

# Die neue Storströmbrücke in Dänemark

Autor(en): **Engelund, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **5 (1937-1938)**

PDF erstellt am: **16.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6152>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# **DIE NEUE STORSTRÖMBRÜCKE IN DÄNEMARK.**

LE NOUVEAU PONT DE STORSTRÖM AU DANEMARK.

THE NEW STORSTRÖM BRIDGE IN DENMARK.

Professor A. ENGELUND, KOPENHAGEN\*).

In einem ausgesprochenen Insel-Land wie Dänemark sind ganz besondere Maßnahmen notwendig zur Sicherung der guten Verbindung zwischen den Eisenbahnnetzen der verschiedenen Landesteile. Die Frage wurde bisher bei den größeren Überfahrten durch Eisenbahnfähren gelöst. In den letzten Jahren hat man aber bei verschiedenen dieser Überfahrten angefangen, die Fährverbindungen durch Brücken zu ersetzen. Im Jahre 1935 wurde die Brücke über den kleinen Belt in Betrieb gesetzt, und gleichzeitig wurde die Fährverbindung zwischen Jütland und Fünen abgebaut.

Am 8. April 1932 genehmigte der dänische Reichstag ein Gesetz über den Bau einer Hochbrücke über den Storström, nebst einer neuen Brücke über Masned Sund zur Ablösung der jetzigen, und eine Brücke über Odde Sund.

Der Storström trennt Masnedö, welcher schon durch eine Brücke mit Seeland verbunden ist, von Falster, und ist an der Stelle, wo die Brücke gebaut wird, ca. 3600 m breit. Der nördliche Endpfeiler ruht auf der Südspitze Masnedös. Der südliche Endpfeiler steht im Wasser, ca. 400 m von der Küste entfernt, weil es bei der geringen Wassertiefe vorteilhaft ist, die Endrampen bis hierhin fortzusetzen. Die Länge der Brücke an sich wird somit ca. 3200 m.

Die Wassertiefe in der Brückenlinie ist mäßig. Die größte Tiefe beträgt ca. 14 m. Die durchschnittliche Tiefe ist 7 m.

Aus den Bohrungen geht hervor, daß der Boden in Wassertiefen größer als 6 m aus einer 4 bis 10 m starken hellgrauen Moränen-Tonschicht mit Kalk und Steinen besteht; unterhalb dieser Tonschicht befinden sich abwechselnde Schichten aus magerem, steinfreiem Ton, Sand und Kies, welche wieder unmittelbar auf der Kreide ruhen, die hier wie beinahe überall in Dänemark den Untergrund bildet. Die Oberfläche der Kreide trifft man im allgemeinen auf Kote — 20 m bis — 23 m.

Für Wassertiefen kleiner als 6 m ist der Moränen-Ton mit Sand und Schlamm überlagert.

Durch den Storström fahren jährlich ca. 15 000 Schiffe. Die Messung der Mastenhöhen während längerer Zeit hat ergeben, daß die Durchfahrts-höhe der mittleren Durchfahrtsöffnung 26 m betragen sollte; hierdurch wird ermöglicht, daß 95 v. H. der beobachteten Schiffe auch künftig die Brücke passieren können; die restlichen müssen dann den Weg zwischen Lolland-Falster und Fehmern benutzen.

---

\*) Freier Vortrag, gehalten am 2. Kongreß der I. V. B. H., Berlin, Oktober 1936.

Im Gesetz wurde bestimmt, daß die Brücke eine eingleisige Eisenbahn, eine 5,60 m breite Straße und einen 2,50 m breiten Fuß- und Fahrradweg tragen sollte.

Die Brücke wird nach Entwurf der dänischen Staatsbahn ausgeführt, und die Bauarbeiten sind der englischen Firma Dorman, Long & Co. in Auftrag gegeben.

Die Brücke hat in der Mitte drei Durchfahrtsöffnungen und auf jeder Seite eine längere Reihe Nebenöffnungen. Die Steigung in den Nebenöffnungen nach den Durchfahrtsöffnungen zu ist  $6,67\text{‰}$ . Die drei Durchfahrtsöffnungen haben als Hauptträger Langerbalken mit vollwandigen Versteifungsträgern. Die Stützweiten sind 104 m, 138 m und 104 m. In den Nebenöffnungen sind die Hauptträger Blechträger, angeordnet als Gerberträger mit ca. 60 m Stützweiten.

Die Endpfeiler stellen den Übergang zwischen Damm und Brücke dar, und sind zellenartig ausgebildet mit senkrechten Außen- und Innenwänden. Diese ruhen unten auf einer durchgehenden Grundplatte aus Grob beton und tragen oben eine Fahrbahntafel aus Eisenbeton.

Sämtliche Strompfeiler bis auf einen, bei welchem eine Pfahlgründung sich als notwendig erwies, sind direkt auf dem Tonboden fundiert. Die Höhenlage der Grundplattenunterkanten schwankt zwischen  $-5,5$  und  $-16,00$  m. Die größte zulässige Bodenpressung ist  $3,5\text{ kg/cm}^2$  über die Pressung hinaus, welche schon in der betreffenden Tiefe vorhanden ist. Sämtliche Strompfeiler sind im wesentlichen aus unbewehrtem Grob beton hergestellt.

Die Strompfeiler haben unten eine 2,5 bis 4,3 m starke Grundplatte, welche zur Sicherheit gegen Auskolkung von einer eisernen Spundwand umgeben ist. Oberhalb der Grundplatte, bis Kote  $-3,0$  m, bildet ein massiver Pfeilerkörper den Übergang zwischen Grundplatte und Pfeilerschaft.

Als Schutz gegen Eisgang ist der Pfeilerschaft von Kote  $-2,5$  m bis  $+2,5$  m mit Granit verkleidet, die Verkleidung ist im allgemeinen 20 cm stark, in den Ecken wurden jedoch größere Steine verwendet. Der Pfeilerschaft ist oberhalb Kote  $+2,5$  hohl, teils um Beton einzusparen, teils um Zugbeanspruchungen des Pfeilerschaftes zu vermeiden. Die Pfeiler wurden so ausgeführt, daß die Grundplatte durch Eigenlast zentrisch belastet wird; hierdurch wird erzielt, daß sich Pfeilersetzungen gleichmäßig auswirken.

Sämtliche Strompfeiler wurden in offener Grube ausgeführt ohne Verwendung von Druckluft; die Gründungsweise war aber verschieden bei den verschiedenen Pfeilern.

Bei der Gründung von acht Strompfeilern, vier bei niedrigem Wasser in der Nähe von Masnedö und vier, welche die Überbauten und Durchfahrtsöffnungen tragen, wurde ein Fangdamm aus Spundwand Eisen verwendet. Der Umkreis des Fangdamms entsprach der Grundplatte. Die verwendeten Spundwand Eisen waren hier, wie überall, Krupp-Spundwand Eisen, gewalzt bei Dorman, Long & Co. mit deutscher Lizenz.

Die Spundwand Eisen wurden 6 bis 9 m in den Boden eingerammt und ragten ca. 2 m über das Wasser hinaus.

Die Spundwand war in verschiedenen Höhenlagen durch Rahmen versteift, welche als Rammlehre mitbenutzt wurden. Sobald die Spundwand fertig war, wurde die Baugrube entwässert und bis zur gewünschten Gründungstiefe ausgehoben. Dann wurden Grundplatte und Pfeilerschaft betoniert.

Als dieser bis Kote  $+ 1,0$  m hochgeführt war, wurde in die Baugrube Wasser eingelassen und die Spundwand mittels Tauchers unmittelbar oberhalb der Grundplatte abgeschnitten.

Bei der Gründung der restlichen 41 Pfeiler wurde ein Verfahren zur Verwendung gebracht, welches von der Firma Christiani & Nielsen vorgeschlagen wurde; diese Firma hat für Dorman, Long & Co. die Tiefbauarbeiten übernommen.

Bei diesem Verfahren wurde eine für diesen Zweck besonders gebaute Universal-Einheit verwendet. Diese Einheit besteht aus einem ringförmigen Schwimmkörper mit senkrechter Außenfläche, welche genau dem Umkreis der Pfeiler-Grundplatte entspricht. Die Einheit ist eine Blechkonstruktion mit mehreren senkrechten Querwänden und waagerechten Böden.

Die Einheit dient verschiedenen Zwecken, sie bildet die Arbeitsbühne während der Rammarbeit und während der Aushebung für die Grundplatte, sie dient ferner als Fangdamm für den oberen Teil der Baugrube, und schließlich bildet sie die Schalung für den unteren Teil des Pfeilerschafts. Die Einheit ist entsprechend mit den nötigen Kraftmaschinen, Hebezeugen und Pumpen, sowie mit Aufenthaltsräumen für die Leute versehen.

Der Bauvorgang war folgender: Nachdem der Boden bis zur Höhe der Grundplattenoberkante ausgehoben und abgeebnet war, wurde die Einheit zum Platz des Pfeilers geschleppt und dort auf im voraus gerammten Pfählen mittels Wasserballast abgesetzt.

Falls die Nachmessung der Lager nicht befriedigende Ergebnisse ergab, wurde der Vorgang wiederholt bis die richtige Lage getroffen war. Mit Hilfe eines fahrbaren Kranes wurden die Spundwandeisen an der Außenseite der Einheit aufgehängt. Die Spundwand wurde mittels eines am Kran aufgehängten „Terryhammers“ gerammt bis ihre Oberkante nur 1 m höher lag als die Unterkante der Einheit; durch Taucherarbeit wurde zwischen Spundwand und Einheit gedichtet. Die Baugrube wurde leergepumpt und der Boden ausgehoben bis zur gewünschten Gründungstiefe. Das Betonieren der Grundplatte wurde mit Hilfe einer schwimmenden Betonieranlage ausgeführt bis 10 cm unterhalb der Unterkante der Einheit.

Um das Betonieren zu vereinfachen, hatte die untere innere Fläche der Einheit dieselbe Form wie der untere Teil des Pfeilers, und diente als Schalung. Um ein Festbinden des Betons an der Einheit zu vermeiden, war die Innenseite der Einheit mit Inertol gestrichen worden. Das Betonieren des Pfeilerschaftes wurde bis ca. Kote  $- 3$  m fortgesetzt, die Baugrube mit Wasser gefüllt und aus den Ballasträumen der Einheit so viel Wasser abgelassen, daß die Einheit eben schwamm. Dann wurde der Anschluß zwischen Spundwand und Einheit beseitigt und die Einheit mittels Pressen, welche senkrecht zwischen Einheit und Grundplatte wirkten, vom Pfeiler losgedrückt. Die Einheit wurde jetzt von ihrem Wasserballast entlastet und konnte über den Pfeiler weggeschleppt werden, um für den nächsten Pfeiler verwendet zu werden.

Weil die genauen Bohrungen bei 14 von den 41 Pfeilern, welche mittels der Einheit gegründet worden sind, Sandschichten gezeigt haben, welche als wasserführend zu befürchten waren, und weil deshalb eine Trockenlegung der Baugrube während des Betonierens der Grundplatte zu lange Spundwandeisen erfordert hätte, wurde das Gründungs-Verfahren in diesen Fällen etwas abgeändert. Die Änderung bestand darin, daß eine sogenannte „äußere“

Einheit zur Verwendung kam, bei welcher sowohl die Innen- wie auch die Außenwände senkrecht waren. Der innere Umkreis der Einheit entsprach dem Umkreis der Grundplatte. Der Vorgang war folgender:

Nachdem die Einheit in Stellung gebracht worden war, wurde die Spundwand, welche in diesem Fall an dem inneren Umkreis aufgehängt war, gerammt. Die Ausbaggerung bis zur gewünschten Gründungstiefe und das Betonieren der Grundplatte geschah im Wasser. Dann wurde zwischen Spundwand und Einheit durch Ausfüllen des Zwischenraums mit Beton gedichtet. Nach Abbindung der Grundplatte und des Dichtungs-Betons wurde die Baugrube leergepumpt, und der Pfeiler konnte im Trockenem bis Kote ca. — 3 m betoniert werden; der spätere Vorgang war derselbe wie bei den anderen Pfeilern.

Der Vorteil der „äußeren“ Einheit gegenüber der „inneren“ ist der, daß möglichst gute Verhältnisse für die Unterwasserarbeiten geschaffen wurden.

Die Grundplatten wurden nach dem Contractor-Verfahren betoniert in der Mischung 1:2:2 $\frac{1}{2}$ . Für den ersten Beton, der am meisten einer Auswaschung ausgesetzt ist, wurden jedoch 15 % mehr Zement verwendet.

Gleichzeitig mit dem Betonieren des unteren Pfeilerteils wurde auf einer besonderen Helling ein sogenannter Verkleidungskasten aus Eisenbeton hergestellt. Er umfaßt, wie der Name vermuten läßt, den mit Granit verkleideten Teil des Pfeilers von Kote ca. — 2,5 bis ca. + 2,5 m. Er besteht aus einer mit Granit verkleideten Eisenbetonschale und hat unten einen ca. 50 cm hohen Vorsprung, unter welchem zur Dichtung eine plastische Masse angeordnet ist. Nach dem Stapellauf wurde der Kasten zwischen zwei Pontons ausgeschwommen und auf den fertigen Teil des Pfeilerschaftes herabgesetzt. Die genaue Lage des Kastens konnte dadurch gesichert werden, daß zwei im Pfeiler einbetonierte eiserne Rohre mit zwei Zapfen auf dem Kasten eingreifen. Da die erwähnte plastische Masse die nötige Dichtung schafft, konnte jetzt der Hohlraum leergepumpt und ausbetoniert werden.

Der restliche Teil des Pfeilerschaftes wurde gegen eine vielmals verwendete Stahlschalung betoniert. Eine Bewehrung in der Außenseite soll den Schaft vor Ribbildung schützen.

Wie bereits erwähnt, sind die Hauptträger der drei Durchfahrtsöffnungen Langerbalken mit vollwandigen Versteifungsträgern. Die Hauptträgerentfernung ist 12,00 m. Die Versteifungsträger sind ca. 3,7 m hoch und haben auf halber Höhe einen durchgehenden Längsstoß.

Der obere Windverband, dem Stabbogen folgend, ist auf der ganzen Bogenlänge bis zu den Endfeldern vorhanden. Die Auflagerkräfte des oberen Verbands werden bei den letzten Pfosten durch senkrechte Portale dem unteren Windverband zugeführt. Dieser folgt dem Untergurt des Versteifungsträgers und ist von Pfeiler zu Pfeiler durchgeführt.

Die Hauptträger ruhen in üblicher Weise auf festen und beweglichen Auflagern.

Die Fahrbahn wird von Querträgern getragen, auf welche die Fahrbahnlängsträger gestützt sind. Um die Bauhöhe zu mindern, ist die Bettung weggelassen, und die Schwellen ruhen unmittelbar auf den Gleisträgern. Die Längsträger der Straßenfahrbahn tragen eine Fahrbahntafel aus Eisenbeton, die gegen das Gleis mit einer Begrenzungsrippe und Geländer versehen ist.

Der Fuß- und Radfahrweg befindet sich außerhalb des Hauptträgers auf einer Eisenbetontafel, welche auf Längsträgern ruht, die durch Konsolen an den Querträgern unterstützt sind.

In den Nebenöffnungen sind die Hauptträger aus zwei rd. 3,7 m hohen Blechträgern gebildet. Die Hauptträgerentfernung beträgt 7,315 m. Die zwei Hauptträger sind so angeordnet, daß sie dieselben Maximal-Momente bekommen und dementsprechend ganz gleich ausgebildet werden konnten. Die Gurtwinkel sind  $305 \times 305 \times 25$  mm. Diese schweren Winkleisen werden nur von Dorman, Long & Co. gewalzt, welche Firma diese Fabrikation beim Bau der Sydney-Brücke aufnahm.

Beide Windverbände längs dem Hauptträgerobergurt und längs dem Hauptträgeruntergurt sind als Gerberträger ausgebildet, deren Gelenke und Spannweiten denen der Hauptträger entsprechen.

Über jedem Pfeiler ist ein Querverband zur Aufnahme der Auflagerkraft des oberen Verbandes angeordnet.

Die Gelenke des Hauptträgers sind als Pendellager mit einem 75 cm hohen Pendel ausgebildet. Alle diese Gelenke sind gleich, d. h. alle beweglich. Die Gelenke des unteren Windverbandes sind ebenfalls beweglich, die Gelenke des oberen Windverbandes dagegen sind abwechselnd fest oder beweglich, je nachdem ob das Hauptträgergelenk fest oder beweglich sein soll.

Die Hauptträger haben auf den Pfeilern wechselweise feste und bewegliche Auflager. Die beweglichen 2,2 m hohen Pendellager entsprechen der Bauart Haberkalt.

Fahrbahn und Fußweg werden von einer durchgehenden Eisenbetonplatte getragen, die auf vier sekundären Längsträgern ruht. Diese werden von Querträgern getragen, welche auf den Hauptträgern liegen. In den Nebenöffnungen ist das Gleis in Bettung gelegt und ruht in einem Eisenbetontrog. Der Trog wird von zwei gewalzten Längsträgern getragen.

Die 5,6 m breite Fahrbahn weist eine 12 cm starke Eisenbetonplatte als Schutzschicht auf. Die Bordsteine sind in Weißbeton gegossen. Der Fußweg bekommt eine 3 cm starke Gußasphaltschicht.

Die genieteten Stahlkonstruktionen, in England hergestellt, werden in 12—14 m langen Stücken auf dem Wasserwege von England auf den Lagerplatz nach Masnedö befördert.

Auf dem Lagerplatz wird der ganze Überbau einer Nebenöffnung zusammengebaut, vernietet und anschließend auf zwei parallelen Brücken, welche 40 m gegen das Wasser hinausragen, ausgefahren.

Die Montage geschieht mittels eines großen Schwimmkranes, der den Überbau auf die Pfeiler absetzt. Der Kran hat ca. 500 t Tragfähigkeit und ist vermutlich der größte Schwimmkran der Welt. Er ist auf zwei Schwimmkörpern  $8 \times 50$  m aufgebaut und jeder trägt einen ungefähr 45 m hohen Fachwerkturm.

Bei der Montage der Durchfahrtsöffnungen wurde in der Mitte ein Behelfspfeiler aus Holz verwendet; der Überbau ohne Stabbogen wurde mittels des Schwimmkranes in zwei Hälften eingeschwommen und über dem Behelfspfeiler vernietet. Schließlich folgte die Aufstellung des Stabbogens und die Beseitigung des Behelfspfeilers, dessen oberer Teil [von Kote ca. + 3,5 m] in allen drei Durchfahrtsöffnungen Verwendung fand.

Die genieteten Stahlkonstruktionen im Oberbau der Storströmbrücke bestehen hauptsächlich in Chromadorstahl, einem besonderen Stahl mit Chrom- und Mangan-Beimischung. Der Stahl hat eine Zugfestigkeit von  $58 \text{ kg/mm}^2$ , eine Streckgrenze von  $36 \text{ kg/mm}^2$  und eine Bruchdehnung von 15—17 %.

Die äußeren Flächen der Überbauten wurden vor der Montage nicht gestrichen, sondern erst ca. ein Jahr später mittels Sandstrahlgebläse gereinigt und dann gestrichen.

Im ganzen wurden 20 000 t genietete Stahlkonstruktionen und ca. 110 000 m<sup>3</sup> Beton verwendet.

Die Brücke selbst ohne die Anlagen auf dem Land hat ca. 28 Mill. Kronen gekostet.

### **Zusammenfassung.**

Eingehende Beschreibung der eingleisigen Eisenbahn- und doppelspurigen Straßenbrücke mit Fahrrad- und Fußwegen, sowie deren Gründung und Montage.

### **Résumé.**

Description très complète d'un pont à une voie de chemin de fer, deux routes, trottoirs à vélos et à piétons, de ses fondations et de sa construction.

### **Summary.**

Detailed description of the bridge carrying one line of railway, two lines of road traffic, cycle track and footways, including its foundations and erection.