

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

91. Jahrgang

15. Januar 1936

Heft 2

Der Bau der Brücke über den Kleinen Belt und die Umgestaltung der anschließenden Bahnanlagen.

Von Banechef H. Flensburg, Chef der Bahnabteilung der Dänischen Staatsbahnen.

Hierzu Tafel 1 bis 3.

Als am Morgen des 15. Mai 1935 der erste fahrplanmäßige Zug die Brücke über den Kleinen Belt befuhr, war dieses nicht nur das äußere Zeichen dafür, daß eins der größten und schwierigsten Bauwerke Dänemarks — ja man kann wohl sagen Europas — glücklich fertiggestellt war, sondern auch das äußere Zeichen einer bedeutenden und tiefingreifenden Umwälzung im Verkehrsleben Dänemarks. Eine Umwälzung, die nicht nur den innerdänischen Verkehr berührt, sondern auch den Verkehr zwischen den skandinavischen Ländern einerseits und West- und Mitteleuropa andererseits.

In Anbetracht der Bedeutung und der Außergewöhnlichkeit dieses Brückenbaues sowie des großen Interesses, das dem Bauwerk im In- und Auslande von Laien und Fachleuten entgegengebracht worden ist, soll im nachstehenden ein Bericht über die Vorgeschichte des Baues, über die konstruktiven Einzelheiten und die Ausführung des Bauwerks, sowie über die Umgestaltung der anschließenden Bahnanlagen gegeben werden.

Die Vorgeschichte des Brückenbaues.

Das auf allen Seiten vom Meer umspülte Dänemark mit seinen rund 600 großen und kleinen Inseln hat bereits seit Urzeiten zahlreiche Fährverbindungen aufzuweisen gehabt, die die einzelnen, durch mehr oder weniger breite Fjorde, Belte und Sunde getrennten Landesteile untereinander verbanden.

Die wichtigste und seit Jahrhunderten bekannte Hauptüberfahrtstelle zwischen der Insel Fünen und der dem europäischen Festlande vorgelagerten Halbinsel Jütland war die Fährverbindung zwischen „Kongebroen“ bei Middelfart und Snoghøj bei Fredericia. Sie liegt an der schmalsten Stelle des Kleinen Belt, wo er auf eine Länge von rund 3 km nur ungefähr 700 bis 1000 m breit ist. So nahm der gesamte Landverkehr von den Inseln nach Nord- und Mitteljütland nahezu ausschließlich diesen Weg.

Die im Jahre 1865 erfolgte Fertigstellung der Eisenbahn Nyborg—Middelfart, die die Insel Fünen von Ost nach West durchzog, stellte eine Verbindung des Eisenbahnnetzes in Jütland mit der Bahn Kopenhagen—Korsør auf Seeland her, die allerdings durch die beiden Belte unterbrochen wurde.

Die Notwendigkeit, Verbindungen zwischen den Eisenbahnnetzen der verschiedenen Inseln und der durch Fjorde getrennten Halbinseln zu schaffen, tauchte um diese Zeit erklärlicherweise an vielen Stellen auf, so z. B. am Großen Belt, am Öresund, am Limfjord, am Großstrom zwischen Seeland und Falster.

Stießen andere Länder beim Bau ihrer Eisenbahnen auf Schwierigkeiten in Gestalt von hohen Bergketten, Tälern, Sümpfen, Flüssen usw., so waren es im berglosen und flachen Dänemark die ausgedehnten Meeresküsten, die den Eisenbahningenieuren große Schwierigkeiten bieten sollten.

Aber auch diese Schwierigkeiten sollten für die Dauer nicht unüberwindbar sein, und so wurde bereits im Jahre 1872 die Eisenbahnfährrschiffverbindung über den Kleinen Belt von Strib nach Fredericia eröffnet, indem gleichzeitig die Strecke Nyborg—Middelfart über Middelfart hinaus bis Strib verlängert wurde.

Diese Fährrschiffanlage ist die erste derartige Anlage in Nordeuropa, sie hat vielen späteren Fähranlagen als Vorbild dienen können.

Mit der Eröffnung der Eisenbahnfährrverbindung Strib—Fredericia verlor die alte Überfahrt Kongebroen—Snoghøj zunächst jegliche Bedeutung. Erst im Zeitalter des Kraftwagens und dem dadurch bedingten Wiederaufblühen des Landstraßenverkehrs kam eine Verbindung Middelfart Hafen—Snoghøj wieder zu Ehren. Ihren Besitzern wurde sie eine einzigdastehende Einnahmequelle.

Bereits wenige Jahre nach Aufnahme des Eisenbahnfährrbetriebes begann die Staatsbahnverwaltung die Möglichkeit zu untersuchen, die Fährrschiffanlage durch eine Brücke zu ersetzen. Diese Brücke mußte entsprechend den örtlichen Verhältnissen in der Nähe der alten Überfahrtstelle zu liegen kommen. Im Jahre 1883 wurden eingehende Vermessungen, Bohrungen und Peilungen im Belt vorgenommen und unter Verwertung der hierbei gewonnenen Ergebnisse in den Jahren 1884 bis 1886 ein Entwurf für eine Brückenanlage ausgearbeitet. Die Brücke sollte hiernach als Hochbrücke mit einer lichten Durchfahrthöhe von 33 m und mit fünf Öffnungen (je zwei Seitenöffnungen mit 160 m Spannweite und eine Mittelöffnung mit 200 m Spannweite) ausgeführt werden. Als Überbau war ein Gitterträger vorgesehen. Dieser Entwurf, der eine große und in Anbetracht des damaligen Standes der Technik ausgezeichnete Arbeit darstellte, wurde jedoch nie dem Reichstag, der die für den Bau der Brücke erforderlichen Geldmittel zu bewilligen gehabt hätte, vorgelegt. Für eine Reihe von Jahren ruhte nun die Planung vollständig, bis sie dann wieder um die Jahrhundertwende herum aufgenommen wurde. Im Jahre 1899 wurde dem Reichstag ein größerer Gesetzentwurf vorgelegt, der die Bereitstellung von Mitteln für den weiteren Ausbau des Staatsbahnnetzes vorsah, so unter anderem für den zweigleisigen Ausbau der fünenschen Hauptstrecke Strib—Nyborg. Im Zusammenhang hiermit wurde von der Staatsbahnverwaltung auch die Bereitstellung eines Betrages für die Ausschreibung eines Wettbewerbes zur Erlangung von Entwürfen für den Bau einer Eisenbahnbrücke über den Kleinen Belt gefordert. Dieser Gesetzesvorlage waren in der Mitte der 90er Jahre Vorarbeiten vorausgegangen, die zur Aufstellung zweier Entwürfe für die Brücke geführt hatten. Als wesentlicher Unterschied dieser Entwürfe gegenüber den früheren muß erwähnt werden, daß man entsprechend den Fortschritten in der Eisenherstellung und Brückenbaukunst jetzt glaubte, den Belt mit nur drei Öffnungen, einer Mittelöffnung von 350 m und zwei Seitenöffnungen von je 180 m, überbrücken zu können. Dieser Entwurf sah eine lichte Höhe von 42 m vor gegen 33 m bei dem Entwurf von 1886. Man übernahm damit das für die Hochbrücken des Kieler Kanals festgelegte Maß für die lichte Durchfahrthöhe. Der Gesetzesvorschlag wurde jedoch vom Reichstag abgelehnt, was zur Folge hatte, daß der Plan zur Herstellung einer festen Verbindung über den Kleinen Belt für die nächsten 15 bis 20 Jahre in den Hintergrund trat. In den Vorkriegsjahren waren es hauptsächlich die Verbesserungen der Verbindung von Kopenhagen nach Süden — die Großstrombrücke zwischen Seeland und Falster

und die sogenannte Vogelfluglinie von Rødby auf Lolland nach der Insel Fehmarn —, die die Öffentlichkeit beschäftigten.

In den Jahren nach Kriegsschluß wurde die Frage einer Überbrückung des Kleinen Beltes auf Grund des ständig steigenden Verkehrs wieder aktuell. Im Haushalt für das Jahr 1923/24 wurde ein Betrag von 50000 Kr. für allgemeine Vorarbeiten eingesetzt. Diese Vorarbeiten, die im Mai 1923 begonnen wurden, umfaßten in der Hauptsache Aufnahmen des in Betracht kommenden Geländes, z. T. Luftbildaufnahmen, Absteckung der zu untersuchenden zwei möglichen Brückelinien, Peilungen, Bohrungen, Wasserstands-, Strömungs- und Eisbeobachtungen. Für die Zeitdauer eines Jahres (Juni 1923 bis Mai 1924) wurde eine systematische Zählung des gesamten Schiffsverkehrs im Belt vorgenommen, wobei zugleich die Masthöhen gemessen wurden.

Nach Abschluß der allgemeinen Vorarbeiten wurde von der Bauabteilung der Dänischen Staatsbahnen ein Gesetzesentwurf für den Bau einer zweigleisigen Eisenbahnbrücke über den Kleinen Belt ausgearbeitet und im Herbst 1923 dem Reichstag vorgelegt. Die Verhandlungen im Reichstag führten zum Gesetz vom 29. März 1924, das dem Minister der öffentlichen Arbeiten die Ermächtigung zum Bau einer zweigleisigen Hochbrücke über den Kleinen Belt und zur notwendigen Verlegung der anschließenden Bahnstrecken auf Jütland und Fünen gab. Zugleich mit dem Brückenbau sollte ein neuer Bahnhof in Fredericia hergestellt werden, wie auch eine Verlegung des Bahnhofs in Middelfart notwendig wurde. Die Strompfeiler der Brücke sollten von vornherein so ausgeführt werden, daß sie späterhin ohne größere Unterwasserarbeiten eine zukünftige besondere Straßenbrücke aufnehmen konnten. Die Brücke sollte demnach zunächst nur als reine Eisenbahnbrücke erbaut werden.

Nach der Verabschiedung dieses Gesetzes wurde sofort mit der Bearbeitung der Ausschreibungsunterlagen begonnen; am 1. Mai 1926 wurde die Brücke öffentlich ausgeschrieben. Als Abgabetermin für die Angebote war der 1. Februar 1927 festgesetzt. Die umfangreichen Erdarbeiten für die Streckenverlegungen wurden bereits im Jahre 1925 begonnen.

Bereits während der Reichstagsverhandlungen im Jahre 1923/24 wurde von vielen Seiten und insbesondere von den verschiedenen Organisationen des Kraftwagenverkehrs die Forderung erhoben, die Brücke sogleich für den Straßenverkehr einzurichten. Bei den Beratungen im Reichstagsausschuß wurde jedoch die Befürchtung geäußert, daß eine Straßenbrücke kaum mit den bestehenden Fähren konkurrieren könnte. Es bestand nämlich damals noch die Absicht, von den Benutzern der später zu erbauenden Straßenbrücke einen Brückenzoll zu fordern. Diese Absicht wurde erst unmittelbar vor Eröffnung der Brücke endgültig aufgegeben.

Nach Annahme des Gesetzes im März 1924 wurde die bereits früher von den Staatsbahnen begonnene Zählung aller Motorfahrzeuge, die zwischen Fredericia und Strib bzw. Middelfart und Snoghøj über den Belt übergesetzt wurden, fortgesetzt. Es zeigte sich hierbei sehr schnell, daß die von interessierten Kreisen aufgestellte Behauptung, daß der Kraftwagenverkehr über den Belt sich im Laufe von rund zwei bis drei Jahren verdoppeln würde, zutrifft. Die Gesamtzahl der Kraftfahrzeuge, die an den genannten Überfahrten über den Belt befördert wurden, stieg von rund 30000 im Jahre 1923 auf rund 89000 im Jahre 1928.

Im Jahre 1934 wurden rund 185000 Kraftfahrzeuge übergesetzt*).

Diese gewaltige Steigerung im Kraftwagenverkehr konnte mit der Zeit nicht unberücksichtigt bleiben und führte schließlich dazu, daß im Februar 1927 dem Reichstag ein neuer Ge-

setzentwurf vorgelegt wurde, wonach die Brücke sofort als gemeinsame Eisenbahn- und Straßenbrücke erbaut werden sollte.

Der Reichstag stimmte dieser Vorlage zu, und das am 16. Juli 1927 angenommene Gesetz bestimmte, daß die Brücke zwischen den Hauptträgern eine zweigleisige Eisenbahn und eine ungefähr 6.0 m breite Straße aufnehmen sollte.

Ein 2.25 m breiter Fußgängersteg, der zugleich den Radfahrverkehr aufzunehmen hätte, sollte außerhalb des einen

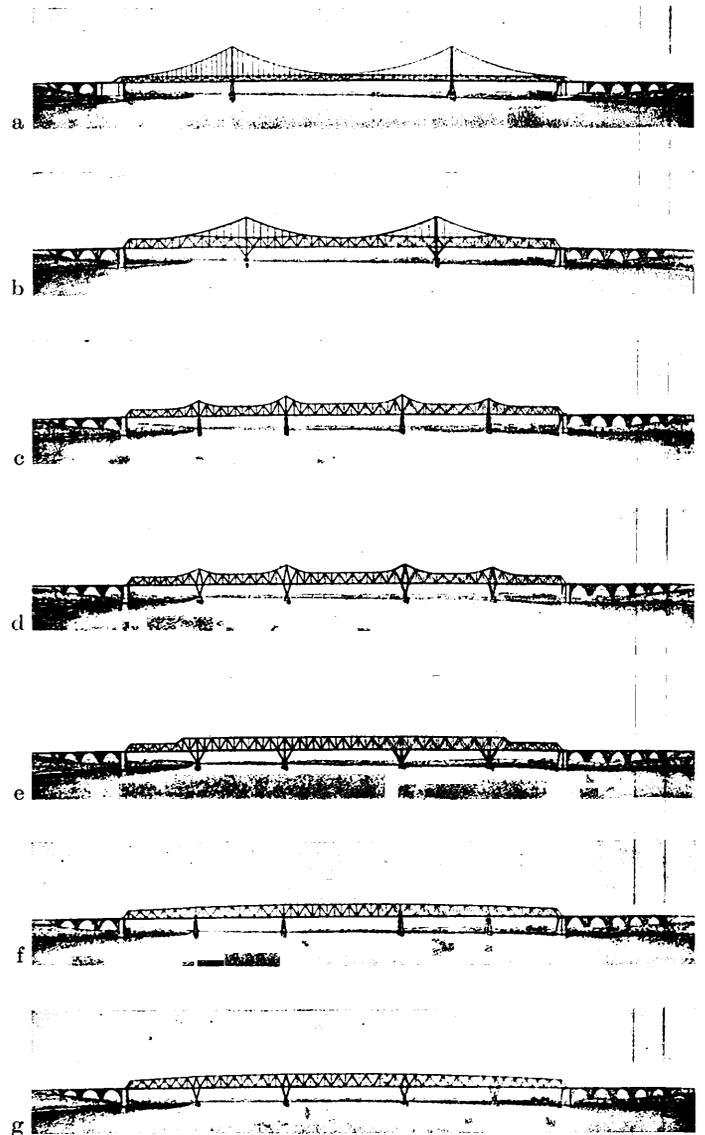


Abb. 1. Einige der von den Staatsbahnen entworfenen und untersuchten Brücken.

Hauptträgers auf einer Auskragung angeordnet werden. Durch das Gesetz vom 16. Juli 1927 wurden auch die Mittel für die erforderlichen Straßenverlegungen auf Fünen und in Jütland bewilligt.

Die im Februar 1927 erlassene Ausschreibung wurde aufgehoben, und die Bauabteilung der Staatsbahnen begann mit neuen Untersuchungen und Bearbeitung von Entwürfen für die vereinigte Eisenbahn- und Straßenbrücke, um schnellstens Unterlagen für eine erneute Ausschreibung zu erlangen. Ein Teil der untersuchten Brückenentwürfe ist in Abb. 1 wiedergegeben.

Auf Grund dieser Untersuchungen, die sowohl die technischen, wirtschaftlichen und ästhetischen Gesichtspunkte

*) Ende Juli 1935 — 2½ Monate nach Inbetriebnahme der Brücke — hatten bereits 250000 Kraftwagen die Brücke befahren.

umfaßten, wurden schließlich die Entwürfe f und g der Ausschreibung zugrunde gelegt.

Die der Ausschreibung zugrunde gelegten Entwürfe der Brücke zeigen einen Gerberträger mit je einem Gelenk in den beiden äußeren Seitenöffnungen und mit zwei Gelenken in der Mittelöffnung. Die Brücke hat wenig Ähnlichkeit mit den sonst üblichen Gerberträgerkonstruktionen (siehe Vorentwurf e), bei denen die Lage der Gelenke oft allzu deutlich gekennzeichnet wird. Die beiden Vorentwürfe unterscheiden sich lediglich dadurch, daß beim Vorentwurf g der Überbau auf eisernen Stützen, die auf niedrigen Pfeilern gelagert sind, ruht, während beim Vorentwurf f die Pfeiler bis zum Untergurt massiv ausgeführt sind.

Der Untergrund im Kleinen Belt besteht im Zuge der Brücke auf der Jütlandseite unterhalb der Höhenlinie — 15 m und auf der Fünenseite unterhalb der Höhenlinie — 10 m aus dem sogenannten „Kleinen-Belt-Ton“, so daß alle Strompfeiler auf diesem gegründet werden konnten.

Über dem „Kleinen-Belt-Ton“ befinden sich abwechselnd Schichten aus Glimmerton und Glimmersand und über diesen wiederum Moränenbildungen, namentlich Moränenkies und Moränensand.

Die beiden Landpfeiler sollten auf Pfähle gegründet werden, die bis in die Tonschicht hineinreichen sollten. Man wollte sich hierdurch gegen etwaige unvorhergesehene Ausspülungen längs der Küste sichern.

Die Vorlandüberbauten sollten unmittelbar auf den Moränenbildungen gegründet werden.

Als Tragkonstruktion für die Vorlandüberbauten wurden eingespannte Eisenbetonbogen vorgesehen, deren Spannweiten rund 41 m bis rund 32 m betragen mit entsprechenden Pfeilhöhen von rund 24 m bis zu rund 15,5 m.

Die Landpfeiler des Stromüberbaues sowie die Endpfeiler der Vorlandbrücken sollten als in Zellen unterteilte Eisenbetonpfeiler, die auf massiven Fundamenten ruhen, ausgeführt werden. Die Landpfeiler der Hauptbrücke sind zugleich Widerlager für die Bogen des ersten Vorlandüberbaues.

Die Vorlandüberbauten haben auf der Insel Fünen drei Bogen und auf Jütland fünf Bogen.

Wie aus Taf. 1, Abb. 1 hervorgeht, wird jedes Eisenbahngleis von einem 3 m breiten Bogen getragen, während die Straßenfahrbahn von zwei, je 1,5 m breiten Betonbogen getragen wird. Durch die Trennung der Tragkonstruktion für die beiden Gleise wollte man exzentrische Beanspruchungen vermeiden. Die beiden Bogen unter den Eisenbahngleisen sind nur über den Zwischenpfeilern miteinander verbunden, während die beiden Bogen unter der Straßenbrücke in den Viertelpunkten miteinander verbunden sind, um so eine bessere Seitensteifigkeit zu erreichen. Die Bogen unter den Gleisen haben dieselbe Stärke wie die unter der Straße. Die Stärke wechselt zwischen 72 und 63 cm im Bogenscheitel und zwischen 189 und 152 cm am Kämpfer. Die insgesamt drei Fahrbahntafeln für die zwei Gleise und die Straße werden mittels senkrechter Eisenbetonpfeiler, die dieselbe Breite wie die Bogen haben, auf diese abgestützt.

Über den Pfeilern und Widerlagern sind diese senkrechten Eisenbetonwände doch durchgehend angeordnet, um auf diese Weise einen Teil der Windkräfte auf die Widerlager übertragen zu können. Die Fahrbahntafel selbst ist eine über die Zwischenwände hinweg durchlaufende Eisenbetonplatte mit Trennfugen über den Hauptpfeilern. Die Stärke der Fahrbahntafel beträgt 39 bis 46 cm unter den Gleisen, während sie unter der Straße zwischen 27 und 35 cm schwankt.

Die Abdichtung der Fahrbahntafel besteht aus einer 5 mm starken Schicht Perco, über die als Schutzschicht eine 4 cm starke Zementmörtelschicht mit Drahtgeflecht einlage angeordnet ist.

Als Straßenbefestigung auf der Brücke war ursprünglich Steinpflaster vorgesehen. Entsprechend den Fortschritten auf diesem Gebiet wurde späterhin die Straßendecke in Zementbeton ausgeführt.

Taf. 1, Abb. 1 zeigt den der Ausschreibung zugrunde gelegten Vorschlag I mit hohen Pfeilern, während der Vorschlag II mit niedrigen Pfeilern in Taf. 1, Abb. 2 wiedergegeben ist.

Der Überbau ist als Gerberträger über fünf Öffnungen entworfen. Die Spannweiten betragen 137,5 — 165 — 220 — 165 — 137,5 m, insgesamt 825 m. Die Gesamtlänge der Brücke einschließlich der Vorlandüberbauten beträgt 1178 m.

Die Spannweiten für die eingehängten Schwebeträger im Mittelfeld und in den beiden äußersten Seitenöffnungen sind 137,5 m und 99 m. Die Trägerhöhe beträgt 15,25 m an den Brückenenden, 20,5 m über den beiden äußeren Strompfeilern und 24 m über den beiden mittleren Strompfeilern. Die Punkte des Obergurtes über den Pfeilern liegen auf einer Parabel, wobei jedoch die Obergurtrträger selbst geradlinig von Knotenpunkt zu Knotenpunkt verlaufen.

In den drei mittleren Öffnungen beträgt die lichte Durchfahrts Höhe 33 m über MW.

Die festen Lager der Brücke sind auf den beiden mittleren Strompfeilern angeordnet, die übrigen Lager sind alle beweglich. Mit Ausnahme des einen Gelenkes in der Mittelöffnung sind alle Gelenke als feste Gelenke ausgebildet.

Als Belastung wurde ein Lastenzug bestehend aus zwei Lokomotiven von 120 t Gewicht und einer unbegrenzten Anzahl Wagen von je 60 t gewählt. Das entsprechende Metergewicht beträgt 10 t/m für die Lokomotiven und 6,0 t/m für die eingehängten Wagen. Die größte Belastung entsprechend den z. Z. vorhandenen Betriebsmitteln beträgt rund 6,5 t/m und 3,5 t/m.

Die Verkehrslast auf der Straße und dem Fußgängersteg ist bei der Berechnung der Hauptträger zu 500 kg/m² angesetzt worden. Bei der Berechnung der Fahrbahntafel unter der Straße wurde außerdem mit einem 20 t schweren Blockwagen gerechnet.

Taf. 1, Abb. 7 zeigt einen Querträger und die Ausführung der Fahrbahntafel für die Hauptbrücke über den Belt. Die Spannweite der Querträger beträgt 16,5 m entsprechend dem Hauptträgerabstand. Die Querträger sind als vollwandige Träger mit einer Stegblechhöhe von 2,30 m bei einer Stegstärke von 15 mm ausgeführt. Für jedes Gleis wie auch für die Straßenfahrbahn sind je zwei Längsträgerstränge vorgesehen, die ebenfalls als Vollwandträger ausgebildet sind. Die beiden zusammengehörigen Längsträger sind durch Quer- und Windverbände miteinander verbunden.

Die Längsträgerstränge unter der Straße tragen im Abstand von rund 2,2 m Querträger aus NP 38, die dann die eigentliche Fahrbahntafel aus Eisenbeton aufnehmen. Die Tragkonstruktion des auskragenden Fußwegs ist ebenfalls eine Eisenbetonplatte.

An der Außenseite der Untergurte der beiden Hauptträger ist je ein Längsträger angeordnet, der die Fahrschienen für einen Prüf- und Besichtigungswagen trägt.

Für die Montage hatten die Staatsbahnen zwei Vorschläge ausgearbeitet, die beide darauf hinausliefen, feste gerammte Gerüste im Belt selbst zu vermeiden, da die Herstellung dieser Gerüste wegen der großen Wassertiefen und der starken Strömungen als unmöglich angesehen werden mußte. Der Hauptvorschlag ist in Taf. 1, Abb. 4 wiedergegeben. Hiernach sollte der Überbau im freien Vorbau durch Vorkragen von den Strompfeilern her montiert werden; lediglich einige Felder an den beiden Brückenenden sollten auf festen Gerüsten montiert werden.

Während der Montage sollten an den Pfeilern besondere dreieckförmige Gerüstträger angebracht werden, die die von dem Stahlüberbau herrührenden Kräfte auf die Pfeiler überzuleiten hatten. Nach Beendigung der Montage sollten diese Gerüstträger wieder entfernt werden.

Ein Leitwerk, das während der Montage rings um die Pfeiler angeordnet wurde, sollte Beschädigungen durch Schiffe verhindern.

Dieser Hauptvorschlag für die Montage ist dann auch später zur Ausführung gekommen.

Nach dem anderen Vorschlag sollten die Kragträgerüberbauten auf einem festen Gerüst am Ufer zusammengebaut und dann durch Einschwimmen auf die bis zur Höhe + 9,0 m über N. W. fertiggestellten Pfeiler abgesetzt werden. Zugleich mit dem weiteren Hochbringen der Pfeiler sollten dann die Überbauten mit Hilfe von acht Druckwasserpumpen abschnittsweise gehoben werden, bis sie zuletzt auf die endgültigen Lager abgesetzt werden konnten. Man wollte somit die an sich brauchbare Einschwimmethode verwenden, dabei jedoch die etwaigen Gefahren beim Einschwimmen in die hohe endgültige Pfeilerlage vermeiden. Die Schwebeträger sollten dann im Freivorbau montiert werden. Wie beim Hauptvorschlag vorgesehen, sollten dann die Brückenfelder in der Nähe des Ufers auf festen Gerüsten zusammengebaut werden.

Im Gegensatz zum Hauptvorschlag, bei dem die Aufstellung des Stahlüberbaues erst nach Abschluß der Pfeilarbeiten beginnt, fordert diese Methode ein gutes Zusammenarbeiten zwischen Tiefbauunternehmer und Brückenbauanstalt.

Wie aus der Abb. 1 auf Taf. 1, die einen Querschnitt durch den Belt im Zuge der Brückenachse darstellt, hervorgeht, ist der Meeresboden an den Stellen, wo die Pfeiler angeordnet sind, sehr stark geneigt. Diese Tatsache war für die Wahl des richtigen Gründungsverfahrens von größter Bedeutung. Der Höhenunterschied im Meeresboden konnte zwischen zwei Pfeilerkanten bis zu 3,0 m betragen.

Pfeiler, die wie hier auf eine Tiefe von - 30 m gegründet werden sollen, werden am besten mittels Senkkästen gegründet, die genau am vorgesehenen Platz in der Brückenachse und mit genau senkrechter Achse abzusenken sind.

Die lotrechte Stellung der Senkkastenachse läßt sich auf drei verschiedene Arten erreichen:

1. Durch Anwendung von Kiesschüttungen oder dergl.
2. Durch entsprechende Abgrabung des Untergrundes.
3. Durch Anpassen des Senkkastens an das Profil des Untergrundes.

Die eigentliche Absenkung der Senkkästen bis zur endgültigen Gründungstiefe kann auf verschiedene Weisen ausgeführt werden:

1. Unter Anwendung von Druckluft in einer Arbeitskammer unter dem Senkkasten.
2. Abgraben des Bodens unter dem Senkkasten mit Hilfe besonderer Grabwerkzeuge durch besonders ausgeführte Schachtröhre im Senkkasten.
3. Ein Verfahren, das 1 und 2 vereinigt.
4. Abgrabung des Untergrundes bis zur endgültigen Tiefe, bevor der Senkkasten an seinen Platz gebracht wird, so daß weitere Absenkung überflüssig wird.

Von den vielen Gründungsverfahren, die zur Ausführung geeignet erschienen, hatten die Staatsbahnen als Grundlage für die Ausschreibung ein Verfahren gewählt, bei dem zur Sicherung der senkrechten Stellung der Senkkästen Kiesschüttungen und im übrigen Druckluft zur eigentlichen Absenkung angewandt werden sollte. In den Ausschreibungsunterlagen waren jedoch auch einige der anderen in Frage kommenden Gründungsverfahren, sofern sie für die Anbieter Interesse haben konnten, zur Wahl gestellt.

Die Staatsbahnen hatten in der Hauptsache darauf Wert gelegt, daß die Gründung nach einem Verfahren ausgeführt wurde, wobei der Baugrund direkten Probelastungen unterzogen und untersucht werden konnte.

Die Strompfeiler sind von der Spitze bis 3,0 m unter MW. mit Granit verkleidet. Von - 3,0 bis + 4,3 m sind die Pfeiler mit senkrechten scharfen Kanten versehen, die eisbrechend wirken sollen.

Nach Abschluß der Vorarbeiten wurde die Brücke erneut im Mai 1928 öffentlich ausgeschrieben. Die Abgabe der Angebote war bis zum 2. Oktober 1928 gefordert. Es stand den Anbietern frei, sowohl Angebote für die der Ausschreibung zugrunde gelegten Entwürfe als auch für eigene Entwürfe abzugeben. Zur Beurteilung der eingereichten Angebote und Entwürfe wurde vom Minister für öffentliche Arbeiten ein internationaler Beurteilungsausschuß eingesetzt, dem folgende Herren angehörten:

Ingenieur-General Grut, Kopenhagen.

Ingenieur-Major Nilsson, Stockholm.

Reichsbahndirektor Dr. Ing. E. h. Schaper, Berlin.

Professor Schönweller, Technische Hochschule, Kopenhagen, und der Verfasser dieser Abhandlung.

Professor, Ingenieur A. Engelund wirkte als Sekretär des Ausschusses.

Die Bauausführung.

Die Ausschreibung hatte das Ergebnis, daß der Beurteilungsausschuß einstimmig dem Minister für öffentliche Arbeiten vorschlug, die Ausführung des gesamten Brückenbauwerks — Stahlüberbauten, Strom- und Landpfeiler und Vorlandbrücken — einer Arbeitsgemeinschaft zu übertragen, die aus folgenden Firmen bestand: Monberg & Thorsen, Kopenhagen, und Grün & Bilfinger, Mannheim, für die gesamten Gründungs- und Betonarbeiten, ferner Friedrich Krupp, A.G. Friedrich-Alfred-Hütte in Rheinhausen und Louis Eilers, Hannover, für die Lieferung und Montage des Stahlüberbaues. Aus arbeitsmarktpolitischen Gründen sollte jedoch $\frac{1}{3}$ der gesamten Stahlkonstruktionen und die Hälfte der Stahlgußkonstruktionen in Dänemark selbst hergestellt werden.

Die Gründung der Strompfeiler.

Die beiden der Arbeitsgemeinschaft angehörigen Tiefbauunternehmen hatten bei der Ausschreibung neben einem Angebot auf Gründung der Strompfeiler nach dem Vorschlag der Staatsbahnen ein Sonderangebot für einen von den Firmen ausgearbeiteten Entwurf abgegeben.

Nach diesem Vorschlag sollte der Senkkasten auf einem Gerüst auf ausreichend tiefem Wasser erbaut werden. Der untere Teil des Senkkastens sollte als Arbeitskammer ausgebildet werden, jedoch mit der sehr beträchtlichen Höhe von rund 7 m gegen die sonst übliche Höhe von etwa 2,0 bis 2,5 m. Die Wände dieser Kammer sollten aus senkrecht gestellten Eisenrohren bestehen, die durch eiserne Träger und Balken zusammengehalten und gegenseitig ausgesteift werden sollten, so daß Wände und Decke der Kammer eine zusammenhängende Eisenkonstruktion bildeten. Die Länge der Röhre sollte so bemessen sein, daß die Unterkante des Senkkastens genau der vorher abgepeilten Sohle des Meeres am Standort des Pfeilers entsprach. Innerhalb des oberen Teiles des Rohrkranzes sollte dann der übrige Teil des Senkkastens als in Zellen unterteilte Eisenbetonkonstruktion ausgeführt werden, nachdem der Senkkasten zuvor zum Schwimmen und an seinen endgültigen Standort gebracht worden war. Das Absenken des Senkkastens sollte derart vor sich gehen, daß die an beiden Enden offenen Röhre durch Aufsetzstücke nach oben bis über die Wasseroberfläche verlängert wurden, so daß dann besonders dafür entworfene Grabgeräte in die Röhre hineinversenkt

werden konnten, um den Boden unter diesen auszugraben. Der Senkkasten sollte darauf teils durch sein Eigengewicht, teils durch zusätzliche Belastung in den Tonuntergrund hineinsinken. Wenn der Kasten genügend tief in den Meeresboden eingesunken war, sollten die Rohre, die die Arbeitskammer umgaben, ausbetoniert werden, so daß sie eine völlig wasserundurchlässige Spundwand bildeten, in deren Schutz dann die Arbeitskammer trocken gelegt werden konnte. Da der Meeresboden, wie bereits erwähnt, aus festgelagertem, fettem, tertiärem Ton besteht, konnte mit größter Wahrscheinlichkeit damit gerechnet werden, daß ein Wasserzutritt unter dem Rohrkranz hindurch nicht stattfinden würde. Die Arbeitskammer sollte somit ohne Anwendung von Druckluft frei von

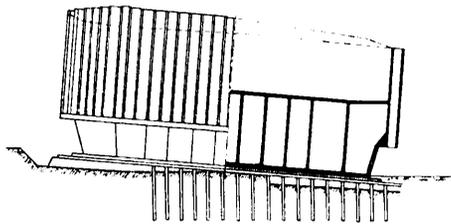


Abb. 2. Senkkasten auf der Helling.

Wasser gehalten werden können. Die oberste Tonschicht konnte dann in „offener Baugrube“ abgegraben und entfernt werden, worauf dann die Arbeitskammer ausbetoniert werden konnte.

Da die Gründung der vier Strompfeiler nach diesem Verfahren große Gewähr dafür zu bieten schien, daß die sehr schwierigen Gründungsarbeiten ohne Druckluft ausgeführt werden konnten, und nachdem Versuche im physikalischen Laboratorium der Technischen Hochschule Kopenhagen die absolute Wasserundurchlässigkeit des „Kleinen-Belt-Tones“ ergeben hatten, empfahl der Wettbewerbsausschuß eine Ausführung nach diesem Verfahren. Auf Anregung der Staatsbahn wurden jedoch folgende zwei wesentliche Änderungen vorgenommen.

Anstatt den Senkkasten nach dem Vorschlag der Anbieter als eine Kombination von Eisen- und Eisenbetonkonstruktionen auszuführen, wurde der ganze Senkkasten einschließlich des Rohrkranzes aus Eisenbeton hergestellt, wobei die Eisenrohre teils als innere Verschalung, teils als Bewehrung der

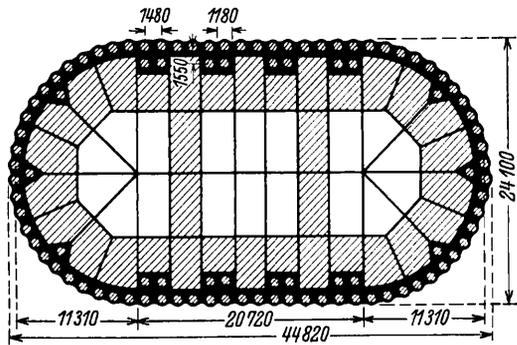


Abb. 3. Grundriß des Senkkastens.

Grabrohre dienen sollten. Nach dem Angebot sollten die Senkkästen auf der beweglichen Plattform eines im Belt hergestellten Gerüsts erbaut werden. Dieser Vorschlag wurde dahingehend abgeändert, daß die Senkkästen auf einer Helling an Land gegossen und nach Fertigstellung wie ein Schiff vom Stapel gelassen werden sollten. Da die Rohre entsprechend dem durch Peilungen festgestellten Profil des Meeresbodens am Standort der Pfeiler ungleiche Längen erhalten mußten, wurden die Senkkästen in umgekehrter Stellung, mit den Rohren und der Arbeitskammer aufwärts gerichtet, hergestellt. Nach dem Stapellauf wurde dann der Senkkasten draußen im Belt um 180° gedreht, so daß Rohre und Arbeitskammer nach unten kamen.

Mit diesen Änderungen wurden dann die Gründungsarbeiten für die vier Strompfeiler ausgeführt.

Da die Wassertiefe an den Standorten der Strompfeiler

zwischen 29 bis 31 m an den Pfeilern 1, 2 und 3 und rund 23 m am Pfeiler 4 (nächst Jütland) schwankt, erhielten die Senkkästen dementsprechend verschiedene Abmessungen. Abb. 2 und 3 zeigen einen senkrechten und einen waagerechten Schnitt durch einen der größeren Senkkästen (Pfeiler 3). Die Rohre haben einen inneren lichten Durchmesser von 1,18 m und sind im untersten Teil auf eine Länge von 9,0 m mit einem Stahlrohr von 6 mm Stärke ausgefüllt. Die Eisenbetonwände der Rohre haben eine Stärke von rund 15 cm. Jedes Rohr ist an seinem unteren Ende mit einer Stahlschneide versehen. Um unnötige Biegunsspannungen zu vermeiden,

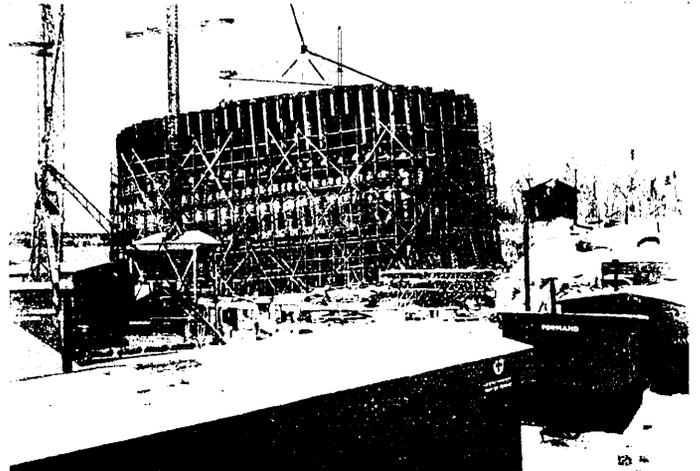


Abb. 4. Senkkasten im Aufbau auf der Helling.

bestrebte man sich, die Rohrlänge nicht größer als unbedingt notwendig zu machen. Aus diesem Grunde ist die Decke der Arbeitskammer nicht waagrecht, sondern entsprechend der Neigung des Meeresbodens geneigt angeordnet, so daß die Rohre unter der Arbeitskammerdecke im ganzen Umkreis eine gleichbleibende freie Länge von rund 7 m haben. Um den Biegungs-

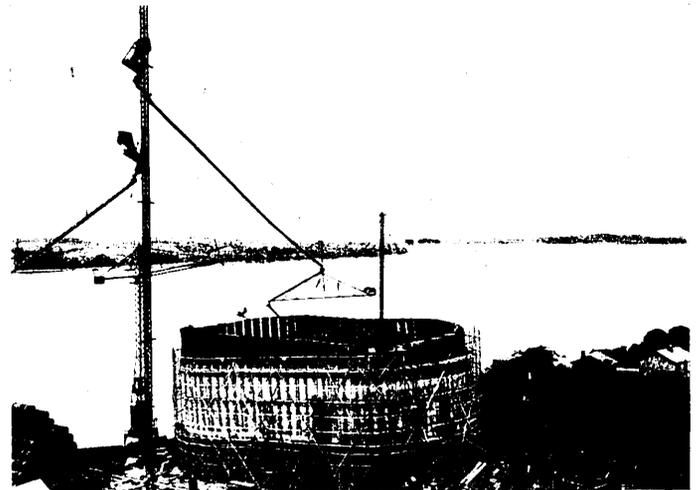


Abb. 5. Senkkasten im Aufbau auf der Helling.

widerstand des Rohrkranzes zu vergrößern, sind innerhalb des eigentlichen Rohrkranzes an gewissen Stellen weitere kurze, lotrechte Verstärkungsrohre angeordnet. Der Senkkasten ist in rund 9 m Höhe über der eigentlichen Arbeitskammerdecke durch eine Zwischendecke abgeschlossen. Der so entstandene Raum zwischen den beiden Decken wird durch senkrechte Wände in Zellen unterteilt.

Der Senkkasten wurde, wie bereits erwähnt, auf einer Helling an Land hergestellt. Der Arbeitsplatz der beiden Tiefbauunternehmen befand sich am jütländischen Ufer des Belts.

Die Abb. 4 und 5 zeigen den Senkkasten während des Aufbaues. Die Höhe einschließlich des Rohrkranzes schwankt

zwischen rund 15 m und 18 m. Die Grundfläche des Senkkastens bedeckt rund 1000 m². Das Einbringen des Betons in den Senkkasten geschah mit Hilfe eines 56 m hohen Gießturmes, der auch beim Gießen der Bogen der Vorlandüberbauten in Jütland benutzt wurde.

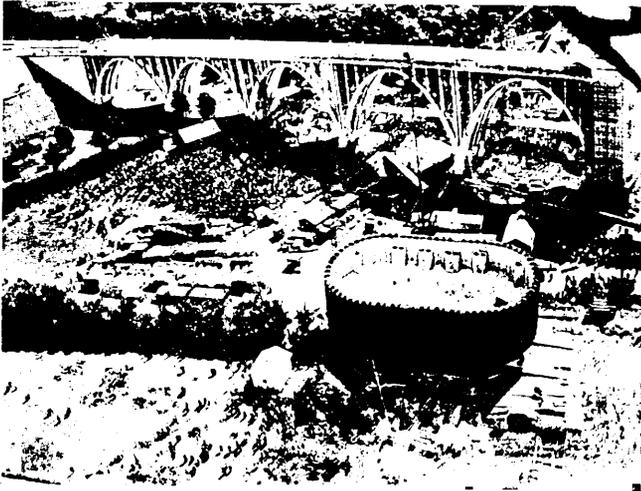


Abb. 6. Senkkasten für Pfeiler 2 kurz vor dem Stapellauf am 19. Juni 1932.

Senkkasten und Rohre wurden vor dem Stapellauf je einmal mit Inertol gestrichen.

Beim Ablauf des ersten Senkkastens hatte man überhaupt keine Vorkehrungen getroffen, um den Senkkasten nach dem Stapellauf zu steuern. Der Senkkasten wurde daher auch weit

Vor dem Ablauf wurden die Senkkästen daher mit Stahltrossen an schwere Betonklötze, die im Belt versenkt waren, verankert. In Abb. 6, die den letzten Senkkasten kurz vor dem Stapellauf am 19. Juli 1932 zeigt, ist die Verankerung im Vordergrund sichtbar.

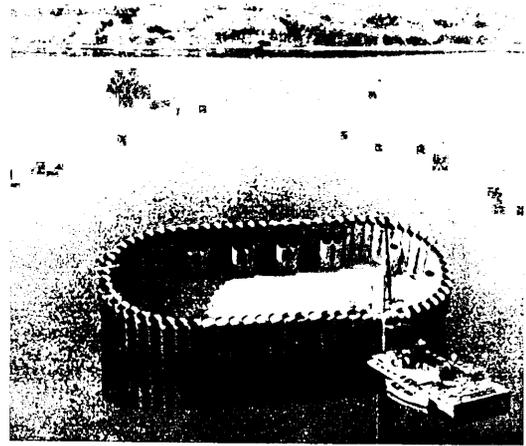


Abb. 7. Senkkasten in umgekehrter Stellung im Belt verankert.

Nach dem Stapellauf schwamm der Senkkasten in umgekehrter Stellung (Abb. 7) und mußte um 180° gedreht werden. Dies geschah, wie in Taf. 2, Abb. 1 angegeben, dadurch, daß die Rohre, die vorübergehend unten verschlossen waren, einseitig mit Kies und gleichzeitig ein Teil der Hohlräume mit Wasser gefüllt wurden. Diese einseitige Belastung bewirkte

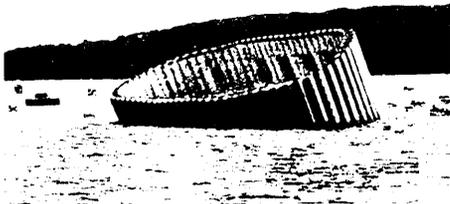


Abb. 8 a.



Abb. 8 b.



Abb. 8 c.



Abb. 8 d.



Abb. 8 e.

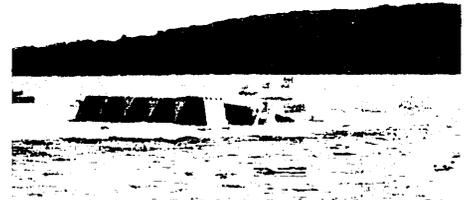


Abb. 8 f.

Abb. 8 a bis 8 f. Aufnahmen vom Drehen eines Senkkastens

abgetrieben, bevor es gelang, ihn wieder in die Gewalt zu bekommen. Damit bei den folgenden Stapellaufen nicht die bereits an ihren endgültigen Standorten befindlichen Pfeiler gerammt und beschädigt würden, zeigte es sich notwendig, die Senkkästen dabei zu steuern.

dann das Drehen des Senkkastens. Während des Drehens (Abb. 8 a bis 8 f) lief der Kies von selbst wieder aus den Röhren und sank zu Boden, während der Senkkasten sich aufrichtete und nunmehr mit der richtigen Seite nach oben schwamm. Nach dem Drehen wurde der Senkkasten mittels Wasser-

ballast auf Grund gesetzt, wobei darauf geachtet werden mußte, daß er nach Abspumpen dieses Ballasts wieder flott wurde, da ja sein Gewicht durch den inzwischen erfolgten weiteren Aufbau vergrößert worden war.

Zum weiteren Aufbau wurde eine schwimmende Betonierungsanlage (Taf. 2, Abb. 2 und Textabb. 9) benutzt. Der Aufbau geschah in mehreren Abschnitten, wobei der Senkkasten jedesmal in tieferes Wasser gebracht wurde, bis er endlich die Höhe erreicht hatte, die erforderlich war, um ihn am endgültigen Pfeilerstandort auf den Meeresboden absetzen zu können. Bevor der Senkkasten an seinen endgültigen Platz gebracht wurde, wurde er mit einer besonderen, hochgelegenen Arbeitsplattform versehen, auf der dann die Bohrtürme, Krane usw. aufgestellt wurden. Nach erfolgtem Absetzen lag diese Plattform etwa 1 bis 2 m über MW.

Um die Arbeitsplattform herum wurde in Fortsetzung der darunter liegenden Pfeilerseiten eine einstweilige Holzspundwand angebracht, in deren Schutz dann der unterste Teil des Pfeilerschaftes später aufgemauert wurde.

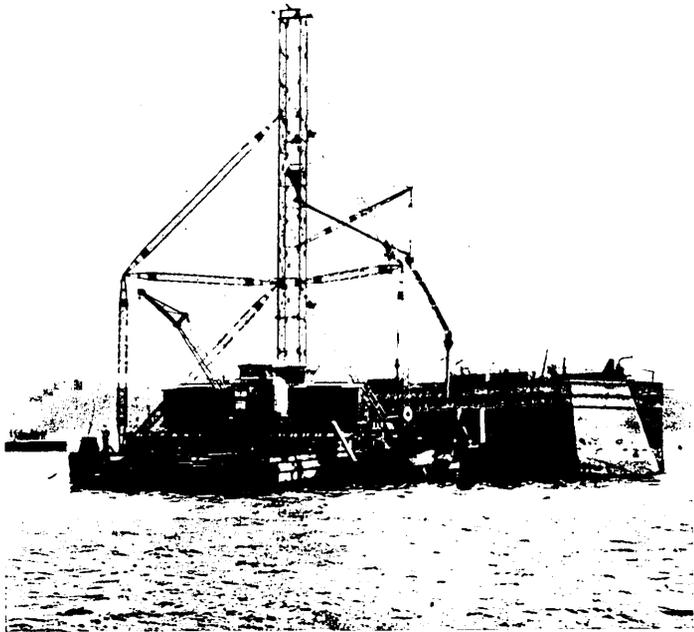


Abb. 9. Schwimmende Betonierungsanlage zum Aufbau der Pfeiler.

Das Einschwimmen und Absetzen des Senkkastens an seinen endgültigen Platz geschah mit Hilfe von vier Winden, von denen zwei an Land und zwei auf im Belt mit Betonklötzen verankerten Pontons angebracht waren. Durch Einlassen von Wasser in die Hohlräume wurde der Senkkasten dann bis auf den Meeresgrund abgesenkt, nachdem man zuvor die größten Unebenheiten unter der Arbeitskammer durch Kiesschüttungen so weit wie möglich beseitigt hatte.

Die Genauigkeit, die man beim Absenken und Aufsetzen der Senkkästen erreichte — allerdings in einigen Fällen erst, nachdem man den bereits abgesenkten Senkkasten mehrmals wieder gehoben und von neuem auf den Baugrund abgesetzt hatte —, war in Anbetracht der hier vorliegenden Umstände recht beachtlich. Die Abweichungen von der theoretisch richtigen Lage waren höchstens einige wenige Zentimeter in beiden Richtungen.

Um diese kleinen Ungenauigkeiten und etwaige weitere, die sich beim Abbohren der Pfeiler noch einstellen konnten, auszugleichen, war rund 3,0 m unter der Wasserlinie ein Absatz angeordnet, indem der darüber liegende Teil der Pfeiler einen kleineren Querschnitt erhielt. Auf diesem Absatz wurde dann

später der eigentliche Pfeilerschaft so aufgemauert, daß alle Ungenauigkeiten in der Quer- und Längsrichtung, die beim Absenken entstanden waren, nahezu vollständig ausgeglichen wurden.

Nachdem die Pfeiler auf dem Meeresboden abgesetzt waren, wurden auf der bereits erwähnten Plattform zwei Turmdrehkrane aufgebaut (Taf. 2, Abb. 3). Rings um die ganze Plattform wurde ein Gleis mit 6 m Spurweite verlegt, auf dem zwei bewegliche Bohrtürme liefen (Abb. 10). Mit Hilfe der Turmkrane und unter Mitarbeit von Tauchern wurden die Rohre des Senkkastens durch Aufschrauben loser Verlängerungsstücke bis zur Höhe der Arbeitsplattform verlängert. Diese Ver-

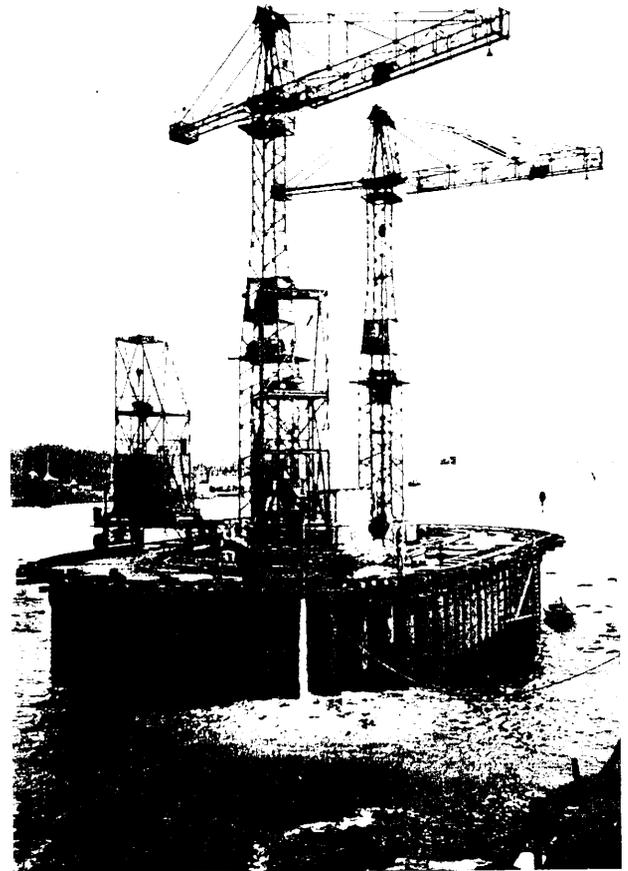


Abb. 10. Abbohren eines Pfeilers. Auf der Arbeitsplattform befinden sich zwei Bohrtürme und zwei Kräne.

längerungsrohre wurden dann gegeneinander und gegen den Pfeiler durch Holzrahmen abgesteift (Taf. 2, Abb. 3).

Nach diesen vorbereitenden Arbeiten konnte die eigentliche Bohrarbeit ihren Anfang nehmen, so daß der Pfeiler, der sich gleich beim Absetzen in den Untergrund hineingedrückt hatte, entsprechend dem Fortschritt beim Bohren weiter in den Baugrund hineinsinken konnte. Die eigentliche Bohrarbeit, auf deren Einzelheiten hier nicht näher eingegangen werden soll, wurde mittels eines eigens zu diesem Zwecke konstruierten Fräs- und Spülbohrers ausgeführt, der mit Hilfe der Turmkrane von Rohr zu Rohr versetzt wurde, worauf dann das Bohren selbst unter Benutzung der erwähnten Bohrkrane vor sich ging. Der durchschnittliche Fortschritt beim Abbohren der Rohre betrug 3 bis 4 cm in der Minute. Die Bohrarbeit verlief ohne nennenswerte Störungen und das Absenken der Pfeiler bis auf die endgültige Tiefe entsprach durchaus den Erwartungen.

Nachdem das Abbohren der Rohre und das Senken des Pfeilers so weit vorgeschritten war, daß die Decke der Arbeits-

kammer den Meeresboden berührte, wurden sämtliche Eisenbetonrohre des Pfeilers unter Wasser ausbetoniert.

Zum Betonieren wurde ein Klappkasten benutzt (Abb. 11), der mit Hilfe der Turmdrehkräne in die Rohre hineinversenkt wurde. Nach dem Abbinden des Betons wurde das Wasser, das sich unmittelbar unter der Decke der Arbeitskammer angesammelt hatte, ausgepumpt, anschließend wurde die Decke der Arbeitskammer durchbrochen und so eine Verbindung mit der Arbeitskammer hergestellt. Zur Förderung des nunmehr in offener Baugrube abgegrabenen Bodens wurde ein elektrisch betriebener Aufzug angeordnet. Das Ausschachten des Tonbodens in der Arbeitskammer nahm nun seinen Beginn, und es zeigte sich bald, daß der tonige Untergrund entsprechend den Voraussetzungen vollständig



Abb. 11. Klappkasten zum Einbringen des Betons.

wasserundurchlässig war. Es war daher nicht notwendig, irgendwelche besondere Maßnahmen zur Trockenhaltung der Baugrube vorzusehen.

Der Ton in der Arbeitskammer wurde bis zu einer Tiefe von etwa 4,2 m abgegraben, wo man dann den eigentlichen, ganz reinen Kleinen-Belt-Ton erreichte. Der ausgegrabene Hohlraum wurde später mit Beton gefüllt. Taf. 2, Abb. 4 zeigt einen Arbeitsvorgang und Textabb. 12 eine Lichtbildaufnahme der Arbeitskammer. Man sieht unter anderem deutlich die vielen Muscheln, die an der Decke der Arbeitskammer hängen.

Das im vorstehenden näher beschriebene Verfahren wurde beim Absenken und Ausbetonieren des Senkkastens für Pfeiler 4 angewandt. Da dieser Pfeiler an der flachsten Stelle zu stehen kam und somit der kleinste war, wurde er zuerst ausgeführt. Bereits bei der Herstellung dieses Pfeilers zeigten sich Auskolkungen in seiner Nähe, vielleicht auch dadurch verursacht, daß man den Senkkasten 3 vorübergehend recht nahe dem Pfeiler 4 angebracht hatte, so daß zwischen den beiden Pfeilern recht starke Strömungen entstanden waren.

Diese Beobachtungen zwangen zur größten Vorsicht und man entschloß sich daher, die Gründungstiefe, soweit es noch möglich war, zu vergrößern. Neben anderen Maßnahmen zur Erreichung dieses Zieles wurden durch die zum Senkkasten gehörigen Rohre weitere Stahlrohre bis zu mindestens 2 m unter die Unterkante der Senkkastenrohre gerammt. Da man der Meinung war, daß die Unterkante dieser Rohre tunlichst in einer Ebene liegen sollten — eine Maßnahme, die man bei den Senkkastenrohren nicht hatte erreichen können, weil die Rohre ja hier entsprechend dem Profil des Meeresuntergrundes am Standort der Pfeiler zurechtgeschnitten waren —, schwankte die Länge dieser Rohre unter dem Senkkastenrohrkranz von 2 m bis zu 4 m. Nachdem die Stahlrohre bis zur gewünschten Tiefe hineingerammt waren, wurden sie ausgebohrt und zusammen mit den Senkkastenrohren in der vorhin beschriebenen Art ausbetoniert.

Beim Ausschachten des Bodens in der Arbeitskammer des ersten Pfeilers fing der Kasten an, sich nach einer Seite hin zu neigen. Um dieses von vornherein bei den anderen Senkkästen zu verhindern, wurden beim Ausschachten zunächst Stollen nach der Seite hin vorgetrieben, wo der Kasten hoch stand.



Abb. 12. Beim Ausgraben in der Arbeitskammer.

Taf. 1, Abb. 6 zeigt Schnitte durch den größten der vier Strompfeiler (Nr. 3). Man kann hier erkennen, daß die eigentliche Rohrwand des Pfeilers und die vorhin erwähnten Verlängerungsrohre eine 10 m lange Spundwand um den Pfeiler herum bilden.

Nachdem der Rohrkranz ausbetoniert worden war, wurden die lose aufgebrachten Verlängerungsstücke entfernt; nachdem dann auch die Arbeitskammer ausbetoniert worden war, wurde der Pfeiler in üblicher Weise fertiggestellt. Um die Belastung des Bodens so niedrig wie möglich zu halten, wurden die in der Pfeilermitte liegenden Zellen z. T. nicht ausbetoniert, sondern mit Wasser gefüllt. Der Teil des Pfeilers, der in der Wasseroberfläche zu liegen kam, wurde vollkommen massiv ausgeführt und mit einer schweren Granitverkleidung versehen, um so etwaigen Beschädigungen durch Treibeis und Schiffe vorzubeugen. Die Granitverkleidung wurde aus architektonischen Gründen bis zur Pfeilerspitze hochgezogen. Der eigentliche Pfeilerschaft besteht aus starken Eisenbetonwänden, die außer mit den üblichen Rundseilen auch mit alten Eisenbahnschienen und Differdinger Trägern bewehrt wurden. Abb. 13 zeigt einen Strompfeiler im Aufbau. Im Pfeilerschaft wurden auch noch besondere Verankerungen für einen Kragträger angeordnet, der bei der Montage des Stahlüberbaues benutzt werden sollte.

Die zusätzliche spezifische Belastung des Baugrundes unter den Pfeilern betrug rund 2,6 kg/cm², die nach Anbringen des Überbaues auf rund 3,25 kg/cm² anstieg.

Nach Fertigstellung der Pfeiler haben sich bei allen Pfeilern geringe Senkungen gezeigt. Solche Senkungserscheinungen werden bei Gründungen auf reinen Ton stets auftreten; sie werden bekanntlich durch das Auspressen des Porenwassers im Ton verursacht. Die Zeitdauer dieses Vorganges ist sehr lang und läßt sich kaum vorausberechnen. Aber selbst ein etwaiges Setzen der Pfeiler nach Inbetriebnahme der Brücke würde den Überbau nicht weiter berühren, da er gerade mit Rücksicht hierauf als statisch bestimmte Konstruktion (Gerberträger) ausgeführt wurde. Die Gelenke wurden derart ausgeführt, daß Senkungen der Auflager auf den Stropfpfeilern bis zu einem gewissen Grade zugelassen werden können. Außerdem hat man auch noch Vorkehrungen getroffen, um gegebenenfalls später diese Auflager heben zu können.

Nach den bisherigen Erfahrungen nehmen die Setzungen zeitlich asymptotisch bis zu einem bestimmten Grenzwert ab. Dieser Grenzwert wird anscheinend unter dem Wert zu liegen kommen, den man bei der Entwurfsbearbeitung auf Grund von Erfahrungen bei anderen ähnlichen Bauten angenommen hatte.

Um Auskolkungen des Untergrundes an den Pfeilern zu verhindern, wurden Steinschüttungen angeordnet.

Diese großen und in ihrer Art einzigartigen Gründungsarbeiten, die im Jahre 1930 begonnen und am 5. März 1934 beendet wurden, konnten ohne

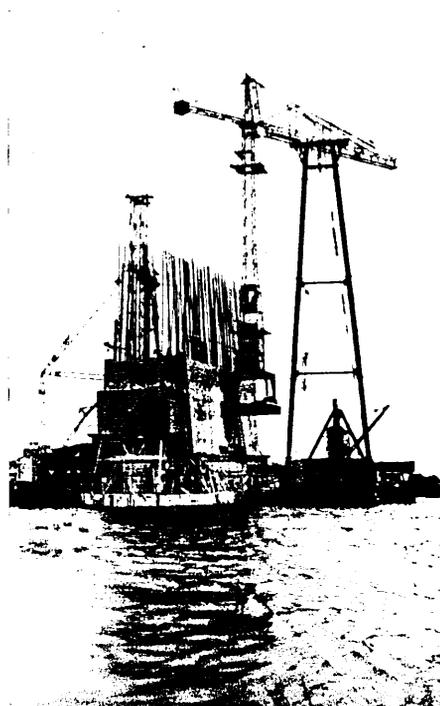


Abb. 13. Aufbau des Pfeilers.

irgendwelche nennenswerte Unfälle durchgeführt werden. Der Grundgedanke zu dem vollkommen neuartigen Absenkverfahren, bei dem die Anwendung von Druckluft ganz ausgeschaltet werden konnte, stammt von der Firma Grün & Bilfinger, der dieses Verfahren dann auch patentiert worden ist. Die Ausführung nach dem Vorschlage der Firma Grün & Bilfinger und unter Berücksichtigung der früher erwähnten, von den Staatsbahnen veranlaßten zwei Änderungen erfolgte dann in Arbeitsgemeinschaft mit der Firma Monberg & Thorsen, Kopenhagen, und gereicht beiden Firmen zur Ehre.

Die Aufstellung der stählernen Überbauten.

Die Stahlaufbauten des großen Überbaues sind aus einem Spezialstahl St. 54 (Krupp-Sonderstahl) hergestellt, der ungefähr 1,1 bis 1,8% Mangan und 0,3 bis 0,6% Kupfer enthält.

Die einzelnen Bauteile gelangten auf dem Seewege zur Baustelle, wo östlich des Brückenzuges auf der Insel Fünen ein Arbeitsplatz für die Brückenbaufirmen eingerichtet war.

Die Entladung vom Schiff erfolgte mittels eines Derrick-Kranes von 25 t Tragfähigkeit, der auf einem besonders für diesen Zweck hergestellten Landungssteg aufgestellt war.

Landungssteg und Arbeitsplatz waren durch Gleise miteinander verbunden. Auf dem Arbeitsplatz befand sich u. a. eine größere Halle, die durch eine massive Wand in zwei Räume unterteilt war. In dem einen Raum wurden die Stahl-

teile mittels Sandstrahlgebläse entrostet, um dann im Nachbarraum mit zweimaligem Grundanstrich versehen zu werden. Die Grundanstriche wurden aufgespritzt, während die Deckanstriche (Aluminiumfarben) mit Pinsel aufgetragen wurden.

Die Aufstellung der Stahlüberbauten geschah entsprechend dem Vorschlage der Staatsbahnen im Freivorbau, doch mit der von den Unternehmern vorgeschlagenen Änderung, daß an den Pfeilern nur einseitige Konsolen angeordnet wurden. Diese wurden als schwere Fachwerkträger ausgebildet, die sich auf einem im unteren Teil des Pfeilers einbetonierten Fachwerkträger abstützten. Die waagerechten Zugkräfte der Konsolen wurden durch zwei senkrechte Fachwerkträger, die im oberen Teil der Pfeiler einbetoniert waren, aufgenommen. Da die Pfeiler zu Beginn der Aufstellungsarbeiten durch die einseitigen Konsolen stark auf Biegung beansprucht wurden, wurden die Pfeiler mit einer besonders kräftigen Längsbewehrung in senkrechter Richtung versehen.

Die Aufstellung der Überbauten begann, sobald die ersten beiden benachbarten Pfeiler fertiggestellt waren.

Zur Montage wurde zunächst der rund 30 m hohe Turmdrehkran verwendet, der vorher zum Hochführen der Pfeiler benutzt worden war, indem man zunächst mit seiner Hilfe einen Derrick-Kran auf einige in einer Höhe von etwa 20 m über N. W. vom Pfeiler auskragende Träger aufsetzte. Mit dem letzterwähnten Kran wurden nun die Teile der Konsolen, die dem Pfeiler unmittelbar benachbart waren, aufgebaut, wie auch der erste Querträger und ein Teil der Fahrbahnträger mit Hilfe dieses Kranes aufgestellt wurden. Nach Abschluß dieser Arbeiten wurde der Derrick-Kran auf die Pfeilerspitze aufgestellt, von wo aus dann der Rest der Konsole und ein weiteres Fach der Brückenbahn montiert wurde. Nachdem er nun noch auf dem bereits fertiggestellten Teil der Brückenfahrbahntafel Fahrschienen für einen Portalkran ausgelegt hatte, und nachdem ferner mit seiner Hilfe ein größerer (10 t) Kran der Firma Eilers aufgestellt war, wurde der Hilfskran entfernt. Der 10 t-Kran der Firma Eilers wurde lediglich zur Aufstellung des großen, fahrbaren Portalkranes der Firma Krupp mit 25 t Tragfähigkeit benutzt, nach Abschluß dieser Arbeiten wurde er wieder abmontiert. Nachdem der Krupp-Kran nun das erste Brückenfach direkt über den inneren Teil der Konsole aufgestellt hatte, wurde mit seiner Hilfe ein weiterer 25 t-Kran der Firma Eilers auf der Brücke aufgestellt, worauf dann die eigentliche Aufstellung des Überbaues im Freivorbau nach beiden Seiten begonnen werden konnte. Diese vorbereitenden Arbeiten waren äußerst schwierig und erforderten ganz besondere Umsicht. Abb. 14 zeigt einen Pfeiler mit Montagekonsol.

Die eigentliche Montage erfolgte nun durch schrittweises Vorstrecken der einzelnen Träger; sie verlief glatt und ohne weitere Schwierigkeiten. Die einzelnen Teile der Brücke wurden mittels Schutten vom Montageplatz zu den Einbaustellen gebracht und hier durch Krane hochgezogen.

Auf den äußersten Spitzen der Konsolen waren unter jedem Hauptträger je zwei hydraulische Pressen mit je 150 t Tragfähigkeit angeordnet, die teils zur Regelung der Höhenlage des vorkragenden Brückenteiles — namentlich beim Zusammenbau zweier Brückenhälften — benutzt wurden und teils durch die dort angeordneten Manometer jederzeit Auskunft über den Druck, der an der Konsolspitze durch die Brücke hervorgerufen wurde, geben konnten. Durch geschicktes Anpassen der beiden überkragenden Teile aneinander konnte der Druck auf die Konsolspitze sehr niedrig gehalten werden.

Wenn die zwei Hälften eines Überbaues in der Mitte zusammenstießen und hier miteinander verbunden werden sollten, wurden die Hälften ausgerichtet. Zu diesem Zwecke konnten sie mittels besonderer Vorrichtungen in der Längs- und Querrichtung verschoben und um ihre senkrechte und

waagerechte Achse gedreht werden. Nach diesem Ausrichten wurden für die restlichen Träger die genauen Längen und Abstände ermittelt, so daß diese Träger in der Werkstatt auf der Baustelle passend zugeschnitten und gebohrt werden konnten. Der Zusammenbau begann mit den Untergurtstäben und nahm drei bis vier Wochen in Anspruch.

Bei der hier gewählten Montage im Freivorbau mußten natürlich die Gelenke in den Hauptträgern vorübergehend unwirksam gemacht werden, bis der Überbau fertig aufgestellt war. Dies geschah durch Anbringen schwerer Zugbänder zwischen einzelnen Trägerteilen an den Gelenken. Diese Zugbänder wurden nach beendigttem Aufstellen des Überbaues zerschnitten.

Das äußerste Brückenfach an jedem Landpfeiler wurde auf einem besonderen Gerüst montiert, wobei darauf geachtet werden mußte, daß die Höhe des Gerüsts der Durchbiegung des vom nächsten Meerespfeiler her auskragenden Brücken-

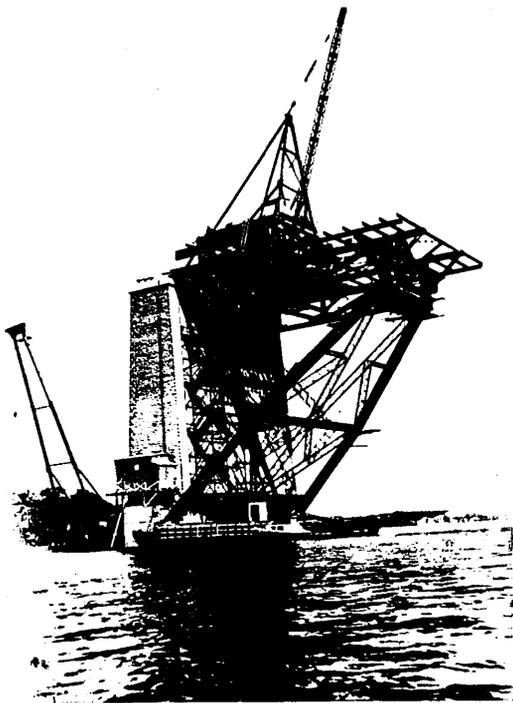


Abb. 14. Pfeiler mit auskragendem Montagekonsol.

teiles entsprach. Nachdem die beiden Teile miteinander verbunden waren, wurde das Brückende mit hydraulischen Pressen in die endgültige Lage gehoben und auf dem Landpfeiler abgesetzt.

Während der ganzen Montagezeit wurden fortlaufend Spannungs- und Durchbiegungsmessungen vorgenommen und die hierbei gefundenen Werte mit den errechneten Werten verglichen.

Unter jedem der fünf Überbauten ist ein Besichtigungswagen angeordnet, wie auch längs den Obergurten besondere Laufstege zur Untersuchung und zur Ausführung von Unterhaltungsarbeiten am Bauwerk angebracht sind.

Taf. 1, Abb. 5 gibt einen schematischen Überblick über die einzelnen Abschnitte der Montage. Die Aufstellung des Überbaues begann im Sommer 1933, nachdem die Pfeiler 3 und 4 fertiggestellt waren, und am 21. März 1934 konnte die letzte Öffnung zwischen diesen beiden Pfeilern geschlossen werden. Der letzte Träger, der die Verbindung zwischen Fünen mit Jütland schloß, wurde am 28. Dezember 1934 eingezogen.

Insgesamt wurden im Laufe von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Jahren rund 15000 t Stahlkonstruktionen aufgestellt.

Die Landpfeiler und Vorlandüberbauten.

Der Teil des gesamten Bauwerks, der zuerst in Angriff genommen wurde, waren die Endwiderlager der Hauptbrücke — im folgenden Landpfeiler genannt — und die Bogen und Gründungen der Vorlandüberbauten.

Die Gründung der Landpfeiler sollte auf einem Rost von Eisenbetonpfählen erfolgen. Auf der Jütlandseite gelang es auch, entsprechend dem Entwurf, 192 Stück Eisenbetonpfähle 40×40 cm etwa bis zur Tiefe — 14 m in den „Kleinen-Belt-Ton“ hineinzurammen, und auf diesen Pfahlrost dann den Pfeiler zu gründen. Zur weiteren Sicherung gegen Unterspülung u. dergl. wurde rings um den Pfeiler noch eine eiserne Spundwand angeordnet, die bis zur Tiefe — 4,5 m reicht.

Beim Rammen der Eisenbetonpfähle für den Landpfeiler auf Fünen stieß man auf große Schwierigkeiten, indem man bei — 9 m auf eine rund 3 m starke Sandsteinschicht stieß. Da es nicht gelang, die Eisenbetonpfähle durch diese Schicht hindurch zu rammen, und man für diesen Pfeiler auf Grund des steilen Abfalles der Meeresküste eine Gründungstiefe von — 17 m für unbedingt erforderlich hielt, mußte die ursprünglich vorgesehene Gründung auf Pfahlrost aufgegeben und zu einer gewöhnlichen Massivgründung zwischen Spundwänden übergegangen werden.

Die Pfeiler sind bis zur Höhe + 8,0 m mit Bornholmer Granit verkleidet. Im Inneren sind die Pfeiler durch senkrechte Wände in verschiedene Zellen unterteilt, die bis auf die zwei Zellen, die unmittelbar unter den Auflagern der Brücke zu liegen kommen, hohl sind. Die eigentlichen Auflagersteine sowohl auf den Landpfeilern wie auch auf den Strompfeilern sind in Eisenbeton ausgeführt.

Die Vorlandüberbauten zwischen den Landpfeilern und den weiter landeinwärts gelegenen Dämmen sind als Eisenbetonbogen ausgeführt. Wie bereits erwähnt, sind auf der Jütlandseite fünf und auf der Fünenseite drei Bogen angeordnet. Die Spannweite der nächst dem Belt gelegenen Bogen beträgt rund 40 m bei einer Höhe von 30 m. Landeinwärts nach den Dämmen zu nehmen Spannweite und Höhe im gleichen Verhältnis ab (bis auf rund 24 m Spannweite bei etwa 16 m Höhe).

Die dem Belt zunächst gelegenen Zwischenfundamente der Bogen sind auf Pfahlrost gegründet, während die weiter landeinwärts gelegenen Fundamente direkt auf dem Baugrund, der aus Moränenbildungen besteht, gegründet wurden.

Für die im ganzen acht Bogen auf beiden Seiten des Beltes wurden nur zwei Lehrgerüste hergestellt und gebraucht. Während ein Bogen betoniert wurde, konnte der vorhergehende Bogen ausgeschalt werden, worauf dann das Lehrgerüst im nächstfolgenden Bogen aufgestellt wurde. Die beiden Lehrgerüste waren in einzelne Glieder unterteilt, die ein in sich räumlich standfestes Gefüge bildeten und nur so schwer waren, daß sie ohne Schwierigkeiten mit einem Turmdrehkran versetzt werden konnten (Abb. 15).

Die eigentlichen Lehrbogen, die von den erwähnten Lehrgerüsten getragen wurden, waren einstellbar eingerichtet, so daß sie trotz der Verschiedenheit in der Formgebung der einzelnen Bogen in allen Öffnungen verwendet werden konnten.

Das Untergerüst wurde entweder auf Pfählen oder auf kleinen Betonpfeilern aufgesetzt.

Das Betonieren der Bogen geschah mittels eines 56 m hohen Gießturmes, der auch zum Gießen der vier Senkkästen für die Strompfeiler benutzt wurde. Beim Gießen der Bogen wurde der Beton vom Gießturm über Gießrinnen in ein Silo geleitet, von wo aus er in Behälter abgefüllt wurde. Dieser Behälter konnte von einem fahrbaren Turmdrehkran zur Entleerung an jede beliebige Stelle im Bogen gebracht und dort entleert werden.

Die gesamten Eisenbetonarbeiten — Bewehrung, Verschalung und Betonierung — wurden mit einer solchen Sorgfalt und Vorsicht ausgeführt, daß Kanten und Flächen ohne nennenswerte Nachbehandlung verbleiben konnten.

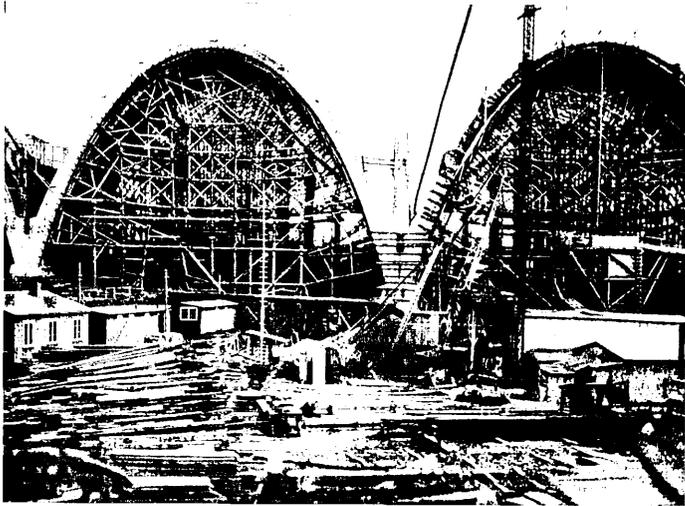


Abb. 15. Lehrgerüste für die Bögen der Vorlandüberbauten.

Die Baukosten der Brücke haben rund 24 Mill. Kr. betragen. Insgesamt wurden etwa 100000 m³ Beton, ungefähr 15000 t Stahlkonstruktionen und rund 6000 t Bewehrungseisen für den Bau der Brücke einschließlich der Vorlandüberbauten gebraucht.

Die Umgestaltung der anschließenden Bahnanlagen.

Die anlässlich des Brückenbaues erforderlichen Streckenverlegungen sind im Übersichtsplan Abb. 19 angegeben.

Zunächst war beabsichtigt, den bisherigen Bahnhof in Middelfart beizubehalten, was durch eine Verlegung der Hauptbahn auf Fünen zwischen Kauslunde und Middelfart erreicht werden sollte. Da der alte Bahnhof in Middelfart jedoch sehr ungünstig zur Stadt lag, wurde — namentlich auch auf Betreiben der Stadtverwaltung — bei der endgültigen Entwurfsbearbeitung bestimmt, daß im Süden der Stadt ein neuer Bahnhof angelegt werden sollte, zu dessen Baukosten die Stadt Middelfart dann einen Zuschuß gab. Die ursprünglich (in Abb. 19 noch angegebene) vorgesehene Bahnverlegung auf Fünen konnte hierdurch vermieden werden. Die neue Bahn wurde mittels eines kurzen Bogens südlich des bisherigen Bahnhofs und westlich des neuen Bahnhofs an die bestehende Bahn angeschlossen.

Vom neuen Bahnhof Middelfart an steigt die Strecke mit rund 7,7⁰/₁₀₀ bis zur Brücke, wobei die Strecke zunächst in einem bis zu 20 m tiefen Einschnitt und kurz vor der Brücke auf einen bis zu 22 m hohen Damm zu liegen kommt. Die gesamte Bahnverlegung auf Fünen beträgt etwa 4,3 km.

Der neue Bahnhof in Middelfart ist als Durchgangsbahnhof erbaut. Neben den durchgehenden Hauptgleisen sind ein Überholungsgleis, Aufstellgleise und die Ortsgüteranlage angeordnet. Eine Privatbahn, die in den bisherigen Bahnhof eingeführt war, mündet ebenfalls mit in den neuen Bahnhof ein, wie auch eine Gleisverbindung zum Hafen und zur Strecke Strib—Middelfart (jetzt nur noch Güterverkehr) hergestellt worden ist.

Eine Bedingung dafür, daß der Bau der Brücke ein wesentlicher Fortschritt in betrieblicher Hinsicht wurde, war in erster Linie die, daß der alte Kopfbahnhof in Fredericia — nächst Kopenhagen der wichtigste Knotenpunkt im Eisenbahnnetz Dänemarks — aufgelassen und durch einen neuen Bahnhof in Durchgangsform ersetzt wurde.

Unter Hinweis auf Abb. 21 seien nachstehend die in Fredericia zusammenlaufenden Strecken aufgeführt:

1. Fredericia—Nyborg—(Kopenhagen)
2. „ —Vejle—Aarhus—(Nordjütland)
3. „ —Vejle—Herning—(Nordwestjütland)
4. „ —Kolding—Lunderskov—Esbjerg—(Westjütland und England)
5. „ —Kolding—Lunderskov—Padborg—(Hamburg).

Ein Teil dieser Strecken wird im Durchgangsverkehr betrieben.

Für die Umgestaltung der Bahnanlagen auf Jütland waren im Laufe der Jahre die verschiedensten Vorschläge behandelt worden, aus denen sich dann der jetzt ausgeführte

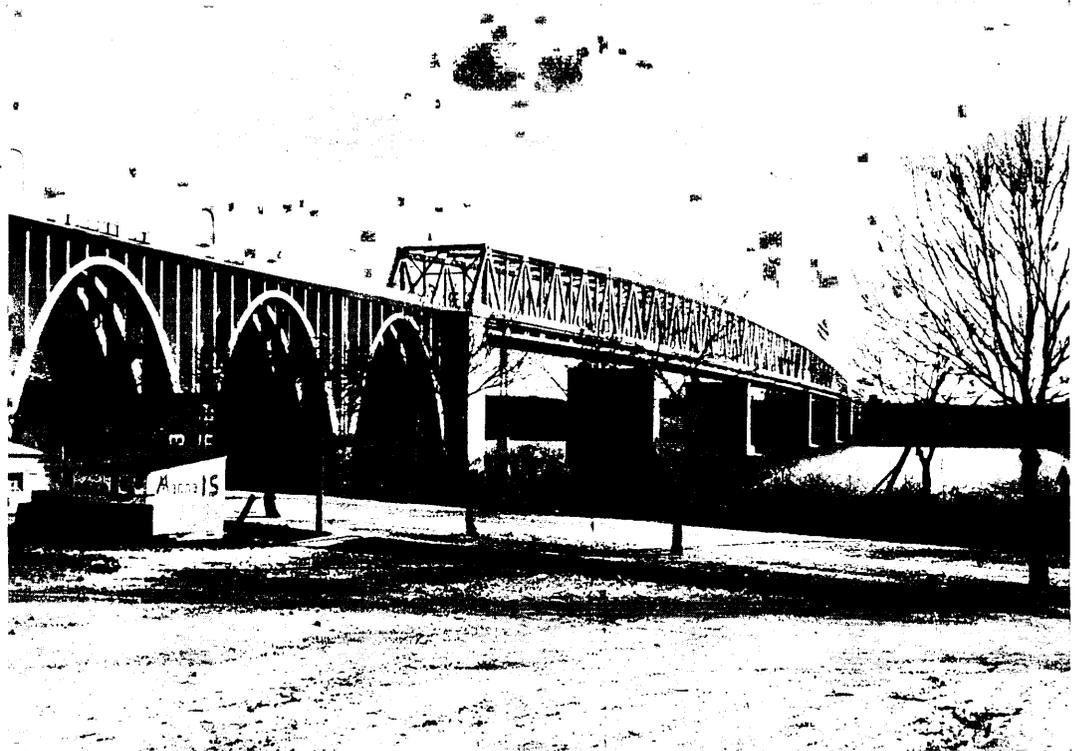


Abb. 16. Blick von Jütland aus über die fertige Brücke.

Entwurf herauskristallisierte. In einem Abstand von rund 1,5 km vom Mittelpunkt der Stadt Fredericia wurde ein neuer Personen- und Verschiebebahnhof erbaut. Der Bahnhof gestattet einen direkten Durchgang ohne Richtungswechsel von Nord nach Süd, West und Ost und umgekehrt, während die Züge von Ost nach Süd und West und umgekehrt Kopf machen müssen.

Will man das Kopfmachen der durchgehenden Züge von Fünen nach Süd- und Westjütland in Fredericia vermeiden,

so kann dieses später durch Herstellung der in Abb. 19 gezeigten Gleisverbindung a—b erreicht werden, wobei allerdings diese Züge nicht mehr den Bahnhof Fredericia berühren würden.

Bahnhof Fredericia entfallen, erbaut worden. Sämtliche Wegkreuzungen sind schienenfrei ausgeführt.

Der neue Bahnhof Fredericia, dessen Durchbildung im einzelnen aus dem verzerrten Gleisplan Taf. 3, Abb. 1 zu ersehen

ist, hat eine Gesamtlänge von 5,6 km und bedeckt eine Fläche von rund 70 ha. Im Süden, der Stadt zunächst, liegt der eigentliche Personenbahnhof mit den zugehörigen Abstellanlagen, an den sich dann nordwestlich ein einseitiger Verschiebebahnhof anschließt. Zwischen diesen beiden Hauptteilen liegt der gemeinsame Lokomotivbahnhof.

Der Personenbahnhof ist Trennungsbahnhof für die Linien Vejle—Nyborg—(Kopenhagen) und Vejle—Kolding—Esbjerg/Padborg. Die Züge (Kopenhagen)—Nyborg—Kolding und umgekehrt müssen wie gesagt in Fredericia Kopf machen.

Die Trennung der von Norden einlaufenden Strecke erfolgt im Personenbahnhof, und zwar im verschränkten Richtungsbetrieb, wobei das Gleispaar selbst bereits nördlich des Verschiebebahnhofs auseinandergezogen wird. Durch die Anordnung eines dritten Gleises von Kolding nach dem Gleis X auf der Westseite des Personenbahnhofs hat man erreicht, daß die von Kolding einlaufenden Züge, die in Fredericia wenden und dann nach Nyborg weitergehen, ohne die bei dieser Linienentwicklung sonst üblichen Hauptgleiskreuzungen in das Ausfahr Gleis nach Nyborg übergehen können. In der umgekehrten Richtung von Nyborg nach Kolding wird Gleis VI zur Ein- und Ausfahrt benutzt. Da der in Verlängerung des Personenbahnhofs im Nordwesten angeordnete Verschiebebahnhof aus Gründen, die späterhin noch erörtert werden sollen, zwischen den Hauptstreckengleisen nach Aarhus liegt, sind die Güterein- und Ausfahr Gleise von und nach Nyborg und Kolding durch den Personenbahnhof hindurchgeführt; unmittelbar südlich der Bahnsteige zweigen sie aus den Streckengleisen von Nyborg und Kolding ab bzw. münden

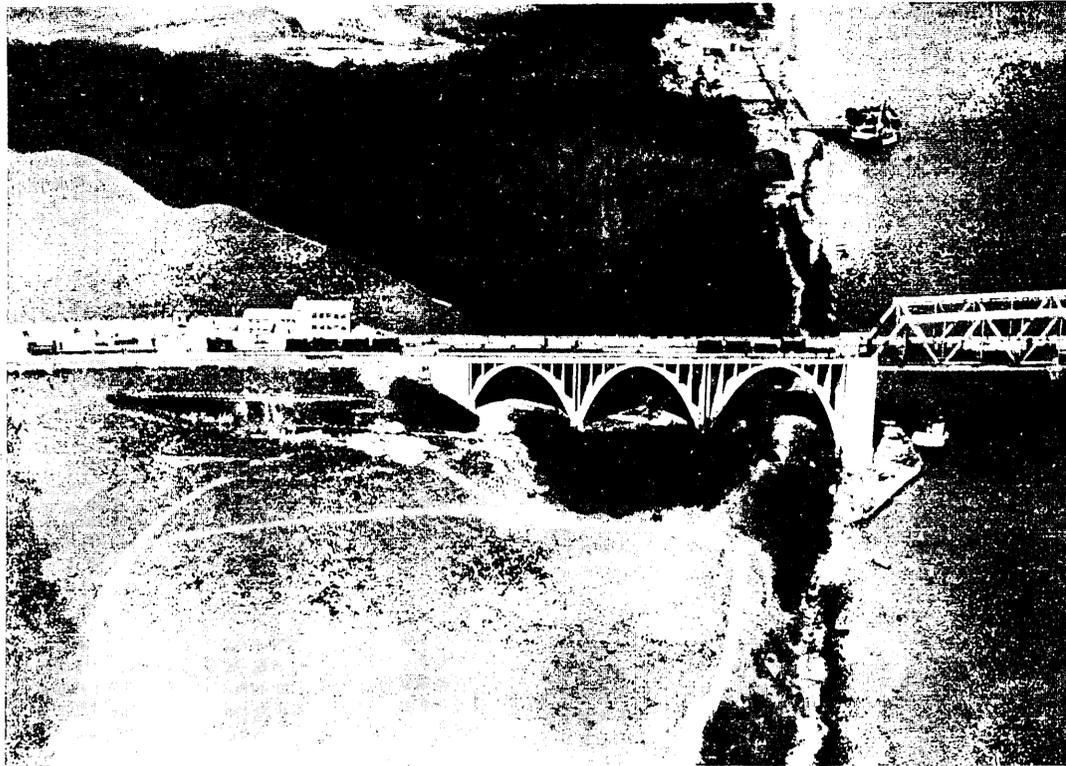


Abb. 17. Die Vorlandüberbauten auf Fünen. (Im Hintergrund der Montageplatz der Eisenbaufirmen.)

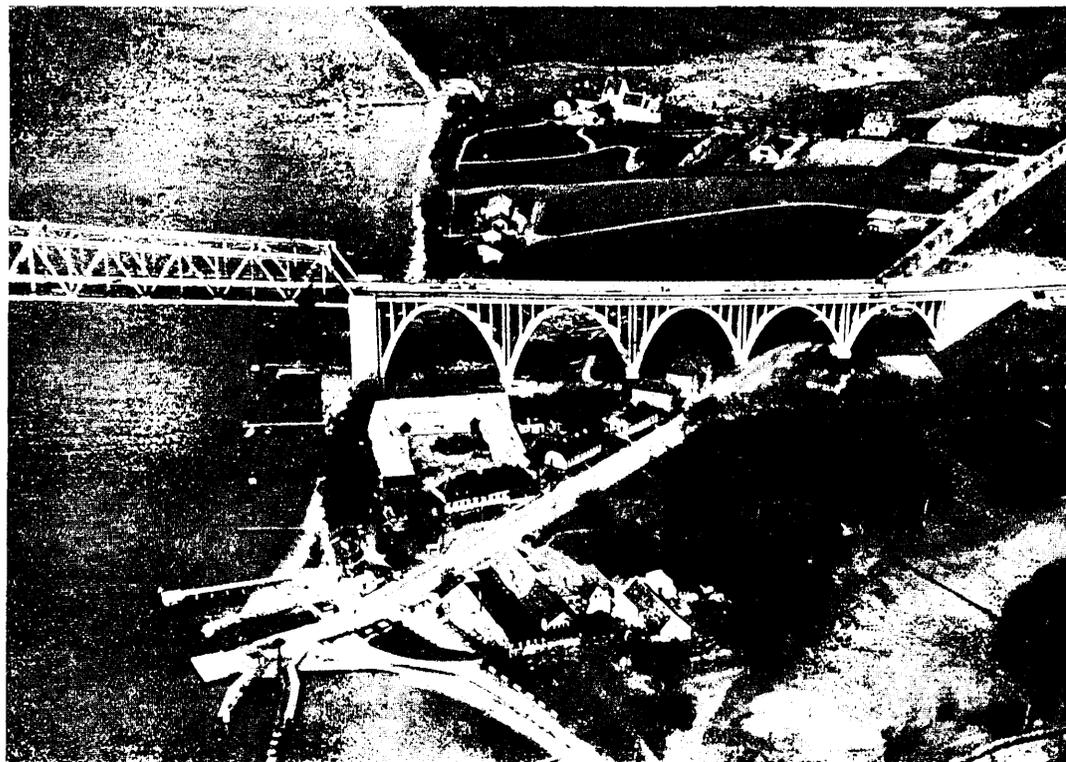


Abb. 18. Die Vorlandüberbauten auf Jütland. (Im Vordergrund Snoghoj mit dem Anlageplatz der Automobilfähre.)

Von der Kleinen-Belt-Brücke bis zur Einmündung in die bisherige Linie Fredericia—Vejle ist eine neue zweigleisige Strecke von 12 km Länge, wovon jedoch 5,6 km auf den

in diese ein. Durch diese Anordnung hat man einmal die Güterzüge vollständig von den für die Abwicklung des Personenverkehrs bestimmten Bahnsteiggleisen fernhalten

können und andererseits besondere Gleisentwicklungen im Süden für die Abzweigung der Güterzuggleise vermeiden können.

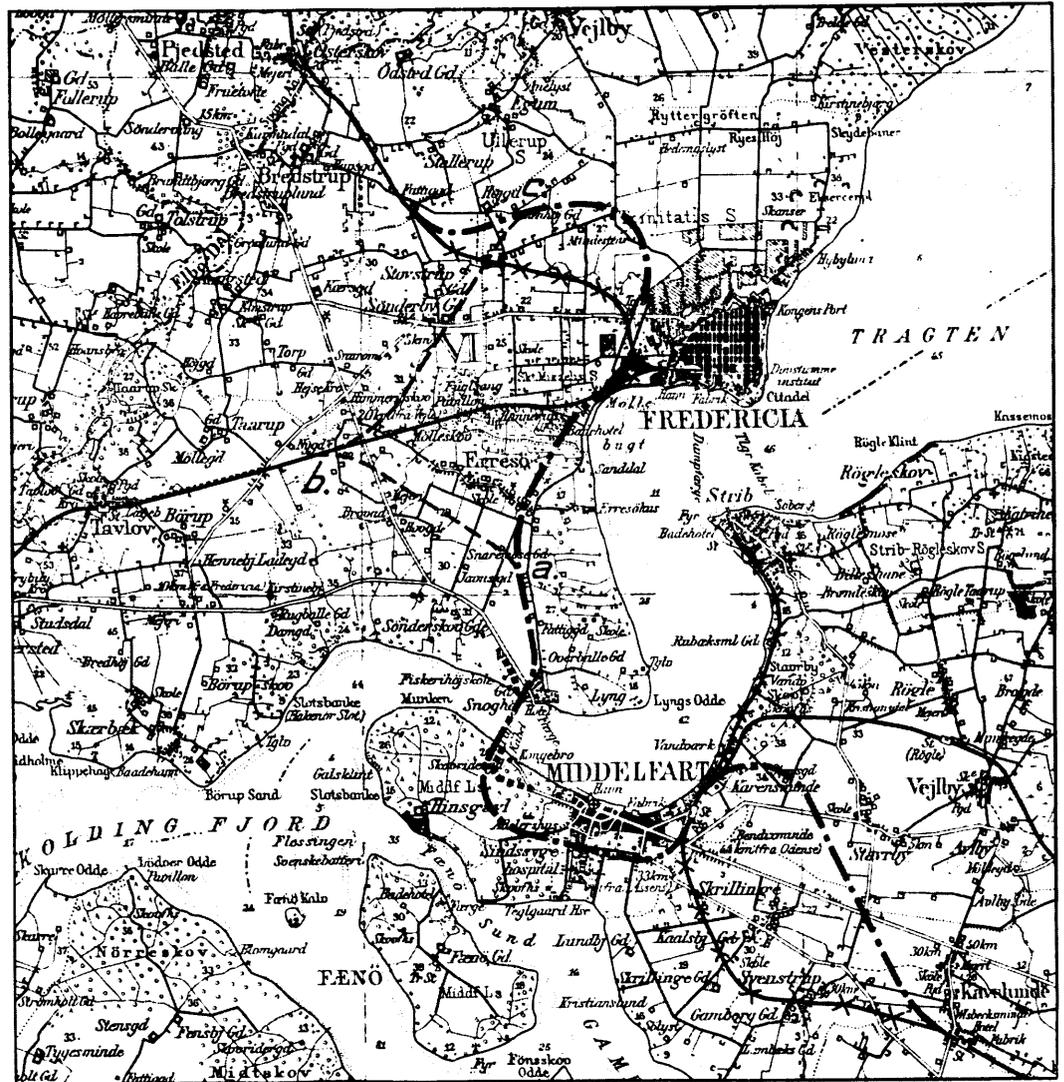
Bis auf zwei Kreuzungen geringerer Bedeutung (Güterzüge von den Ausfahrtsgleisen des Verschiebebahnhofes nach Süden durch Gleis VIII und einfahrende durchgehende Personenzüge von Vejle nach Kolding (Gleis VII), ferner Einfahrten von Nyborg nach Gleis IV und Güterzüge von Kolding nach Gleis V) können sämtliche Ein- und Ausfahrten von und nach den vier Streckengleisen — im Süden: Kolding und Nyborg, im Norden: Aarhus und Verschiebebahnhof — gleichzeitig und ohne gegenseitige Behinderung erfolgen. Da die Zahl der planmäßigen Güterzüge, die den Personenbahnhof durchlaufen, verhältnismäßig gering ist — elf Züge von Süden nach dem Verschiebebahnhof und vierzehn Züge in umgekehrter Richtung — können die beiden Gütergleise in den Zeiten zwischen den einzelnen Güterzügen als Durchlaufgleise und Umsetzgleise für Kurswagen benützt werden, weshalb die gewählte Anordnung eine gute Ausnutzung dieser Gleise gestattet und zugleich die Anlage besonderer Durchlaufgleise erspart.

Der Personenbahnhof hat insgesamt zehn Gleise, von denen Gleis I als Verbindungsgleis vom Hafen und jetzigem Ortsgüterbahnhof zum Personen- und Verschiebebahnhof dient, während die Gleise V und VIII die obenerwähnten Güterein- und Ausfahrtsgleise sind. Die restlichen sieben Gleise sind sämtlich Personenein- und Ausfahrtsgleise. Insgesamt sind vier Bahnsteige angeordnet, deren Benutzung aus dem Gleisplan hervorgeht. Die Bahnsteiggleise werden im Regelverkehr getrennt für die einzelnen Bahnlinien und Fahrtrichtungen (feste Gleisbenutzung) benutzt, es ist jedoch auch die Möglichkeit vorgesehen, daß benachbarte Bahnsteiggleise vertretungsweise benutzt werden können.

Um in Zeiten starken Verkehrs gleichzeitig zwei Züge an einer Bahnsteigkante abfertigen zu können, sind die vier mittleren Bahnsteigkanten besonders lang gemacht; dabei sind die Bahnsteiggleise durch besondere, in ihrer Mitte angeordnete Gleisverbindungen unterteilt und mit den Durchlaufgleisen V und VIII in Verbindung gebracht. Diese Weichenverbindungen gestatten und beschleunigen auch das Umsetzen von Kurswagen.

Die Wahl dieser Anordnung, die ja den Nachteil hat, daß die Hauptweichenstraßen an den Bahnsteigenden hier weiter voneinander entfernt sind als bei den sonst üblichen Gleisplänen ohne Weichenverbindungen in Bahnsteigmitte,

war durch die Eigenart der Zugbildung im Personenverkehr bedingt. So laufen beispielsweise die von Kopenhagen nach Nord-, Süd- und Westjütland ausgehenden Post-, Pack- und Kurswagen ab Nyborg nach der Überführung über den Großen Belt im allgemeinen vorne im Zug, wodurch eine beschleunigte Zusammenstellung der Züge in Nyborg nach Ankunft der Fähre erreicht wird. In umgekehrter Richtung laufen diese Wagen zumeist im Schlußteil des Zuges mit Pack- und Postwagen als Schlußwagen. Im allgemeinen werden die Züge von Nyborg stets nach Norden (Aarhus) weitergeführt und



- Ny Banelinie
- Ny Landevej
- Ny Station
- * * * Banelinie, der nedlægges
- Alternativer

Abb. 19.

laufen daher in Fredericia auf Gleis IV ein. Als erster Wagen hinter der Maschine läuft in der Richtung von Nyborg stets der Packwagen. Würde man nun die dahinter stehenden Kurswagen nach Westen (Esbjerg—Struer) und nach Süden (Padborg—Hamburg—Paris) mit der Zuglokomotive nach vorwärts umsetzen, so müßte in der Zeit, die für die einzelnen Rangierbewegungen erforderlich ist, der Packwagen mitbewegt werden und das Ein- und Ausladen von Gepäck, Expressgut, Eisenbahnpaketen, Post usw. würde stark verzögert. Jetzt halten die von Nyborg kommenden Züge stets so, daß die Kurswagen südlich der in Gleis IV in Bahnsteigmitte angeordneten Weiche zu stehen kommen, worauf dann die Zuglokomotive nebst

Pack- und eventuell Postwagen vorzieht und das Ladegeschäft seinen Anfang nehmen kann, während die in Gleis V bereitstehende Rangiermaschine die Kurswagen abholt und an die Züge nach Padborg (Gleis VI) und Esbjerg (Gleis VII) bringt. Anschließend werden dann die von Padborg auf Gleis III eingegangenen Kurswagen nach Norden (Frederikshavn und Aalborg) an den auf Gleis IV südlich der Mittelweiche stehenden Teil des Zuges Nyborg—Aarhus—Frederikshavn angesetzt.

Stückgut und dergl. zwischen Personen- und Ortsgüterbahnhof vorhanden sein wird.

Am Nordende des Bahnsteiges 3 ist eine besondere, z. T. überdachte Um- und Einladerampe für Eilgut, beschleunigtes Stückgut und Post angelegt. Die Personenzüge auf den dänischen Bahnen werden in einem bedeutend größeren Ausmaße, als es in Deutschland der Fall ist, zur Beförderung von Stückgutwagen und ganzen Wagenladungen herangezogen. Der harte Wettbewerb mit Schifffahrt und Kraftverkehr zwingt die Eisenbahn, alles daran zu setzen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Dies gilt namentlich für Versendungen wie frische Fische, leichtverderbliche Lebensmittel, Blumen, landwirtschaftliche Exportartikel (Sahne, Butter, Eier, Speck) u. a. m.

Da alle diese Wagen im allgemeinen mit Reisezügen befördert werden, bzw. die Packwagen der Reisezüge diese Sendungen enthalten, mußte die Umladeanlage für diese Güter in unmittelbare Nähe des Personenbahnhofs gelegt werden.

Die früher erwähnte enge Verbindung zwischen Personen- und Verschiebebahnhof ist auch durch die Benutzung der Reisezüge für eilige Sendungen im Wagenladungsverkehr bedingt und erforderlich geworden. Ein großer Teil der Viehversendungen läuft so z. B. in Reisezügen, was auch für die sogenannten „Eilwagen“ gilt, die z. T. in festen Plänen laufen, z. T. aber auch gelegentlich auf Antrag der Versender eingelegt werden, um so Frachten für den Verkehr auf der Schiene zu bewahren oder zu gewinnen.

Diese Wagen laufen nun von Knotenpunkt zu Knotenpunkt je nach der Fahrplanlage abwechselnd in Reise- oder Güterzügen. Allein entscheidend hierfür ist nur die Erwägung, wie sie am schnellsten zum Ziel gelangen können, und um die rechtzeitige Durchführung dieser Wagenläufe mit den vielen Übergängen von Zug zu Zug sichern zu können, ist eine besonders enge und kurze Verbindung zwischen Personen- und Verschiebebahnhof erforderlich, wodurch dann auch noch die früher erwähnten Vorteile in bezug auf Linienführung und Ersparnis an Baukosten erreicht werden. Man ist jetzt in der Lage, alle „Eilwagen“, die von Ost, Süd und West mit Güterzügen eingehen und ab Fredericia mit Reisezügen weiter befördert werden sollen, auf dem Personenbahnhof aus den Güterzügen aussetzen zu lassen, so daß besondere Überführungsfahrten zur Beförderung dieser Wagen vom Verschiebebahnhof zum Personenbahnhof und umgekehrt vermieden werden. Da der Verschiebebahnhof

z. Z. noch keineswegs voll ausgenutzt wird, wird die Lage des Verschiebebahnhofs zwischen den beiden Hauptstreckengleisen auch in Zukunft nicht zu Schwierigkeiten führen.

Das Empfangsgebäude, das wie bei allen neueren Empfangsgebäuden der dänischen Staatsbahnen ein Gemeinschaftsbau mit der Postverwaltung ist, wurde zu ebener Erde angeordnet, während die Gleise rund 3,25 m über dem Gelände liegen. Der Zugang zu den Bahnsteigen geschieht durch einen 5 m breiten Bahnsteigtunnel. Taf. 3, Abb. 2 zeigt den Grundriß des Empfangsgebäudes.

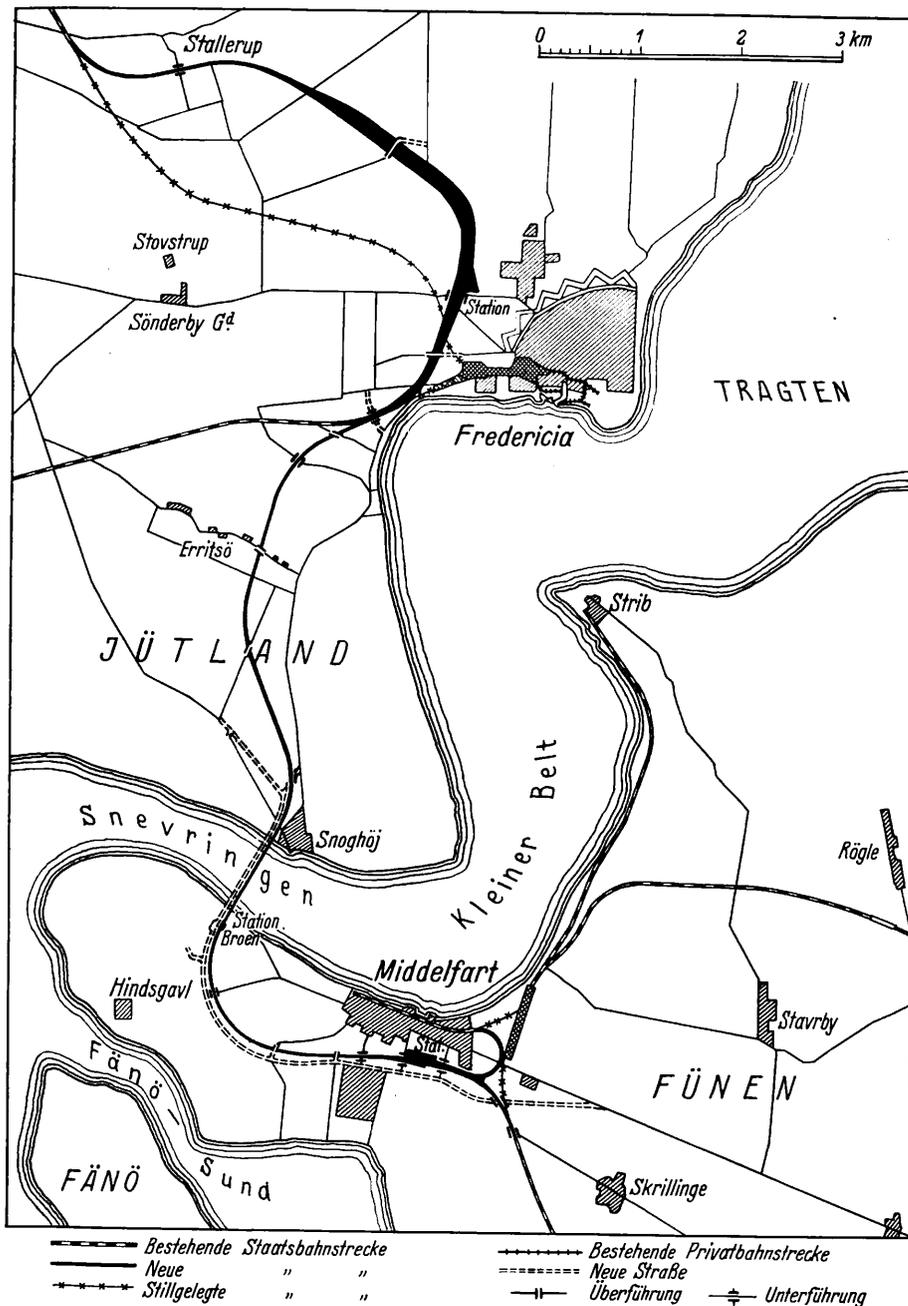


Abb. 20.

Übersichtsplan über die Bahn- und Straßenanlagen am Kleinen Belt.

Unmittelbar vor Abfahrt kommt die Zuglokomotive mit Pack- und Postwagen wieder an den Zug.

Dadurch, daß die Packwagen aller Züge, die Fredericia berühren, stets am Nordende laufen, konnte man auf besondere Gepäckbahnsteige verzichten. Zur Verbindung der einzelnen Bahnsteige unter sich und mit dem Empfangsgebäude ist am Nordende der Bahnsteige ein Bohlenweg in Schienenhöhe angeordnet. Dieser Bohlenweg wird später nach Erbauung des neuen Ortsgüterbahnhofs bis zum Güterschuppen desselben verlängert, so daß eine gute Verbindung zur Beförderung von

In der Vorhalle befinden sich rechts die Fahrkartenschalter, die Gepäckabfertigung und die Diensträume für den Publikumsverkehr. Links des Einganges sind die Wartezimmer mit Wirtschaftsbetrieb, die Aborte und die Handgepäckaufbewahrung angeordnet.

Zu beiden Seiten des Einganges befinden sich zwei Verkaufsstände.

Im Erd- und Obergeschoß befinden sich weitere Diensträume des Bahnhofs, der Maschinen-, Bau- und Betriebsämter und verschiedener anderer Dienststellen. Gepäck (Rejsegods) und Post, die ausschließlich mit Elektrokarren befördert werden, gelangen über eine Rampe, die den Höhenunterschied zwischen E G und Gleis überwindet, zum Nordende der Bahnsteige mit dem früher erwähnten Bohlenweg in Schienenhöhe zur Verbindung der einzelnen Bahnsteige.

Nördlich der Bahnsteige liegen die Abstellgleise für Personenzüge mit den dazugehörigen Nebenanlagen.

Der Lokomotivbahnhof ist durch eine besondere, zweigleisige Verbindung unmittelbar mit dem Personenbahnhof und im übrigen mit den Ankunfts- und Abfahrtsgleisen des Verschiebebahnhofs verbunden. Die Versorgung der Loko-

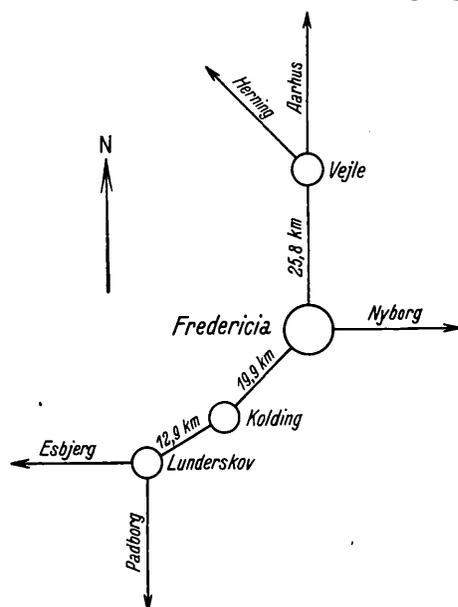


Abb. 21.

motiven mit Kohlen wird vorläufig aus einem zu ebener Erde gelegenen Bunker mit Hilfe zweier Kohlenkräne bewirkt. Diese Anlage soll späterhin durch einen hochgelegenen Schüttbehälter aus Eisenbeton ersetzt werden, der von einem über dem Silo gelegenen Gleis beschickt wird. Dieses Gleis wird an das ebenfalls hochgelegene Verbindungsgleis zum Hafen (Gleis 100) angeschlossen. Der rechteckige Schuppen bietet Platz für 21 Lokomotiven von je 20 m Länge. Bei späterem Bedarf kann der Schuppen nach Norden zu erweitert werden. An- und Abfahrt der Lokomotiven geht über eine im Inneren des Lokomotivschuppens angeordnete Schiebebühne Bauart Siemens, die zugleich als Drehscheibe benutzt werden kann. Eine weitere Drehscheibe für kurzweilige Lokomotiven ist südlich der Bekohlungsanlage in der Nähe des Personenbahnhofs angeordnet.

Der Schuppen selbst ist in Holzfachwerk ausgeführt und außen mit Zement-Asbestplatten verkleidet. Die über 24,5 m spannende Überdachung der Schiebebühnenhalle ist ebenfalls in Holz ausgeführt, wie überhaupt die Tragwerke bei den meisten neueren Betriebsanlagen der dänischen Staatsbahnen in Holz ausgeführt werden.

Zur Belüftung dienen Ventilatoren. Die Rauchabführung ist zentral, indem der Rauch durch aus Zementasbest be-

stehende Rauchkanäle von den Rauchfängen an den einzelnen Ständen zu einem 45 m hohen, gemauerten Schornstein geführt wird. An den Schuppen ist eine Betriebswerkstatt und ein Aufenthalts- und Verwaltungsgebäude angebaut.

Da in Fredericia als dem Hauptknotenpunkt des Eisenbahnnetzes auf Fünen/Jütland stets eine Umbildung der Güterzüge stattfinden wird, wurde gleichzeitig mit dem neuen Personenbahnhof ein Verschiebebahnhof erbaut. Bei der verhältnismäßig geringen Anzahl Güterzüge — z. Z. planmäßig 17 im Eingang und 18 im Ausgang — war es ausreichend, einen einseitigen Verschiebebahnhof anzuordnen, wobei man dann gleich die Gestaltung des Geländes, das von + 25 m im Norden auf + 12 m im Süden fällt, sehr günstig zur Anlage eines teilweisen Gefällbahnhofs ausnutzen konnte. Für die Anlage eines einseitigen Verschiebebahnhofs sprach auch der Umstand, daß der Eckverkehr von Ost nach West einen erheblichen Anteil des gesamten Verkehrs ausmacht und daß die Bedienung der Umladehalle sich sehr einfach und mit geringem Rangieraufwand bewerkstelligen läßt. Selbstverständlich mußte bei einer solchen Anlage der Überstand in Kauf genommen werden, daß auch die Wagen im direkten Verkehr von Süden und Osten nach Norden den Bahnhof im ganzen dreimal durchlaufen müssen.

Wenn der Bahnhof auch im wesentlichen als Gefällbahnhof angesprochen werden kann, so ließ es sich jedoch infolge besonderer örtlicher Verhältnisse nicht ermöglichen, den Ablauf aus den Richtungsgleisen in die Stationsordnungsgruppe allein durch Schwerkraft vor sich gehen zu lassen. Sondern es mußte hier ein Eselsrücken eingelegt werden. Die Wagen aus den Richtungsgleisen müssen dabei mit einer Verschiebelokomotive, deren Bereithaltung auch noch zur Bedienung der Umladehalle erforderlich ist, über den Ablaufberg gedrückt werden.

Das Längenprofil des Bahnhofs ist im übrigen nach den neuesten ablaufdynamischen Grundsätzen ausgebildet und geht in seinen Einzelheiten aus dem Längenprofil des Übersichtsplanes hervor. Die Zuführungsgeschwindigkeit über den Hauptablauf beträgt etwa 0,6 bis 0,7 m/sec und wird durch eine oberhalb der Steilrampe angeordnete Zuführungsbremse geregelt. Für die drei Ankunftsgleise ist aus wirtschaftlichen Gründen in Anbetracht des verhältnismäßig schwachen Güterverkehrs nur eine Bremse vorgesehen. Um die Bereitstellung der Züge für den Ablauf und den Ablauf selbst zu beschleunigen, werden die ankommenden Züge nach Möglichkeit gleich von der Zuglokomotive so weit vorgezogen oder zurückgedrückt, daß der erste Wagen in der Bremse zu stehen kommt. Mit einer Talbremse am Fuße der Steilrampe werden die Wagen dann auf Laufweite abgebremst.

Die beiden hier eingebauten Bremsen sind gewichtsautomatische Bremsen der Bauart Thyssen und werden mit Druckwasser gesteuert. Die Weichen werden vom Stellwerk V, in dem auch die beiden Steuerhebel für die Bremsen untergebracht sind, elektrisch umgestellt. In Anbetracht der verhältnismäßig geringen Zahl der vom Stellwerk zu bedienenden Verteilungsweichen (15) wurde vom Einbau einer Speicheranlage abgesehen.

Um den etwaigen schädlichen Einfluß des hier vorherrschenden Westwindes zu verringern, sind längs der Hauptablaufanlage Pappeln angepflanzt.

Östlich der Richtungsgleise ist unmittelbar an die Hauptablaufanlage eine Gleisgruppe für die Wagen zum Ortsgüterbahnhof und zum Hafen angeschlossen. Ein dazwischenliegendes Gleis (220) nimmt die für die Umladehalle bestimmten Wagen auf, die dann von hier aus direkt und ohne Sägebewegungen zur Umladehalle gelangen. Die Umladehalle hat drei Gleise von je 65,8 m Länge und eine Bühnenfläche von 2050 m². An den Umladebahnsteigen außerhalb der Halle

stehen noch weitere 159 m Gleis für Umladezwecke zur Verfügung. Von der Umladehalle aus können die Wagen direkt und zwar durch Schwerkraft, also ohne Verwendung von Lokomotivkraft, in die Gleise der Stationsordnungsgruppe ablaufen. Dies konnte dadurch ermöglicht werden, daß zwischen Gleis 220 und der Umladehalle eine Steigung von 15‰ eingelegt wurde, so daß dann zwischen Umladehalle und dem Ablaufberg ein ausreichendes Gefälle (5‰) zum selbständigen Ablauf der Wagen zur Verfügung steht.

Beim Ablauf aus den Richtungsgleisen in die Stationsordnungsgruppe werden die Wagen mit einer im unteren Teil des Ablaufes angeordneten Hemmschuhbremse vorgebremst, um dann in der Gruppe selbst durch Vorlegen von Hemmschuhen zum Stillstand gebracht zu werden.

Die Stationsordnungsgruppe hat ein so starkes Gefälle, daß die Wagen, nachdem die Bremsen gelöst sind, von selbst in die Ausfahrgruppe, die ein von $4,2\text{‰}$ bis auf 0‰ abnehmendes Gefälle hat, ablaufen.

Auf diese Weise hat man erreicht, daß auf dem ganzen Verschiebebahnhof nur eine einzige Rangiermaschine gebraucht

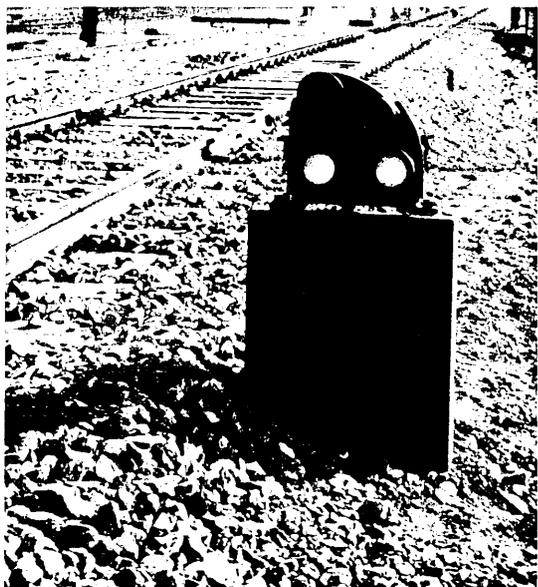


Abb. 22. Zwergsignal in Stellung „Halt“.

wird, die im Nordende der Richtungsgleise arbeitet und die die Wagen aus den Richtungsgleisen abdrückt und die Umladehalle bedient.

Die Ausfahrt der Güterzüge nach Nyborg und Kolding geht von den Gleisen 401 und 402 über das Gleis VIII im Personenbahnhof nach den beiden Hauptstreckengleisen. Für die Ausfahrt nach Vejle ist ein besonderes Ausfahr Gleis vorgesehen, das am Bauwerk D unter das Hafenverbindungsgleis, das Gütereinfahr Gleis von Süd und das Streckenhauptgleis nach Vejle geführt ist und beim Stellwerk V in das letztgenannte einmündet.

In Verbindung mit dem Bau des neuen Verschiebebahnhofs ist die Anlage eines neuen Ortsgüterbahnhofs geplant. Die Wagen werden über das Gleis 100 zugeführt, das schienenfrei über das Gütereinfahr Gleis und die Ausfahr Gleise vom Personenbahnhof und Verschiebebahnhof geleitet wird. Bis zur Fertigstellung dieser Anlage wird noch der alte Ortsgüterbahnhof benutzt. Die Wagen werden über das Hafengleis 100 zugestellt.

Die gesamten Sicherungsanlagen sind als elektrische Kraftanlagen ausgeführt. Stellwerk II im Norden der Bahnsteige ist Befehlsstellwerk für den gesamten Bahnhof.

Im Gebiet der Stellwerke I und II sind außer den eigentlichen Hauptfahrstraßen für die Ein- und Ausfahrten der Züge auch sämtliche möglichen Rangierfahrstraßen durch besondere Rangiersignale „Zwergsignale“ nach Abb. 22 gesichert. Diese Zwergsignale, die bei den dänischen Staatsbahnen erstmalig auf dem neuen Bahnhof Aarhus angewendet wurden und die in Abhängigkeit von Weichen und isolierten Streckenabschnitten gebracht sind, sind als Tageslichtsignale ausgebildet und können folgende Signale geben: „Halt“, „Vorbeifahrt gestattet“, „Vorbeifahrt nur mit Vorsicht“ und „Signal nicht vorhanden“.

In den Stellwerken I, II und V sind Gleisbesetzungs tafeln angeordnet. Die Haupteinfahr signale sind Flügel signale, während alle übrigen Signale als Tageslichtsignale ausgebildet sind. Die Vorsignale sind Dreibegriffsignale. Wie überall bei den dänischen Staatsbahnen sind es Blink signale.

Der Bohlenweg quer über die Bahnsteiggleise des Personenbahnhofs ist durch besondere Lichtsignale gesichert. Das Aufleuchten von auf Ständern angebrachten Lampen zeigt an, daß das Begehen des Überweges mit Gefahr verbunden ist. Diese Signale sind abhängig von den Haupt- und Zwergsignalen. Durchfahrende Züge werden außerdem durch ein lauttönendes Läutewerk angekündigt, das vom Zug selbst durch besondere, rund 900 m vom Bohlenweg entfernt angebrachte Kontakte betätigt wird.

Die Gesamtausgabe beim Bau des neuen Bahnhofs beläuft sich auf etwa 12 Millionen Kr. Im ganzen wurden rund 1,6 Millionen m^3 Erde bewegt, etwa 28000 m^3 Beton eingebaut, 64 km Gleis sowie 43 Kreuzungs- und 150 einfache Weichen verlegt, wozu rund 100000 m^3 Bettung benötigt wurden.

Die Bedeutung der Brücke über den Kleinen Belt für Verkehr und Betrieb.

Durch den Beschluß des Reichstages vom Jahre 1927, wonach die Brücke als gemeinsame Eisenbahn- und Straßenbrücke erbaut werden sollte, wurden die dem Gesetz vom Jahre 1923 über den Bau einer Eisenbahnbrücke zugrunde gelegte Wirtschaftlichkeitsberechnung zunächst vollkommen über den Haufen geworfen, indem durch den gleichzeitigen Bau der Straßenbrücke dem Wettbewerb des Kraftwagens Tür und Tor geöffnet wurde.

Die Bahnen mußten daher zur Bekämpfung dieses Wettbewerbes zugleich mit der Eröffnung der Brücke geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrsbedienung ergreifen.

Der 15. Mai 1935 brachte daher für die Dänischen Staatsbahnen derartig eingreifende Verbesserungen, daß man mit Recht von einer Revolution im dänischen Eisenbahnwesen sprechen kann. Begünstigt wurde die Neugestaltung der Betriebsführung durch den gleichzeitig am 15. Mai erfolgten Einsatz der vier dieselelektrischen Schnelltriebwagen („Blitzzüge“) im Verkehr zwischen Kopenhagen und den Hauptorten Jütlands.

Brücke und Blitzzug haben die Reisezeit zwischen Kopenhagen und Aarhus (Jütlands Hauptstadt) sowie Esbjerg (Haupthafen im Verkehr Skandinavien—England) von rund $7\frac{1}{2}$ Std. auf etwa $4\frac{1}{2}$ Std. herabgesetzt. Die Verbindung Kopenhagen—Esbjerg—Harwich—London ist somit die schnellste Verbindung für den Verkehr von Skandinavien nach England geworden.

Die Brücke ermöglicht ferner die Durchführung von Kurswagen von Kopenhagen nach verschiedenen Städten Jütlands. Dies war bisher nicht möglich, weil die Überbelastung der Fährverbindung über den Kleinen Belt die Überführung dieser Kurswagen nicht gestattete.

In Zusammenarbeit mit der Deutschen Reichsbahn

konnte auch eine wesentliche Verbesserung im Verkehr Oslo — Kopenhagen einerseits und Hamburg—West-Stockholm und Süddeutschland andererseits erreicht werden. Während die Nachtverbindungen sowohl über Saßnitz wie über Warnemünde erst um 10¹³ in Hamburg eintreffen, so daß man im allgemeinen erst in den Mittagsstunden von Hamburg aus weiterfahren konnte, kann man jetzt über Fredericia—Paalborg bereits um 7⁵¹ in Hamburg ankommen und erreicht dadurch noch die Morgenverbindung von Hamburg nach West- und Süddeutschland.

Köln kann z. B. bereits um 14⁵² erreicht werden statt 18⁵⁸ bei der Reise über Warnemünde oder Saßnitz.

Der wichtigste Vorteil für die Reisenden selbst ist neben der Beschleunigung aller Züge um rund 35 Min. der Umstand, daß das bisherige Umsteigen sowohl in Fredericia wie in Strib und eine Seefahrt von etwa 15 Min. fortfällt. Diese Seefahrt wurde gerade wegen ihrer Kürze besonders unangenehm empfunden, weil sie so kurz war, daß man sich nicht so recht auf sie einstellen konnte.

Für den Betrieb selbst ergeben sich folgende wesentliche Vorteile:

Zusammenfassung der Zugbildung zweier Bahnhöfe in einem Bahnhof. Bessere Ausnutzung des Wagenparks bei gleichzeitiger Verminderung desselben. Bessere Lokomotiv-

läufe, indem die kurzen Läufe über Fünen (etwa 88 km) für alle durchgehenden Züge fortfallen.

Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Strecke.

Im Güterverkehr ergeben sich wesentliche Vorteile durch die Möglichkeit, kurze Übergänge in Fredericia zu schaffen und dadurch besonders Wettbewerbssendungen beschleunigt durchzuführen.

Herabsetzung des Personalbestandes durch Stilllegung des Fährbetriebes und des Bahnhofs Strib. In Verbindung hiermit Herabsetzung der Betriebs- und Unterhaltungskosten.

Schließlich sei noch angeführt, daß die Brücke über den Kleinen Belt bereits während des Baues und auch noch nach ihrer Fertigstellung ein Reiseziel für In- und Ausland war und noch ständig ist. Es ist hier ein Bauwerk geschaffen worden, das auf Grund der Schwierigkeiten bei der Ausführung selbst und infolge seiner unbestrittenen Schönheit und glänzenden Einpassung in die Landschaft stets eine internationale Sehenswürdigkeit bleiben und immer wieder Reisende anziehen wird.

Seit der Eröffnung ist nahezu ununterbrochen ein Strom von Besuchern — Vereine, Schulklassen, Familien und Einzelreisende — zur Brücke geflossen, so daß die Staatsbahnen auch hierdurch einen beträchtlichen Aufschwung im Personenverkehr erfahren haben. Zur Bedienung dieses Verkehrs wurde ein besonderer Haltepunkt auf Fünen unmittelbar am Brückenkopf angelegt.

Rundschau.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schienenaufschweißung bei den polnischen Staatsbahnen.

Auf dem 11. internationalen Azetylschweißkongreß in Rom berichtete seinerzeit Dobrowolski über die seit 1931 auf polnischen Staatsbahnen ausgeführten Schienenaufschweißungen. Man folgte dabei dem Beispiel der Vereinigten Staaten, für deren Gebiet Mr. Howe von der Chesapeake & Ohio-Bahn auf der 35. Jahresversammlung der International Acetylene Association zu Pittsburgh, November 1914, über die jährliche Ausbesserung von 504000 eingeschlagenen Schienenstößen nach dem Sauerstoff-Azetylen-Verfahren und gegen 407000 nach der elektrischen Lichtbogenschweißung berichtete. In der Abteilung Kattowitz, wo sich der schwerste Verkehr vereinigt, wurden 300 Kreuzungen ausgebessert und es sind dabei die Vorteile des Verfahrens zutage getreten. In der Abteilung Posen wurden eingefahrene Schienenenden und gebrochene Laschen mit Erfolg ausgebessert und Schienen, die wegen Oberflächenschäden herausgenommen waren, wieder hergestellt. Man reinigt erst die Schiene mit der Drahtbürste oder dem Brenner, entfernt Späne mittels Meißel und schweißt sodann zunächst die Flügelschienen und darauf die Herzstückspitzen. Man verwendet einen Schweißbrenner mit einem Gasverbrauch von 150 l/h und schweißt schräg auf, indem man jeden Gang unmittelbar nach dem Auftragen hämmert. Etwaige Unebenheiten müssen noch an der erhitzten Schiene mit dem Meißel entfernt werden. Durch die Bearbeitung mit dem Hammer soll eine glatte und ebene Oberfläche erzielt werden, so daß ein Abschleifen entbehrlich ist. Das Aufschweißen kann während des Betriebes vorgenommen werden. Über die zu verwendenden Schweißstäbe gehen die Ansichten auseinander und es wurden verschiedene Stähle verwendet. Zeitverbrauch für eine Kreuzung war 4,7 Std. für 7 mm Auftrag und 9,3 Std. für 16 mm. Schnelle Abkühlung muß vermieden werden. Bei Verwendung von Chrom-Mangan-Schweißstäben wurde eine Brinellhärte von 290 bis 310 gegen 200 bis 240 der Schiene selbst erzielt. Eine besondere Vorwärmung besonders bei kaltem Wetter, wie sie bei Lichtbogenschweißung wünschenswert erscheint, ist bei der Gasschmelzschweißung nicht nötig.

Dr. S.

(Rly. Gaz.)

Zweigleisiger Tunnel der Pennsylvania-Bahn in Baltimore.

In Verbindung mit der Elektrisierung ihrer Linie zwischen New York und Washington hat die Pennsylvaniaabahn u. a. in Baltimore für die Einführung der Eisenbahn in die Stadt einen neuen zweigleisigen Tunnel erbaut. Der Bau mußte unter besonders

schwierigen Bedingungen durchgeführt werden, denn abgesehen von den Rücksichtnahmen auf den Stadtverkehr, waren wegen des schon vorhandenen alten Tunnels, durch den seinerzeit der gesamte Verkehr ging und zu dem der neue Tunnel parallel gelegt werden sollte, Vorkehrungen zu treffen, die eine Gefährdung des alten Bauwerkes ausschlossen.

Der insgesamt 1,037 km lange neue Tunnel führt im allgemeinen durch leichtere Bodenschichten, fester Fels wurde nur an einzelnen Stellen angetroffen und füllte auch niemals den geplanten Tunnelquerschnitt ganz aus. Die Wasserverhältnisse waren günstig, teilweise waren die Schichten vollkommen trocken. Trotzdem wurde für gute Entwässerung gesorgt. Der Vortrieb des Tunnels geschah an den beiden Enden in offener Bauweise und zwar westlich auf eine Länge von 288,33 m, östlich auf 89,92 m. Das dazwischenliegende Stück wurde hauptsächlich mit Rücksicht auf den benachbarten Tunnel, in sogenannter „Schildbauweise“ erstellt. An und für sich ist diese Bauweise, bei der von einem schildförmigen Gerüst mit zwei übereinanderliegenden Arbeitsbühnen aus die Ausschachtungsarbeiten für die größere obere und halbkreisförmige Tunnelhälfte vorgenommen werden, nicht neu, aber die im vorliegenden Falle nötigen Abmessungen verdienen besondere Beachtung, beträgt doch die größte Breite des fertigen Tunnels 10,05 m und seine größte Höhe über SO 7,47 m.

Das Gerüst wurde dem Baufortschritt entsprechend auf Gleitplatten vorgeschoben. Für den Ausbau der unteren Tunnelhälfte wurden links und rechts zwei durch Rippen verstärkte Röhren von 3,35 m vorgetrieben. Der in bezug auf das fertige Tunnelprofil außenliegende Teil jeder Röhre wurde stark ausbetoniert, während der nach innen weisende Teil später nach Aushub des dazwischenliegenden Bodens beseitigt und nach oben der Anschluß mit dem inzwischen ebenfalls betonierten Tunneloberteil hergestellt wurde.

Die Abstützung der oberen Tunnelhälfte geschah zunächst durch eiserne rippenverstärkte Bogenstücke, die jedoch alsbald durch Beton verstärkt wurden. Die eigentlichen Ausschachtungsarbeiten wurden größtenteils durch Handarbeit (acht Bergleute, acht Helfer und fünf Transportarbeiter) vorgenommen, hingegen war der Abtransport der Schuttmassen weitgehend mechanisiert. Nur wenige Sprengungen waren nötig. Wegen des benachbarten alten Tunnels mußte auch dabei besonders vorsichtig verfahren werden.

Die in offener Bauweise hergestellten beiden Endabschnitte

des Tunnels boten keine besonderen technischen Schwierigkeiten. Da die Arbeiten unter Anwendung maschineller Hilfsmittel ausgeführt wurden, waren sie in kurzer Zeit fertig. Zuerst wurde der Boden des Tunnels ausbetoniert, daran schlossen sich die Seitenwände und das Gewölbe an. Die Wandstärken waren in diesen beiden Endabschnitten, da ja die Verstärkung durch die Stahlsegmente fehlte, bedeutend reichlicher gewählt worden. Der innere Tunnelquerschnitt ist jedoch der gleiche wie beim mittleren Teil.

Die Bauarbeiten wurden am 17. Juli 1933 am Westende begonnen. Der Durchbruch der beiden kleinen seitlichen Tunnelröhren dauerte vom 23. Oktober 1933 bis zum 23. Juli 1934. Am 15. Januar 1934 begann der Schildvortrieb, der am 7. September dieses Jahres beendet war, und nur 20 Tage später konnte schon der erste Untersuchungszug den Tunnel durchfahren. E. W.

(Rly. Age 1935.)

Kräfte und Spannungen im Langschienenoberbau.

In der ZVDI findet sich auf S. 380 des Heftes Nr. 12. Jahrgang 1935, ein beachtenswerter Vergleich über das Verhalten des

15, 30, 60 und 90 m-Schienenoberbaues bei Temperaturschwankungen. Der Vergleich ist sowohl für die älteren Vorschriften über Verlegungslücken, als auch für die neue Verlegungslückentafel durchgeführt.

Die Untersuchungen stehen im Zusammenhang mit dem Bestreben der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom 30 m-Stoß zu größeren Schienenlängen überzugehen. Versuche mit dem 60 m-Stoß hat die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft bekanntlich mit Erfolg schon angestellt.

Das Ergebnis der Abhandlung ist jedoch folgendes: Wenn die Art der Verlaschung nicht geändert wird, ist eine größere Schienenlänge als 45 m nicht zu empfehlen, weil sonst bei der geringen Ausziehmöglichkeit, mit 19 mm als Höchstwert, eine zusätzliche Beanspruchung der Laschenbolzen über Gebühr eintritt. Schon der Schritt vom 30 m- zum 60 m-Gleis erfordert aus diesem Grunde die Durchbildung einer neuen Laschenverbindung. Von ebenso großer Wichtigkeit ist die Prüfung der Frage, welches Gefahrenmoment ein Schienenbruch im Winter tatsächlich darstellt. Vorgeschlagen wird als wirksamste Verbesserungsmöglichkeit die Änderung der Verlegungsgrundlagen. Lr.

Bücherschau.

Deutscher Reichsbahnkalender für 1936. Herausgegeben vom Pressedienst der Deutschen Reichsbahn.

Dem diesjährigen Deutschen Reichsbahnkalender kommt in der Reihe der alljährlich sich dem Publikum vorstellenden Kalender eine besondere Bedeutung zu: Er eröffnet das Jahr „1“ des zweiten Jahrhunderts der Deutschen Eisenbahnen, die just im letzten Monat des verbliebenen Jahres mit glanzvollen Feierlichkeiten ihren 100. Geburtstag in Nürnberg begangen hatten. Und was besonders bei den verschiedenen Veranstaltungen des Festjahres in den Vordergrund gerückt war: Die Deutsche Reichsbahn nicht Selbstzweck, sondern ein Glied eines großen Wirtschaftskörpers, der deutsche Eisenbahner nicht gleichgültiger Arbeiter oder Beamter, sondern bewußter Diener am Deutschen Volke — das bringt dieser neue Jahrgang in lebensvollen Einzelschilderungen und Einzelbildern unter dem Motto: „Was Dir die Reichsbahn sein will“ zur Darstellung. So ist auch dieser Jahrgang mit den zahlreichen Bildern, die einen Einblick in den vielgestaltigen Dienst des Eisenbahners geben, mit den lebendigen Darstellungen aus dem Leben und Treiben auf den Bahnhöfen, wo die Eisenbahn ihre Gäste empfängt, und mit den prächtigen Bildern aus Deutscher Landschaft, durch die sie die Gäste in

von Jahr zu Jahr größer werdenden Scharen führt, ein im Wandel der Tage immer wieder gern betrachtetes aufschluß- und genußreiches Werkchen, für dessen Herausgabe dem Pressedienst der Deutschen Reichsbahn Dank und Anerkennung gebührt. Ue.

„**Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen**“. 4. Serie Ergänzungsblätter (35 Blatt und 2 Ausschlagtafeln) 1935. Verlag: Stahleisen m. b. H., Düsseldorf. Preis 5.25 R./-.

Diese 4. Serie Ergänzungsblätter aus dem „Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen“, enthält außer einem umgearbeiteten Blatt folgende neue Blätter:

Warmstreckgrenze. Dauerstandfestigkeit. Dauerstandfestigkeit unter gleichzeitigem Korrosionsangriff. Das Löten von Stahl, Anlaßsprödigkeit. Unlegierte Kohlenstoffstähle. Hochfeste Baustähle, Hitzebeständige Stähle und Legierungen, Messerstähle, Wärmebehandlung des Stahls in Metall- und Salzbadern, Abschreckmittel und Abschreckeinrichtungen, Schleifen, Polieren und Oberflächenbehandlungen. Einrichtung von Versuchsanstalten. Mittel zur Erkennung von Stahlverwechslungen.

Das Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen ist 1928 erschienen und im Organ 1928 besprochen.

Verschiedenes.

„Das Haus der Technik“ veranstaltet auch in diesem Winter wieder eine umfangreiche Reihe von Vorlesungen aus den verschiedensten Zweigen der Technik, zu der namhafte Persönlichkeiten ihre Mitwirkung zugesagt haben. Wir nennen die für den Eisenbahningenieur besonderes Interesse bietenden Vortragsgegenstände: Möglichkeiten der Verwendung fester Brennstoffe zum Betrieb von Straßenkraftfahrzeugen, Motortreibstoffe von

ihrer Gewinnung bis zur Verwendung, ein Jahrhundert Deutsche Schienenbahn. Fortschritt in der Aufbereitung der Steinkohle, der motorisierte Güterfernverkehr vor neuen Aufgaben (18. Februar 1936). Dauerfestigkeit und Eigenspannungen (20. März 1936). Der Vortragkurs hat bereits am 17. Oktober begonnen, die vier erstgenannten Vorträge wurden bereits gehalten.

Berichtigung.

In der Abhandlung „Absteckung und Berichtigung von Gleisbogen“ von K. Szmodits in Heft 17 des Jahrgangs 1935 ist die die Summe der Tangentenlängen der Standlinie ausdrückende Gleichung (42) fehlerhaft. Die richtige Gleichung ist auf Grund folgender Überlegung abzuleiten. Da die Tangentenabschnitte des Relativbildes aus den Tangentenabschnitten der Standlinie so entstanden sind, daß die Tangentenabschnitte des Versuchs-

bogens davon abgezogen worden sind, ist $\overline{K'T'} = \overline{KT} - R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ und $\overline{T'L'} = \overline{TL} - R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$. Die Summe der Tangentenlängen der Standlinie ist somit richtig

$$\overline{KT} + \overline{TL} = \overline{K'T'} + \overline{T'L'} + 2 \cdot R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \dots \dots \dots (42).$$

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle deutschen Buchhandlungen zu beziehen.

Der Wiederabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.