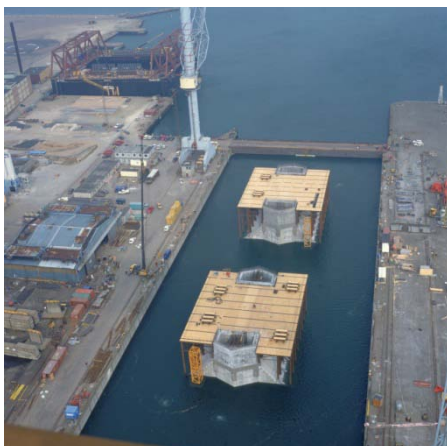
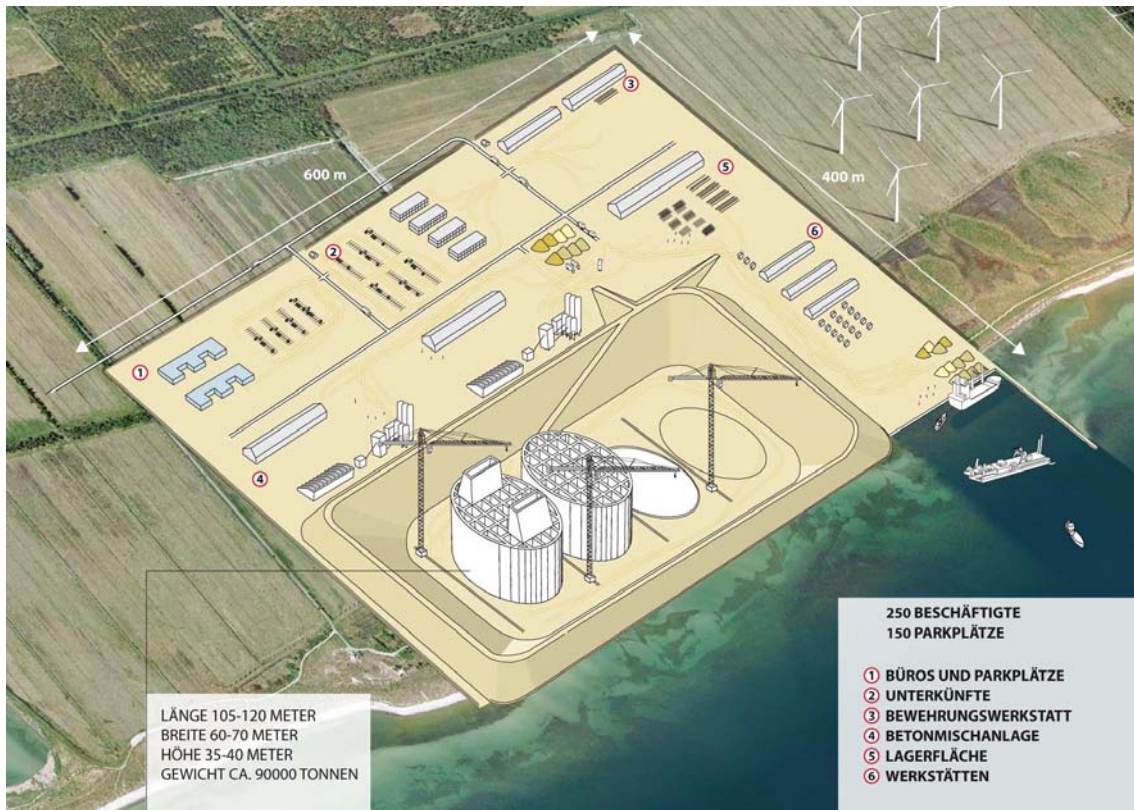
Der Stahlüberbau ist arbeitsintensiv und verlangt eine große Zahl gut ausgebildeter Schweißer und hochspezialisierter Einrichtungen, wie computergestützte Schneid- und Schweißausrüstung, Heizanlagen für die Stahlbauten, Einrichtungen für Korrosionsschutzarbeiten, Stahl verarbeitende Einrichtungen usw. Diese kostspieligen und hochspezialisierten Einrichtungen sind weltweit an verschiedenen Standorten verfügbar. Die Kosten eines Transports über große Entfernungen sind von geringerer Bedeutung.

Für den Transport der Bauteile von der Baustelle zum endgültigen Standort wird ein schwerer Schwimmkran eingesetzt.



*Der schwere Schwimmkran „Svanen“ beim Einbau des ersten Brückentragwerks in die Öresundbrücke.
Foto: Øresundsbron*

Beispiel einer Produktionsstätte für die Caissons der Pylonen – 250.000 m²



Die Caissons für die 204 m hohen Pylonen der Öresundbrücke wurden in einem bestehenden Trockendock im Innenhafen von Malmö, Schweden, produziert. Die Fundamente waren 37,2 m lang, 35 m breit und 23 m hoch.

Foto: Øresundsbron

Zahlen zur Hochbrücke (Schätzwerte)

Länge 3.300 m

Pylonencaissons

Anzahl der Pylonencaissons 4
Beton 115.000 m³
Bewehrung 27.500 t
Bauzeit 12 Monate
Trockendock für Pylonencaissons
Vorfertigung 150.000 m²

Entfernung von der Brückenbaustelle
Idealerweise max. 120 km

Fläche der Pylonencaissons 70 x 120 m

Pylonen

Anzahl der Pylonen 4
Beton 160.000 m³
Bewehrung 35.500 t
Bauzeit 41 Monate

Seitenfeldpfeiler ¹⁾

Anzahl der Pfeiler 4
Anzahl der Caissons 4
Beton 60.000 m³
Bewehrung 15.000 t

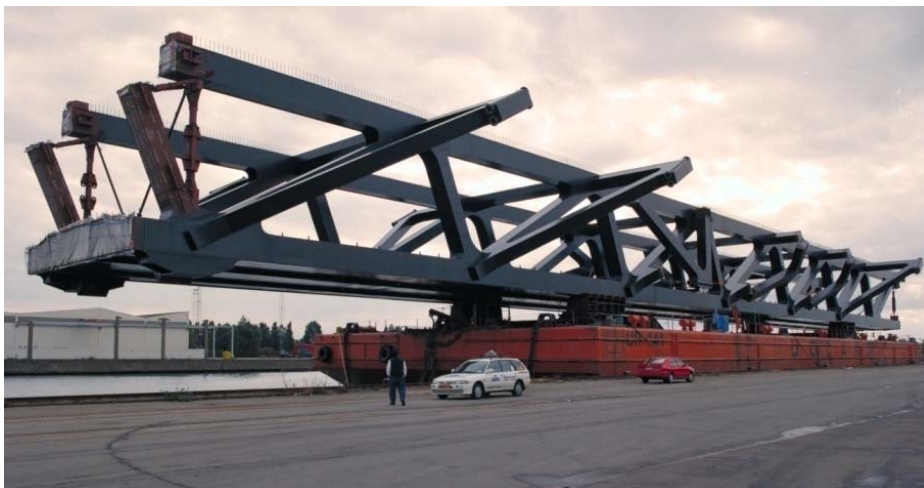
Überbau ²⁾

Gesamtlänge der Tragwerke 3.300 m

Die Tragwerke für den Überbau werden wahrscheinlich in 20 - 48 m langen Sektionen montiert. Die Bauzeit hängt von der Bauzeit der Pylonen ab, z. B. 41 Monate.

¹⁾ Pfeiler und Caissons für die Hochbrücke können auf einer der Baustellen der Vorlandbrücken gebaut werden.

²⁾ Die Hochbrücke wird voraussichtlich auf einem Vormontageplatz außerhalb der Brückenbaustelle hergestellt und in kleineren Sektionen zur Brückenbaustelle transportiert und dort direkt montiert.



Der Stahlteil des Überbaus der Öresundbrücke für die Überspannung der Fahrrinne. Der Überbau kann grundsätzlich überall auf der Welt produziert werden.

Foto: Øresundsbron



Das Tunnelwerk für die Feste Öresundquerung im Nordhafen von Kopenhagen, Dänemark. Im Fertigungswerk für die Tunnelelemente werden die einzelnen Abschnitte geschützt unter kontrollierten Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen gegossen. Danach wird jeder Abschnitt in die Schleusenanlage geschoben. Sobald die Elemente zusammengesetzt sind, schließen sich die riesigen Tore zwischen dem Element und dem Werk und Wasser wird in die Schleuse gepumpt. Ist das Element an das tiefe Ende geschleppt worden, wird der Wasserspiegel wieder auf Meereshöhe gesenkt. Das Element schwimmt jetzt und kann zum Tunnelgraben transportiert werden.

Foto: Øresundsbron

Tunnel

Ein Absenktunnel wird aus einer großen Zahl gleicher Elemente gebaut, die an Land entweder in einem ausgebaggerten Baudeck, einer bestehenden Anlage wie einem Trockendock oder in einer fabrikähnlichen Produktionsstätte hergestellt werden. Nach der Fertigstellung werden sie zur Baustelle geschleppt dort und in einen ausgebaggerten Graben abgesenkt. Danach wird der Graben wieder verfüllt.

Das Bauverfahren eines Absenktunnels zeichnet sich durch ein hohes Maß an Wiederholung und Vorfertigung aus. Dies ermöglicht ein industrielles Bauverfahren, das zur Qualität der Arbeiten beiträgt.

Die Bauarbeiten werden ergänzt durch eine Reihe mechanischer und elektrischer Installationen sowie von Verkehrslenkungs- und Monitoringsystemen. Zusammen mit den abschließenden Feinarbeiten machen sie den Tunnel zu einem intelligent gesteuerten, sicheren und zuverlässigen Aktivposten der Infrastruktur.

Mehrere Produktionsstätten

Für das gesamte Bauvorhaben werden mindestens fünf Produktions- und Bauverträge für folgende Hauptleistungen ausgeschrieben:

- Schiffs- und Baggerungsarbeiten
- Produktion der Elemente
- Rampen und Einfahrten
- mechanische und elektrische Installationen und
- die Montage der Eisenbahnausrüstung

Das Absenken der Elemente erfolgt sowohl von Lolland als auch von Fehmarn aus. Dadurch sind statt einem zwei Verträge und folglich auch zwei Baustellen für die Elementproduktion möglich.

Für den Tunnel sind mindestens vier Produktionsstätten bzw. Baustellen vorgesehen:

- eine Baustelle für die Einfahrt und die Rampe auf Lolland
- eine Baustelle für die Einfahrt und die Rampe auf Fehmarn
- zwei oder drei Produktionsstätten für die Tunnelemente

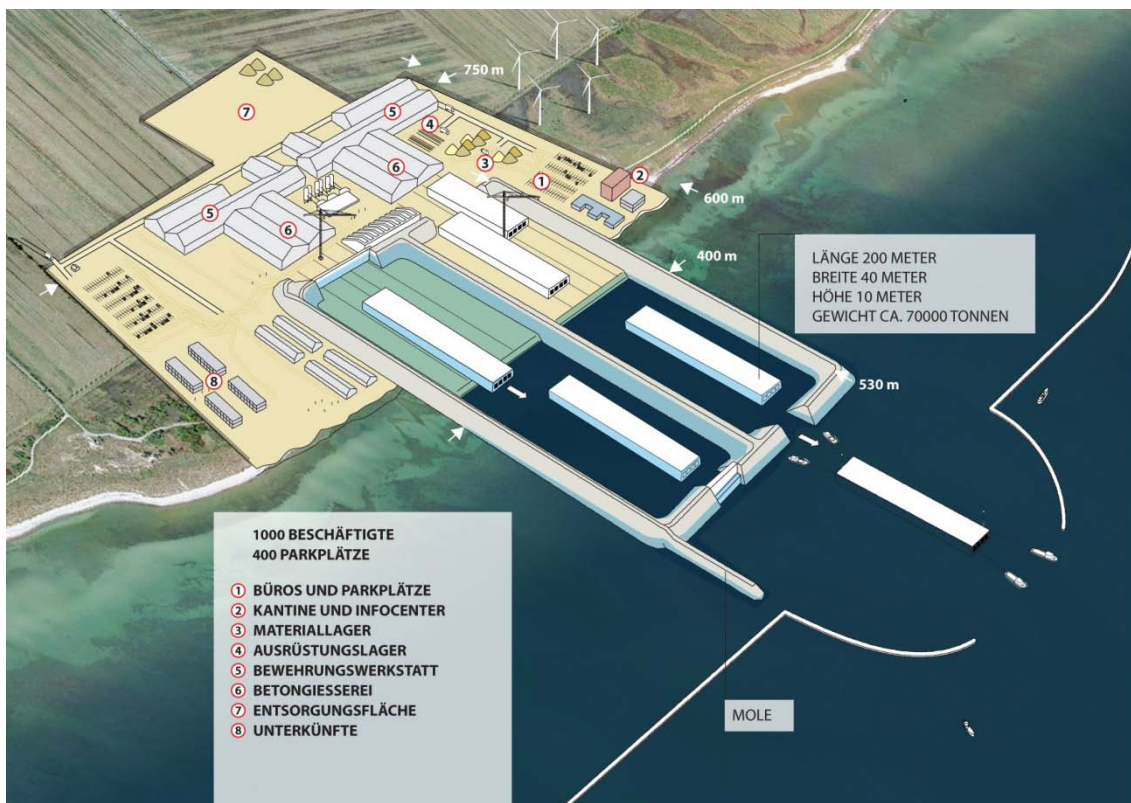
Letztere können grundsätzlich an jedem Ort in Skandinavien oder Nordeuropa errichtet werden, solange Zugang zu den Elementen von See aus besteht. Diese benötigen einen Tiefgang von etwa 10 m. Weiter entfernt liegende Standorte sind wegen der Folgekosten und wetterbedingter Betriebsausfallzeiten von Nachteil.

Produktionsstätte für Tunnелеlemente

Die Produktionsstätten für die Elemente sind gleichgroß, wenn das gleiche Produktionsverfahren angewendet wird. Für ein herkömmliches Produktionsverfahren in einem ausgebagerten Baudeck ist ein Becken von 220.000 m² vonnöten, das bis in eine Tiefe von 10,5 m unter dem Meeresspiegel ausgebagert ist. Darüber hinaus ist eine Fläche von ca. 300.000 m² für Baustelleneinrichtungen, Betonmischanlage usw. erforderlich.

Es müssen ein provisorischer Hafen für Material- und Ausrüstungslieferungen sowie eine geeignete Zufahrtsstraße gebaut werden. Wird eine industrielle Produktionsanlage genutzt, kann die Beckenfläche gegenüber einem herkömmlichen Bauverfahren halbiert werden. Die Gesamtfläche muss aber dieselbe bleiben. In Spitzenzeiten werden schätzungsweise bis zu 1.000 Arbeiter in der Produktion beschäftigt sein.

Beispiel einer fabrikähnlichen Produktionsstätte für Tunnелеlemente – 500.000 m²



Ein Entwässerungssystem sorgt für trockene Arbeitsbedingungen im Becken. Der Aushub wird vorübergehend auf einer Fläche neben den Becken und Einrichtungen gelagert und kann nach dem Bau der Elemente zur Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands der Baustelle verwendet werden. Alternativ können die Becken und Produktionsstättenflächen in einen Jacht- oder Industriehafen umgewandelt werden.

Die Produktionsstätten müssen allen gesetzlichen und kommunalen Auflagen in Bezug auf Lärm, Staub, Erschütterung, Entwässerung usw. genügen. Zentrale Arbeiten wie das Betongießen dauern mehr als 24 Stunden und werden daher rund um die Uhr durchgeführt. Die erwarteten Anforderungen für eine Produktionsstätte für Tunnelemente mit vier Produktionsstraßen sind wie folgt:

- Wasser: Der erwartete durchschnittliche Wasserbrauch für die Betonherstellung und durch das Personal vor Ort beträgt 400 bis 500 m³ pro Tag. Der Wasserverbrauch in der Hauptbelastungszeit wird auf 50 bis 60 m³ pro Stunde geschätzt.
- Abwasser: Sämtliches, an einem Tag gebrauchtes Wasser wird dem Abwassersystem zugeführt – mit Ausnahme des Wassers, das für die Herstellung des Betons verbraucht wird. Dies ergibt eine durchschnittliche Abwassermenge von 300 bis 400 m³ pro Tag.
- Strom: Der Gesamtverbrauch wird auf 1.000 kVA geschätzt.
- Lkw-Verkehr: Die Anzahl der Lkw, die täglich zur Produktionsstätte fahren, hängt davon ab, ob die Betonproduktion vor Ort stattfindet oder nicht. Falls der Beton am Anfang nicht vor Ort hergestellt wird, werden durchschnittlich 300 Lkw pro Tag zur Produktionsstätte kommen (an einem Tag, an dem Beton gegossen wird, werden es ca. 500 bis 550 Lkw sein). Wird der Beton vor Ort hergestellt, werden ca. 20 bis 40 Lkw pro Tag zur Produktionsstätte fahren (in diesem Fall wird angenommen, daß die Materialien für den Beton (Sand, Kies und Zement) über den Seeweg zur Produktionsstätte geliefert werden).
- Lärm: Es wird erwartet, dass die Lärmschutzgrenzen für Schwerindustrie eingehalten werden.
- Staub: Es wird angenommen, dass die Haupttransportwege asphaltiert sein werden, um Staubentwicklung während des Transports zu vermeiden.

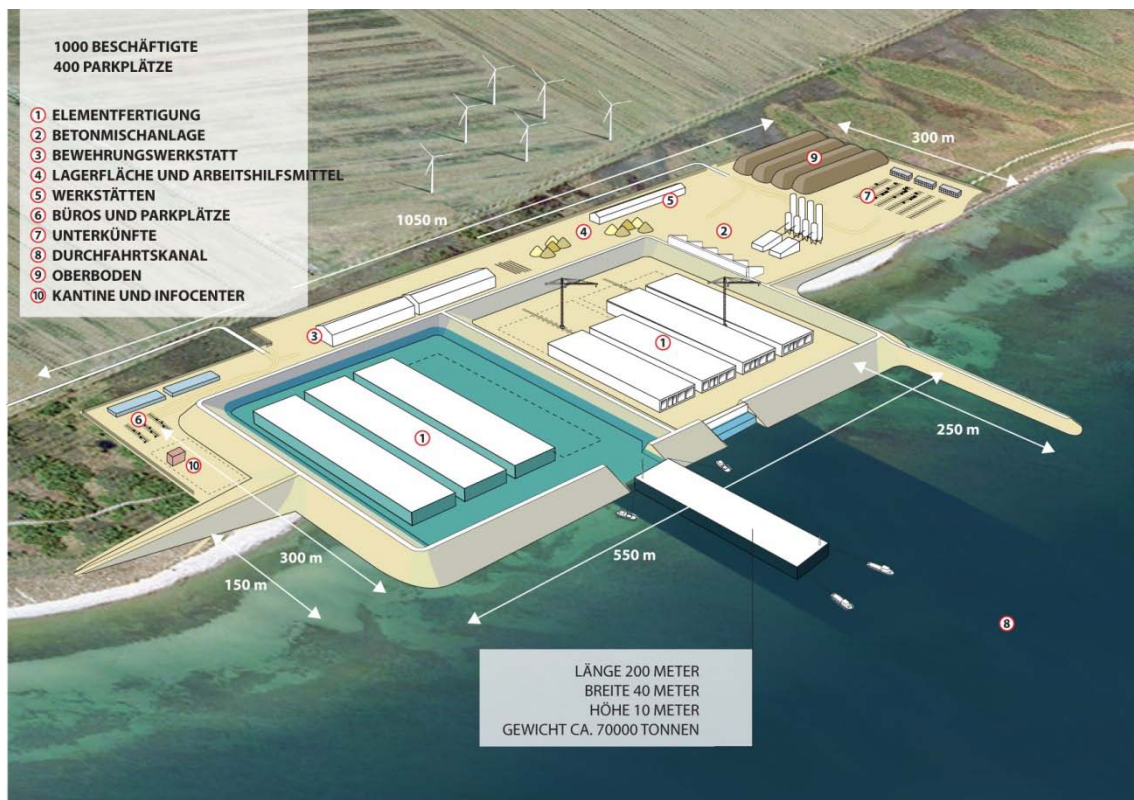
Zahlen zur Tunnelementproduktion (Schätzwerte)

Gesamtlänge der Querung 21 km
 Länge des Absenktunnels 19 km

Produktionsstätte für Tunnelemente

Anzahl der Elemente	95	
Länge eines Elements	200 m	
Beton	2.500.000 m ³	
Bewehrung	350.000 t	
Produktionszeit	36 Monate, ohne Bauzeit des Fertigteilwerks	
Anzahl der Produktionsstätten	2	
Fläche jeder Produktionsstätte	1000 x 500 m ²	Entfernung von der Tunnelbaustelle idealerweise max. 120 km

Beispiel eines traditionellen Baudocks für Tunnelemente – 500.000 m²





Baudock der Busan-Geoje-Querung in Südkorea



Herkömmliches Baudock

Baggerung

Für das Ausbaggern des Grabens und das Absenken der Elemente ist an Land keine Baustelle erforderlich, wohl aber ein provisorischer Hafen mit Baustelleneinrichtungen. Diese können mit einem der anderen Bauunternehmer gemeinsam genutzt werden. Die gesamte Aushubmenge beträgt rund 20 Millionen m³. Die Hälfte davon muss auf umweltschonende und nachhaltige Weise entsorgt werden.

Die mit der Absenktunnellösung verbundenen Baggerungs- und Landgewinnungsarbeiten bestehen aus einem 19 km langen Graben zwischen Rødbyhavn und Puttgarden, dem Verfüllen des Grabens nach Einbau des Absenktunnels und der Schaffung von Abkipflächen an Land und auf See. Weitere Baggerungsarbeiten dienen der Beschaffung von Meersand für das Verfüllen.

Um die Tunnelelemente nach deren Bau und Herausschleppen aus den Baudock lagern zu können, ist eine gegen Wellen, Strömung und schädliche Wetterbedingungen geschützte Fläche erforderlich.

Fakten zur Baggerung

Baggergut 20 Mio. m³

Zu entsorgendes oder anderenorts
wiederzuverwendendes Material 10 Mio. m³



*Die künstliche Insel „Peberholm“ während der Bauarbeiten für die Feste Öresundquerung.
Foto: Øresundsbron*



Der Großlöffelbagger „Chicago“ bei der Arbeit am Öresundvorhaben. Mit dem Löffelbagger „Chicago“ konnten 24 m³ Meeresboden auf einmal abgegraben werden. Je mehr Material ein Bagger auf einmal aufnehmen kann, desto geringer ist der prozentuale Verlust.

Foto: Øresundsbron

Anforderungen und Wünsche bezüglich der Rahmenbedingungen für Produktionsstätten

Die folgenden Rahmenbedingungen für Produktionsstätten gelten für Tunnel- und für Brückenproduktionsstätten. Die folgenden Zahlen sind ausschließlich als allgemeine Richtwerte zu betrachten.

Die Schiffe für die Lieferung des Materials für die Betonproduktion sind schätzungsweise 100 bis 150 Meter lang und ca. 7.000 bis 10.000 Tonnen schwer. Die erforderliche Wassertiefe beträgt sechs Meter beim Bau einer Brücke und zehn Meter beim Bau eines Tunnels.

Das Produktionsstättenlager hat eine Größe von schätzungsweise 15.000 m². In etwa dieselbe Fläche wird zusätzlich notwendig sein für die Lagerung von Ausrüstung. Die angenommene Lagergröße für das Betonwerk beträgt 5.000 m². Alles in allem also geschätzte 35.000 m².

Die Unterbringung der Arbeiter hängt von der Entfernung zur nächsten Ortschaft/Stadt ab. Derzeit wird angenommen, dass ein Teil des Personals auf dem Gelände der Produktionsstätte wohnen wird.

Ein spezieller Hubschrauberlandeplatz auf dem Produktionsstättengelände ist nicht vorgesehen. Aufgrund der Größe und der Gestaltung der Anlagen wird erwartet, dass dort im Notfall ein Hubschrauber landen kann.

Die besonderen Anforderungen an den Untergrund sind die normalen Fundamentanforderungen ohne Boden aus Ton und Schluff. Bestimmte Flächen werden schwer belastet (100 kN/m²), weshalb in diesen Bereichen auftretende Bodensenkungen und Verformungen minimiert werden müssen.

Material wird auch mit Lastwagen zur Baustelle transportiert. Die Zufahrtsstraßen werden von Lastwagen mit maximaler Zuladung stark beansprucht. Sind die Straßen für solche Lasten nicht ausgelegt, müssen sie verstärkt werden. Derzeit wird davon ausgegangen, dass die Lastwagen den jeweiligen nationalen Straßenzulassungsbestimmungen genügen.

Eine in der Nähe der Produktionsstätte verlaufende Eisenbahntrasse kann für die Anlieferung von Material (z. B. Stahlbewehrung) genutzt werden. Dadurch kann die Zahl der Lastwagentransporte reduziert werden.

Es wird angenommen, dass sich auf dem Gelände der Produktionsstätte eine Umspannstation befindet, die an das Stromnetz (10 bis 20 kV) angeschlossen werden muss.

Ein Zugang zur kommunalen Wasserversorgung und Abfallentsorgung dürfte vermutlich ausreichen.



Die Feste Fehmarnbeltquerung wird Skandinavien noch enger mit dem übrigen Europa verbinden.

Kontakt

Weitere Informationen erhalten Sie von

Ajs Dam, Leiter Unternehmenskommunikation
Femern A/S
Vester Søgade 10
DK-1601 Kopenhagen V

ajs@femern.dk

Tel.: +45 33 41 63 00

Für weitere Informationen besuchen Sie bitte unsere Webseite www.femern.de.

Diesen Bericht sowie alle Grafiken können sie in hoher Auflösung unter www.femern.de herunterladen.