

Bruno Schulz: Die Hoangho-Brücke.

Sympher
Geheimer Oberbauamt

Überreicht vom Verfasser

9.58-60
9.

Sonderabdruck aus der Zeitschrift
des Vereines deutscher Ingenieure.

==== Jahrgang 1914, Seite 241. ====

Fachgebiet: Brücken- und Eisenbau.

Berlin 1914

Preis für Mitglieder sowie Studierende
und Schüler technischer Schulen . . . 1,25 M
Preis für andere Bezieher 2,50 M
Portozuschlag für das Ausland 0,05 M

G. 60
53a

52

640 1651

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000302699

Symphor
Geheimer O. erbaurat



III 34040

Die Hoangho-Brücke.¹⁾



Bearbeitet von Regierungsbaumeister a. D. Bruno Schulz in Berlin-Halensee und der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Werk Gustavsburg.

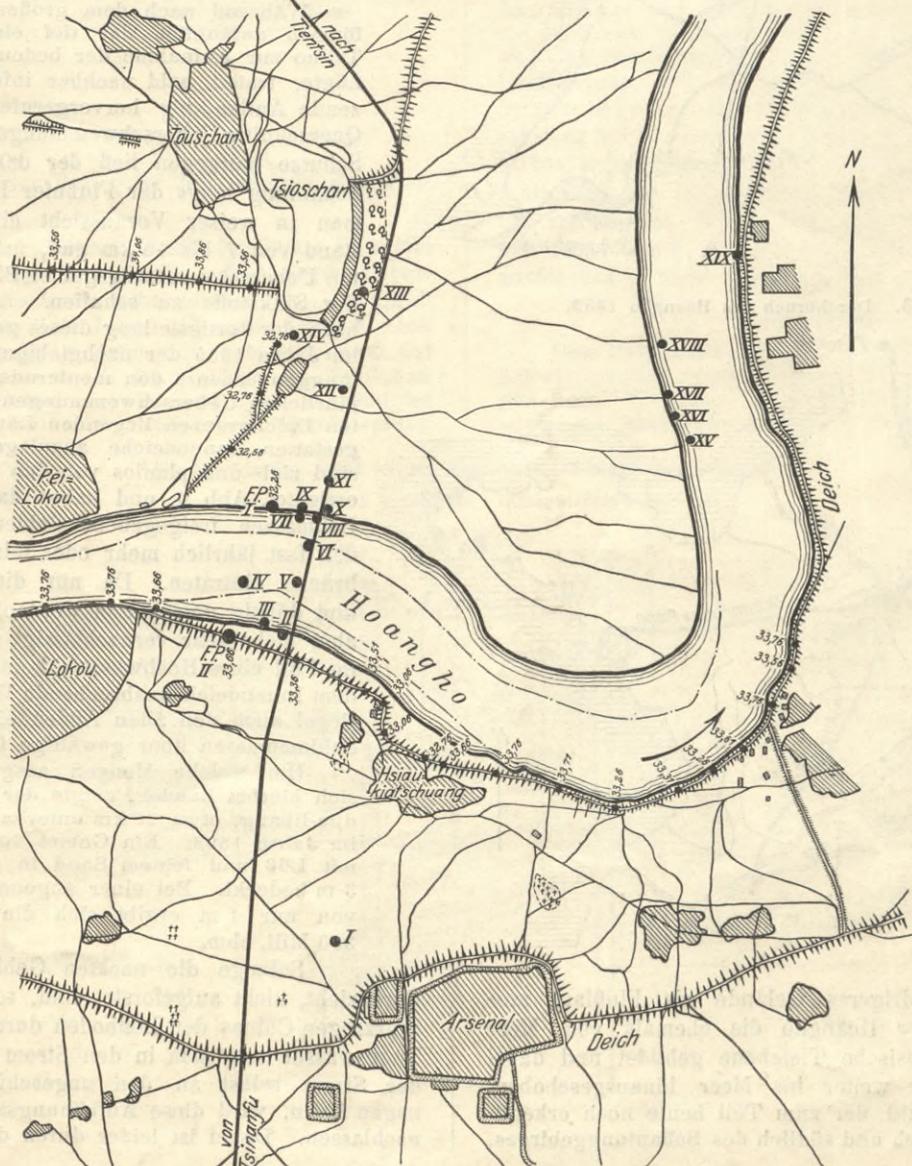
(hierzu Textblatt 4 und 5)

Im Nordosten Chinas, in der Provinz Schantung, ist im vorigen Jahre ein Brückenbauwerk vollendet worden, das wegen seiner bedeutenden Abmessungen und auch wegen der durch wirtschaftliche und örtliche Verhältnisse bedingten Schwierigkeiten die Aufmerksamkeit weiter Kreise in Anspruch nehmen dürfte.

Diese Brücke gehört zu der Linie Tientsin-Pukow der Chinesischen Staatsbahn, die in der nördlichen Teilstrecke, von Tsinanfu kommend, unweit des Ortes Lokou den Unterlauf des Hoangho, Chinas zweitgrößten Stromes, überschreitet²⁾, vergl. Abb. 1. Nach Fertigstellung der Brücke konnte die Bahnlinie Tientsin-Pukow in ihrer ganzen Länge in Betrieb genommen werden, so daß nunmehr eine unmittelbare Verbindung der beiden alten chine-

Abb. 1. Lageplan der Hoangho-Brücke und der Tientsin-Pukow-Bahn.

Maßstab 1 : 30 000.



sischen Hauptstädte Peking und Nanking und durch ihren Anschluß an die russische transsibirische Bahn ein Schienenweg zwischen Europa und den Hauptplätzen Chinas geschaffen ist.

Der Hoangho oder Gelbe Fluß, der »Kummer der Chinesen«, wie ihn chinesische Geschichtsschreiber nennen, ist ein tückischer Fluß. Mit ungeheurer Plötzlichkeit kommen seine Hochwasser an, und in der Regenzeit ist ein Steigen des Wassers um mehrere Meter im Verlaufe weniger Stunden keine Seltenheit.

Geschwindigkeiten von 5 bis 6 m/sk sind in der Nähe der Brücke wiederholt gemessen worden. Auf seinem weiten Laufe durch Tibet, die Mongolei und China nimmt der Hoangho von dem leichtlöslichen Löß, aus dem sein Flußgebiet besteht, in großen Mengen Sinkstoffe auf, die seine Farbe bedingen und ihm und dem Meere, in das er sich in früheren Zeiten ergoß, den Namen gegeben haben. In seinem Unterlaufe

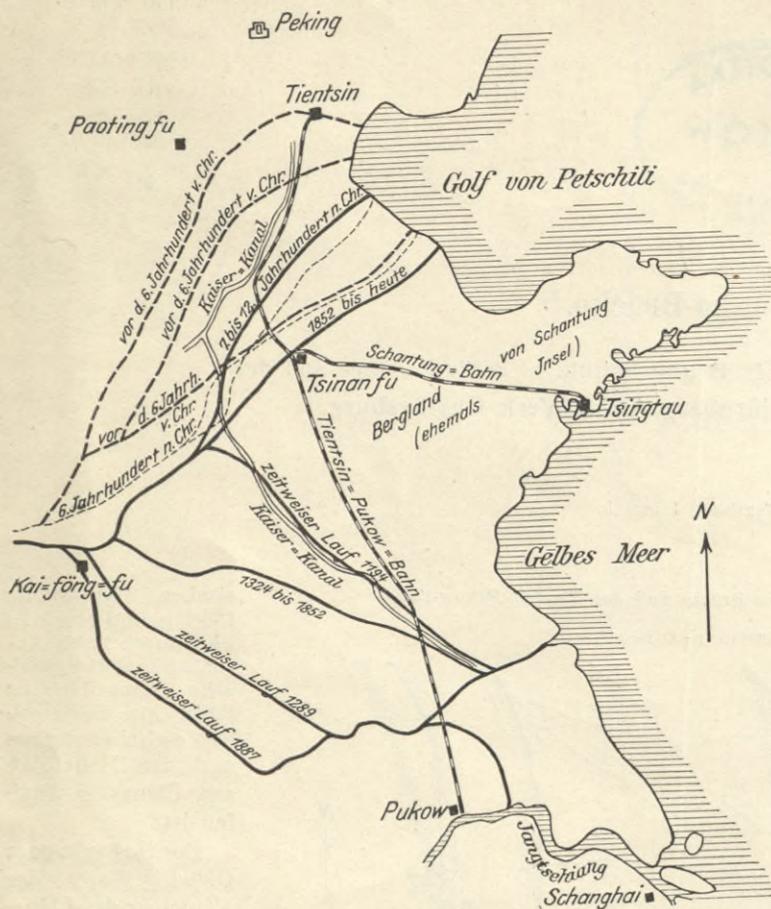
¹⁾ s. Z. 1906 S. 350; 1912 S. 2038.

²⁾ s. Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1911: Schmelzer, Mitteilungen über die Tientsin-Pukow-Bahn.

lagert er infolge der geringeren Wassergeschwindigkeit unter ständiger Erhöhung seines Flußbettes ungeheure Massen von Löß wieder ab. Ging die Erhöhung zu weit, so verließ er sein Bett, um mit verheerenden Ueberschwem-

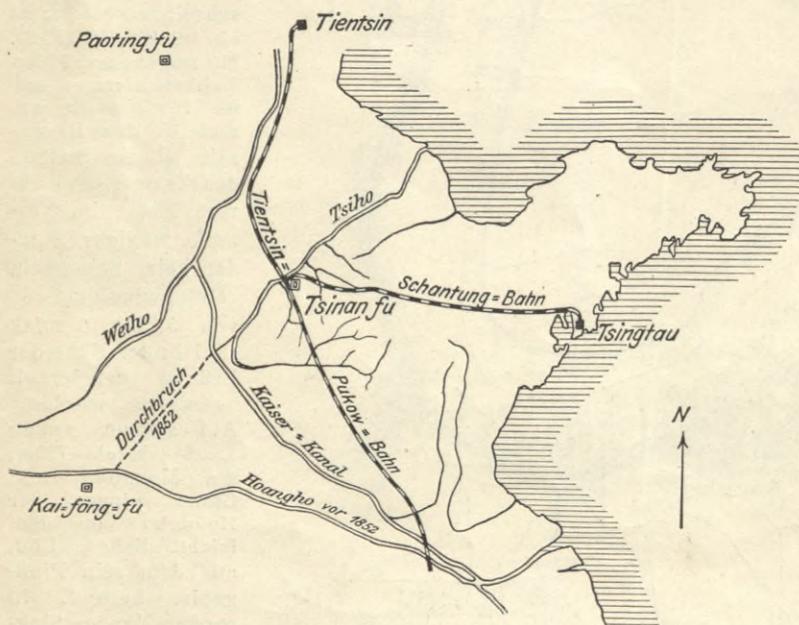
das ehemals als eine Insel weithin aus dem Meere hervorragte. Die Vermessungsarbeiten und Schürfungen für den Bahnbau haben an vielen Stellen die Lage alter Hoanghöläufe aufgedeckt. Am mächtigsten wirkt das verlassene Strombett in Hsue-tschou-fu, einer in der Provinz Anhui an der Tientsin-Pukow-Bahn gelegenen Stadt. Die alte Sohle des Stromes liegt etwa 15 m über dem umliegenden Gelände, und das alte Strombett ist eingefaßt und überragt von mächtigen Deichen, die die Bahnlinie durchschnitten hat. Der Bahnhof Hsue-tschou-fu liegt in dem trocken, seit 1852 verlassenen Flußbett, durch seine Höhe gegen Ueberschwemmungsgefahren geschützt.

Abb. 2. Festgestellte frühere Läufe des Hoangho.



Man begegnet noch heute einer großen Zahl alter Leute, die sich aus ihrer Kinderzeit des furchtbaren Ereignisses erinnern, als der Hoangho etwa 20 km östlich von Kai-föng-fu seinen nördlichen Deich sprengte und seine Wasser etwa 200 km weit durch das Land wälzte, bis er in das Bett des Tsi-ho oder Ta-tsching-ho einbrach, dessen Lauf nach dem Meer er seitdem in seiner jetzigen Lage an Tsinanfu vorbei verfolgt, Abb. 3. Der aus dem Schantunggebirge kommende Tsi-ho hatte damals eine Breite von etwa 450 m und war tief im Gelände eingeschnitten. Im Besitz des neuen Bettes begann der Hoangho sein altes Spiel, indem er durch die Ablagerung der Sinkstoffe die Sohle erhöhte. Ein Zeugnis von der nach dem Jahre 1852 erfolgten Aufhöhung geben die bei der Ausführung der Gründungsarbeiten auf dem Nordufer in Tiefen von 2 bis 4 m unter der Oberfläche gefundenen Umfassungsmauern von Häusern und Tempeln mit ihren Dachresten.

Abb. 3. Durchbruch des Hoangho 1852.



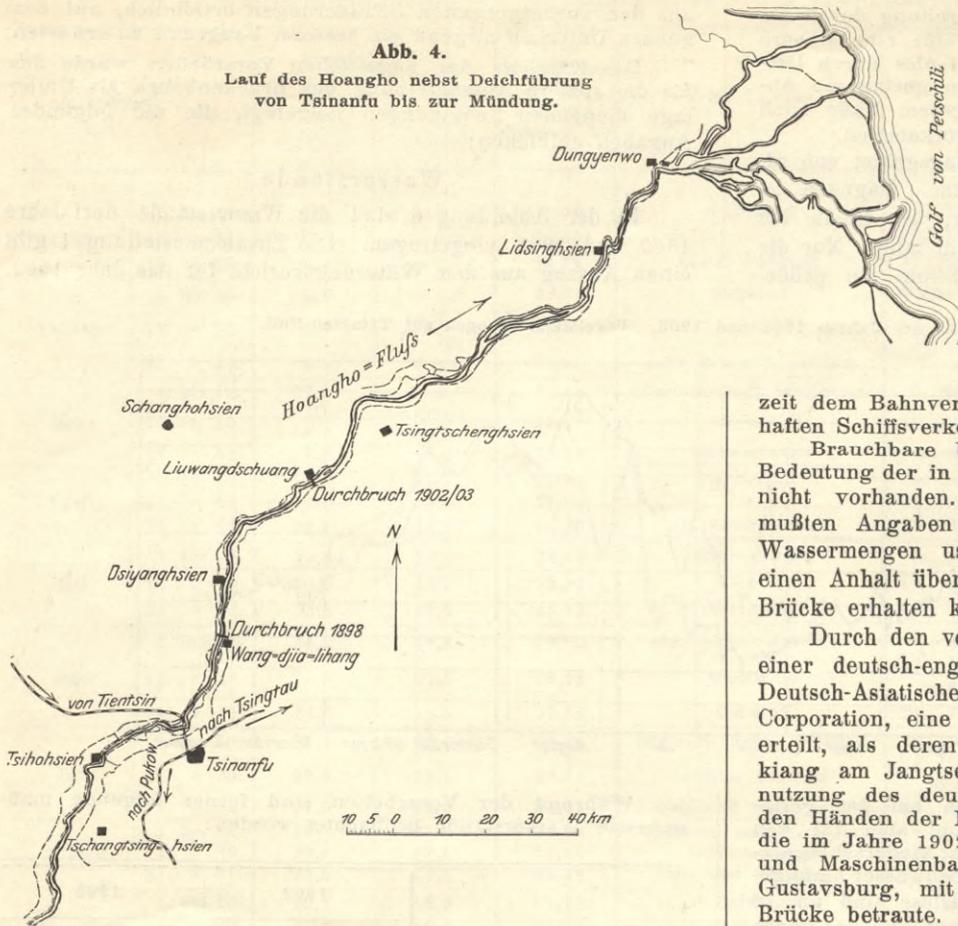
Während nach dem großen Deichbruch bei Kai-föng-fu anfänglich das tief eingeschnittene Bett des Tsi-ho zur Aufnahme der bedeutenden Hochwasser genügte, traten bald nachher infolge der durch einsetzende Auflandung hervorgerufenen Verkleinerung der Querschnitte Ueberschwemmungen des Landes ein. Zum Schutze hiergegen ließ der damalige Gouverneur von Schantung längs der Flußufer Deiche errichten, denen man in weiser Voraussicht einen gegenseitigen Abstand von 7 bis 10 km gab, um in diesem ausgedehnten Ueberschwemmungsgebiet Platz für die Ablagerung der Sinkstoffe zu schaffen. Aber schon zwei Jahre nach der Fertigstellung dieses gewaltigen Werkes mußte im Jahre 1885 der nachgiebige Nachfolger des Schantunggouverneurs den meuternden Bauern, die über die jährlichen Ueberschwemmungen der innerhalb der weiten Deichgrenzen liegenden Ländereien Klage führten, gestatten, Innendeiche anzulegen. Diese Innendeiche sind ziel- und planlos von den anliegenden Ortschaften errichtet, Abb. 4, und haben das zur Ablagerung der Lößmassen freigegebene Gebiet derart eingeschränkt, daß fast jährlich mehr oder minder bedeutende Deichbrüche eintreten. Da nur die Innendeiche bewacht und dürrig unterhalten werden, die alten Außendeiche aber meist sehr vernachlässigt sind, so bieten auch sie im Fall eines Hochwassers keinen Schutz, und das aus dem Innendeich ausbrechende Wasser schwemmt in der Regel auch den alten Außendeich fort und wirft seine Schlammassen über gewaltige Gebiete.

mungen sich ein niedrigeres Gelände als Flußlauf auszusuchen. So hat der Hoangho die ehemals vom Meer bedeckte große ostchinesische Tiefebene gebildet und dabei seine Mündung immer weiter ins Meer hinausgeschoben. Abb. 2 zeigt eine Anzahl der zum Teil heute noch erkennbaren Stromläufe nördlich und südlich des Schantunggebirges,

Um welche Mengen ausgeworfener Sinkstoffe es sich hierbei handelt, zeigte der Deichbruch bei Wang-dja-lihang, etwa 28 km unterhalb der Brückenbaustelle, im Jahre 1898. Ein Gebiet von etwa 300 qkm wurde mit Löß und feinem Sand in einer Höhe von 0,6 bis 3 m bedeckt. Bei einer angenommenen mittleren Höhe von nur 1 m ergibt sich die ungeheure Menge von 300 Mill. cbm.

Solange die nackten Gebirge, die der Hoangho durchzieht, nicht aufgeforstet sind, solange also die heftigen Sturzregen Chinas den Lößboden durch das rasch abfließende Tageswasser mit sich in den Strom reißen, solange ferner der Strom selbst an den ungeschützten Lößufern weiter nagen kann, wird diese Aufhöhungsarbeit des Flusses nicht nachlassen. Dabei ist leider durch die planlose Anlage von

Abb. 4.
 Lauf des Hoangho nebst Deichführung
 von Tsinanfu bis zur Mündung.



Deichen die Gefahr einer Verlegung des jetzigen Hoangholaufes noch erhöht.

Daß bei solchen verwilderten Zuständen keine Baustelle gefunden werden konnte, die volle Sicherheit gegen Ueberschungen in sich schließt, ist selbstverständlich. Es ergab sich aber, daß die gewählte Lage auf weite Längen noch den sichersten Uebergang gestattet, da zum mindesten auf der Nordseite des Flusses durch das Gebirge des Tsioschan ein sicherer Schutz gewährleistet ist und auch am Südufer durch den Ort Lokou mit seiner steinernen Uferbefestigung

und hohen Stadtmauer ein bedingter Schutz zu erwarten sein dürfte.

Der Hoangho hat an der Brücke, die etwa 200 km von der Flußmündung entfernt liegt, eine Breite des eigentlichen Stromschlauches von rd. 500 m, während das durch Hochwasserdämme eingeschlossene Ueberschwemmungsgebiet rd. 1300 m breit ist. Als Ausführungsform konnte unter den gegebenen Verhältnissen für das Bauwerk nur eine feste Brücke in Frage kommen, die unabhängig von allen durch die erheblichen Wasserspiegelschwankungen des Flusses hervorgerufenen Zufälligkeiten zu jeder Jahreszeit dem Bahnverkehr zur Verfügung steht, ohne den lebhaften Schiffsverkehr auf dem Strome zu behindern.

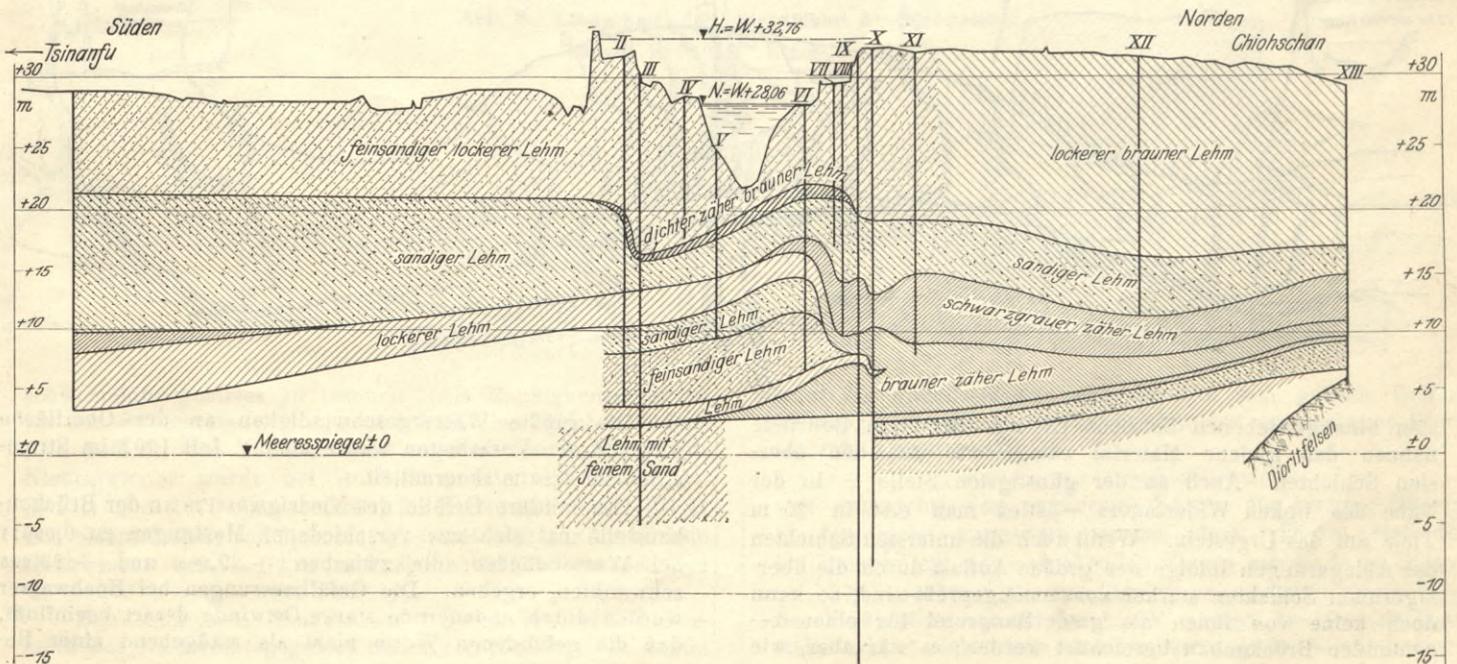
Brauchbare Unterlagen, wie sie ein Bauwerk von der Bedeutung der in Frage kommenden Brücke erforderte, waren nicht vorhanden. Erst durch umfangreiche Vorarbeiten mußten Angaben über Bodenbeschaffenheit, Wasserstände, Wassermengen usw. gewonnen werden, damit man daraus einen Anhalt über die günstigste Lage und die Kosten der Brücke erhalten konnte.

Durch den vorläufigen Vertrag vom 19. Mai 1899 war einer deutsch-englischen Gesellschaft, vertreten durch die Deutsch-Asiatische Bank und die Honkong-Shanghai-Banking Corporation, eine Bauerlaubnis für die Tientsin-Pukow-Bahn erteilt, als deren südlicher Endpunkt ursprünglich Tschinkiang am Jangtse in Aussicht genommen war. Die Ausnutzung des deutschen Teiles dieser Bauerlaubnis lag in den Händen der Deutsch-Chinesischen Eisenbahngesellschaft, die im Jahre 1902 die Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G., Zweiganstalt Gustavsburg, mit der Anfertigung von Vorarbeiten für die Brücke betraute. Da die Ergebnisse dieser wertvollen Vorarbeiten bei der vermutlich hohen Bedeutung, die die Tientsin-Pukow-Bahn und damit die Hoangho-Brücke für die Aufschließung des Chinesischen Reiches gewinnen dürfte, auch für später von Wichtigkeit sein werden, so sind sie im folgenden, damit sie der Allgemeinheit erhalten werden, in ausführlicher Form wiedergegeben.

Vorarbeiten.

Dem Brückenbau stellten sich von vornherein bedeutende Schwierigkeiten entgegen, die sich besonders aus den ungünstigen örtlichen Verhältnissen ergaben. So ist vor allem die Beschaffenheit des Untergrundes auf der ganzen

Abb. 5. Ideelles Profil in der Bahnachse. Geologisches Querprofil.
 Längenmaßstab 1 : 15 000. Höhenmaßstab 1 : 600.



Strecke des Flusses, die für die Ueberschreitung durch die Bahn überhaupt in Frage kommen konnte, für eine sichere Gründung die denkbar schlechteste. Es ist dies durch Umstände bedingt, wie sie entsprechend den geringeren Abmessungen in allerdings wesentlich geringerem Maße auch bei unsern großen europäischen Strömen vorkommen.

Der Hoangho hat bei einem Niederschlagsgebiet von rd. 1 Mill. qkm eine Gesamtlänge von 4100 km. Dagegen ist die Donau bei 0,817 Mill. qkm 2860 km, der Rhein bei 0,224 Mill. qkm Niederschlagsgebiet 1162 km lang. Nur die Wolga besitzt als einziger europäischer Strom ein größe-

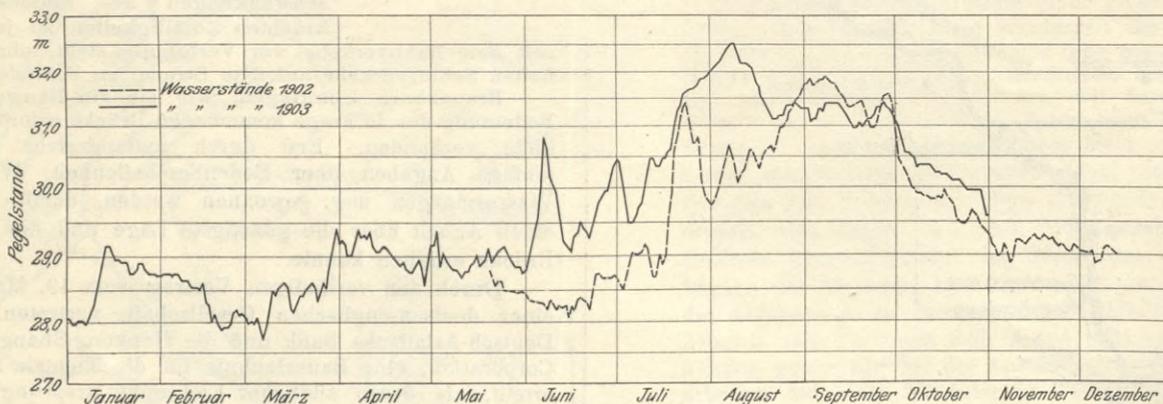
aus den vorhergehenden Schilderungen ersichtlich, auf dem ganzen Unterlauf nirgend ein besserer Baugrund zu erwarten.

Das Ergebnis der angestellten Vorarbeiten wurde den für die spätere Ausschreibung des Brückenbaues als Unterlage dienenden Bedingungen beigefügt, die die folgenden Angaben enthielten:

Wasserstände.

In der Abbildung 6 sind die Wasserstände der Jahre 1902 und 1903 eingetragen. Die Zusammenstellung 1 gibt einen Auszug aus dem Witterungsbericht für das Jahr 1903.

Abb. 6. Wasserstände in den Jahren 1902 und 1903. Pegelstand bezogen auf Tsingtau-Null.



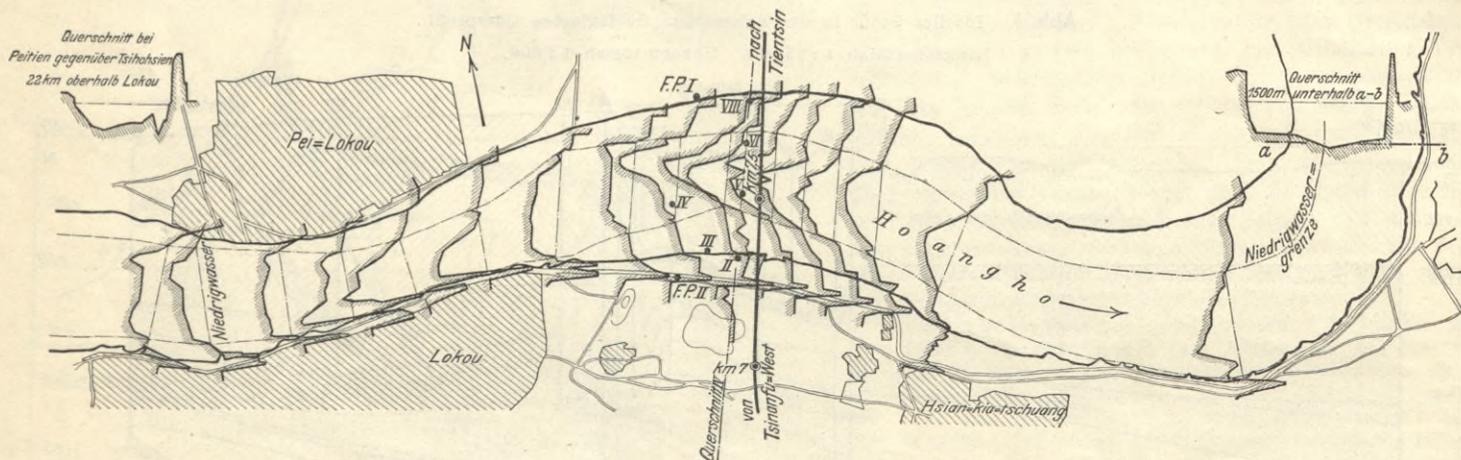
res Niederschlagsgebiet von 1,45 Mill. qkm bei der geringeren Länge von 3750 km. Dabei kommt aber für den Hoangho ungünstig hinzu, daß sein ganzes Niederschlagsgebiet keine Waldungen enthält und die Hochwasser infolgedessen sehr rasch und heftig verlaufen. Diese sind um so gefährlicher, als die gewaltigen Ablagerungen, die das ganze Flußgebiet ausfüllen, infolge ihrer leichten Beweglichkeit dem Wasseranriff nicht wirksam widerstehen können und der Flußlauf infolgedessen, wie schon erwähnt, ständig bedeutenden Veränderungen unterworfen ist.

Das in Abb. 5 dargestellte geologische Querprofil, das nach den Ergebnissen der Bohrungen an den in Abb. 1 mit römischen Ziffern bezeichneten Punkten aufgenommen ist, gibt ein sehr anschauliches Bild von der Mächtigkeit der abgelagerten Schichten. So förderte man bei dem am tief-

Während der Vorarbeiten sind ferner folgende maßgebende Wasserstände beobachtet worden:

	1902		1903	
	Tag	Höhe m	Tag	Höhe m
Niedrigwasser	15. Juni	28,06	6. März	27,71
»	7. Nov.	28,86	—	—
Mittelwasser	—	30,26	—	29,41
»	—	—	1. Nov.	29,56
Hochwasser	21. Juli	31,41	6. Juni	30,81
»	7. Sept.	31,91	7. Aug.	32,51
»	28. Sept.	31,57	26. Sept.	31,41
höchstes Hochwasser (1898)				32,76

Abb. 7. Plan der Stromufer zwischen Lokou und dem östlichen Stromknie mit N.-W.-Linien. Maßstab 1 : 22 500.



sten hinabgetriebenen Bohrloch IX aus rd. 47 m Bohrtiefe nahezu das gleiche Material zutage wie aus den obersten Schichten. Auch an der günstigsten Stelle — in der Nähe des linken Widerlagers — stieß man erst in 25 m Tiefe auf das Urgestein. Wenn auch die untersten Schichten der Ablagerungen infolge der großen Auflast durch die überlagernden Schichten stärker zusammengedrückt sind, so kann doch keine von ihnen als guter Baugrund für einen bedeutenden Brückenbau bezeichnet werden; es war aber, wie

Die größte Wassergeschwindigkeit an der Oberfläche während der Vorarbeiten wurde am 21. Juli 1902 im Stromstrich zu 3,20 m/sk ermittelt.

Das mittlere Gefälle des Niedrigwassers an der Brückenbaustelle hat sich aus verschiedenen Messungen zu 0,00011 bei Wasserständen, die zwischen +29,263 und +29,295 schwankten, ergeben. Die Gefällmessungen bei Hochwasser wurden durch andauernde starke Ostwinde derart beeinflusst, daß die gefundenen Werte nicht als maßgebend einer Be-

Zusammenstellung 1. Auszug aus dem Witterungsbericht für das Jahr 1903.

Monat		durchschnittliche Temperatur in °C		durchschnittliche Pegelablesung über N. N. m	Windrichtung	Bemerkungen
		12 Uhr mittags	9 Uhr abends			
Januar	1. bis 10.	7,0	- 5,5	28,08	wechselnd	viel Treibeis. 7. Sandsturm
	11. » 20.	7,5	- 6,0	28,98	—	12. bis 14. Hoangho vollständig zugefrozen
	21. » 31.	10,0	- 4,0	28,78	kalter Ostwind	24. Hoangho zugefrozen. Regen und Sturm
Februar	1. bis 10.	7,5	- 4,5	28,71	Ostwind	Hoangho zugefrozen. 7., 9., 10. Sandsturm
	11. » 20.	8,0	+ 3,5	28,27	»	16. Hoangho eisfrei. 11., 20. Sandsturm
	21. » 28.	9,0	+ 4,5	28,05	sehr kalter Nordwind	
März	1. bis 10.	11,0	+ 5,0	28,06	Nordostwind, Westwind	1. Sturm. 9. Sandsturm
	11. » 20.	9,5	5,5	28,42	Westwind	15. Schneefall. 18. Regen
	21. » 31.	7,5	5,0	28,74	Südwestwind	Schneefall und starker Regen. Hoangho steigt
April	1. bis 10.	17,5	11,5	29,22	Westwind	4. und 10. starker Sturm
	11. » 20.	17,0	12,0	29,03	»	16 Staubsturm
	21. » 30.	16,5	12,0	28,85	29. Südwestwind	29. Staubsturm. 23., 24., 28. Regen
Mai	1. bis 10.	20,0	16,0	28,94	Südwestwind	4., 6., 10. Sandsturm. 6. Gewitter
	11. » 20.	20,0	15,5	28,91	»	15., 20. Sandsturm. 15. bis 18. starker Regen
	21. » 31.	25,0	18,5	28,23	Westwind	23., 25., 27. Gewitter. 23., 27. bis 31. Regen
Juni	1. bis 10.	24,5	18,2	29,90	Ost- bzw. Westwind	2., 4., 7. bis 10. Sandsturm
	11. » 20.	27,5	21,5	29,32	Westwind	11., 15., 16. Sandsturm. 17., 19., 20. Gewitter. 17. Regen und Hagel
	21. » 30.	24,0	18,5	29,88	Ostwind	24., 25., 26. Regen
Juli	1. bis 10.	27,5	22,5	29,82	Südwest- bzw. Ostwind	10. Gewitter mit Staubsturm
	11. » 20.	29,0	22,5	30,59	leichter Ostwind	14. bis 16., 20. Gewitter. 14., 16. bis 18. Regen.
	21. » 31.	27,5	22,0	31,72	Ost- und Westwinde	20. Wolkenbruch 26., 31. Regen
August	1. bis 10.	28,5	23,5	32,30	Südwest- und Ostwind	8. Regen
	11. » 20.	28,5	23,5	31,75	Südwestwind	16. Regen
	21. » 31.	25,5	19,5	31,28	Ost- und Westwind	21., 23., 25. bis 29., 31. Regen
September	1. bis 10.	20,5	16,0	31,28	Ostwind	1. bis 3., 10. Regen. 10. Gewitter
	11. » 20.	21,0	16,0	31,12	wechselnd	14. bis 16. Regen
	21. » 30.	22,5	16,5	31,22	heftiger Südwestwind	—
Oktober	1. bis 10.	19,0	12,0	30,52	Südwest- und Nordostwind	6., 7. Regen
	11. » 20.	15,0	4,5	30,22	—	—
	21. » 31.	14,0	3,0	29,90	Südwind	27. Regen

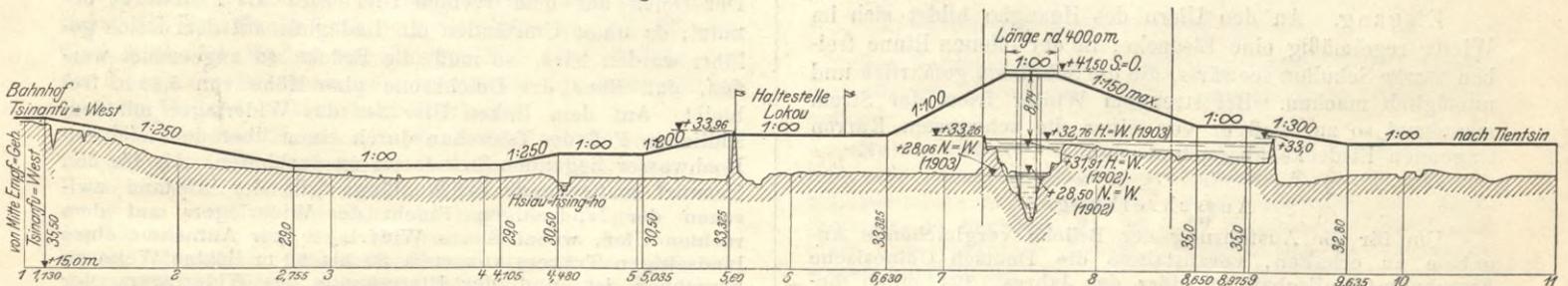
rechnung zugrunde gelegt werden konnten. Es wurde daher aus der gemessenen Hochwassergeschwindigkeit von 3,20 m/sk das Gefälle zu 0,000242 ermittelt.

In dem Lageplan, Abb. 7, sind die N.-W.-Linien der einzelnen Querprofile des Strombettes nach den Aufnahmen vom Jahre 1902 eingetragen.

Abflußmengen. Wie aus Abb. 8 und 9 ersichtlich, ist das Profil an der Brückenbaustelle in den Hauptteil des Stromschlauches und in den linksseitigen Nebenteil des Ueber-

sich für dieses rechnerisch rd. 1 Mill. qkm und für die Länge des Hoangho rd. 4500 km. Der obere Teil des Stromes bis zu dem oberhalb Kai-fong-fu gelegenen Yungtsö fließt durch ein Gebirgsland mit steilen Abhängen ohne Waldbestand, aber mit teilweise stark aufsaugendem Lößboden; der Teil unterhalb Yungtsö strömt durch ebenes Land und durchlässigen Boden. Hiernach ist als Wert für die dem Strom in der Sekunde zufließenden Wassermengen 0,008 für 1 qkm angenommen, was berechtigt erscheint, da bei dem langen

Abb. 8. Längenprofil der Brücke nebst Anschlußstrecken.
Längen 1:50000. Höhen 1:1000.



schwemmungsgebietes zu trennen. Als Rauigkeitsziffer ist für den Stromschlauch wegen des leicht beweglichen Bodens 0,02 und für das Vorland 0,025 angenommen worden. Für Niedrigwasser wurde bei + 28,50 und einem Gefälle von 0,00011 $Q = 1070$ cbm ermittelt; für Hochwasser bei + 31,41 und einem Gefälle von 0,000242 $Q = 4220$ cbm, für das höchste Hochwasser bei + 32,76 und einem Gefälle von 0,000212 $Q = 6270 + 530 = 6800$ cbm.

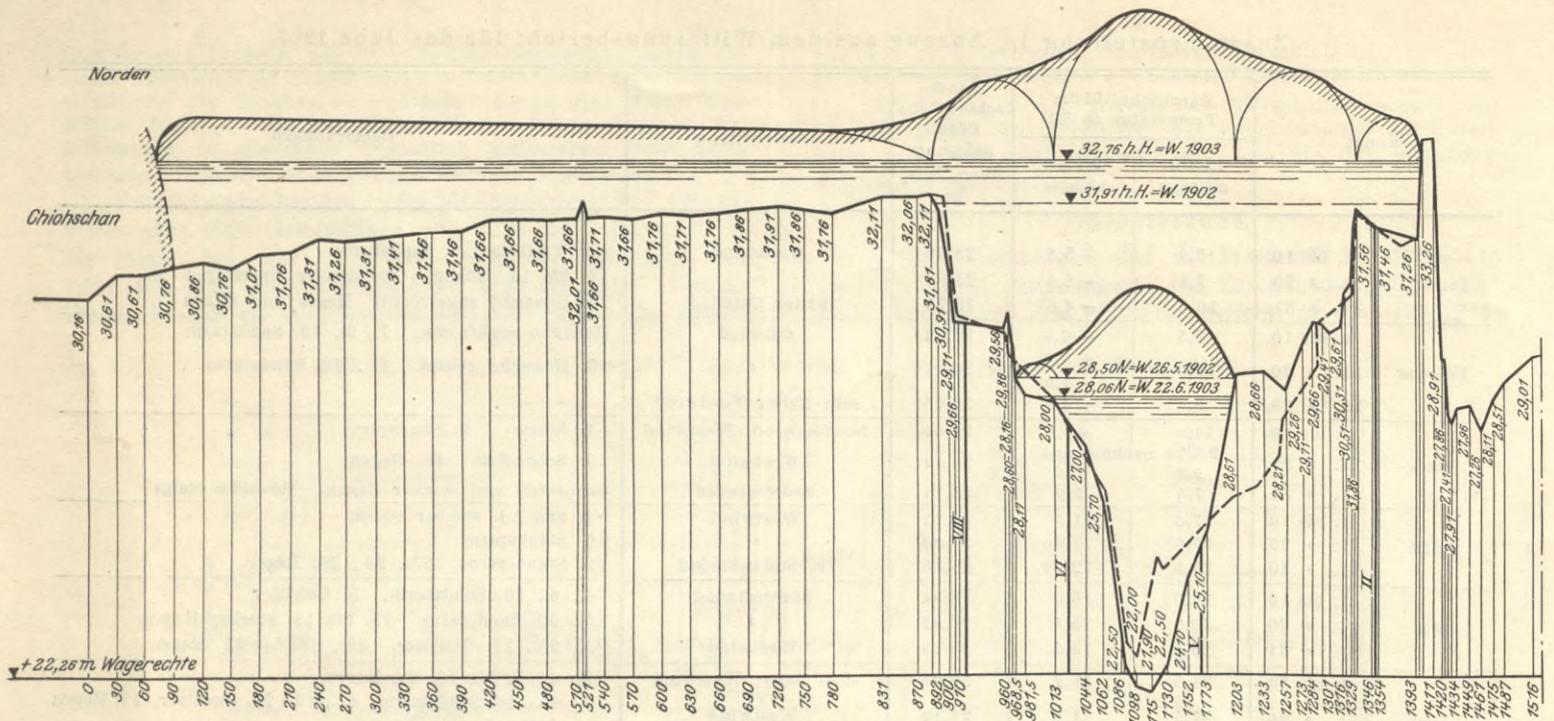
Betrachtet man ähnlich wie bei den Weberschen Formeln das Niederschlagsgebiet und die Stromlänge, so ergibt

Lauf ein gleichzeitiger Regenfall auf dem ganzen Gebiet als ausgeschlossen gelten kann. Mit den angegebenen Werten erhält man somit:

$$1000000 \cdot 0,008 = 8000 \text{ cbm/sk,}$$

was angesichts der ungenauen Karten des Inneren Chinas als genügend angesehen werden darf. Dieses Maß ist bei Berechnung des entstehenden Staues zugrunde zu legen.

Sinkstoffe. Die in Abb. 9 verzeichnete Aenderung des Flußprofils im Querprofil IV nächst der Brückenbaustelle erklärt sich durch eine Umlagerung des leicht beweg-



lichen Bodens der Flußsohle und den starken Sinkstoffgehalt des Stromes. Um sich über den Sinkstoffgehalt Klarheit zu verschaffen, war die Entnahme von Proben bei verschiedenen Wasserständen angeordnet worden, deren Ergebnis eine starke Zunahme der Sinkstoffe bei steigendem Wasserstand zeigt. Es wurden im ganzen 7 Proben bei Wasserständen zwischen + 28,76 und + 30,71, und zwar im Stromstrich entnommen, die die nachstehend angegebenen Rückstände enthielten:

Tag	Wasserstand m	Rückstände in Hundertteilen des Wassers
23. 6. 02	28,76	0,52
»	»	0,57
28. 11. 02	29,14	0,60
»	»	0,53
17. 7. 02	29,51	0,65
15. 8. 02	30,59	2,60
»	»	2,63
27. 7. 02	30,71	3,93
»	»	4,07

Die Sinkstoffe bestehen aus feinen lehmigen Teilchen mit scharfen Körnchen, die nach jedem Hochwasser in blättriger Form und wahrnehmbaren Schichten zurückbleiben.

Eisgang. An den Ufern des Hoangho bildet sich im Winter regelmäßig eine Eiskecke; in der offenen Rinne treiben starke Schollen seewärts, die die Schifffahrt gefährlich und unmöglich machen. Bei strengem Winter friert der Strom manchmal so zu, daß er von einer die schwersten Karren tragenden Eiskecke überspannt wird.

Ausschreibung.

Um für die Ausführung der Brücke vergleichende Angebote zu erhalten, veranstaltete die Deutsch-Chinesische Eisenbahn-Gesellschaft im März des Jahres 1904 einen beschränkten Wettbewerb zwischen den nachstehenden 5 Brückenbauanstalten:

- 1) Gutehoffnungshütte, Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb, Oberhausen,
- 2) Aktiengesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau vorm. Joh. Casp. Harkort, Duisburg-Hochfeld,
- 3) Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G., Zweiganstalt Gustavsburg, die ihre Firma später in Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. Werk Gustavsburg änderte und im folgenden kurz mit MAN Werk Gustavsburg bezeichnet wird,

1) Union, Aktien-Gesellschaft für Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie, Dortmund,

5) Vereinigte Königs- und Laurahütte Aktien-Gesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb, Berlin W.

Der Zweck dieses beschränkten Wettbewerbes ging dahin, »einen vollständigen Entwurf für die Erbauung einer Eisenbahnbrücke nebst Fußgängerstegen über den Hoangho unterhalb des Ortes Lokou mit bindendem Angebot für die Ausführung der Gründungen und Pfeileraufbauten, sowie für die Ausführung und Aufstellung der eisernen Ueberbauten zu erhalten«. Die Ausführung der Arbeiten sollte dem preisgekrönten Werk übertragen werden.

Die Ausschreibungsbedingungen stellten den Bewerbern neben den vorgenannten allgemeinen Bedingungen im wesentlichen noch die folgenden Forderungen:

Brückenlänge. An der Baustelle ist die Breite des Hoangho zwischen der stromseitigen Kante des rechtsufrigen Deiches und dem südlichen Fuß des Tsioschan (Elsterberg) genannten Felskegels auf dem linken Ufer nach den Plänen mit 1284 m gemessen worden. Von dieser Breite entfällt auf den südlichen Teil der Brücke zwischen dem Deich auf dem rechten Ufer und dem linken Uferand des Mittelwasserbettes die Länge von 515 m, während der nördliche Teil auf dem 769 m breiten Uberschwemmungslande des linken Ufers liegt. Der Deich auf dem rechten Ufer wird als Fahrstraße benutzt; da unter Umständen ein Ladegleis auf dem Deich geführt werden wird, so muß die Brücke so angeordnet werden, daß über der Deichkrone eine Höhe von 5,50 m frei bleibt. Auf dem linken Ufer ist das Widerlager mit dem südlichen Fuß des Tsioschan durch einen über dem höchsten Hochwasser liegenden Steindamm zu verbinden. Als für den Entwurf maßgebende Brückenlänge gilt der Abstand zwischen der landseitigen Flucht des Widerlagers auf dem rechten Ufer, wobei dieses Widerlager zur Aufnahme eines landseitigen Trägers von etwa 50 bis 60 m lichten Weite zu berechnen ist, und der Hinterkante des Widerlagers der Flutbrücke auf dem linken Ufer. Den Bewerbern bleibt es überlassen, nach Erwägung der in diesen Bedingungen aufgeführten Bemerkungen das Hauptwiderlager innerhalb, d. h. südlich, oder außerhalb, also nördlich des Hauptdeiches zu legen. Das ausführende Werk hat die Haftung dafür zu übernehmen, daß durch den Brückenbau die Sicherheit des Stromdeiches nicht vermindert wird. Hierauf ist im Entwurf und bei der Ausführung unbedingt Rücksicht zu nehmen. Die Entfernung zwischen der südlichen Oberkante des Hauptstromdeiches und der Vorderflucht des nördlichen Widerlagers beträgt 1248 m.

während der Gründungsentwurf der Königs- und Laurahütte von der MAN Werk Gustavsburg bearbeitet war. Das von der Deutsch-Chinesischen Eisenbahn-Gesellschaft zur Beurteilung der Entwürfe berufene Preisgericht bestand aus den Herren Exzellenz Dr. Fischer, Geheimer Kommerzienrat Lenz, Ingenieur Grün der Firma Grün & Bilfinger, Direktor Haag der Firma Ph. Holzmann & Co. und dem damaligen Technischen Direktor der Deutsch-Chinesischen Eisenbahn-Gesellschaft, dem inzwischen verstorbenen Königlichen Bau- rat Gaedertz.

Nach eingehender Prüfung der vorliegenden Entwürfe kam man einstimmig zu dem Entschluß, den Entwurf der MAN Werk Gustavsburg zur Ausführung zu empfehlen. Dieser Entscheidung schloß sich die Deutsch-Chinesische Eisenbahn-Gesellschaft zunächst an und legte den Entwurf Gustavsburg den weiteren Verhandlungen zugrunde. Während dieser Verhandlungen erfuhr der Wettbewerbentwurf, und zwar besonders infolge der später hinzugekommenen Wünsche der Chinesischen Behörden, verschiedene durchgreifende Änderungen, auf die jedoch erst weiter unten eingegangen werden soll. Im folgenden seien zunächst kurz die Angebotentwürfe im einzelnen behandelt.

Baukosten. In der folgenden Uebersicht sind aus den fünf Angeboten die wesentlichsten Angaben über Eisenaufwand und Baukosten zum Vergleich zusammengestellt.

4 Oeffnungen von 64 m und die nördliche 4 Oeffnungen von 60 m Stützweite hat.

Die drei Hauptöffnungen der Strombrücke liegen in einer Wagerechten (Schienen-Oberkante + 41,50 m), deren Länge 317 m beträgt. Die nördliche Nebenöffnung der Strombrücke und die Flutbrücken auf der Nordseite liegen in einem Gefälle von 1:140. Auf der Südseite ist für die Nebenöffnung der Strombrücke und die Flutbrücke ein Gefälle 1:100 vorgesehen. Die Uebergänge von der Wagerechten in die geneigten Strecken werden durch Parabelbögen vermittelt, deren kleinster Krümmungshalbmesser größer als 2000 m ist. Auf der Nordseite ist die Uebergangstrecke 14,9 m, auf der Südseite 22 m lang.

Die Ueberbauten sollen bei den unsicheren Verhältnissen des Untergrundes eine statisch bestimmte Lagerung erhalten. Dazu ist für die Hauptträger der Strombrücke ein Gerber-Fachwerkträger gewählt, der aus 2 Trägern mit frei vorkragenden Armen, 2 angehängten Schlepptägern und einem eingehängten Mittelstück besteht. Die Kragträger haben eine Stützweite von 100,9 m, einen äußeren Kragarm von 14,9 m und einen inneren 29,2 m langen Kragarm. Die Schlepptäger und der mittlere eingehängte Träger haben 56,80 m Stützweite. Die Hauptträger der Flutbrücken sind als einfache Trapezträger mit Dreiecksteilung ausgebildet.

Die Fahrbahnkonstruktion besteht aus Längs- und Quer-

Zusammenstellung 2.

Name des Werkes	1) Gutehoffnungshütte	2) Harkort	3) Königs- und Laurahütte	4) Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg		5) Union
	Gründung: F. H. Schmidt	Gründung: R. Schneider	Gründung: Gustavsburg	mit Luftdruckgründung	ohne Luftdruckgründung	Gründung: F. H. Schmidt
Länge der Strombrücke m	533,275	517,600	590,0	539,0	—	523,8
» » Flutbrücken »	722,125	740,595	677,0	732,0	—	731,2
» » ganzen Brücke zwischen den Auflagern der Widerlager »	1255,400	1258,195	1267,0	1271,0	—	1255,0
Kosten des Unterbaues:						
Strombrücke M	1142191,40	762211,70	885117,08	974532,81	947217,81	1250312,10
Flutbrücken »	469401,10	424710,80	763618,48	617858,55	617858,55	403042,00
insgesamt »	1611592,50	1186922,50	1648735,56	1592391,36	1565076,36	1653354,10
eiserner Ueberbau:						
Strombrücke insgesamt t	2371,073	1792	4094	2135,054	—	2104
» für 1 m »	4,446	3,462	6,940	3,961	—	4,017
a) Gewichte { Flutbrücken insgesamt »	2660,884	1838	2516	1807,197	—	1814
» für 1 m »	3,685	2,482	3,715	2,469	—	2,481
ganze Brücke insgesamt »	5031,957	3630	6610	3942,251	—	3918
» für 1 m »	4,008	2,885	5,217	3,102	—	3,122
b) Kosten { Strombrücke M	1420272,72	1173760,00	2456400,00	1313068,00	—	1357080,00
Flutbrücken »	1593869,52	1203890,00	1509600,00	1111432,00	—	1170030,00
ganze Brücke »	3014142,24	2377650,00	3966000,00	2424500,00	2424500,00	2527110,00
Neben- und allgemeine Unkosten »	444650,00	620298,50	725759,44	517873,64	517873,64	431073,00
Kosten der Brücke:						
insgesamt »	5070384,74	4184871,00	6340495,00	4534765,00	4507450,00	4611537,10
für 1 m Strombrücke »	5384,83	4478,11	6629,38	4810,89	4760,22	5475,92
» 1 » Flutbrücken »	3044,90	2520,95	3588,13	2652,59	—	2383,68
» 1 » Gesamtstützweite »	4038,86	3326,09	5004,34	3567,87	3546,38	3674,53
Eisenpreis für 1 t montiert »	599	655	600	615	—	645
erforderliche Zuschläge, um die Entwürfe auf die gleiche Grundlage zu bringen »	92080,00	323920,00	183946,20	171537,00	171537,00	92080,00
Gesamtkosten einschließlich der Zuschläge:						
im ganzen »	5162464,74	4508791,00	6524441,20	4706302,00	4678987,00	4703617,10
für 1 m der Gesamtstützweite »	4112,21	3583,54	5149,51	3702,83	3681,34	3747,90

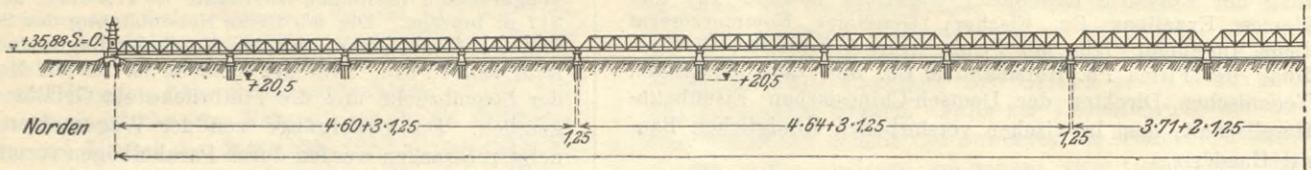
1) Entwurf der Gutehoffnungshütte, Oberhausen, und von F. H. Schmidt, Altona, Abb. 11 bis 27.

Der Entwurf sieht für das 1255,4 m lange Bauwerk im ganzen 17 Brückenöffnungen vor, wovon 5 auf das Stromgebiet und 12 auf das Flutgebiet kommen. Für die Strombrücke ist eine Mittelöffnung von 115,2 m angeordnet, an die sich 2 Seitenöffnungen von je 100,9 m und 2 weitere Nebenöffnungen von je 72,325 m anschließen. Die Strombrücke wird mit dem südlichen Widerlager durch eine Flutbrücke von 71 m Stützweite verbunden. Nach Norden hin schließen sich an die Strombrücke 3 Gruppen von Flutbrücken an, von denen die erste 3 Oeffnungen von 71 m, die mittlere

trägern. Für das Traggerippe der Fußwege sind Fachwerkträger angeordnet. Quer- und Längsträger sind fest miteinander vernietet und durch einen wagerechten Verband miteinander verstrebt, so daß die Fahrbahnkonstruktion in sich eine starre Tafel bildet, die innerhalb der Hauptträger liegt.

Die Querschnitte der Brücke zeigen eine Entfernung der Hauptträger von Achse zu Achse von 8,5 m. Von der zwischen den Hauptträgern vorhandenen lichten Breite entfallen 4,060 m auf die Fahrbahn für den Eisenbahnverkehr und je 1,75 m auf die Fußwege. Fahrbahn und Fußwege sind durch 1,20 m hohe Geländer voneinander getrennt.

Abb. 11. Gesamtübersicht.

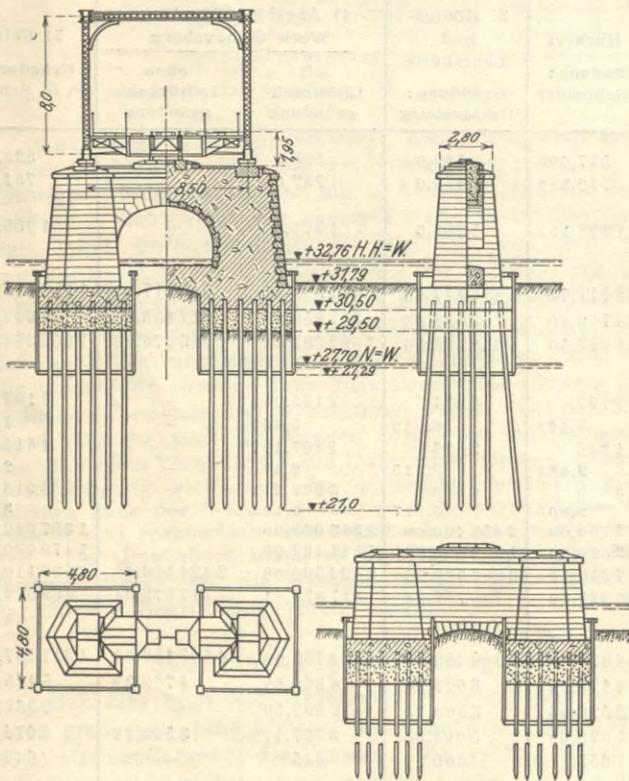


Für die Gründung der Strompfeiler, Abb. 19 und 20, sollen zahlreiche Fundamentstützen möglichst tief und mit möglichst großer Reibungsfläche in den Lehmboden hineingetrieben werden, um sowohl durch die Reibung an den Wandungen, als auch durch die Aufstandflächen für die Pfeiler die nötige Tragfähigkeit zu erreichen. Da jedoch über die mit Sicherheit anzunehmenden Reibungswiderstände wie auch über die Tragfähigkeit der Sohle in den verschiedenen Tiefen keine festen Anhalte vorliegen, abgesehen von den Erfahrungen, die bei den Eisenbahnbrückenbauten an andern Stellen der Provinz Schantung gemacht waren, so wird ein Gründungsverfahren für die Stützen vorgeschlagen, bei dem diese einzeln durch einen um mindestens 50 vH

mit dem Unterteil verbundene Blechzylinder von ebenfalls 50 cm Dmr. und 7 und 8 mm Wanddicke, die aus einzelnen Schüssen von je 1,50 m Länge bestehen und jedesmal auf den Unterteil gesetzt und mit diesem vernietet werden sollen, wenn der Unterteil durch die Rohrpresse um 1,5 m hineingedrückt ist, so daß man das Einpressen so lange fortsetzen kann, bis die einzelnen Rohre dem Druck von

Abb. 12 bis 15. Flutbrückenpfeiler.

Maßstab 1: 400.

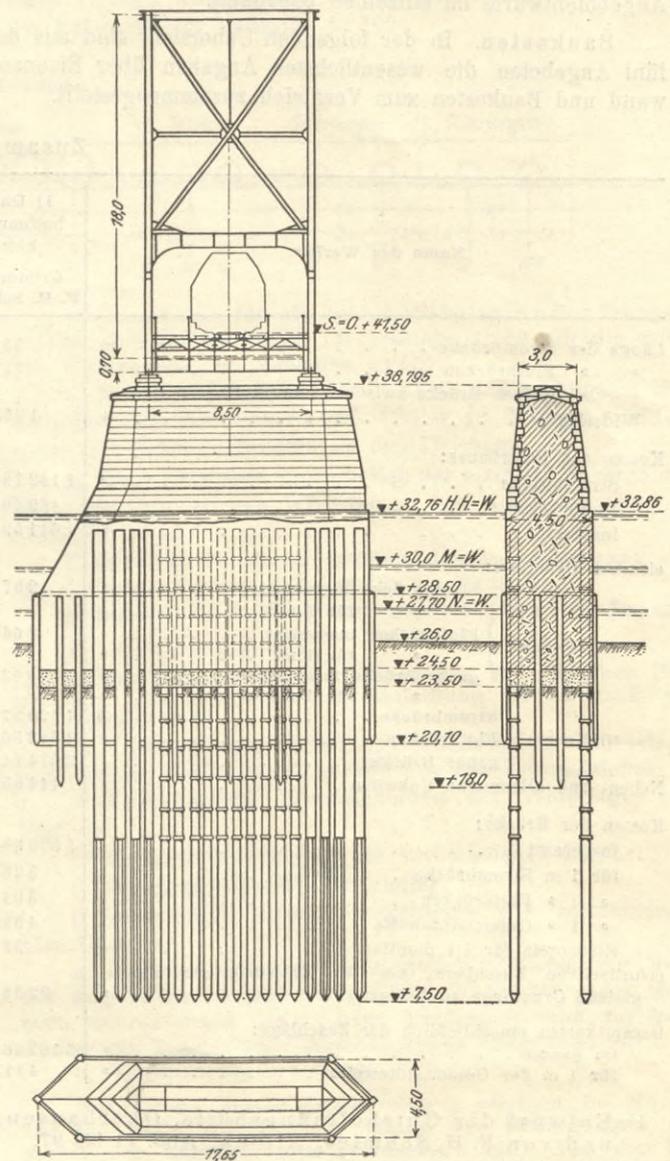


höheren Druck in den Boden hineingepreßt werden sollen, als sie später ungünstigsten Falls zu tragen haben, und bei dem es möglich ist, die sich als notwendig ergebende Tiefe in jedem Falle an Ort und Stelle festzustellen und somit das Einpressen unter Aufsetzen neuer Schüsse so lange fortzusetzen, bis die Stützen dem um 50 vH höheren Druck nicht mehr nachgaben. Die größte auf die einzelnen Stützen im Stromgebiet entfallende Last beträgt 50 t und somit der Druck, unter dem sie hineingetrieben werden sollen, mindestens 75 t.

Für diese Stützen sind, Abb. 21 bis 26, hohle Rohre von 50 cm äußerem Durchmesser gewählt, die in ihrem unteren 8 m langen Teil aus einem unten kegelig zugespitzten Hohlzylinder aus Beton und Eisen von 10 mm Wanddicke mit einem unteren Schub aus Gußeisen bestehen. Auf diese Betonrohreröhre setzen sich einzelne in fester Eisenkonstruktion

Abb. 16 bis 18. Strombrückenpfeiler.

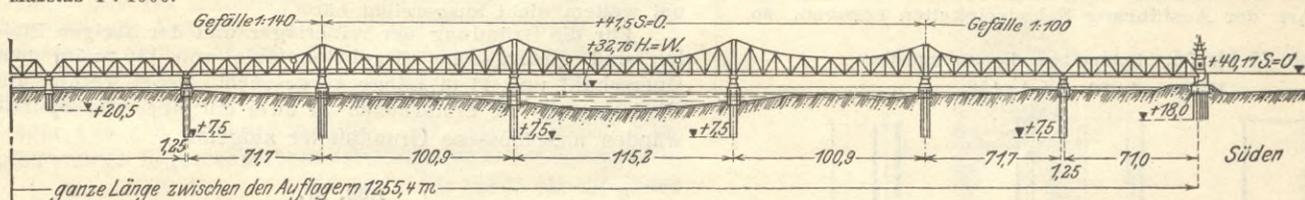
Maßstab 1: 400.



75 t nicht mehr nachgeben. Die Betonrohre sollen an ihrem unteren Ende kegelig verjüngt und im Innern nur mit einer engen, nach oben sich erweiternden Oeffnung versehen sein, so daß sie nur ein geringes Eindringen des Bodens in das Innere gestatten, und zwar so, daß der Hohlraum in den Betonrohren größer ist als die Bodenmenge, die durch die untere Oeffnung bei dem Eintreiben in volle Tiefe in den Hohlraum hineindringen kann. Auf diese

und von F. H. Schmidt

Maßstab 1 : 4000.



Weise soll erreicht werden, daß der obere Teil des Eisenbetonrohres und ebenso auch das ganze obere, aus Blechschüssen bestehende Rohre frei von Boden bleibt.

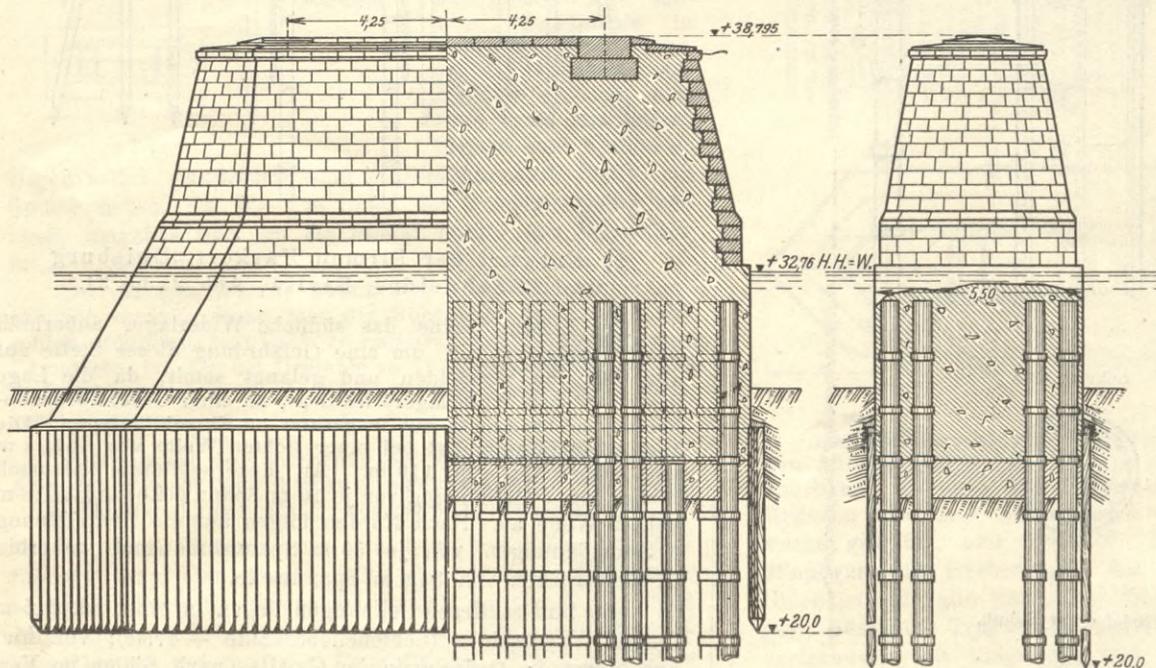
Wenn das einzelne Rohr die verlangte Tragfähigkeit erreicht hat, soll nach vorherigem Stampfen des im Eisenbetonteil befindlichen Bodens mittels eines aufgehängten schweren Eisenblockes zunächst das Betoneisenrohr bis etwa 20 cm unter seiner Oberkante mit Zementmörtel 1 : 4 ausgegossen werden; dann soll der Hohlzylinder mit Zementbeton im Mischungsverhältnis 1 Teil Zement und 2 Teile Sand, feiner Schotter oder Kies zunächst bis 12 m unter Oberkante Pfahl ausgefüllt werden; hierauf soll ein Eisengerippe, bestehend aus Rundeisen, die am unteren Ende in einen eisernen Ring eingeschraubt und dadurch unter sich in dem richtigen Abstand gehalten werden, bis auf diese Tiefe herabgelassen und das Rohr mit Zementbeton, wie oben

2 kg/qcm. Zum Vergleich ist angeführt, daß bei andern Brücken der Schantung-Eisenbahn unter ähnlichen Bodenverhältnissen Pfähle aus I-Eisen N. P. 16 bei 12 m Länge bis zu 40 t Belastung tragen, was einem Reibungswiderstand von 5,7 t/qm entspricht.

Die zum Eintreiben bestimmte Presse, die auf einem Pfahlgerüst, Abb. 27, aufgestellt werden soll, besteht aus einer fahrbaren Brücke, die 12 Stück kleinere Wasserbehälter trägt, welche im gefüllten Zustand mit der Eisenkonstruktion zusammen rd. 100 t wiegen, und auf der eine durch eine Dampfmaschine betriebene Presse aufgestellt ist, und zwar so, daß beim Pressen bei jedem in Frage kommenden Stand mindestens 75 t zur Wirkung kommen. Die Presse kann in der Stunde 3 Pressungen ausführen. Vorgesehen waren 2 derartige Pressen. Bei Bemessung der bei der Ausführung zu erwartenden Leistungen ist jedoch nur damit gerechnet, daß täglich mit einer Presse 15 Pressungen ausgeführt werden können, wobei nötigenfalls unter künstlicher Beleuchtung die Nächte zur Hilfe zu nehmen sind, um selbst ungünstigsten Falls die geforderte Leistung zu erreichen.

Abb. 19 und 20. Gründung der Strompfeiler.

Maßstab 1 : 200.



beschrieben, ausgefüllt werden. Auf diese Weise werden in dem Blechzylinder Eisenbetonpfähle geschaffen, die auch, falls die Blechmängel mit der Zeit durch Rost angegriffen und zerstört sind, imstande sein sollen, nicht nur die erforderliche Tragkraft auszuüben, sondern auch Biegungsspannungen aufzunehmen. Die Eiseneinlagen der Rohre reichen oben etwa 1 m über die Rohroberkante hinaus und sollen, wenn die Betonfüllung beendet ist, auseinander gebogen werden, um so die obere Betonlage zu verstärken und die Uebertragung des Druckes besser zu vermitteln. Vorgesehen ist zunächst, die Pfähle bis auf Ordinate + 7,5, also etwa 17 m unter die Flußsohle, hinabzutreiben.

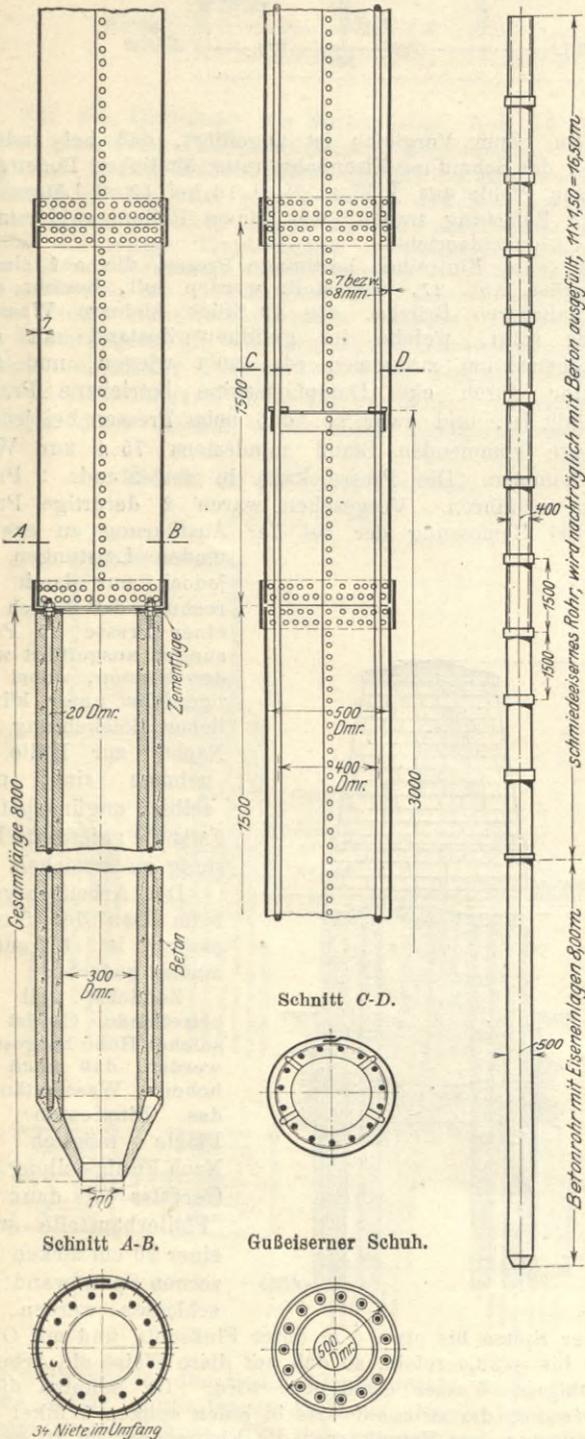
Auf diese Weise sollen sämtliche zwischen dem südlichen Deich und dem nördlichen Vorland gelegenen Pfeiler gegründet werden, damit man eine etwaige Wanderung des Stromstriches und Kolkbildungen verhüten kann. Es ergibt sich dann höchstens ein Reibungswiderstand zwischen Stützen und Boden von 2,1 t/qm bei einer Sohlenpressung von

mit der Spitze bis etwa 5 m unter Flußsohle und mit Oberkante bis +33,0 reicht, so daß auf diese Weise ein Arbeiten in ruhigem Wasser ermöglicht wird. Im Schutze dieser Spundwand, die stromaufwärts in einen spitzen Winkel ausläuft, um so dem Betonkörper die Eisbrecherform zu geben, werden sodann die Rohre, wie vorher beschrieben, eingepreßt, bis die erforderliche Tragfähigkeit erreicht wird. Vorher sollen zur Unterstützung des Betons im Innern der Pfeiler hölzerne Rundpfähle von 30 cm Dmr., die bis + 18 m in den Boden hineinreichen, eingerammt werden. Darauf soll, nachdem die Rohre im Innern mit Eisenbeton ausgefüllt sind, zwischen den Spundwänden der weiche Schlamm entfernt, eine grobe Sand- oder Kiesbettung eingebracht und auf dieser der Pfeiler bis 1/2 m unter Pfahloberkante betoniert werden. Der Beton soll mittels Kasten unter Wasser versenkt werden.

Gleichzeitig mit dieser Betonschüttung soll der äußere Ring des Betonpfeilerkörpers zwischen äußerer Pfahlreihe

und Spundwand, sowie der Vorkopf des Eisbrechers mit einer fetteren Betonschicht ausgefüllt werden. Sollten sich bei dieser Art der Ausführung Schwierigkeiten ergeben, so

Abb. 21 bis 26. Rohrstützen der Strompfeiler.
Maßstab 1:30 und 1:150.



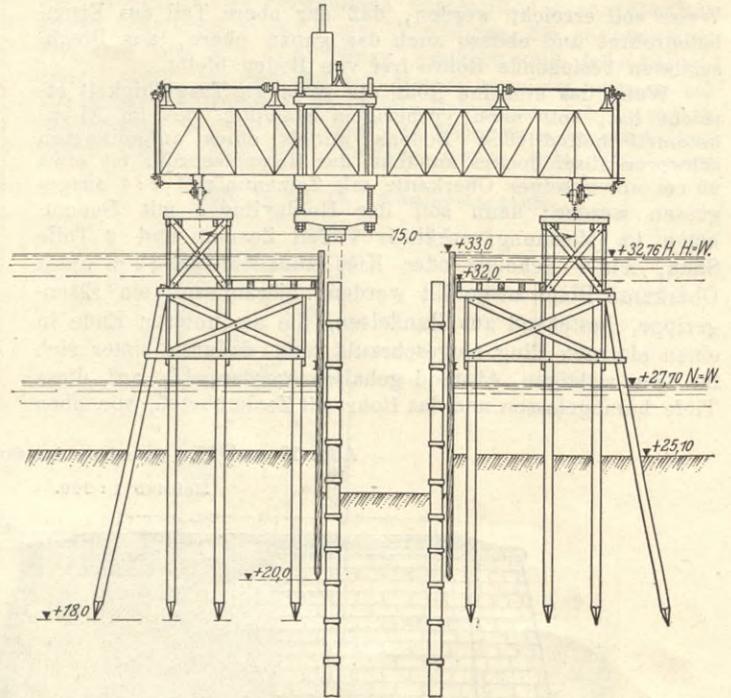
ist vorgeschlagen, die Pfähle bei sonst gleicher Ausführung mit 2 t schweren Rammhären in den Boden hineinzurammen. Die spätere Beschreibung der ausgeführten Gründung

wird zeigen, daß dieses Verfahren ebenso wie die der übrigen Wettbewerbentwürfe für die Sicherung der Strompfeiler bei weitem nicht ausreicht hätte.

Für die Gründung der Widerlager und der übrigen Pfeiler sind quadratische Eisenbetonpfähle von $[30 \times 30]$ qcm Querschnitt und 11 m Länge vorgesehen. Dabei werden die Pfeilerbauten der Flutbrücken in zwei einzelne, von Spundwänden umschlossene Grundpfeiler aufgelöst.

Abb. 27.

Eintreiben der Betonpfähle mit der Druckwasserpresse.



2) Entwurf der Firmen Harkort, Duisburg und R. Schneider, Berlin, Abb. 28 bis 34.

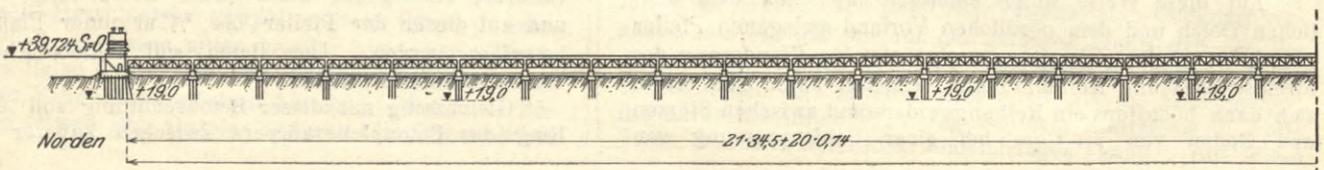
Der Entwurf ordnet das südliche Widerlager außerhalb des Stromdeiches an, um eine Gefährdung dieser Stelle auf alle Fälle zu vermeiden und gelangt somit, da die Lage des nördlichen Widerlagers festliegt, zu einer Gesamtbrückenlänge von 1268,37 m mit insgesamt 30 Einzelöffnungen. Die Hauptstromöffnung hat bei einer lichten Weite von 107,45 m eine Stützweite von 110 m. An diese schließen sich nach Süden hin 5 Oeffnungen von je 50 m Spannweite und 48,15 m lichter Weite an. Nach Norden folgen auf die Hauptöffnung 3 Stromöffnungen von je 50 m Spannweite und weiterhin 21 Flutbrücken von 34,5 m Spannweite.

Die fünf mittleren Oeffnungen liegen in einer rd. 315 m langen Wagerechten (Schienenoberkante +41,50); von hier aus liegen die Oeffnungen im Gefälle, nach Süden im Verhältnis 1:100 bis auf Ordinate +39,972 m über dem südlichen Widerlager und nach Norden im Verhältnis 1:450 bis auf Ordinate 39,742 über dem nördlichen Widerlager fallend. Die Bauhöhe der Hauptöffnungen und der südlichen Flutbrücken, wo die Fahrbahn unten liegt, beträgt 1,26 m bzw. 1,22 m bis Schienen Oberkante, die Konstruktionshöhe der nördlichen Flutbrücken mit oberliegender Fahrbahn 5,47 m.

Für die Ueberbauten sind, ebenfalls in dem Bestreben,

Abb. 28 bis 34. Entwurf der Gesellschaft

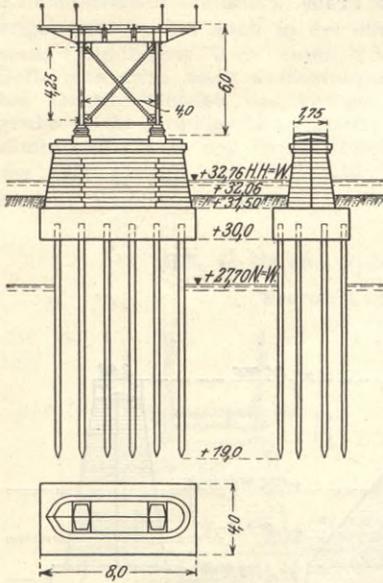
Abb. 28. Gesamtübersicht.



nur statisch bestimmt gelagerte Bauwerke zur Anwendung zu bringen, durchweg einfache Balken auf zwei Stützen gewählt. Das aus Blechträgern gebildete Fahrbahngerippe bedingt für die Brücken mit untenliegender Fahrbahn bei der geforderten lichten Weite von 4,40 m und einer größten Gurtbreite von 0,70 m eine Hauptträgerentfernung von 5,10 m. Bei den Brücken mit obenliegender Fahrbahn sind die Hauptträger 4 m von einander entfernt. Die 1,75 m breiten Fußgängerstege liegen außerhalb der Hauptträger auf Kragarmen.

Abb. 29 bis 31. Flutbrückenpfeiler.

Maßstab 1 : 400.



Sie haben für die ganze Brückenlänge auf beiden Seiten Geländer, um einen Querverkehr über das Eisenbahngleis zu verhindern. Die Unterbauten haben eine gewöhnliche Pfahlgründung, bei der der ungünstigen Beschaffenheit des Untergrundes nur durch die verhältnismäßig geringe Belastung von 25 t für 1 Pfahl Rechnung getragen ist, wobei zudem noch angenommen ist, daß durch die Betonsohle selbst keine Druckübertragung stattfinden soll. Für die Strompfeiler sind hölzerne Rundpfähle in Aussicht genommen, deren Pfahlsitzen auf Ordinate + 10, also 12 m unter dem tiefsten Punkte des Flußbettes

liegen sollen. Außerdem sind die vorgenannten Pfeiler mit Spundwänden, die bis 2 m unter die Fundamentsohle reichen, umgeben und um die Pfeiler herum eine Steinschüttung vorgesehen.

Die übrigen Pfeiler sollen auf Eisenbetonpfählen gegründet werden, damit man die Höhenlage der Fundamentsohlen möglichst dem Gelände anpassen kann. Als geringste Rammtiefe ist hierbei Ordinate + 19 angenommen, so daß die Pfahlsitzen noch rd. 3 m unter der vorhandenen Flußsohle liegen.

3) Entwurf der Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G., Zweiganstalt Gustavsburg, Abb. 35 bis 41.

In diesem Entwurf, der von dem Preisgericht zur Ausführung empfohlen wurde, wird das südliche Widerlager ebenfalls hinter den Stromdeich gelegt, um ein Anschneiden dieses Dammes beim Bau zu vermeiden. Die ganze Brückenlänge beträgt zwischen den Endauflagern 1271 m und ist in 1 Hauptstromöffnung von 128,712 m Spannweite, an die sich auf jeder Seite 2 Stromöffnungen von je 96 m und je 72 m Spannweite anschließen, ferner eine südliche Stromöffnung von 72 m und 15 nördliche Flutbrücken von je 48 m Stützweite geteilt.

Die Schienenoberkante liegt über den drei mittleren Stromöffnungen in der Wagerechten auf + 41,50 und fällt von da nach Süden im Neigungsverhältnis 1 : 100 bis auf + 40,045 und nach Norden im Verhältnis 1 : 150 bis auf + 36,137.

Harkort und von R. Schneider.

Maßstab 1 : 4000.

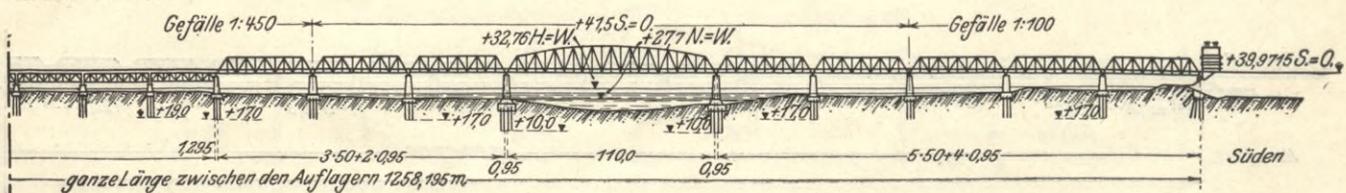
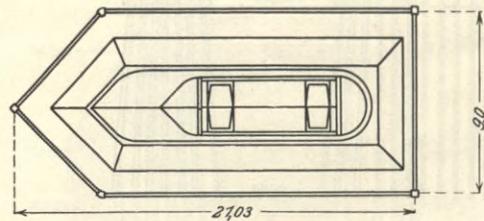
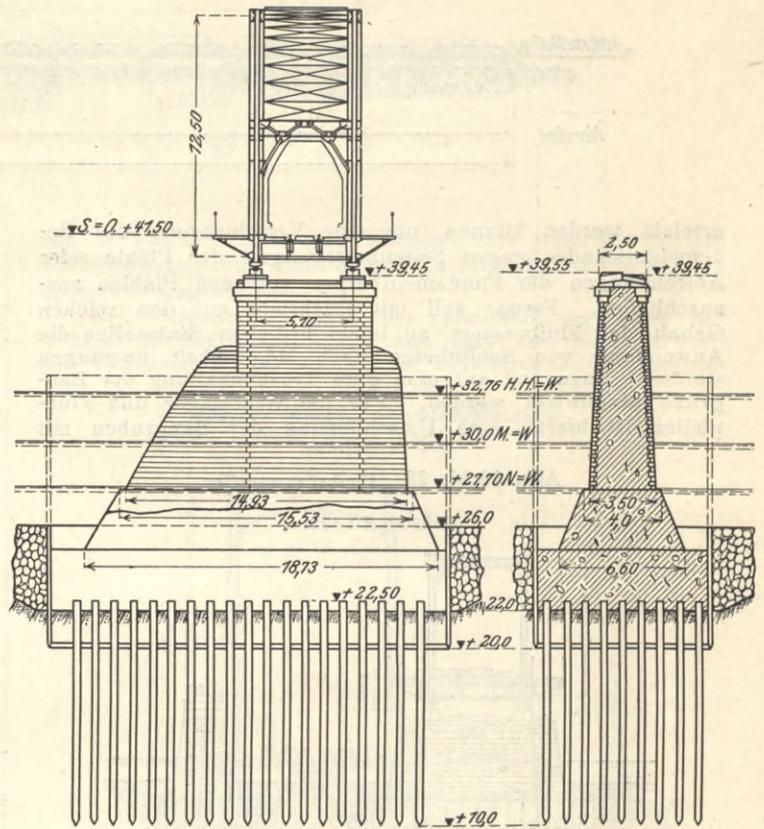


Abb. 32 bis 34. Strombrückenpfeiler.

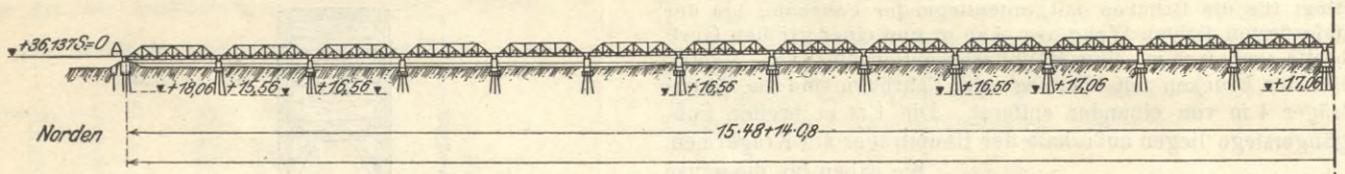
Maßstab 1 : 400.



Die Ueberbauten, die in ihrer Gesamtheit einen ruhigen Anblick gewähren, haben eine durchweg untenliegende Fahrbahn. Es sind dafür aus den schon zuvor erwähnten Gründen ebenfalls nur statisch bestimmt gelagerte Bauwerke gewählt, und zwar für die drei mittleren Stromöffnungen ein Gerberträger mit im Mittelfelde liegenden Gelenken, für alle übrigen Öffnungen einfache Trapezträger. Sämtliche Tragwände der Ueberbauten sind als Ständerfachwerk mit steigenden und fallenden Diagonalen und unterem Zwischenfachwerk ausgebildet; ihr gegenseitiger Abstand beträgt durchweg 4,80 m. Die Fußstege sind deshalb außerhalb der Hauptträger auf Fachwerkauslegern anzuordnen.

In der Absicht, den Boden nach Möglichkeit zu verdichten und außerdem große Reibungsflächen zu erzeugen, ist eine Pfahlgründung gewählt. Jedoch sollen die eigentlichen Fundamentkörper so tief hinunterreichen, daß ihre Unterflächen von irgendwelchen Auskolkungen nicht

Abb. 35. Gesamtübersicht.



erreicht werden können, um eine Verminderung des Bodenwiderstandes gegen Seitenbewegungen der Pfähle oder Abtrennungen der Fundamentkörper von den Pfählen auszuschließen. Ferner soll mit Rücksicht auf den reichen Gehalt des Flußwassers an leicht löslichen Sinkstoffen die Anwendung von Schüttbeton nach Möglichkeit umgangen werden. Dazu soll auf eine gute Trockenhaltung der Baugrube hingewirkt werden. Für die Widerlager und Flußpfeiler ist hierzu eine Umschließung der Baugruben mit

Abb. 36 bis 38. Flutbrückenpfeiler.

Maßstab 1 : 400.

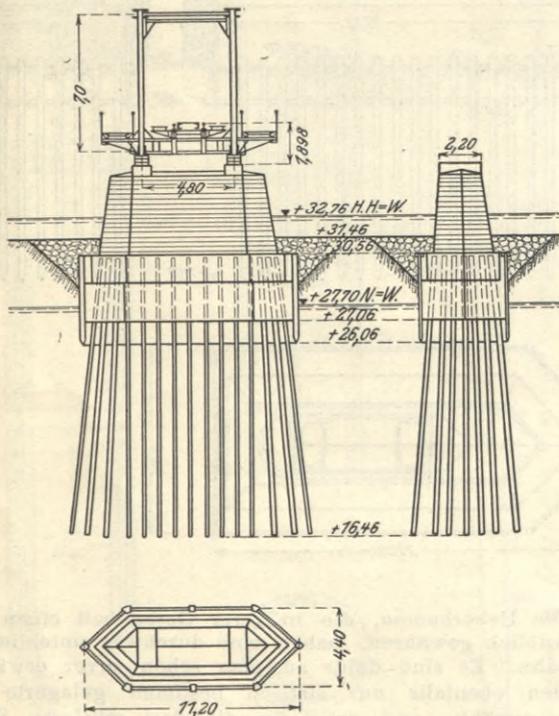
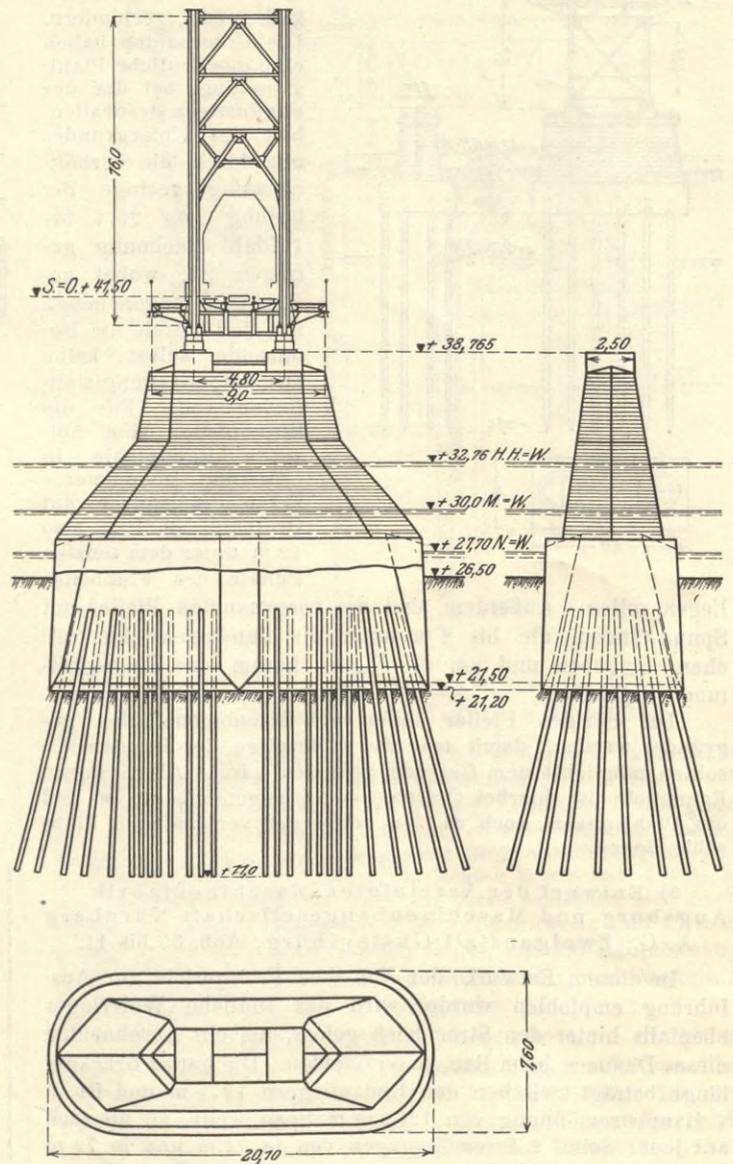


Abb. 39 bis 41. Strombrückenpfeiler.

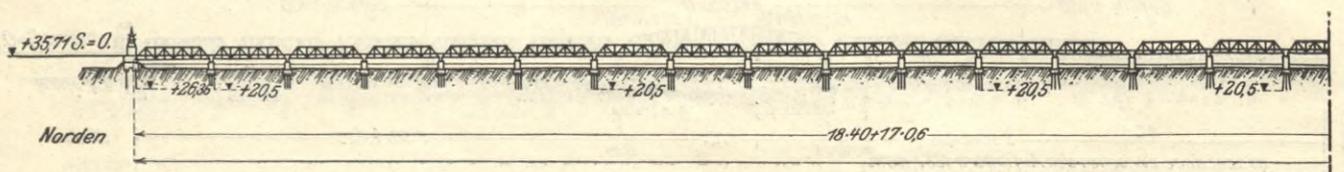
Maßstab 1 : 400.



hölzernen Spundwänden vorgesehen, in deren Schutz unter Wasserhaltung die Gründungsarbeiten vorgenommen werden sollen. Für die vier Pfeiler der Strombrücke sind offene Senkbrunnen, in denen die Grundpfähle später geschlagen werden sollen, in Vorschlag gebracht. Jedoch sollen die Brunnen derart eingerichtet sein, daß unter Umständen sofort der Druckluftbetrieb daran angeschlossen werden kann. Der Pfahlrost soll bei allen Unterbauten aus I-Eisen N. P. 25 bestehen, die, wenn nötig, mit Holzfüterung zu versehen sind, wobei der größte Pfahldruck zu 30 t angenommen ist. In den Senkbrunnen können, sobald die vorgeschriebene

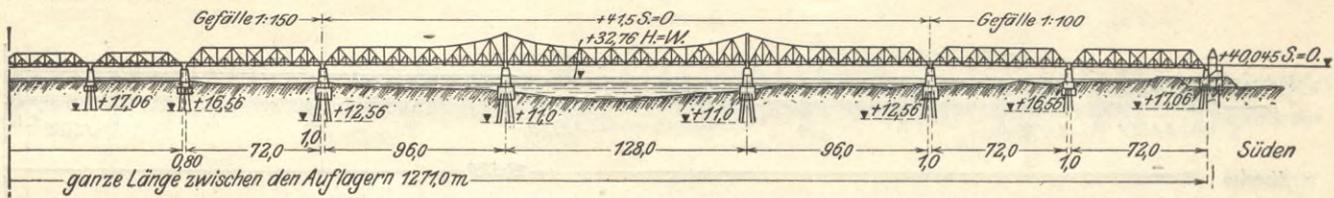
Tiefe erreicht ist, die Pfähle natürlich erst geschlagen werden, wenn zuvor, bei Druckluftbetrieb, die Senkkastendecke wieder abgenommen ist. Da die Pfähle eine Länge von 14 m haben und mit ihrem oberen Ende ungefähr 3 m

Abb. 42. Gesamtübersicht.



und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G., Zweiganstalt Gustavsburg.

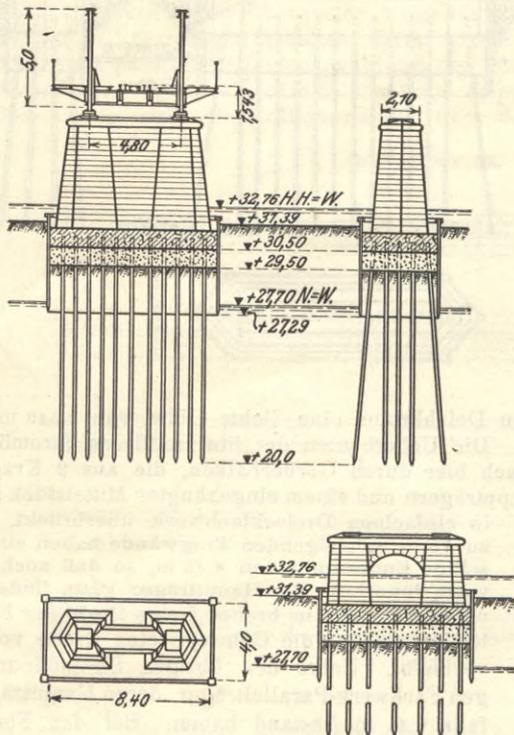
Maßstab 1 : 4000.



unter N.W. liegen sollen, so wird sich die Anwendung von Rammaufsätzen (Jungfern) nicht umgehen lassen. Dazu ist angenommen, daß auch in der offenen Baugrube der Wasserstand mindestens 3 m unter N.W. gehalten werden kann. Sollte sich auch nach vollständigem Versenken des Kastens bei Druckluftbetrieb die völlige Trockenhaltung der Baugrube nicht ermöglichen lassen, so solle nach Schlagen sämtlicher Pfähle der Druckluftbetrieb nochmals angeschlossen und hiermit der Füllbeton in das Innere des Senkkastens eingebracht werden.

Abb. 43 bis 46. Flutbrückenpfeller.

Maßstab 1 : 400.

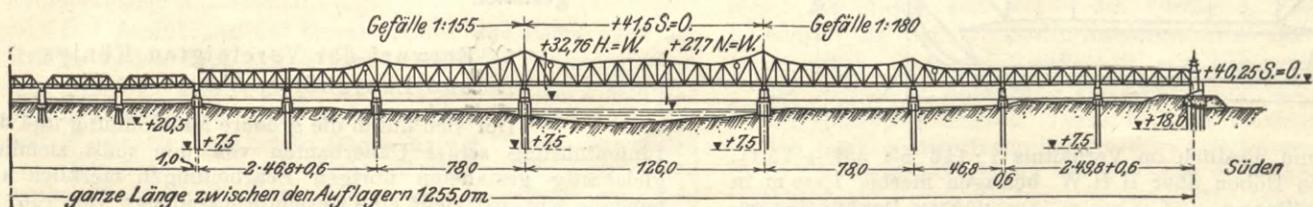


4) Entwurf der Firmen Union, Dortmund, und F. H. Schmidt, Altona, Abb. 42 bis 49.

Es ist eine Brückenlänge von insgesamt 1255 m vorgesehen, wobei das südliche Widerlager um 6,50 m von der Hinterkante des dortigen Stromdeiches zurückgeschoben ist. Hiervon entfallen auf die Hauptstromöffnung 126 m, auf die beiden anschließenden Nebenstromöffnungen je 78 m und auf die nächstfolgenden Nebenöffnungen je 46,8 m. Zum südlichen Widerlager hin folgen dann 2 weitere Nebenöffnungen

und von F. H. Schmidt,

Maßstab 1 : 4000.

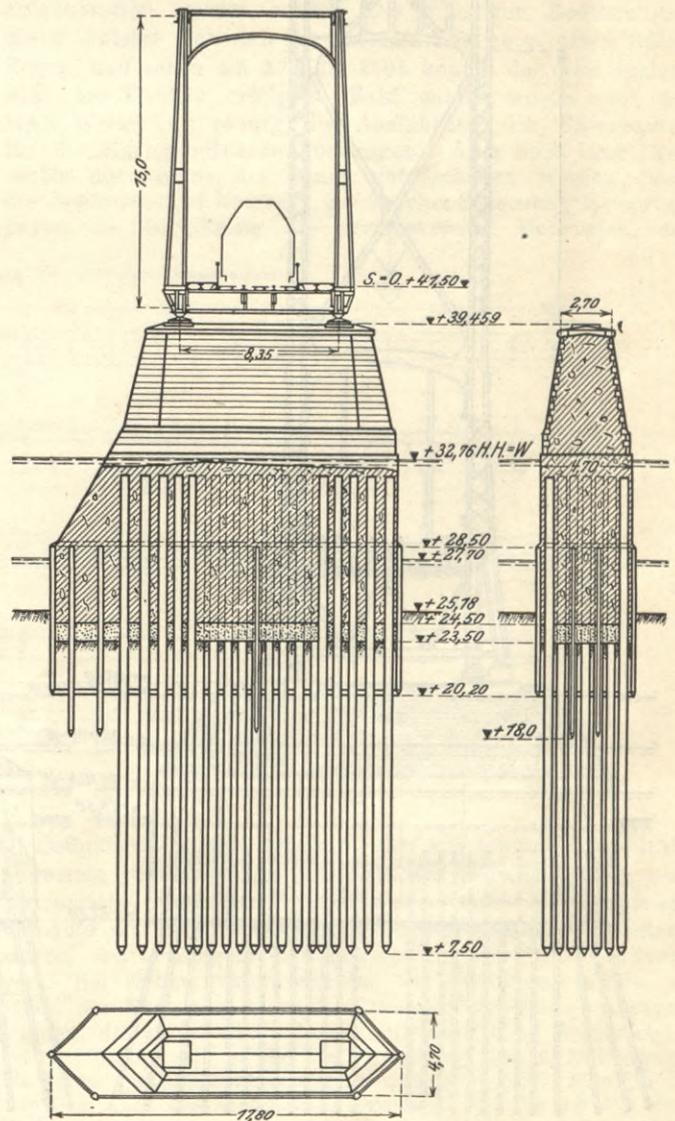


von je 49,8 m Spannweite, während sich nach Norden hin 1 Stromöffnung von 46,80 m und 18 Flutbrücken von je 40 m Spannweite anschließen.

Die Schienenoberkante der Hauptöffnung liegt auf +41,50 in der Wagerechten und fällt von hier aus nach den Widerlagern hin südlich im Verhältnis 1 : 180 bis auf

Abb. 47 bis 49. Strombrückenpfeller.

Maßstab 1 : 400.



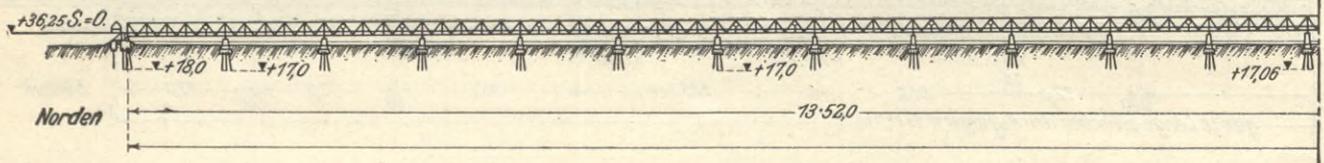
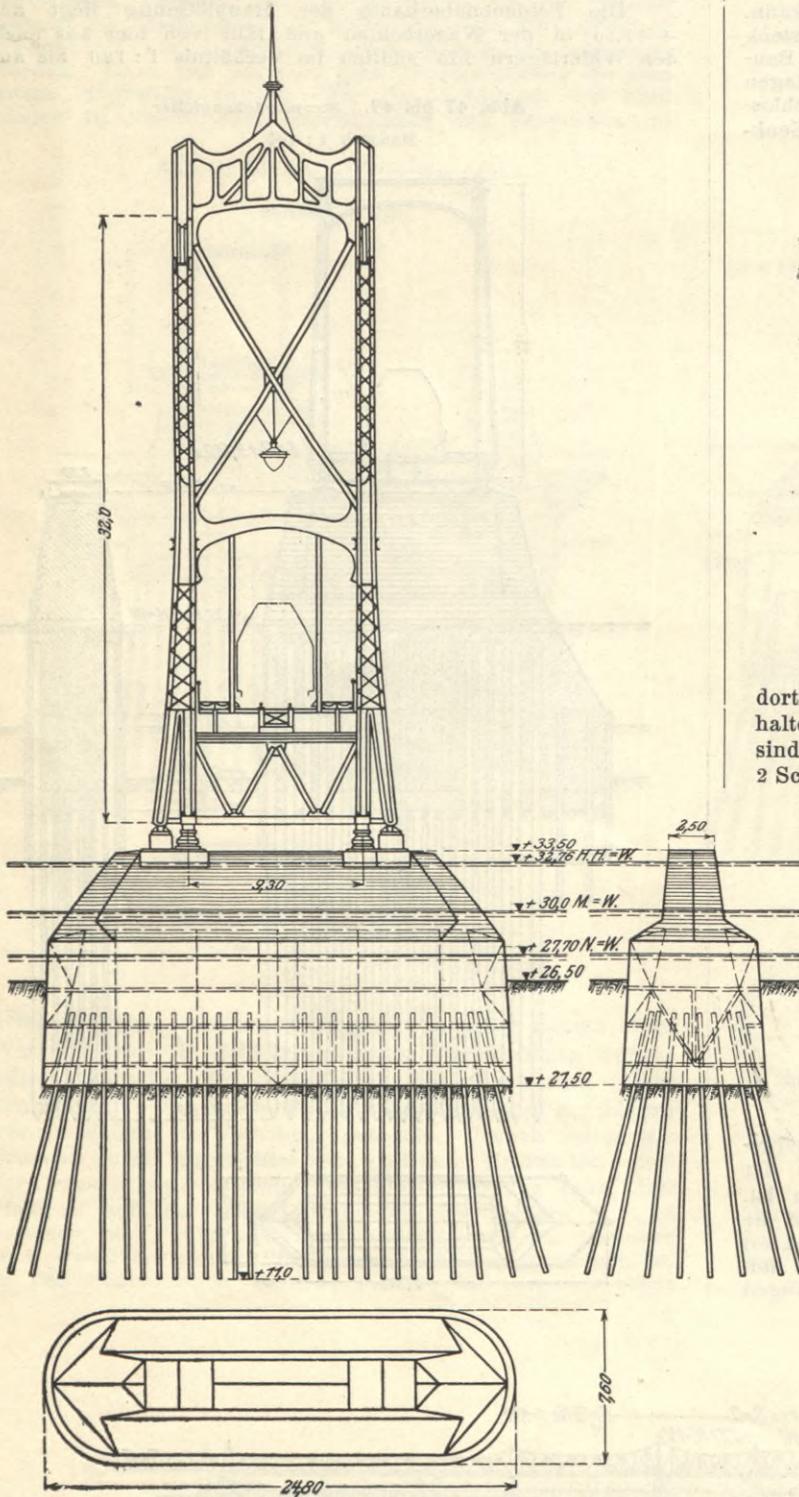
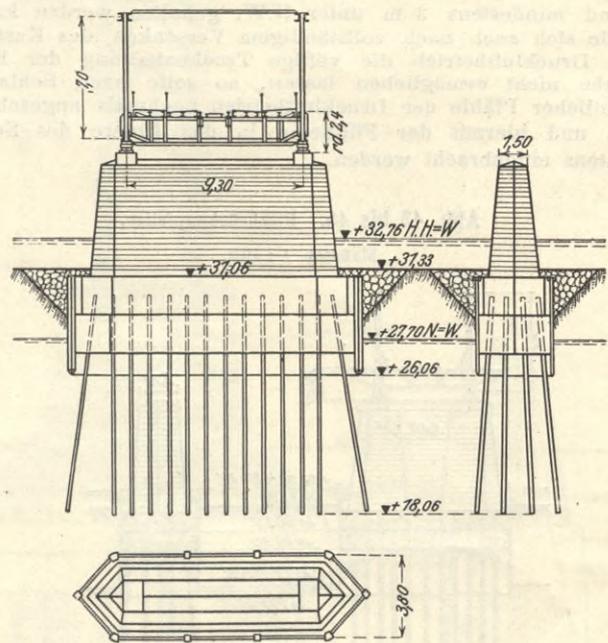


Abb. 54 bis 56. Strombrückenpfeiler.
Maßstab 1:400.



+ 40,25 und nördlich im Verhältnis 1:156 bis auf + 35,71. Die lichten Höhen über H.H.W. betragen hierbei 7,269 m in der Hauptöffnung und 1,704 m am tiefsten Punkte der gesamten Ueberbauten. Am südlichen Widerlager ist über der

Abb. 51 bis 53. Flutbrückenpfeiler.
Maßstab 1:400.



dortigen Deichkrone eine lichte Höhe von 5,549 m frei gehalten. Die Ueberbauten der fünf mittleren Stromöffnungen sind auch hier durch Gerberbalken, die aus 2 Kragträgern, 2 Schlepptägern und einem eingehängten Mittelstück bestehen, in einfachem Dreieckfachwerk überbrückt. Die bis zu 15 m aufsteigenden Tragwände haben eine gegenseitige Entfernung von 8,35 m, so daß auch die Fußwege innerhalb der Hauptträger Platz finden, wobei neben dem 4,18 m breiten freien Profil der Eisenbahn beiderseits für die Gehwege eine Breite von 1,75 m verbleibt. Ueber den übrigen Stromöffnungen liegen Fachwerk-Parallelträger, deren Hauptträger ebenfalls 8,35 m Abstand haben. Bei den Flutbrücken sind die Tragwände mit Rücksicht auf ihre geringere Höhe zugunsten des Materialverbrauches auf 4,80 m von Achse zu Achse zusammengedrückt und die 1,75 m breiten Fußwege auf Auslegern verlegt. Die Gesamtbreite des Ueberbaues beträgt hier zwischen den Außenkanten der Geländer 8,67 m. Um an Kosten für den Unterbau zu sparen, hat man bei den Flutbrücken die festen und die als Pendelstützen ausgebildeten beweglichen Lager benachbarter Brücken auf dem gleichen Pfeiler vereinigt, so daß nur die Hälfte der Unterbauten wagerechte Kräfte aufnimmt.

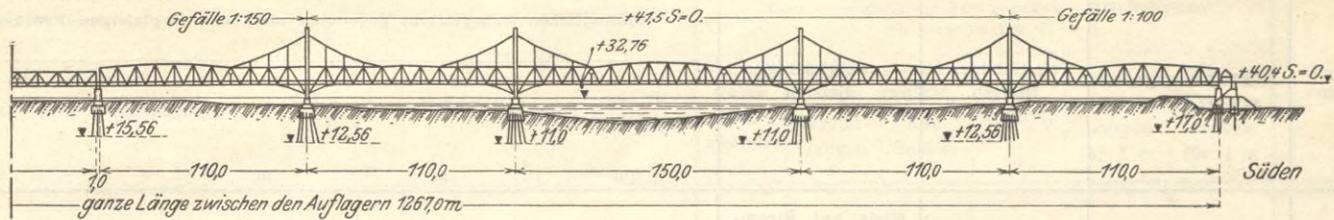
Die Unterbauten sind nach den gleichen Grundzügen wie beim Entwurf Gutehoffnungshütte-Schmidt gestaltet.

5) Entwurf der Vereinigten Königs- und Laurahütte, Abb. 50 bis 56.

Der sich durch die größere Mittelöffnung und die Linienführung seiner Ueberbauten von den sonst ziemlich gleichartig gestalteten übrigen Bearbeitungen merklich abhebende Entwurf sieht eine Gesamtbrückenlänge von 1267 m vor, die in eine Hauptstromöffnung von 150 m, 4 Nebenstrom-

Vereinigten Königs- und Laurahütte.

Maßstab 1 : 4000.



öffnungen von je 110 m und 13 Flutöffnungen von je 52 m Spannweite zerfällt.

Die Schienenoberkante verläuft über den drei Mittelöffnungen wagerecht auf + 41,5, fällt von da nach Süden und Norden im Gefälle 1:100 bzw. 1:150 und erreicht über den entsprechenden Widerlagern die Ordinaten + 40,40 m und + 36,25 m.

Die Tragwände der Ueberbauten sind, um eine große Materialersparnis zu erreichen, durchweg als Gerber-Fachwerkträger ausgebildet, und zwar über den Flutbrücken als Parallelträger mit steigenden und fallenden Diagonalen. Bei den Strombrücken sind die Tragwände der äußeren Schleppträger und der mittlere Koppelträger als Halbparabelträger mit schwach gekrümmten Obergurten ausgebildet, während die Kragträger 3 Gurtungen erhalten, deren untere und mittlere annähernd parallel verlaufen, während der Obergurt an den Strompfeilern bis zu einer Höhe von 32 m emporgezogen ist. Gleichzeitig sind die Auflagerpunkte über den Strom-

Japans mit Rußland und die dadurch hervorgerufene politische Umwälzung in Ostasien die Verhandlungen vollständig zum Stillstand brachten.

Nach langen Verhandlungen kam endlich am 13. Januar 1908 zwischen der chinesischen Regierung und der schon genannten deutsch-englischen Gesellschaft ein neuer Vertrag zustande, nach dem durch Vermittlung dieser Gesellschaft eine chinesische Staatsanleihe für den nunmehr unter chinesischer Oberleitung auszuführenden Bahnbau Tientsin-Pukow aufgenommen werden sollte. Die günstigen Bedingungen dieser Anleihe sicherten ihr auf dem Geldmarkt einen vollen Erfolg, und schon am 30. Juni 1908 konnte der erste Spatenstich bei Tientsin erfolgen. Bald darauf wurde auch der MAN Werk Gustavsburg die Ausführung der Unterbauten für die Hoangho-Brücke übertragen. Aber noch lange Zeit mußte der Beginn des Baues aufgeschoben werden, weil die Behörden und Notabeln der Provinz Schantung Einspruch gegen die Ausführung des preisgekrönten Entwurfes, der

Abb. 57 bis 61. Grundrißanordnung der eisernen Ueberbauten.



pfeilern um 5,75 m unter die Untergurtachse heruntergerückt, indem in den anschließenden Feldern die äußeren Diagonalen verlängert und Verstrebenungen nach den folgenden Knotenpunkten eingelegt sind. Es ist auf diese Weise eine Ersparnis an Unterbaumaterial erzielt, allerdings liegen andererseits die Lagerpunkte ziemlich nahe über H. H. W. Das System ist durch Einziehen von Blindstäben innerlich statisch bestimmt erhalten. Der gegenseitige Abstand der Hauptträger beträgt bei allen Brücken 9,30 m; Fahrbahn und Fußgängerwege finden daher in vorgeschriebener Breite innerhalb der Tragwände Platz. Die Gründungen sind von MAN Werk Gustavsburg in gleicher Weise wie für den eigenen Entwurf bearbeitet.

Bei der gewählten großen Trägerhöhe ist es angängig, sowohl im Untergurt als auch in den Ebenen des Obergurtes Windverbände anzuordnen.

Der Ausführung der Eisenbahnlinie und damit auch der Brücke stellten sich jedoch noch mancherlei Schwierigkeiten entgegen. In dem Vertrage mit dem chinesischen Staate war von diesem der Vorbehalt gemacht, daß vor Beginn der Arbeiten erst eine besondere Genehmigung Chinas einzuholen sei. Die Einholung dieser Genehmigung machte langwierige Verhandlungen notwendig, und es kam die Zeit, wo der Krieg

21 Oeffnungen vorsah, erhoben. Sie wendeten sich zunächst allgemein gegen die ins Auge gefaßte Uebergangsstelle und behaupteten, daß der Bau an dieser Stelle die Hauptstadt Tsinanfu der Provinz Schantung großen Gefahren aussetzen würde, und verlangten eine Erweiterung der Brückenöffnungen. Bei diesen schier endlosen Verhandlungen mußte vor allem der Besorgnis einer Bevölkerung Rechnung getragen werden, die so oft und schwer unter der Geißel des Hoangho gelitten hatte, und in die die Furcht vor einem Deichbruch als Folge des Brückenbaues hineingetragen war. Man fürchtete den Zorn des Flußgottes, der sich aus Rache für den Einbau der Pfeiler über seine Deiche stürzen würde. »Der Friede unter der Bevölkerung ist mehr wert, als die Kosten-erhöhung der Brücke«, so meldete der alte Generaldirektor der Tientsin-Pukow-Bahn, Lihaihuan an den Thron.

Zu dieser Zeit wurde der Verfasser, Regierungs-Bau-meister Br. Schulz, Berlin-Halensee, von der Deutsch-Chinesischen Eisenbahn-Gesellschaft mit Untersuchungen über die allgemeine Anordnung der Brücke und mit der Prüfung der Gründung betraut. Diese Prüfung ist später auch auf den Gesamtentwurf der Brücke erweitert worden.

In Berücksichtigung der Wünsche der Behörden und Notabeln der Provinz Schantung wurde die Anzahl der Pfeiler

Stromöffnungen	Flutöffnungen	eingleisiger Betrieb	zweigleisiger Betrieb	anfängliches Mehrgewicht gegenüber einfachen eingleisigen Brücken				zus.
				Fahrbahn		Hauptträger		
				qm	t	m	t	
Fall 1 1 Mittelöffnung 160 m 2 Öffnungen v. 130=260 2 Öffnungen v. 90=180 zus. 600 m Breite 9 m	1 Öffnung von 48 m, Breite 11 m 13 Öffnungen von 48 m Breite 5 m	Gleis liegt in Brückenachse der Stromöffnung. Flutöffnungen in derselben Achse	Gleis auf Stromöffnung wird verschoben, das zweite Gleis daneben verlegt. Die Flutbrücken werden ebenfalls verschoben und neue Ueberbauten daneben für das zweite Gleis errichtet. Die Hauptträger der Stromöffnung werden verstärkt.	600 · 4,0 = 2400 48 · 6,0 = 288 2688	2400 · 0,250 = 600 288 · 0,230 = 66 666	Stromöffnung 2 · 600 = 1200 Flutöffnung 2 · 48 = 96	Gewichtsvermehrung der Hauptträger durch Zuschlag für die größere ständige Last: $\frac{1}{6,6} \cdot 1200 \cdot 1,4 = 255$ $\frac{1}{6,6} \cdot 96 \cdot 0,76 = 11$ 266	932
Fall 2 wie Fall 1 Länge 600 m, Breite 9 m	wie Fall 1 1 Öffnung von 48 m, Breite 11 m 13 Öffnungen von 48 m Breite 5 m	Gleis mit Rücksicht auf zweigleisigen Betrieb von vornherein einseitig angeordnet. Flutbrücken in Gleisachse	auf Strombrücke zweites Gleis verlegen. Hauptträger verstärken. Neue Flutbrücken errichten	600 · 4,0 = 2400 48 · 6,0 = 288 2688	2400 · 0,250 = 600 288 · 0,230 = 66 666	Stromöffnung 1 · 600 = 600 Flutöffnung 1 · 48 = 48	Zuschlag für Gewichtsvermehrung der Hauptträger durch größere ständige Last wie oben . . . 266 Zuschlag für die Mehrbelastung des einen Hauptträgers 600 · 1,4 = 840 48 · 0,76 = 36 1542	1808
Fall 3 wie Fall 1 Länge 600 m, Breite 9 m	14 Öffnungen von 48 m = 672 m Breite 9 m	Gleis in Brückenachse	Gleis verschieben, zweites Gleis verlegen, alle Hauptträger verstärken	600 · 4,0 = 2400 14 · 48 · 4,0 = 2690 5090	5090 · 0,250 = 1270	Stromöffnung 2 · 600 = 1200 Flutöffnung 2 · 14 · 48 = 1344	Zuschlag für Gewichtsvermehrung der Hauptträger durch größere ständige Last $\frac{1}{6,6} \cdot 1200 \cdot 1,4 = 255$ $\frac{1}{6,6} \cdot 1344 \cdot 0,76 = 155$ 410	1680
Fall 4 wie Fall 1 Länge 600 m, Breite 9 m	wie Fall 3 14 Öffnungen von 48 m = 672 m Breite 9 m	Gleis mit Rücksicht auf zweigleisigen Betrieb von vornherein in richtiger Lage	zweites Gleis verlegen, Hauptträger auf der einen Seite verstärken	600 · 4,0 = 2400 14 · 48 · 4,0 = 2690 5090	5090 · 0,250 = 1270	Stromöffnung 2 · 600 = 1200 Flutöffnung 2 · 14 · 48 = 1344 Stromöffnung 1 · 600 = 600 Flutöffnung 14 · 48 = 672	Zuschlag für die größere ständige Last wie bei Fall 3 . . . 410 Zuschlag für die Mehrbelastung des einen Hauptträgers 600 · 1,4 = 840 672 · 0,76 = 510 1759	3029
Fall 5 1 Mittelöffnung 160 m 2 Öffnungen v. 130 = 260 zus. 420 m Breite 11 m 2 Öffnungen v. 90 = 180 m Breite 5 m	14 Öffnungen von 48 m = 672 m Breite 5 m	auf der Strombrücke Gleis mit Rücksicht auf späteren zweigleisigen Betrieb von vornherein in richtiger Lage	zweites Gleis verlegen, neue Flutbrücken errichten	420 · 6,0 = 2520	2520 · 0,230 = 580	Stromöffnung 2 · 420 = 840 Flutöffnung 2 · 2 · 90 = 360 2 · 14 · 48 = 1344 1704	Zuschlag für Gewichtsvermehrung durch die größere ständige Last $\frac{1}{6,6} \cdot 840 \cdot 1,4 = 180$ Zuschlag für die Mehrbelastung des einen Hauptträgers 840 · 1,4 = 1180 1360	1940

unter entsprechender Vergrößerung der Spannweiten wesentlich eingeschränkt.

Mit der beabsichtigten Vergrößerung der Spannweiten konnte aber der bisher von Gustavsborg gewählte Abstand der beiden Hauptträger von 4,80 m nicht mehr beibehalten werden, da das Tragwerk dadurch wegen seiner geringen Breite für die Aufnahme der Windkräfte höchst ungünstig erschien. Es mußten infolgedessen andre Ausführungsarten zum Vergleich herangezogen werden, und zwar wurden mit

Rücksicht auf eine spätere Erweiterung der Brücke zu einem zweigleisigen Bauwerk für die folgenden Anordnungen, die im Grundriß in Abb. 57 bis 61 zusammengestellt sind, die zu erwartenden Eisenmengen und Ausführungskosten ermittelt:

Fall 1), Abb. 57. Stromöffnungen 9 m breit mit Gleis in der Mitte. Flutöffnungen 5 m breit in der Achse der Stromöffnungen. Für den späteren zweigleisigen Betrieb sollten die Strombrücken verstärkt und das Gleis auf ihnen verschoben werden; ferner mußten die Flutbrücken verschoben

später erforderliches Gewicht für den vollen Ausbau zum zweigleisigen Betrieb					Zusammenstellung der gesamten Mehrarbeiten für das zweite Gleis					Bemerkungen	
Hauptträger verstärken		neue Ueberbauten		zusammen	anfängliches Mehrgewicht t	später erforderliches Gewicht		zusammen t	Brückenverschleibungen für 1 m		Gleisverschleibungen für 1 m
m	t	m	t	t		Verstärkungen t	Neubauten t				
Stromöffnung 2 · 600 = 1200 Flutöffnung 2 · 48 = 96	1200 · 1,4 = 1680 96 · 0,76 = 73 1753 Zuschlag 20 vH 350 2703	Flutöffnungen 13 · 48 = 624	624 · 2,5 = 1560	3663	932	2703	1560	5195	624	648	Zuschlag von 20 vH für geringere Ausnutzung (Beanspruchung rd. $\frac{2}{5}$ von max) infolge Anfangsspannung der Hauptträger
Stromöffnung 1 · 600 = 600 Flutöffnung 1 · 48 = 48	600 · 1,4 = 840 48 · 0,76 = 36,5 876,5 Zuschlag 175,5 1052,0	Flutöffnungen 13 · 48 = 624	624 · 2,5 = 1560	2612	1808	1052	1560	4420	keine	keine	die Hauptträger, auf deren Seite das Gleis während des eingleisigen Betriebes liegt, werden von vornherein für zwei Gleise berechnet und bemessen
Stromöffnung 2 · 600 = 1200 Flutöffnung 2 · 672 = 1342	1200 · 1,4 = 1680 1342 · 0,76 = 1020 2700 Zuschlag 540 3240	—	—	3240	1680	3240	keine	4920	keine	1272	
Stromöffnung 1 · 600 = 600 Flutöffnung 1 · 672 = 672	600 · 1,4 = 840 672 · 0,76 = 510 1350 Zuschlag 270 1620	—	—	1620	3029	1620	keine	4649	keine	keine	Bemerkung wie bei Fall 2
—	—	Stromöffnungen 2 · 90 = 180 Flutöffnungen 14 · 48 = 672	180 · 3,96 = 712 672 · 2,5 = 1680 2392	2392	1940	keine	2392	4332	keine	keine	Beide Hauptträger der Stromöffnungen sind von vornherein für den zweigleisigen Betrieb berechnet und bemessen. Keine Verstärkungsarbeiten.

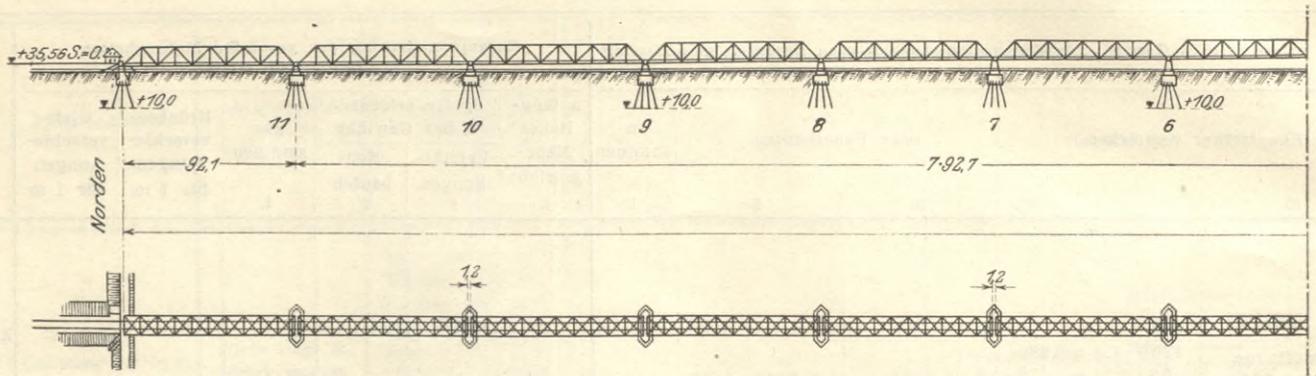
und neben ihnen die Brücken für das zweite Gleis angelegt werden.

Fall 2), Abb. 58. Strombrücken 9 m breit und Gleis in seitlicher Lage. Flutbrücken 5 m breit in seitlicher Lage. Für den zweigleisigen Betrieb mußten die Strombrücken verstärkt und die zweite Flutbrücke eingebaut werden.

Fall 3), Abb. 59. Alle Ueberbauten 9 m breit, Gleis in der Mitte. Für später mußten die Brücken verstärkt und das Gleis verschoben werden.

Fall 4), Abb. 60. Die 9 m breiten Ueberbauten erhalten das Gleis sofort seitlich in richtiger Lage. Für später sollten nur die Hauptträger auf der einen Seite der Brücke verstärkt werden.

Fall 5), Abb. 61. Strombrücken 11 m breit mit Gleis in seitlicher Lage. Flutbrücken 5 m breit in der Richtung der Gleisachse. Für später mußten die zweiten Flutbrücken eingebaut werden. Die Strombrücken waren sofort für zweigleisigen Betrieb berechnet.



Das Ergebnis dieser Untersuchungen, für die auch die alte Felderteilung mit den zahlreichen Flutpfeilern beibehalten werden mußte, ist in der Zusammenstellung 3 (S. 18/19) enthalten.

Auf Grund dieser Untersuchungen wurde die Anordnung nach Fall 3 zur weiteren Bearbeitung vorgeschrieben. Bei der schließlichen Ausführung erhielten sämtliche Brücken 9,40 m Breite, zwischen den Hauptträgerachsen gemessen. Das Gleis für den zuerst nur eingleisigen Betrieb wurde in die Brückenmitte gelegt und zu beiden Seiten des Gleises ein 1,75 m breiter Fußsteig innerhalb der Hauptträger angeordnet. Für die spätere Erweiterung zum zweigleisigen Betrieb sollen die Brücken verstärkt und die Fußsteige auf Auslegern angeordnet werden. Die Hauptträger sollen derart verstärkt werden, daß an die vorhandenen Trägerwände außen neue Tragwände herangesetzt und mit ersteren zu einer einheitlichen Tragwand verbunden werden. Mit dieser Entscheidung wurden auch die Spannweiten der einzelnen Brücken festgelegt. Diese endgültige Anordnung des Bauwerkes ist in den Abbildungen 62 und 63 in Ansicht und Grundriß dargestellt. Die Brücke hat nun bei einer Länge von 1255,2 m zwischen den Auflagerpunkten der Widerlager eine mittlere Stromöffnung von 164,7 m Stützweite und zwei seitliche Stromöffnungen von je 128,7 m Stützweite und außerdem nur noch 9 Flutbrücken mit je 91,5 m Stützweite, wovon eine auf dem südlichen und acht auf dem nördlichen Ufer liegen.

Entsprechend dieser Einteilung des Ueberbaues sind die Unterbauten wie folgt unterschieden:

- 1) Das südliche und das nördliche Widerlager,
- 2) die 4 Strompfeiler 1, 2, 3, 4,
- 3) die 7 Flutpfeiler 5, 6, 7, 8, 9, 10 und 11.

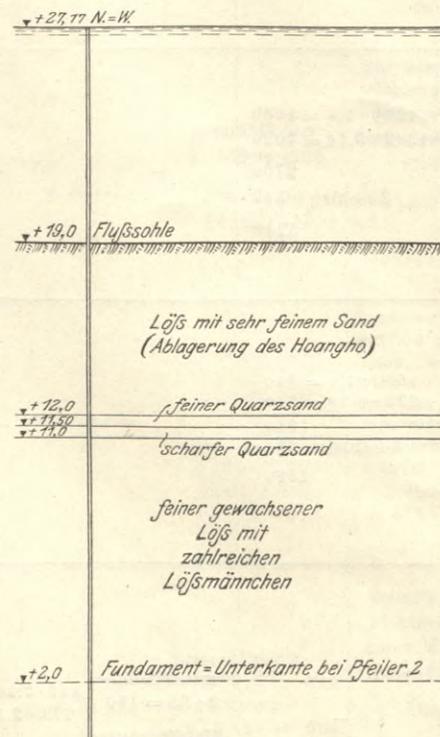
Während der langen Verhandlungen, die die Forderungen der Behörden und der Notabeln der Provinz Schantung nötig machten, hatte die örtliche Bauleitung Gelegenheit, die ungünstigen Untergrundverhältnisse des Hoanghoflusses und seine Wirkung bei Hochwasser aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Die gleichen Befürchtungen waren auch bereits von dem Verfasser geltend gemacht, da die bisher vorgesehene Gründung eine zuverlässige Grundlage für ein so bedeutsames Brückenbauwerk nicht abgeben konnte. Dies führte von allen Seiten dazu, die Gründung der Brücke einer nochmaligen sorgfältigen Prüfung zu unterziehen. Wie im einzelnen schließlich unter Mitwirkung aller Beteiligten, soweit dies nach menschlichem Können unter den vorliegenden Verhältnissen möglich war, eine sichere Gründung für die einzelnen Pfeiler und besonders für den Strompfeiler erreicht worden ist, sei nachstehend bei der Schilderung der Gründungen beschrieben. Die erreichten Tiefen sind in Abb. 64 eingezeichnet.

Gründung der Brücke. Bei den Widerlagern und bei den Flutpfeilern, die nur bei den höchsten Hochwässern vom fließenden Wasser umspült sind, konnten die Gründungstiefen höher bleiben als bei den Strompfeilern, die dauernden und heftigeren Wasserangriffen ausgesetzt sind. Die während der Baujahre 1909 bis 1912 beobachteten Wasserstände sind aus Abb. 65 ersichtlich.

Das nördliche Widerlager und die Flutpfeiler wurden in offener Baugrube zwischen Spundwänden gegründet, Abb. 66 bis 70. Die Sohle des Betonfundamentes liegt bei diesen Bauwerken auf +22,80, 6 bis 7 m unter Gelände und rd. 3 m unter N.W. Unter die Betonsohle wurden 15 m lange Pfähle aus eisenbewehrtem Beton eingerammt, die mit ihrer Spitze auf +10 stehen. Das südliche Widerlager wurde hinter den Hochwasserdeich gelegt, damit den Anforderungen entsprechend eine, wenn auch nur vorübergehende Schwächung des Deiches während der Bauarbeiten vermieden würde. Es ist ebenfalls zwischen Spundwänden auf eisen-

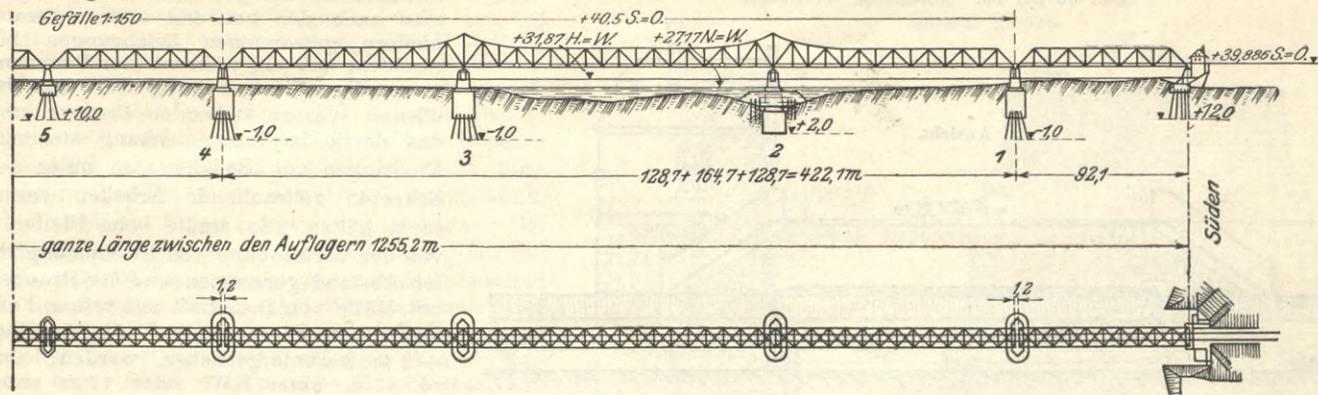
Abb. 64.

Bei der Gründung erreichte Tiefen.



bewehrten Betonpfählen gegründet, jedoch sind mit Rücksicht auf die geschützte Lage durch den vorliegenden Hochwasserdeich die Sohle des Betonfundamentes und die Pfahlspitzen um 2 m höher gelegt worden. Von den Strompfeilern ist nur der Pfeiler 2 ständig von Wasser umspült; die übrigen stehen bei Niedrigwasser im Trocknen. Aber die größere Tiefe, auf die diese Fundamente geführt werden mußten, war die Veranlassung, für diese 4 Pfeiler Brunnen anzuwenden. Die Grundflächen der verwendeten Brunnen waren Rechtecke, an die an den Schmalseiten Halbkreise angefügt waren. Die Abmessungen betragen [23 · 8,6] qm bei Pfeiler 1 und 4 und [29,2 · 10] qm bei Pfeiler 2 und 3. Die Brunnen bestanden aus zwei- und dreigeschossigen Eisenkonstruktionen; der Mantel wurde aus Stampfbeton mit Eisen-

der Hoangho-Brücke.



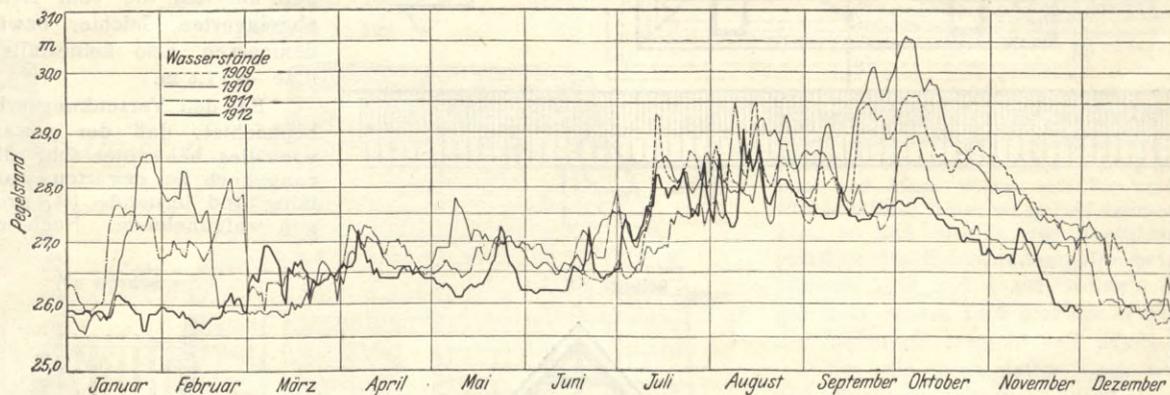
einlagen hergestellt. Der Anzug der Mantelflächen war 1 : 20, s. Abb. 71 bis 76 und 77 bis 80 auf Textblatt 4. Die Brunnen waren durch Quer- und Längsträger, die mit eisenbewehrtem Beton umkleidet wurden, gegen den Bodendruck abgesteift. Sie waren so eingerichtet, daß in einer gewissen Höhe über der Schneide eine Decke aus Tonnenblechen eingezogen werden konnte, um erforderlichenfalls den Brunnen mit Hilfe von Druckluft senken zu können, sobald der Wasserandrang im offenen Brunnen nicht mehr zu bewältigen war. Die Brunnen der Pfeiler 1, 3 und 4 konnten, zum Teil nach vorheriger Erhöhung des Geländes auf dem Trocknen zusammengebaut und abgesenkt werden; beim Pfeiler 2 dagegen war ein Gerüst zum Aufhängen und zum Versenken des Brunnens nicht zu umgehen. Der Vorgang bei der Ausführung der Strompfeiler, soweit sie auf dem Trocknen lagen, war der, daß die Brunnen geschosswise zusammengebaut, ausbetoniert und versenkt wurden. Im offenen Brunnen konnte unter Wasser-

dem zuströmenden Wasser eintretenden Bodenmassen manches Hindernis, und auch das Rammen der Pfähle erwies sich bei der großen Tiefe, auf die sie eingetrieben werden mußten, als eine äußerst zeitraubende Arbeit, insbesondere wenn der Boden infolge der fortschreitenden Rammung immer mehr verdichtet wurde; es wurde vielfach nicht über 1 mm Eindringungstiefe bei einem Schlag erreicht. Die Pfähle wurden so tief wie nur möglich eingetrieben; ihre Spitzen liegen zwischen -1 m und $+2$ m; nur wenige mußten auf einer höheren Ordinate stehen bleiben.

Während des Hochwassers 1910 wurde beobachtet, daß einzelne Pfähle des im Strom stehenden Gerüsts für die Aufhängung und Versenkung des Brunnens für Pfeiler 2, die mit ihren Spitzen auf $+14$ m standen, lose wurden. Man folgerte daraus, daß das Flußbett bis auf diese Tiefe ausgekolkelt oder der Boden wenigstens stark aufgelockert sein mußte. Man mußte sich mit dieser Folgerung begnügen, weil eine Peilung um und innerhalb des Gerüsts wegen der

Abb. 65.

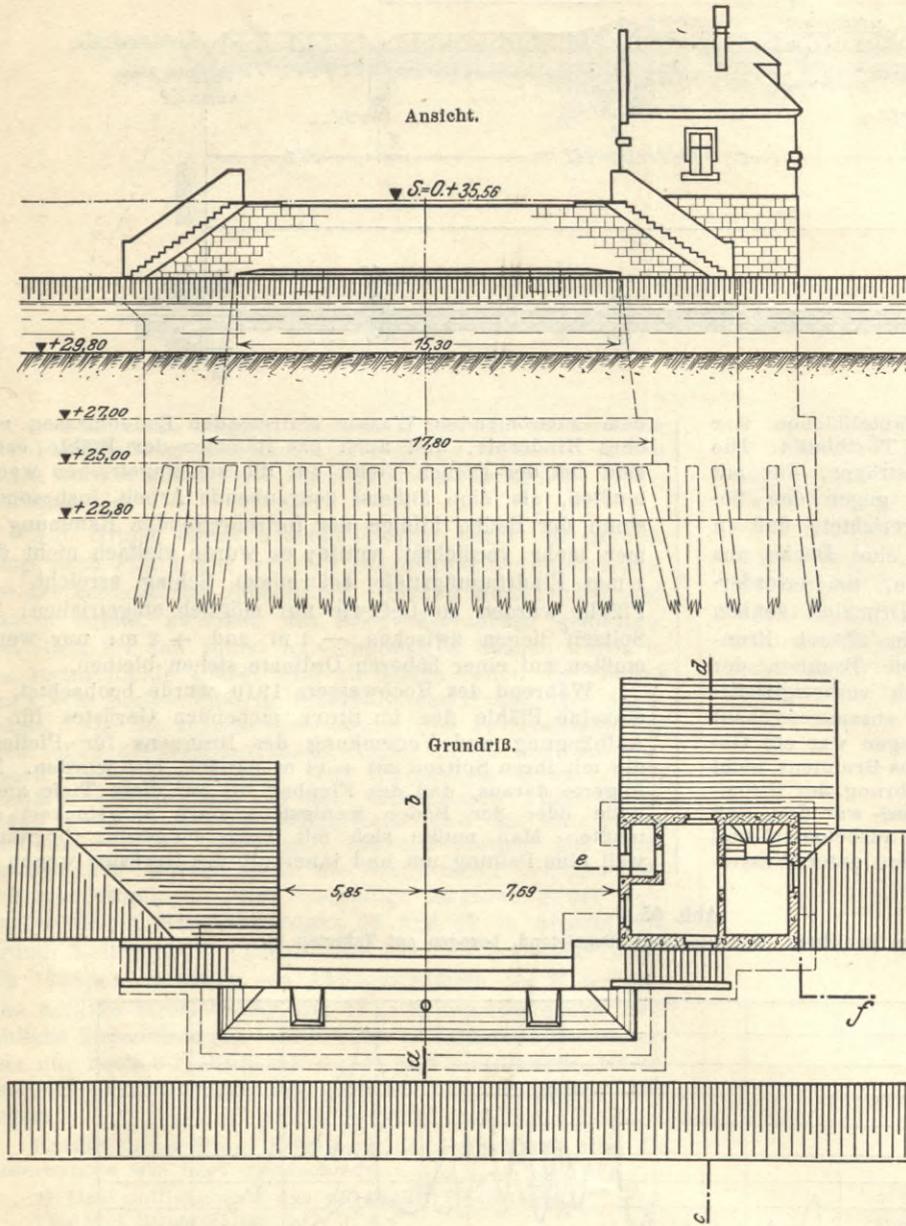
Wasserstände in den Baujahren 1909 bis 1912 (Pegelstand, bezogen auf Tsingtau 0).



haltung bis auf eine Tiefe von 3 bis 5 m unter Niedrigwasser ausgeschachtet werden; dann aber traten Wassereinbrüche ein, die große Bodenmassen in das Innere des Brunnens führten, so daß man, in dieser Tiefe angekommen, die Decke einbaute und den Brunnen mit Hülle von Druckluft bis zu $+14$ m versenkte. Nach der Absenkung wurde die Decke wieder entfernt, und darauf wurden im Innern des Brunnens 17 m lange Pfähle aus eisenbewehrtem Beton gerammt. Die Ramme stand hierzu auf dem oberen Rand des Brunnens, der auf $+28$ m lag. Sie war längs und quer verschieblich und konnte somit jeden Punkt des Brunnens bestreichen. Ueber dem Brunnen war ein Bockkran zum Aufrichten und zum Einführen der 6 t schweren Pfähle in den Brunnen errichtet. Der Mätkler der Ramme war ausziehbar, so daß er nach unten verlängert und die Pfähle, während das Innere mittels Kreiselpumpen wasserleer gehalten wurde, in unmittelbarer Rammung eingetrieben werden konnten. Die Wasserhaltung begegnete bei dem wenig durchlässigen Boden keinen Schwierigkeiten, wohl aber bereiteten die mit

gewaltigen Strömung und der bedeutenden Wassertiefe unmöglich war. Wenn auch das dem Durchfluß des Wassers durch das breite Pfeilergerüst bereitete Hindernis viel größer war, als es der schlanke Pfeiler selbst bieten kann und damit auch die Kolkgefahr für den Pfeiler selbst kleiner als für das Gerüst anzusehen war, so sah man angesichts der gemachten Beobachtung die schon früher erwähnten Befürchtungen und damit die Notwendigkeit der Vertiefung der Gründung in anschaulichster Weise, besonders für diesen Pfeiler, bestätigt. Hierbei konnte das einfache Tieferlegen der Fundamentsohle unter Beibehaltung der Rampfpfähle nicht genügen, zumal sich die Schwierigkeiten beim Rammen der Pfähle außerordentlich vergrößert hätten; denn die Ramme mußte auf dem oberen Brunnenrand laufen, und dieser konnte des Wasserstandes wegen nicht tiefer als $+28$ m liegen; das Rammen hätte sich dann aber einfach nicht mehr ausführen lassen. Auch wären hierbei häufige Ueberflutungen des Werkes während der Ramarbeiten, die eine kürzere oder längere Arbeitsunterbrechung verursacht hätten, nicht

Abb. 66 bis 70. Nördliches Widerlager.



unwahrscheinlich gewesen. Ebenso mußte man nach den bei den andern Strompfeilern gewonnenen Erfahrungen befürchten, daß die während des Rammens notwendige Wasserhaltung bei dem im offenen Wasser stehenden Brunnen und das damit im Zusammenhang stehende Eindringen von Bodenmassen unter der Schneide zeitraubende Arbeiten verursacht hätten. So mußte beim Pfeiler 2 von der Verwendung von Eisenbetonpfählen Abstand genommen und der Brunnen mit Hilfe von Druckluft mit seiner Fundamentunterkante bis auf die Ordinate + 2 m heruntergetrieben werden; also rd. 25 m unter NW. oder 17 m unter den tiefsten Punkt der Flußsohle, und 8 m tiefer, als es ursprünglich vorgesehen war. Damit dürfte eine Tiefe erreicht sein, auf die sich auch die weitgehendsten Kolke nicht mehr erstrecken können.

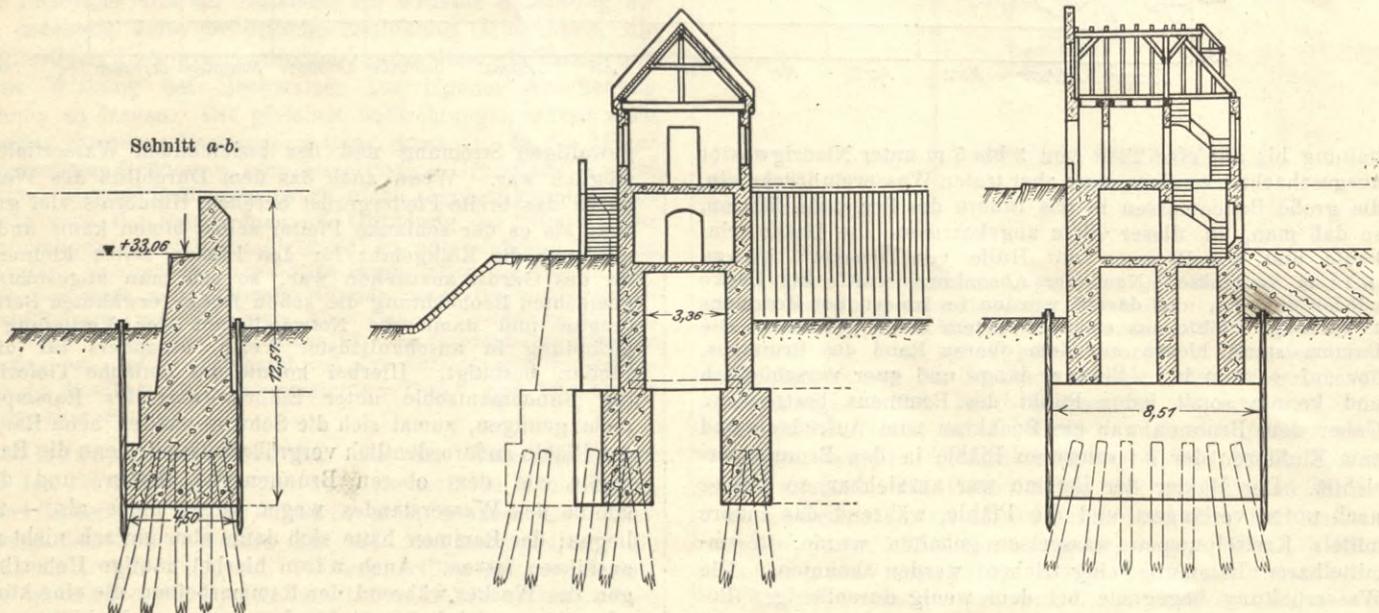
Das geologische Profil der bei diesem Pfeiler durchschnittenen Schichten zeigt Abb. 64. Die auf Ordinate + 11,5 m angetroffene, 50 cm dicke Schicht aus scharfem Quarzsand muß als das Flußbett des Tsiho, in das der Hoangho, wie schon früher bemerkt, vor etwa 60 Jahren einbrach, angesehen werden. Von diesem wird berichtet, daß es so tief im Gelände eingeschritten war, daß man, vom Lande kommend die Masten der auf dem Flusse verkehrenden Schiffe nicht sehen konnte. Dies berechtigt zu dem Schlusse, daß Abtragungen durch den Hoangho in dem gewachsenen Löß an dieser Stelle bis jetzt nicht vorgekommen sind; die Kolke erstrecken sich daher nur auf die vom Hoangho selbst abgelagerten, leichter beweglichen Bodenmassen, also keinesfalls unter Ordinate + 11,5 m.

Bei den Versenkungsarbeiten wurde beobachtet, daß der gewachsene Löß, wie dies bei seiner sehr dichten Lagerung auch zu erwarten war, sehr tragfähig und imstande ist, große Pressungen aufzunehmen. Nach erfolgter Ab-

Schnitt c-d.

Schnitt e-f.

Schnitt a-b.



senkung des Senkkastens für Pfeiler 2 wurden Versuche über die Tragfähigkeit des Bodens auf Ordinate + 2 m vorgenommen. Mit Hilfe von Druckwasserpressen wurde auf einer Fläche von 8000 qcm der Druck bis zu 16 kg/qcm gesteigert und dabei gefunden, daß sich die Druckplatte während des Aufbringens des Druckes allmählich um 115 mm eindrückte, dann aber mehrere Stunden unter dem Druck stehen blieb, ohne weitere Einsenkungen zu erleiden. Die verhältnismäßig große Zusammenpressung des Bodens steht im Zusammenhang mit dem Aufquellen an den Rändern der Druckplatte, das beim Pfeiler selbst wegen des Druckes des den Pfeiler umgebenden Erdreiches nicht auftreten kann. Man hielt daher durch die Versuche für erwiesen, daß der Boden imstande ist, die im ungünstigsten Falle durch den Pfeiler auszuleitende Last, die zu 6 kg/qcm ermittelt wurde, mit genügender Sicherheit gegen Setzungen des Pfeilers aufzunehmen. Es haben sich in der Tat meßbare Setzungen des Pfeilers weder beim Abblasen der Druckluft, noch bei der Aufstellung oder Probelastung der Brücke nachweisen lassen. Bei den übrigen Strompfeilern hat man zwar den gewachsenen Löß schon auf Ordinate + 15,5 bis + 16,5 m angetroffen; aber man hat es nach eingehenden Beratungen mit Rücksicht auf die während des Hochwassers 1910 gemachten Beobachtungen für ratsam befunden, auch bei den Pfeilern 1, 3 und 4 mit der Schneide des Brunnen um ein gewisses Maß tiefer zu gehen, als zuerst beabsichtigt war. Dies wurde dadurch erreicht, daß man die Brunnen, nachdem die Pfähle gerammt waren, über den Pfahlköpfen mit einer aus eisenerbeton hergestellten Decke abschloß. Der Raum im Brunnen über der Decke wurde ausbetoniert und die Einrichtung für die Förderung unter Druckluft auf dem Pfei-

Abb. 71 bis 73. Pfeiler 1 und 4.

Maßstab 1 : 400.

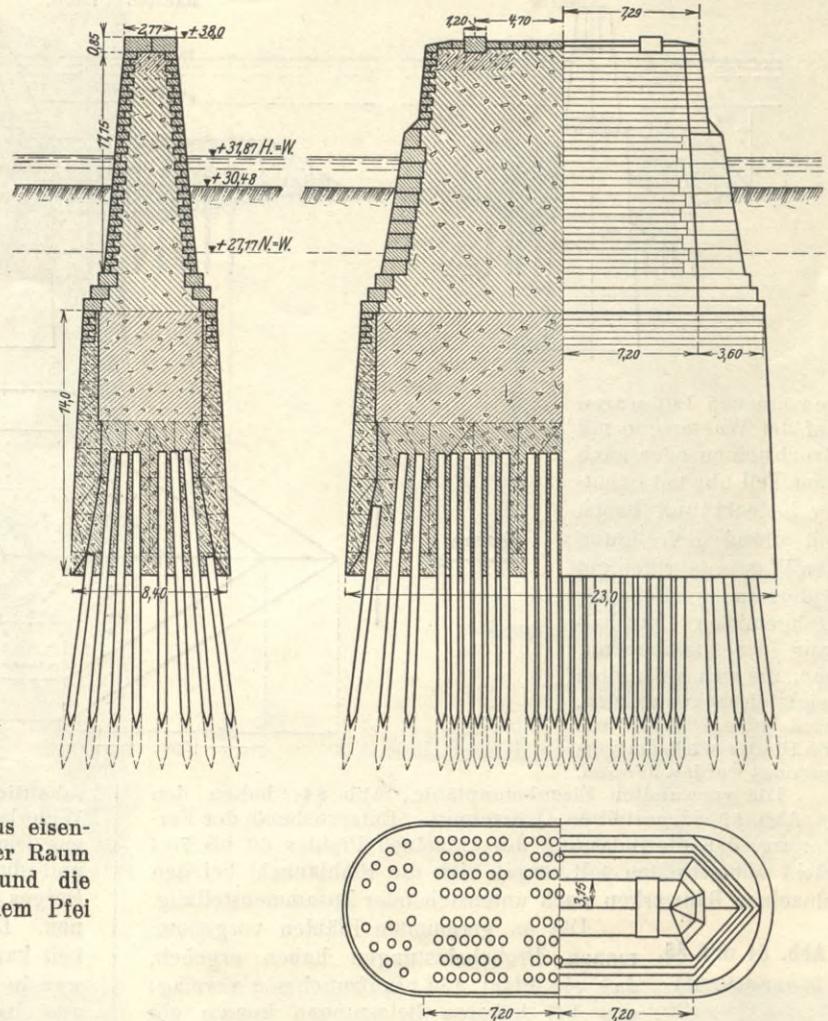
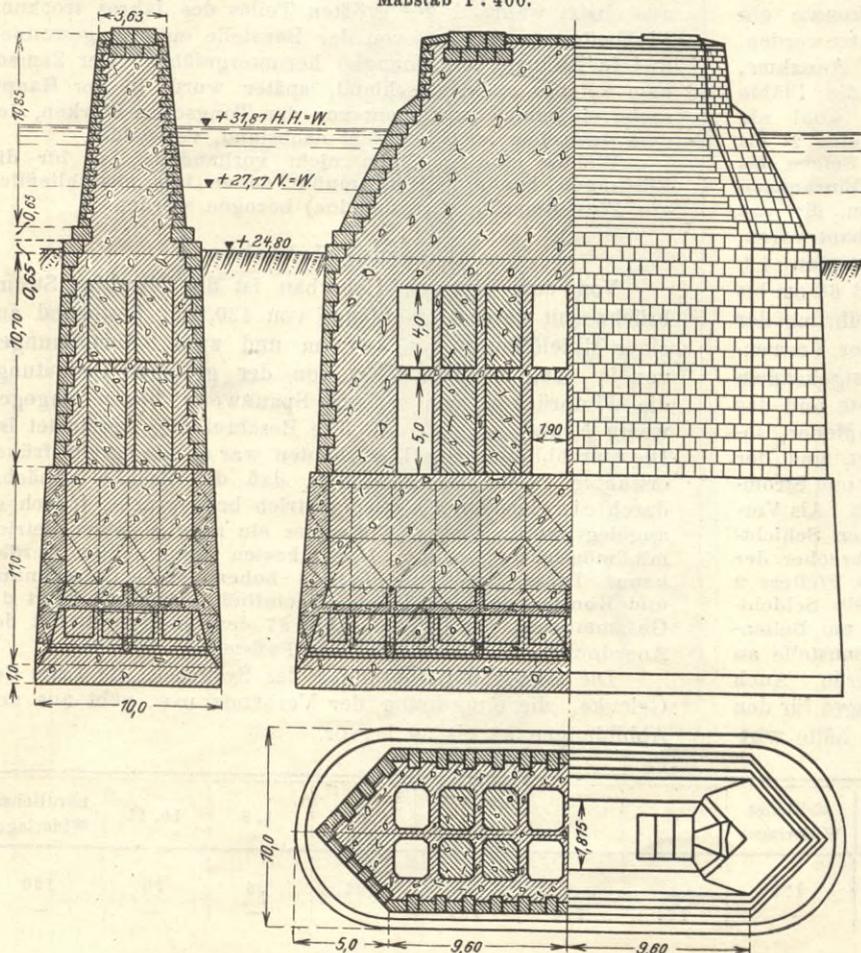


Abb. 74 bis 76. Pfeiler 2.

Maßstab 1 : 400.

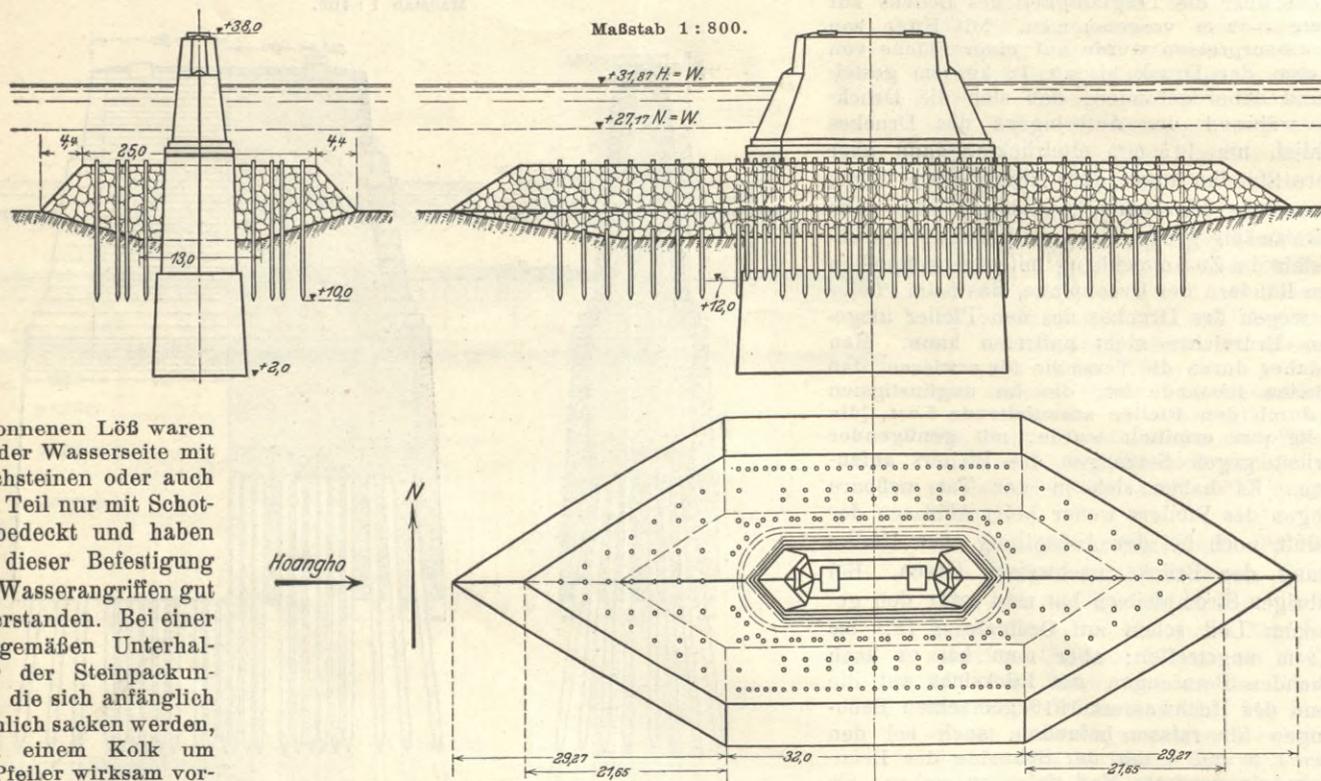


ler aufgestellt. Der ganze Pfeiler konnte nun unter gleichzeitiger Aufmauerung (über den Pfählen) versenkt werden. Das Maß, um das man auf diese Weise mit Rücksicht auf die Pfahlstellung tiefer zu gehen vermochte, betrug 4 m, so daß also in der Ausführung die Unterkante des Betonfundamentes bei den Strompfeilern 1, 3 und 4 auf Ordinate 10 m zu liegen kam, womit auch hier der erwünschte Grad der Sicherheit erreicht sein dürfte.

Um die Strompfeiler noch weiterhin gegen Ereignisse außergewöhnlicher Art, beispielsweise für den Fall eines Deichbruches unterhalb der Brücke zu sichern, wurden die Strompfeiler mit mehreren Reihen gerammter Pfähle umgeben. Wo nicht die natürliche Lage des Bodens ohnehin tiefer war, wurde um und zwischen den Pfählen bis zur Ordinate 24 m ausgeschachtet und um die Pfeiler weit ausladende Steinpackungen angelegt, Abb. 81 bis 83.

Während des Hochwassers 1910 wurde zum Schutze des Pfeilergerüsts von Steinpackungen ausgiebigster Gebrauch gemacht, und es konnten Beobachtungen über ihre Wirkungsweise im Laufe der Bauzeit angestellt werden. Beim Versenken des Pfeilers zeigte sich, daß die Steine auf bedeutende Tiefen eingespült waren, daß aber die anfangs gehegte Befürchtung, die Steine würden weggeschwemmt, nicht eingetreten ist. Auch sonst hat man während der Bauausführung mit der Sicherung durch Steinpackungen gute Erfahrungen gemacht. Die um die Bauwerke errichteten Schutzdämme aus dem beim Aushub

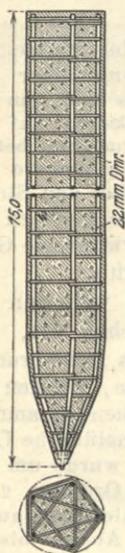
Abb. 81 bis 83. Sicherung des Pfeilers 2.



gewonnenen Löß waren auf der Wasserseite mit Bruchsteinen oder auch zum Teil nur mit Schotter bedeckt und haben mit dieser Befestigung den Wasserangriffen gut widerstanden. Bei einer sachgemäßen Unterhaltung der Steinpackungen, die sich anfänglich reichlich sacken werden, wird einem Kolk um die Pfeiler wirksam vorbeugt werden können.

Die verwandten Eisenbetonpfähle, Abb. 84, haben den in Abb. 85 dargestellten Querschnitt. Entsprechend der Forderung, daß die Belastung des einzelnen Pfahles 60 bis 70 t nicht überschreiten soll, ergab sich die Pfahlanzahl bei den einzelnen Bauwerken nach untenstehender Zusammenstellung.

Abb. 84 und 85. Eisenbetonpfahl für die Flutpfeiler.



Die an gerammten Pfählen vorgenommenen Probelastungen haben ergeben, daß ein Pfahl 150 t aufzunehmen vermag; erst bei höheren Belastungen konnte ein Senken des Pfahles wahrgenommen werden. Selbst unter der ungünstigsten Annahme, daß die ganze Auflast durch die Pfähle allein aufzunehmen wäre, was wohl nie eintreten wird, ist daher noch eine 2- bis 2 1/2 fache Sicherheit gegen ein Setzen des Bauwerkes vorhanden. Die zum Einrammen der Pfähle verwendeten Rammen, die von Menck & Hambrock in Altona gebaut waren, hatten ein nutzbares Bärgewicht von 4 t. Die Fallhöhe des Bärs wurde mit 60 cm bis 1 m angenommen. Bei der Ausführung der Unterbauten machte man von der Verwendung des Stampfbetons in weitestgehendem Maße Gebrauch. Alle Fundamente und das aufgehende Mauerwerk der Flutpfeiler, soweit es unter dem Gelände liegt, und der Kern der Widerlager, Flutpfeiler und Strompfeiler sind aus Beton hergestellt. Als Verkleidung der Sichtflächen dienen Schichtsteine von 35 cm Höhe; die Eisbrecher der Strompfeiler und der Schaft des Pfeilers 2 sind mit Quadern verkleidet. Die Schichtsteine und Quader bestanden aus Kalkstein, der am Beimaschan, einem Berge etwa 9 km südlich von der Baustelle an der Tientsin-Pukow-Bahn gelegen, gebrochen wurde. Auch der größte Teil der Bruchsteine und des Kleinschlages für den Beton kamen aus diesem Berge. Diese Baustoffe hätte wirt-

schaftlicher und besser der in nächster Nähe des nördlichen Widerlagers aus der Ebene sich erhebende Tsioschan, der aus Diorit besteht, liefern können, aber der Berg ist »heilig« und durfte nicht berührt werden. Jede Veränderung dieses Berges hätte die in ihm wohnenden Geister beunruhigen können. Die Auflagerquader aus Granit von sehr hoher Festigkeit kamen von Lauschan bei Tsingtau. Brauchbarer Sand war in der Nähe der Baustelle nicht zu haben; er wurde aus einem während des größten Teiles des Jahres trocknen Flußbette, etwa 60 km von der Baustelle entfernt gewonnen und in Kähnen den Hoangho heruntergeführt. Der Zement kam anfangs aus Deutschland, später wurde in der Hauptsache einheimischer Zement von den Tongschan-Werken, der dem deutschen an Güte nicht nachstand, verwendet.

Wälder sind in China nicht vorhanden; das für die Rüstungen benötigte Holz mußte daher fast ausschließlich aus West-Amerika (Oregonepine) bezogen werden.

Eiserner Ueberbau.

Von dem eisernen Ueberbau ist die gewaltige Strombrücke mit ihrer Gesamtlänge von 420,9 m, bestehend aus einer Mittelöffnung von 164,7 m und zwei Seitenöffnungen von je 128,1 m Spannweite, von der größeren Bedeutung; die Flutbrücken von 91,5 m Spannweite bieten dagegen wenig Neues, so daß auf ihre Beschreibung verzichtet ist. Die Durchbildung der Ueberbauten war an die bereits früher erwähnte Forderung gebunden, daß die Brücke zunächst durch eingleisigen Eisenbahnbetrieb beansprucht, jedoch so angelegt werden sollte, daß später ein zweigleisiger Betrieb mit möglichst geringen Umbaukosten eingerichtet werden kann. Diese Forderung hat in hohem Maße Berechnung und Konstruktion der Brücke beeinflußt. Abb. 86 zeigt die Gesamtansicht der Brücke, Abb. 87 den Querschnitt mit der Anordnung des Gleises und der Fußstege.

Die allgemeine Anordnung des Systemes, die Lage der Gelenke, die Anordnung der Verbände usw. geht aus den Abbildungen 88 bis 90 hervor.

Nr. des Pfeilers	südliches Widerlager	1	3	4	5, 6, 7	8, 9	10, 11	nördliches Widerlager
Pfahllänge	15 m	170	—	—	106	96	90	180
	17	—	164	240	164	—	—	—

Bruno Schulz: Die Hoangho-Brücke.

Abb. 77. Aufbau des unteren Pfeilergeschosses.

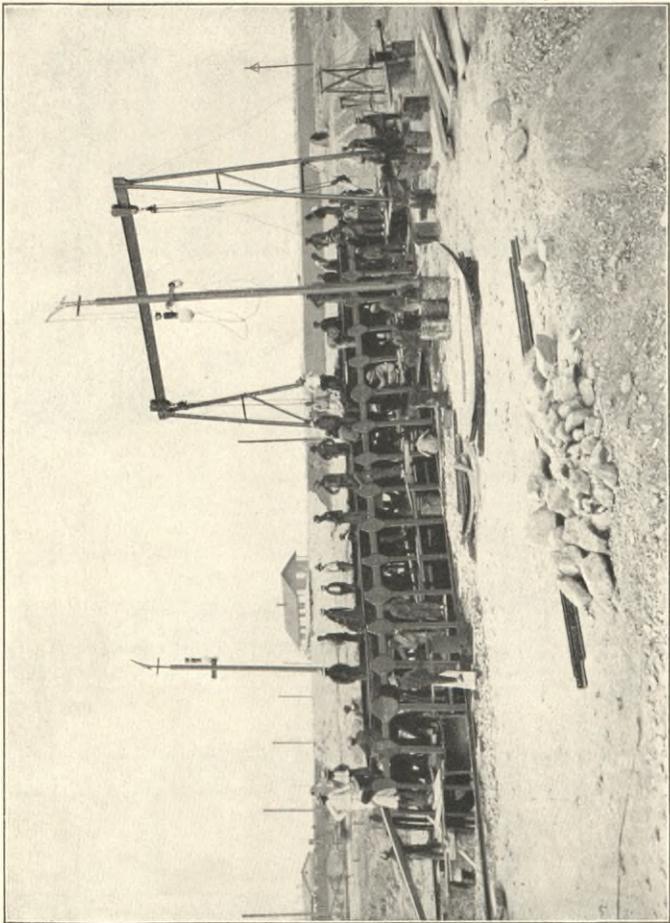


Abb. 78. Versenken des untersten Geschosses von Pfeiler 3 unter Wasserhaltung.

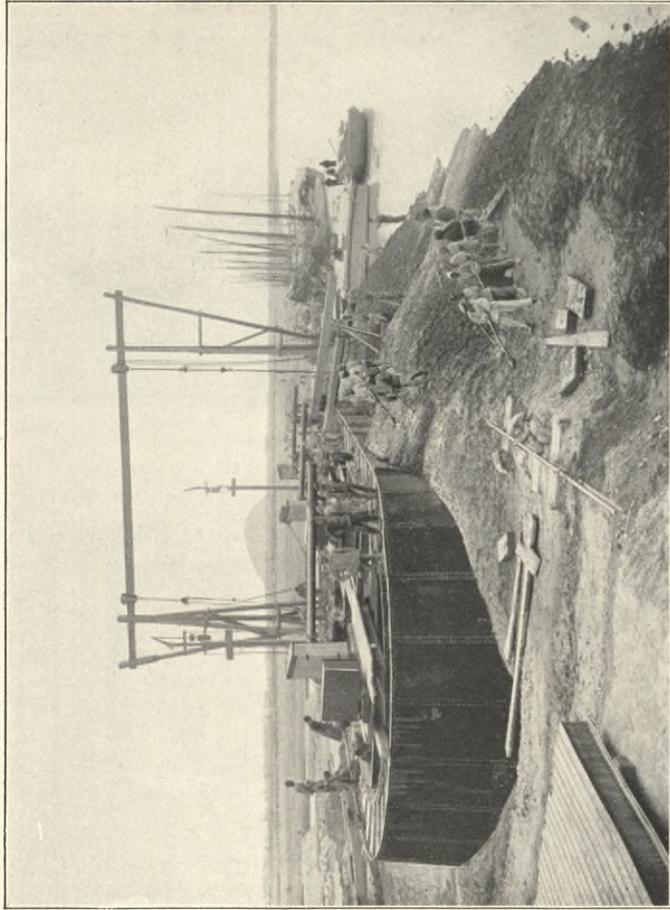


Abb. 79. Pfeiler 4, mit Luftschleusen, fertig zum Versenken.

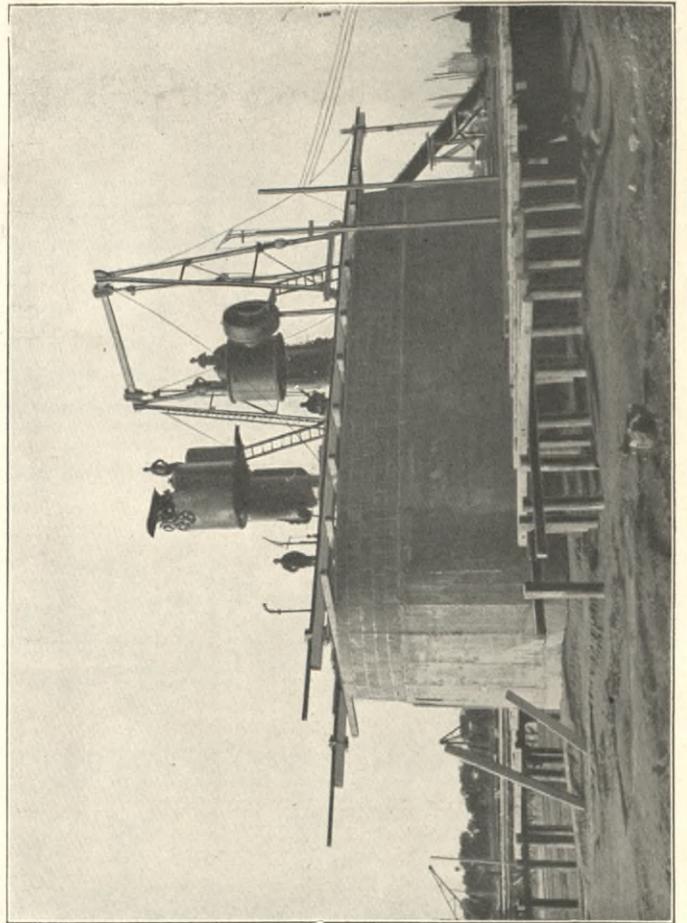


Abb. 80. Oberstes Geschoss des Pfeilers 1.

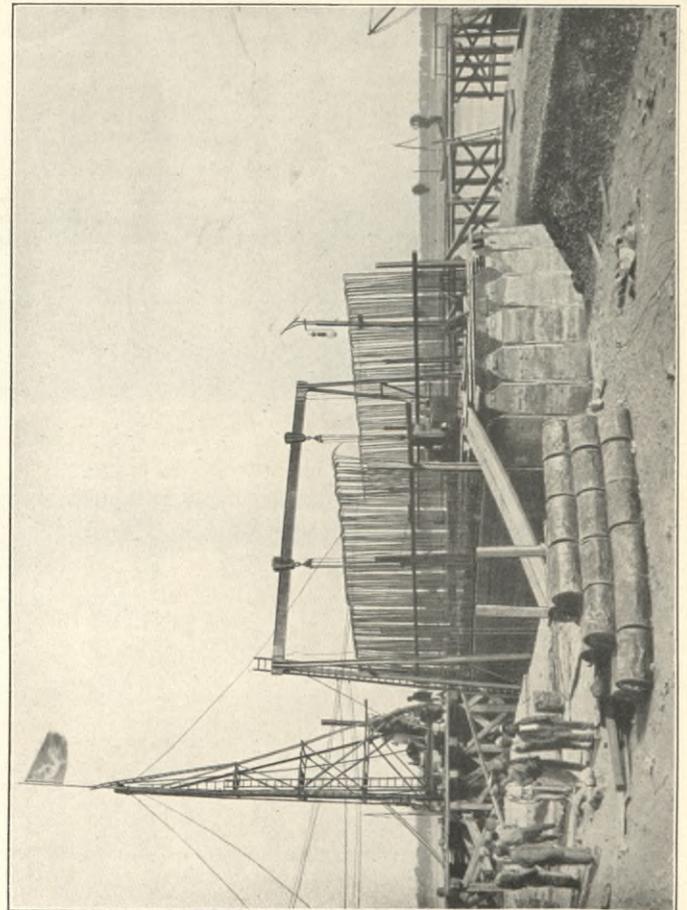


Abb. 86. Gesamtansicht der Brücke.

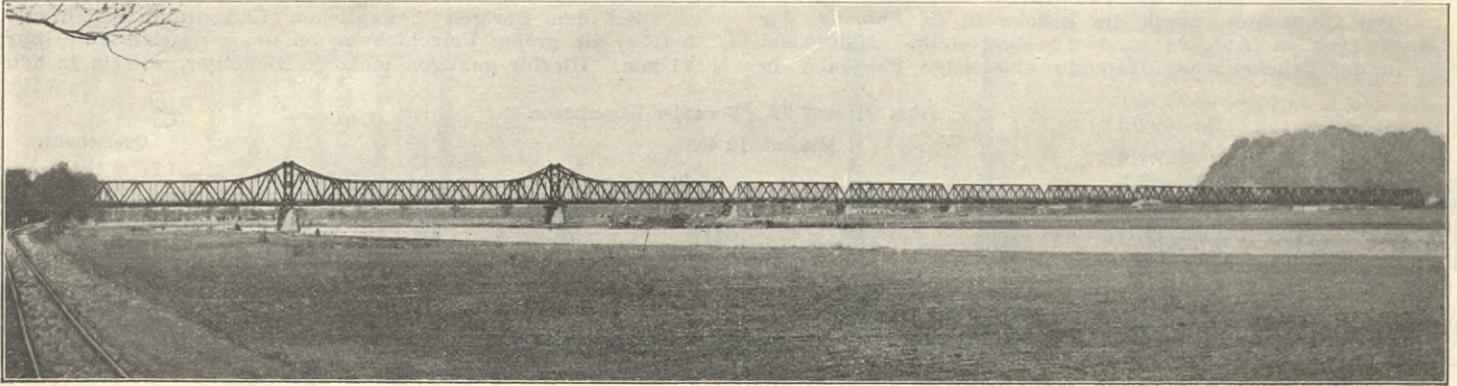


Abb. 87. Normaler Querschnitt.
Maßstab 1 : 60.

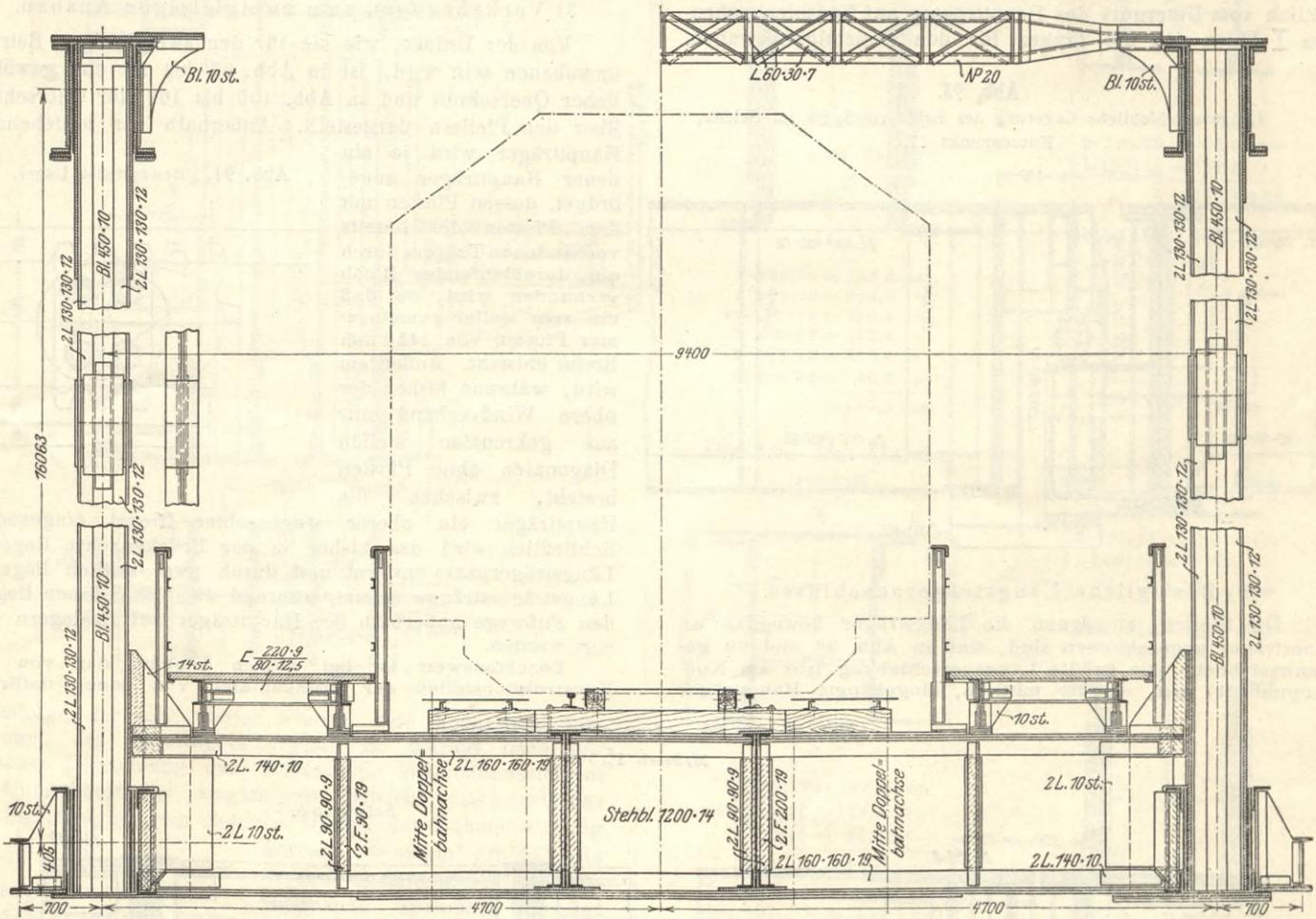
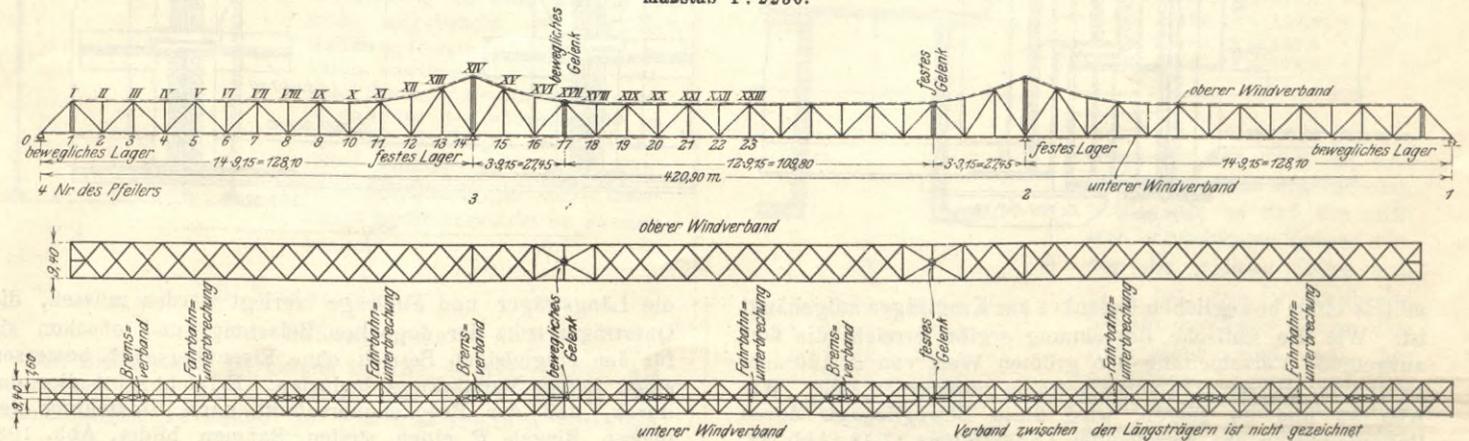


Abb. 88 bis 90. System der Strombrücke und der Windverbände.

Maßstab 1 : 2250.



A) Fahrbahn (einschließlich Fußwege).

1) Fahrbahntafel.

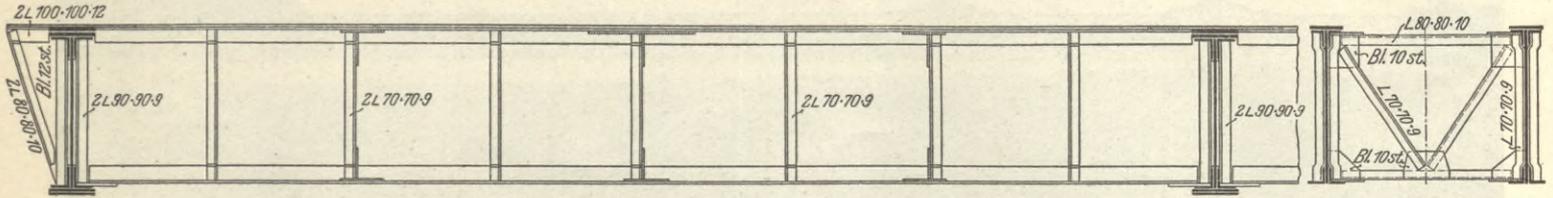
Der Querschnitt durch die Brücke ist in Abb. 87, der Längsträger in Abb. 91 und 92 dargestellt. Man sieht die in der Brückenachse liegende eingeleisige Fahrbahn in

erreicht; die Sicherung gegen Abheben und Kanten ist aus den Abbildungen ohne weitere Erläuterung zu entnehmen.

Bei den übrigen beweglichen Längsträgeranschlüssen beträgt die größte Verschiebung im ungünstigsten Falle nur 21 mm. Hierfür genügen einfache Gleitlager, wie sie in den

Abb. 91 und 92. Normaler Längsträger.

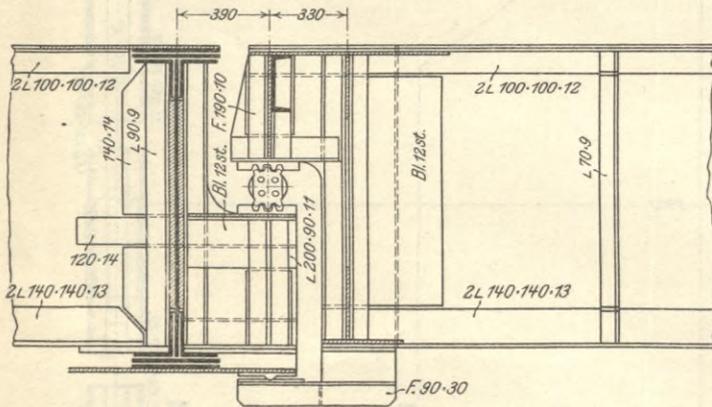
Maßstab 1:60.



üblicher Weise ausgebildet. Seitlich davon ist je ein Fußweg angeordnet, der mit Monierplatten abgedeckt ist. Zwischen den Längsträgern ist ein Verband angeordnet. Die seitlich vom Untergurt des Hauptträgers auf Konsolen ruhenden I-Eisen sind die Träger für den Besichtigungswagen.

Abb. 93.

Längsverschiebbliche Lagerung des Schienenträgers im Gelenk, Knotenpunkt 17.



2) Bewegliche Längsträgeranschlüsse.

Die Stellen, an denen die Längsträger beweglich an Querträger angeschlossen sind, sind in Abb. 88 und 90 gekennzeichnet. Die größte Längsverschiebung tritt am Knotenpunkt 17 auf, wo der mittlere, eingehängte Hauptträger

Abbildungen 95 und 96 für die Längsträger 5-6 und 11-12 (Abb. 88 und 90) dargestellt sind.

3) Vorkehrungen zum zweigleisigen Ausbau.

Von der Brücke, wie sie für den zweigleisigen Betrieb umzubauen sein wird, ist in Abb. 97 bis 99 ein gewöhnlicher Querschnitt und in Abb. 100 bis 102 der Querschnitt über den Pfeilern dargestellt. Außerhalb der bestehenden Hauptträger wird je ein neuer Hauptträger angeordnet, dessen Pfosten mit dem Pfosten des bereits vorhandenen Trägers durch ein durchlaufendes Blech verbunden wird, so daß ein sehr steifer gemeinsamer Pfosten von 1450 mm Breite entsteht. Außerdem wird, während bisher der obere Windverband nur aus gekreuzten steifen Diagonalen ohne Pfosten besteht, zwischen die Hauptträger ein oberer wagerechter Riegel eingezogen. Schließlich wird das bisher in der Brückenachse liegende Längsträgerpaar entfernt und durch zwei seitlich liegende Längsträgerstränge ersetzt, während die bisher innen liegenden Fußwege außerhalb der Hauptträger auf Auslegern verlegt werden.

Beachtenswert ist bei diesem Umbau, daß von den Konstruktionsteilen der Brückentafel, von denen natürlich

Abb. 94. Bewegliches Lager.

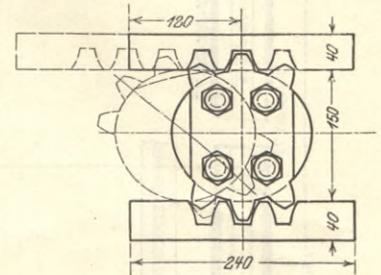
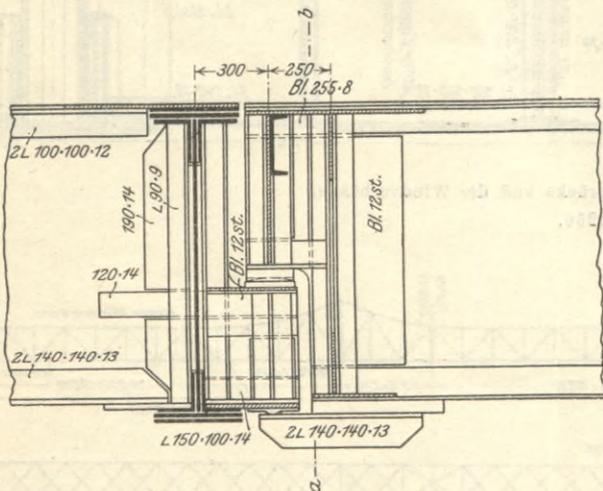
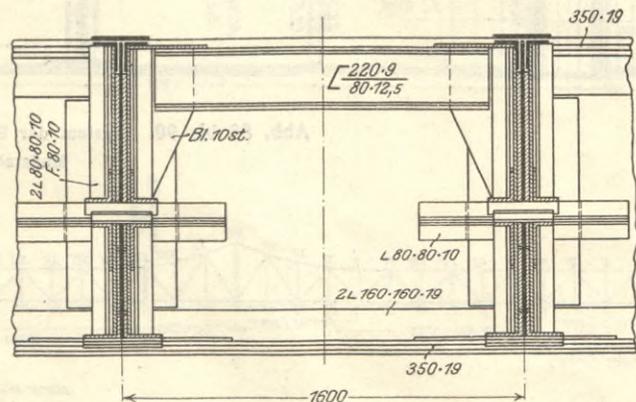


Abb. 95 und 96. Längsträger mit Gleitlager.

Maßstab 1:50.



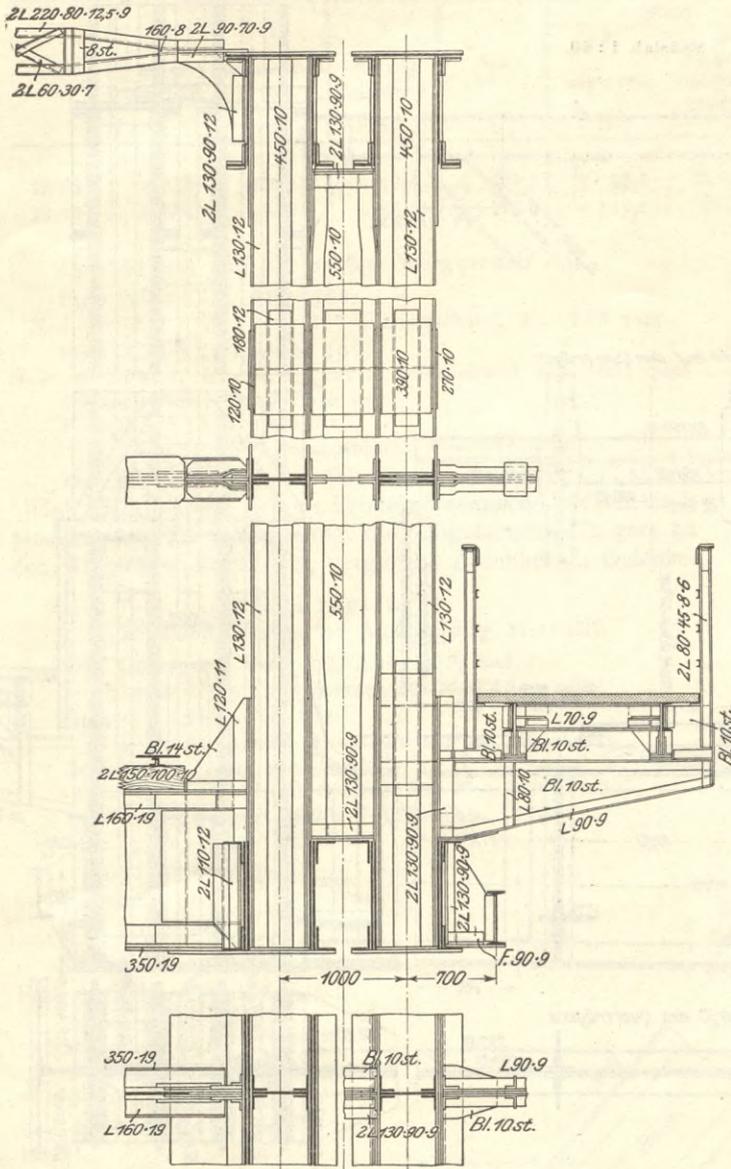
Schnitt a-b.



mittels eines beweglichen Gelenkes am Kragträger aufgehängt ist. Wie die statische Berechnung ergibt, erreicht die dort auftretende Verschiebung den größten Wert von ± 120 mm, so daß im ganzen 240 mm Spielraum vorzusehen sind. Wie Abb. 93 und 94 zeigen, wird diese Beweglichkeit durch Rollenlagerung des betreffenden Längsträgers 17-18 (Abb. 88)

die Längsträger und Fußwege verlegt werden müssen, die Querträger trotz der doppelten Belastung, und obschon sie für den eingeleisigen Betrieb ohne Eisenüberschuß bemessen sind, keiner Verstärkung bedürfen. Erreicht wird dies dadurch, daß der Brückenquerschnitt nach Einziehung des oberen Riegels R einen steifen Rahmen bildet, Abb. 103,

Abb. 97 bis 99. Normaler Querschnitt bei zweigleisigem Ausbau.

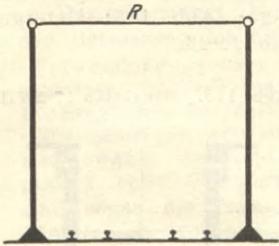


der infolge der sehr steifen Pfosten eine bedeutende Ein-
spannung des Querträgers ergibt. So beträgt nach der
statischen Berechnung das erforderliche Widerstandsmoment
des Querträgers bei eingleisigem Betrieb 25040 cm³, das
sich bei zweigleisigem Betriebe infolge der Rahmenwirkung

nur auf 26600 cm³ erhöht. Die
in den Rahmenpfosten hinein-
kommende Spannung beträgt
790 kg/qcm. Man hat es hier
mit einer mittelbaren Querträger-
verstärkung zu tun, die um so
mehr angebracht ist, als die
Rahmenpfosten infolge des Um-
baues sowieso eine außerordent-
liche Steifigkeit erhalten werden,
so daß nur der obere, leicht zu
befestigende Riegel R als neues
Glied hinzukommen wird, wäh-
rend der Querträger selbst über-
haupt nicht verstärkt zu werden
braucht.

Abb. 103.

Schematischer Brückenquer-
schnitt für zweigleisigen Ausbau.

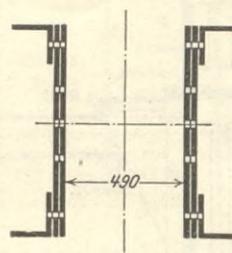


B) Hauptträger.

1) Das Brückennetz.

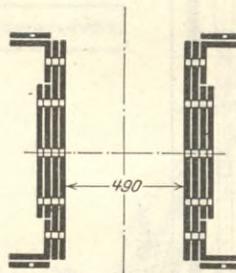
Das Brückennetz ist bereits in Abb. 88 dargestellt. Als
Hauptpunkte sind hervorzuheben, daß die Träger in den
Seitenöffnungen 14 Felder zu 9,15 m = 128,10 m enthalten

Abb. 104. Stab 18-20.
Untergurt.



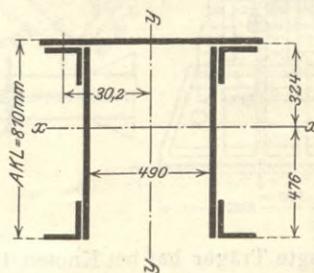
$$\begin{aligned} 2 \cdot 800/15 &= 201,0 \text{ qcm} \\ 2 \cdot 800/20 &= 268,0 \text{ »} \\ 4 L 160/19 &= 210,2 \text{ »} \\ &= 679,2 \text{ qcm} \end{aligned}$$

Abb. 105. Stab 22-23.
Untergurt.



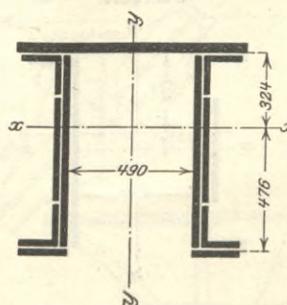
$$\begin{aligned} 2 \cdot 800/20 &= 268,0 \text{ qcm} \\ 2 \cdot 800/20 &= 268,0 \text{ »} \\ 4 L 160/19 &= 210,2 \text{ »} \\ 2 \cdot 480/19 &= 152,8 \text{ »} \\ 2 \cdot 480/19 &= 152,8 \text{ »} \\ 4 \cdot 160/18 &= 96,5 \text{ »} \\ &= 1148,3 \text{ qcm} \end{aligned}$$

Abb. 106. Stab XVII-XIX.
Obergurt.



$$\begin{aligned} 2 \cdot 800/12 &= 192,0 \text{ qcm} \\ 4 L 160/15 &= 184,4 \text{ »} \\ 1 \cdot 870/10 &= 87,0 \text{ »} \\ &= 463,4 \text{ qcm} \end{aligned}$$

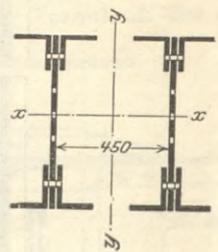
Abb. 107. Stab XXI-XXIII.
Obergurt.



$$\begin{aligned} 2 \cdot 800/20 &= 320,0 \text{ qcm} \\ 4 L 160/19 &= 230,0 \text{ »} \\ 1 \cdot 870/32 &= 278,4 \text{ »} \\ 2 \cdot 180/22 &= 79,2 \text{ »} \\ 2 \cdot 480/19 &= 182,4 \text{ »} \\ &= 1090,0 \text{ qcm} \end{aligned}$$

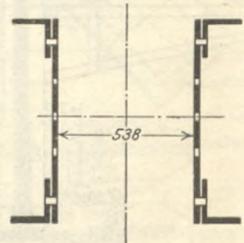
und in die Mittelöffnung um
drei Felder zu je 9,15 m =
27,45 m hineinragen. Für den
eingehängten Träger bleibt
somit eine Spannweite von
164,70 - 2 · 27,45 = 109,80 m
übrig, die in 12 Felder zu
9,15 m eingeteilt ist. Die
Trägerhöhe der Seitenöffnun-
gen beträgt in den ersten 10
landseitigen Feldern durch-

Abb. 108. Stab XVII-18.
Diagonale.



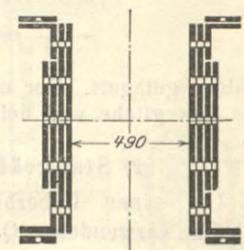
$$\begin{aligned} 2 \cdot 700/20 &= 228,0 \text{ qcm} \\ 8 L 150/16 &= 332,3 \text{ »} \\ &= 560,3 \text{ qcm} \end{aligned}$$

Abb. 109. Stab 0-2.
Untergurt.



$$\begin{aligned} 2 \cdot 800/16 &= 214,4 \text{ qcm} \\ 4 L 160/19 &= 210,2 \text{ »} \\ &= 424,6 \text{ qcm} \end{aligned}$$

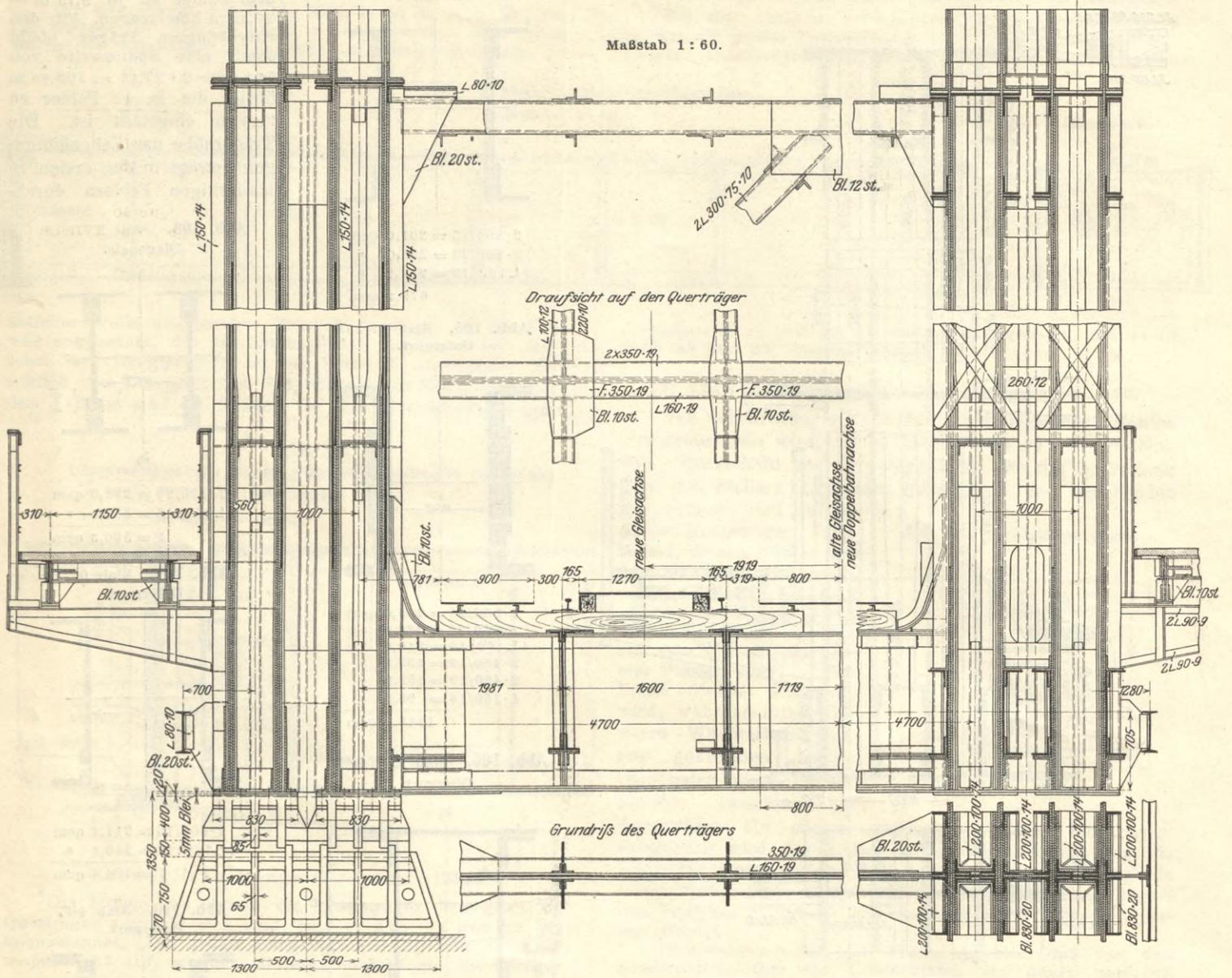
Abb. 110. Stab 4-6.
Untergurt.



$$\begin{aligned} 2 \cdot 800/20 &= 268,0 \text{ qcm} \\ 2 \cdot 800/20 &= 268,0 \text{ »} \\ 4 L 160/19 &= 210,2 \text{ »} \\ 2 \cdot 480/19 &= 152,8 \text{ »} \\ 2 \cdot 480/19 &= 152,8 \text{ »} \\ 4 \cdot 160/24 &= 128,6 \text{ »} \\ &= 1180,4 \text{ qcm} \end{aligned}$$

weg 11 m. Nach den Pfeilern
steigt sie auf 20 m an und
fällt nach der Mittelöffnung
wieder ab, so daß der mitt-
lere, eingehängte Träger wie-
der die gleiche Höhe von
11 m hat. Die Brückenbreite
beträgt durchweg 9,40 m. Die
Kragträger sind mit be-
weglichen Lagern auf den
landseitigen und mit festen
Lagern auf den stromseitigen

Abb. 100 bis 102. Querschnitte der Stromöffnungen. Querrahmen über den Pfeilern bei zweigleisigem Ausbau.

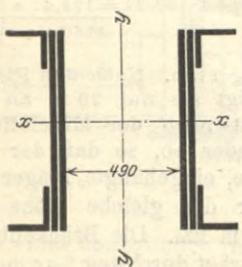


Pfeilern gelagert. Der eingehängte Träger hat bei Knoten 17 eine bewegliche und bei Knoten 29 eine feste Stützung.

2) Stabkräfte und -querschnitte.

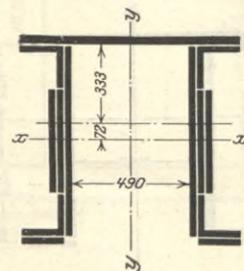
Um einen Ueberblick über die auftretenden Kräfte und die verwendeten Querschnitte zu geben, sind in Zusammenstellung 4 und Abb. 104 bis 115 einige Stäbe wiedergegeben. (Hinsicht-

Abb. 111. Stab 14-16. Untergurt.



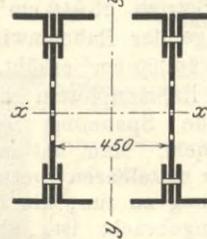
$2 \cdot 800/20 = 320,0 \text{ qcm}$
 $2 \cdot 800/10 = 160,0 \text{ »}$
 $4 \text{ L } 160:19 = 230,0 \text{ »}$
 $F = 710,0 \text{ qcm}$

Abb. 112. Stab V-VII. Obergurt.



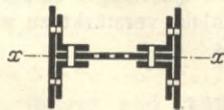
$2 \cdot 800/20 = 320,0 \text{ qcm}$
 $4 \text{ L } 160:19 = 230,0 \text{ »}$
 $2 \cdot 480/19 = 182,0 \text{ »}$
 $2 \cdot 480/12 = 115,2 \text{ »}$
 $870/30 = 261,0 \text{ »}$
 $2 \cdot 180/17 = 61,2 \text{ »}$
 $F = 1169,4 \text{ qcm}$

Abb. 113. Stab 12-XIII. Diagonale.



$2 \cdot 700/20 = 228,0 \text{ qcm}$
 $8 \text{ L } 150:18 = 370,6 \text{ »}$
 $F = 598,6 \text{ qcm}$

Abb. 114. Stab XII 12. Pfosten.



$450/10 = 33,0 \text{ qcm}$
 $4 \text{ L } 130:12 = 108,5 \text{ »}$
 $2 \cdot 340/18 = 105,1 \text{ »}$
 $F = 246,6 \text{ qcm}$

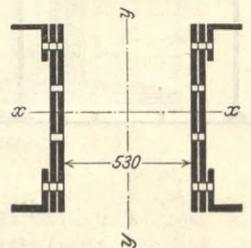
lich der Stabbezeichnung s. Abb. 88.)

a) Eingehängter Träger (Stützweite 109,80 m).

Zusammenstellung 4 enthält die Angaben für die Untergurtstäbe 18-20 und 22-23.

Abb. 104: Untergurt Stab 18-20; Abb. 105: Untergurt Stab 22-23.

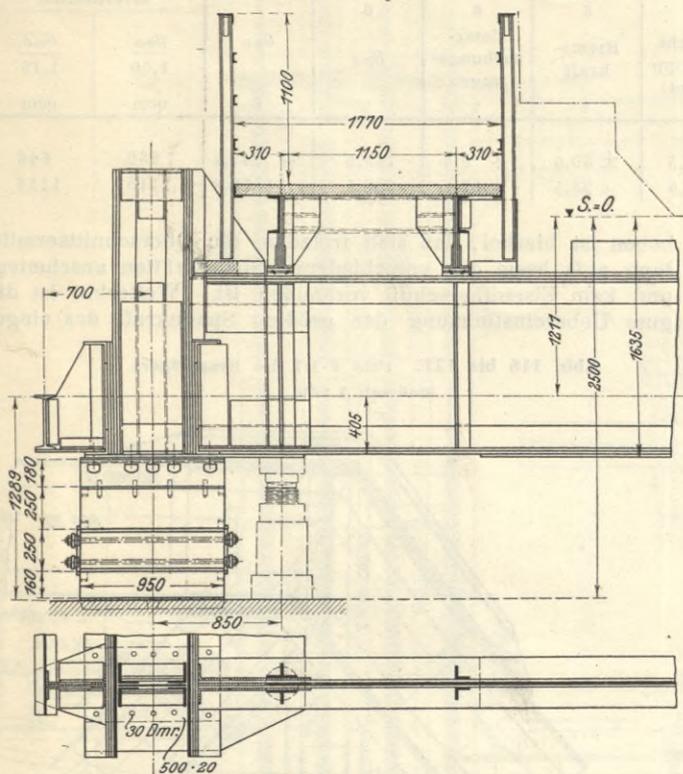
Abb. 115. Hängestab 17-XVII.



$4 \cdot 700/15 = 357,6 \text{ qcm}$
 $4 \text{ L } 150:14 = 145,4 \text{ »}$
 $503,0 \text{ qcm}$

Abb. 122 und 123.

Querschnitt durch den Endquerträger und Schnitt durch den Untergurt.
Maßstab 1 : 50.



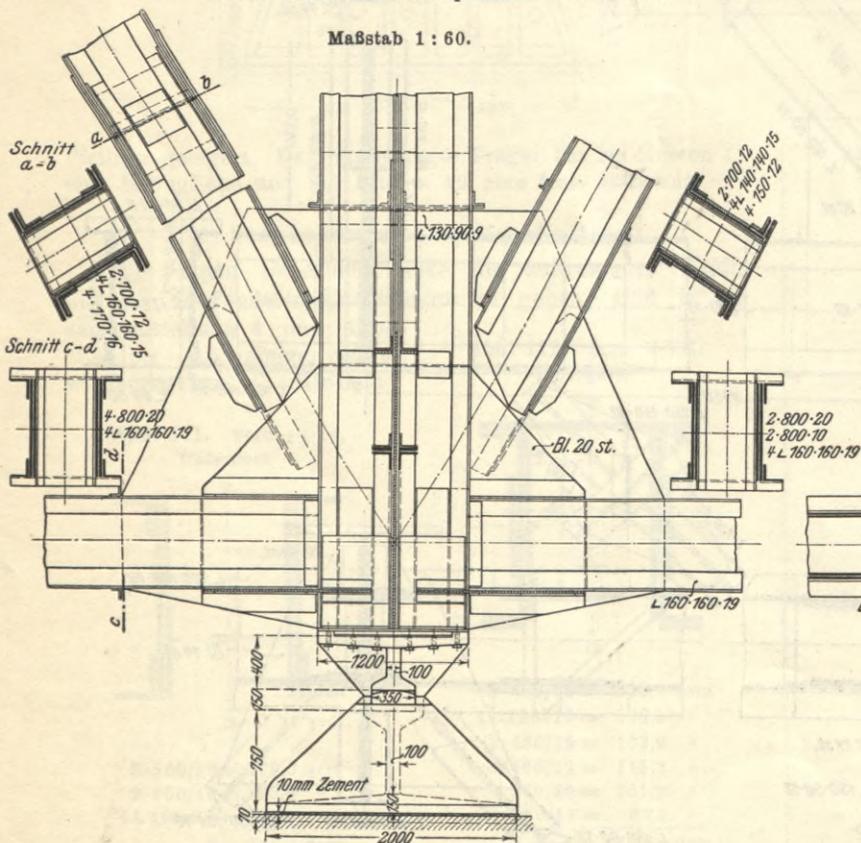
hängten Trägers 1317 t mit der des Kragträgers 1342 t beachtenswert, was als Beweis für die richtige Wahl der Lage der Gelenke sowie des Trägernetzes gelten kann.

3) Konstruktionseinzelheiten.

Als Beispiel für die Knotenpunktbildung ist in Abb. 116 bis 121 zunächst das Feld 0-1-I des Kragträgers in Ansicht und Grundriß und in Abb. 122 und 123 der Quer-

Abb. 124 bis 128. Stützpfosten. Unterer Teil.

Maßstab 1 : 60.



schnitt im Knotenpunkt 0 des Kragträgers dargestellt. Abb. 124 bis 129 geben den unteren Teil der Stützpfosten des Kragträgers wieder.

4) Gelenke.

Der eingehängte Träger wird auf den Kragträgern so gelagert, daß der letzte Pfosten des Kragträgers in seinem Innern eine Pendelstütze trägt, deren oberes Ende den ersten oberen Knotenpunkt des eingehängten Trägers stützt. In den Abbildungen 130 bis 136 ist die Pendelstütze mit ihren Lagerkörpern, in Abb. 137 bis 145 das Gelenk am Knotenpunkt XVII dargestellt.

5) Vorkehrungen zum zweigleisigen Ausbau.

Wie bereits erwähnt, wird die Brücke dadurch für zweigleisigen Betrieb umgebaut, daß seitlich von den bestehenden Hauptträgern je ein neuer Hauptträger aufgestellt und mit seinem Nachbarträger durch ein fortlaufendes Blech zu einem Ganzen verbunden wird. Außerdem werden die Tragwände durch obere Riegel R, vergl. Abb. 103, miteinander verbunden, so daß der Brückenquerschnitt als geschlossener Rahmen wirkt. Die zur Aufnahme dieser oberen Riegel dienenden Anschlüsse werden von vornherein mit den Hauptträgern mitgeliefert. Beim späteren Ausbau der Brücke brauchen also nur die oberen Riegel hinzugefügt zu werden.

C) Verbände.

Die Anordnung der Verbände ist aus der Uebersichtszeichnung Abb. 88 zu ersehen. Dasselbst sind auch die Stellen zu entnehmen, an denen Bremsverbände eingelegt sind. Von den konstruktiv bemerkenswerten Punkten sind die Gelenkanschlüsse des unteren Windverbandes des eingehängten Trägers an den Windverband des Kragträgers dargestellt, und zwar in Abb. 146 und 147 das bewegliche und in Abb. 148 und 149 das feste Gelenk.

D) Querrahmen.

Querrahmen sind an den Knoten 1 und 14 des Kragträgers eingebaut. Für den Rahmen an der Stelle 14 ist die in Abb. 150 dargestellte Bauart gewählt. Die konstruktive Durchbildung des oberen und unteren Teiles dieses Rahmens zeigen die Abbildungen 151 bis 156. Die Seitenansicht ist bereits in Abb. 124 bis 129 dargestellt.

E) Lager.

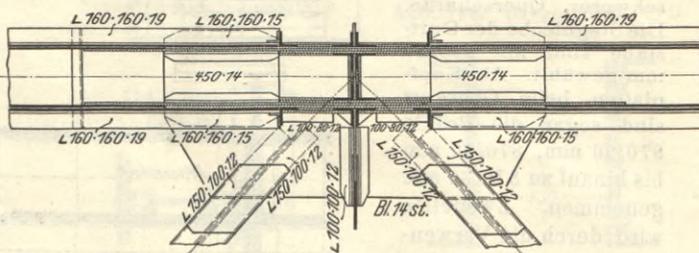
Die Ausbildung der Lager geht aus den Abbildungen 116, 122, 128 und 155 hervor, die auch zeigen, daß die Lager von vornherein für den zweigleisigen Ausbau der Brücke eingerichtet sind.

F) Besichtigungswagen.

Die Träger für den Besichtigungswagen sind bereits in den Querschnittzeichnungen der Brücke dargestellt. Aus den Abbildungen 157 bis 161 ist der Wagen selbst zu ersehen. Für seinen Antrieb ist in seiner Mitte eine Winde aufgestellt, die mittels Welle und Kette die Kraft auf die Laufräder überträgt.

Abb. 129.

Schnitt durch den Untergurt des Stützpfostens mit unterer Verspannung.



Aufstellarbeiten.

Die Aufstellung der Flutbrücken bot im allgemeinen nichts Besonderes. Sie wurden auf festen Gerüsten, zum Teil unter Verwendung eiserner Hilfsbrücken, mittels

Abb. 130 bis 136. Pendelstütze im Kragträger.

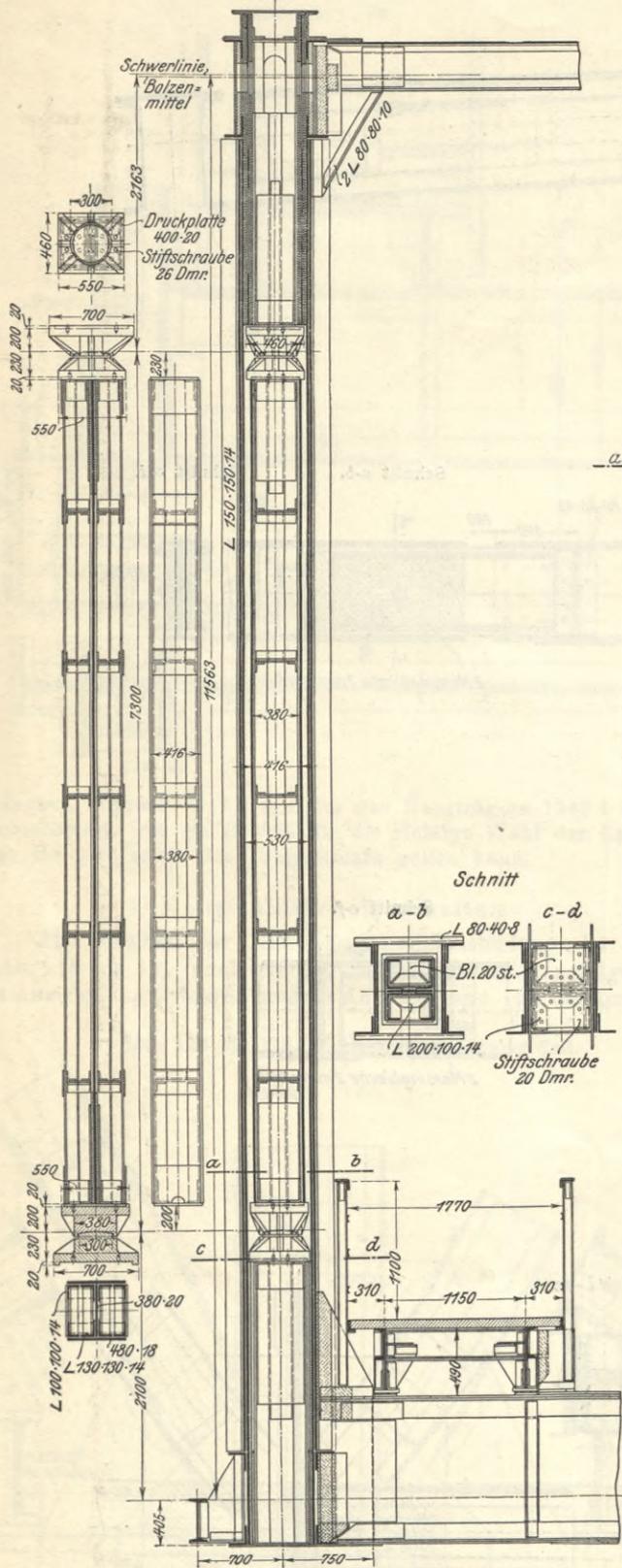
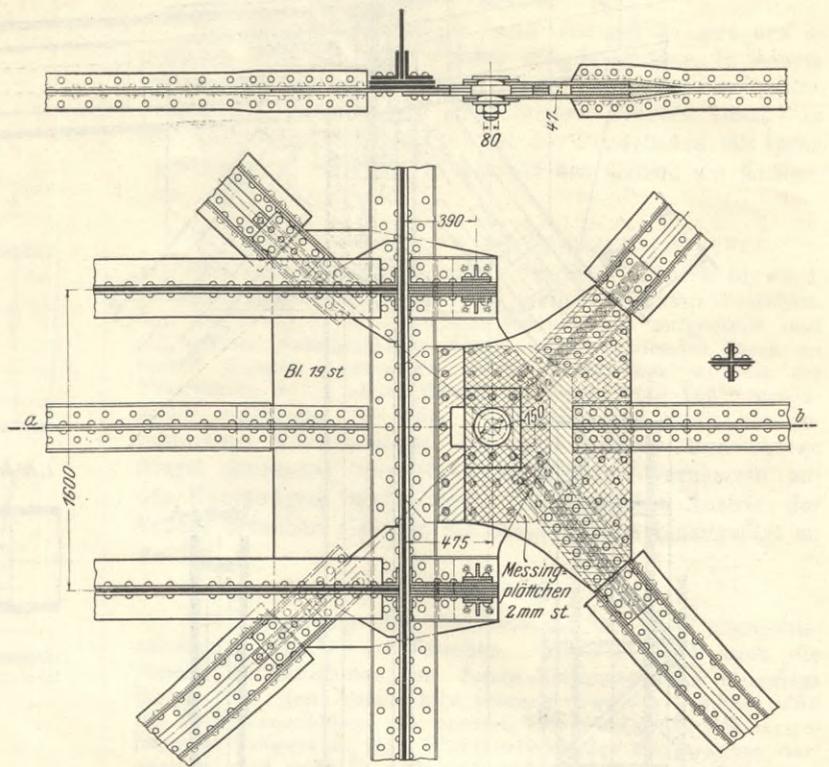


Abb. 146 und 147. Bewegliches Gelenk des unteren Windverbandes.

Maßstab 1 : 40.

Schnitt a-b.

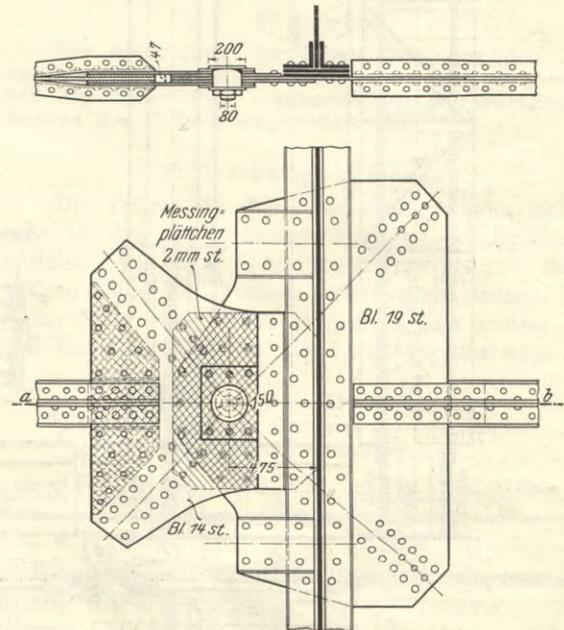


Pylonen und der diesen zunächst gelegenen Obergurtstäbe und Diagonalen bediente man sich eines besonderen Kranes, weil die Abmessungen und damit das Gewicht des Auslegerkranes zu wichtig geworden wäre, wenn man ihn auch zum Heben auf diese außergewöhnlichen Höhen eingerichtet hätte.

Abb. 148 und 149. Festes Gelenk des unteren Windverbandes.

Maßstab 1 : 40.

Schnitt a-b.



eines die Eisenkonstruktion umspannenden Montierwagens zusammengesetzt. Das Eisenwerk der Strombrücke wurde in den beiden Außenöffnungen ebenfalls auf festen Gerüsten, die unter Zuhilfenahme eiserner Rüstbrücken aufgestellt waren, eingebaut. Zum Einsetzen der Konstruktionsglieder diente ein Bockkran, der die ganze Breite der Brücke umfaßte. Die Obergurtstäbe des ansteigenden Teiles, die mit dem Bockkran nicht mehr eingesetzt werden konnten, weil seine Höhe zu gering war, wurden mit Hilfe eines Auslegerkranes, der auch später für den freien Einbau der Mittelöffnung Verwendung fand, eingebracht. Zur Aufstellung der

Für die Mittelöffnung mußte der freie Vorbau gewählt werden, da der Einbau fester Gerüste in dem leicht beweglichen Boden des Flusses vermutlich zu Auskolkungen und infolgedessen zu einer Gefährdung der Rüstung selber Anlaß gegeben hätte.

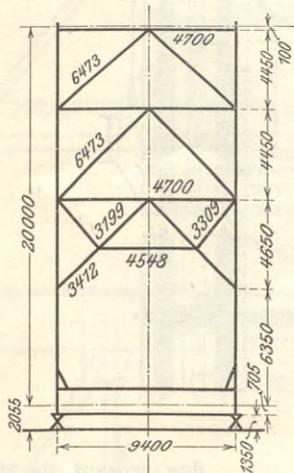
Der Vorbau der Mittelöffnung ging gleichzeitig von den Pfeilern 2 und 3 gegen die Mitte vor sich. Zum Einsetzen

Abb. 151 bis 154. Querrahmen bei 14. Oberer Teil.

der einzelnen Konstruktionsglieder diente ein fahrbarer Auslegerkran, der sich auf umsetzbaren Trägern zwischen den beiden Haupttragwänden bewegte. Dieser Kran hatte bei 10 m Ausladung 12 t Tragfähigkeit und war während des Vorbaues verankert; nach Fertigstellung eines jeden Faches wurde er wieder an die Spitze vorgeschoben.

Nachdem die Aufstellarbeiten drei Fache über den Pfeiler vorgeschritten und an der Spitze die Pendelstützen eingebaut waren, mußten die Gelenke zeitweilig geschlossen werden, damit beim weiteren Vorbau bis zur Mitte Krag- und Mittelträger als ein Ausleger wirkten. Dies erreichte man dadurch, daß an den Gelenkpunkten in den Gurtungen Gelenkstücke aus

Abb. 150.
Portal am Knotenpunkt 14.
Maßstab 1 : 400.



Stahl eingebaut wurden, die durch unmittelbare Berührungsübertragung mittels eingeschobener Keile die auftretenden Kräfte weiterzuleiten hatten. Die auf einen Keil wirkende größte Druckbelastung betrug 702 t. Die eingeschobenen Keile in Verbindung mit den Wasserdruckpressen bei den Gelenkstücken hatten noch einen weiteren Zweck; sie ermöglichten ein Heben und Senken der freischwebenden Enden und gestatteten auch, den über Pfeiler 2 vorkragenden Teil des Mittelträgers parallel zu verschieben, womit kleine Fehler, die in der Längenmessung gemacht wurden, oder Streckungen infolge des Nietens ausgeglichen werden konnten. Pressen und Keile dienten auch zur Regelung für den Fall, daß die Temperatur beim Schließen des Trägers von

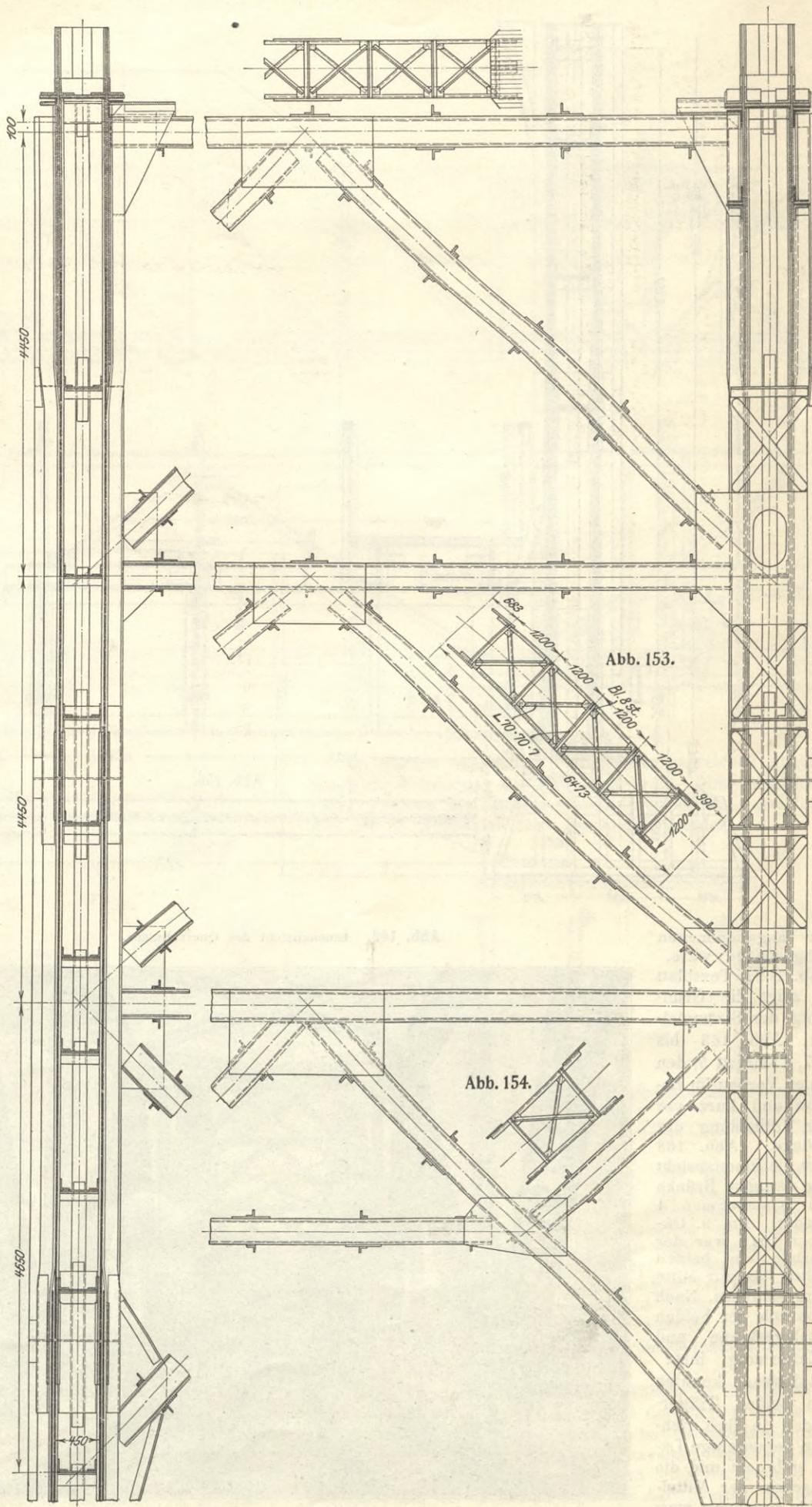
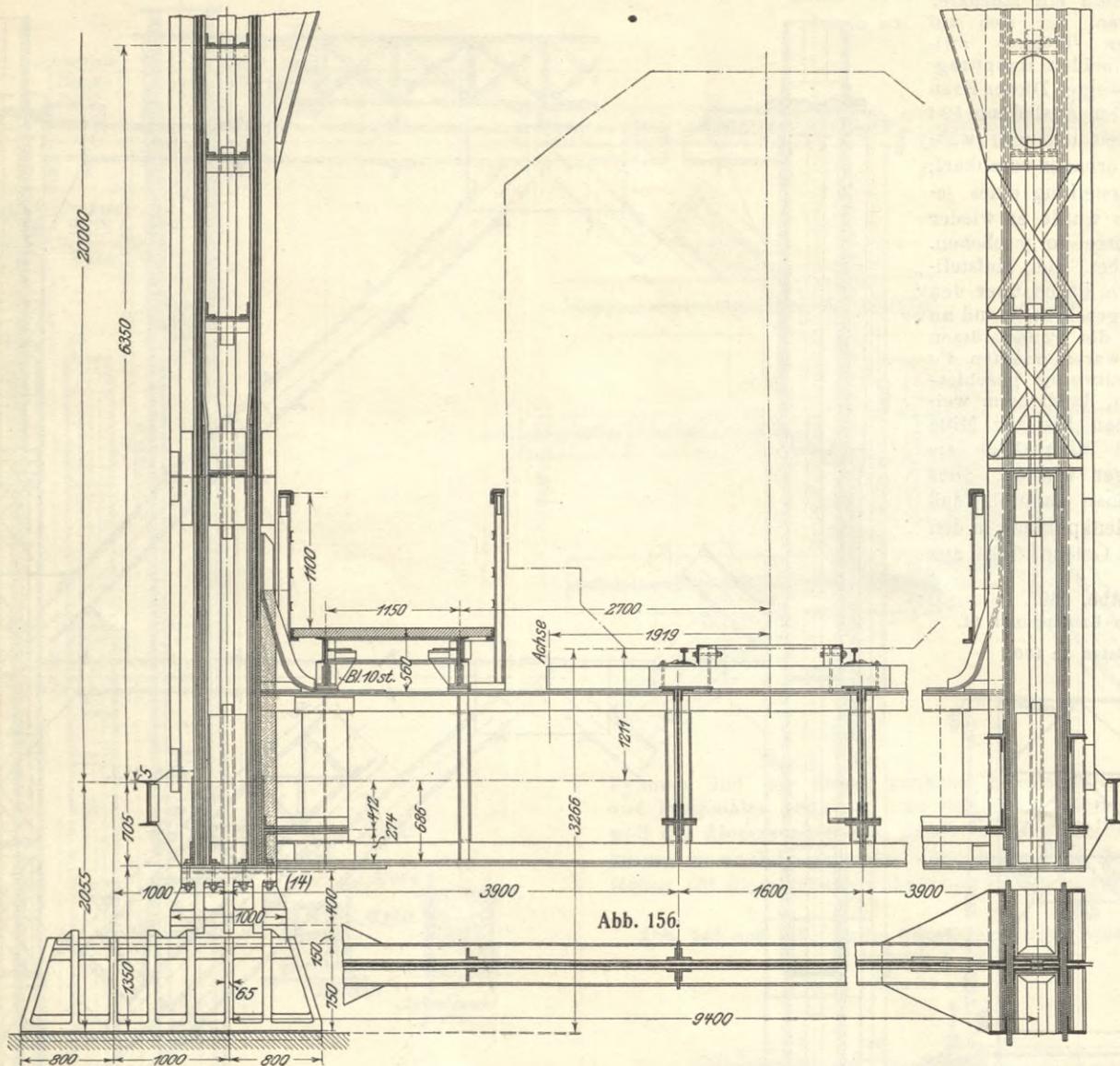
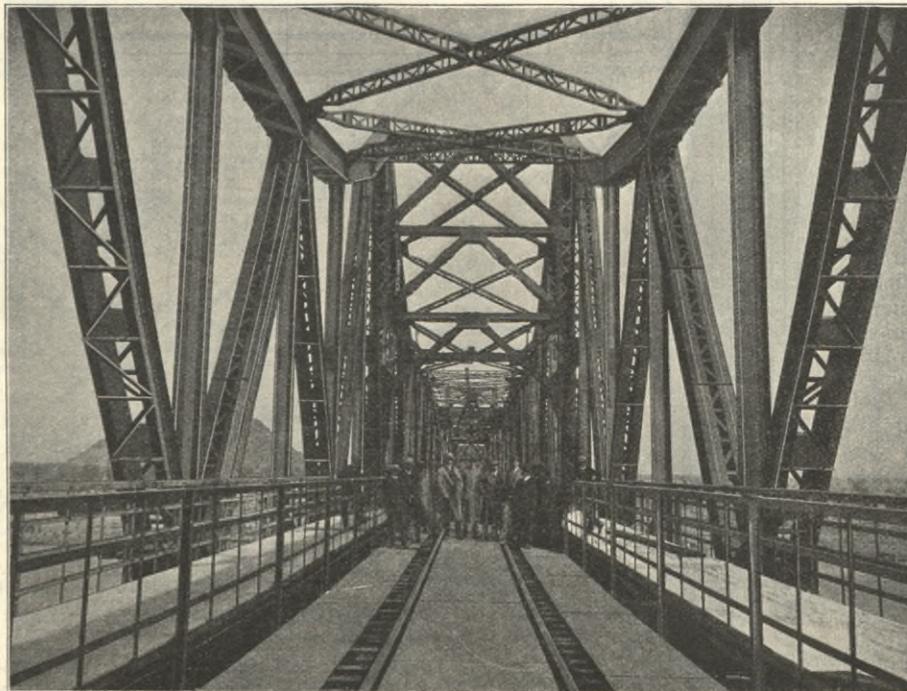


Abb. 155 und 156. Querrahmen. Unterer Teil.



der angenommenen abgewichen wäre. Abb. 162, Textblatt 5, zeigt die Gründung der Strompfeiler, Abb. 163 bis 167, Textblatt 5, den freien Vorbau im Beginn und kurz vor der Vollendung der Brücke. Abb. 168 gibt die Innenansicht der fertigen Brücke am Querrahmen 4 wieder. Am 9. Oktober 1912 war der Vorbau von beiden Seiten bis zur Mitte vorgeschritten. Nach Abbruch der beiden Auslegerkrane und Entfernung ihrer Laufbahnen konnten die beiden Trägerenden in ihre richtige gegenseitige Lage gebracht und die Laschen der Mittelstöße angebohrt wer-

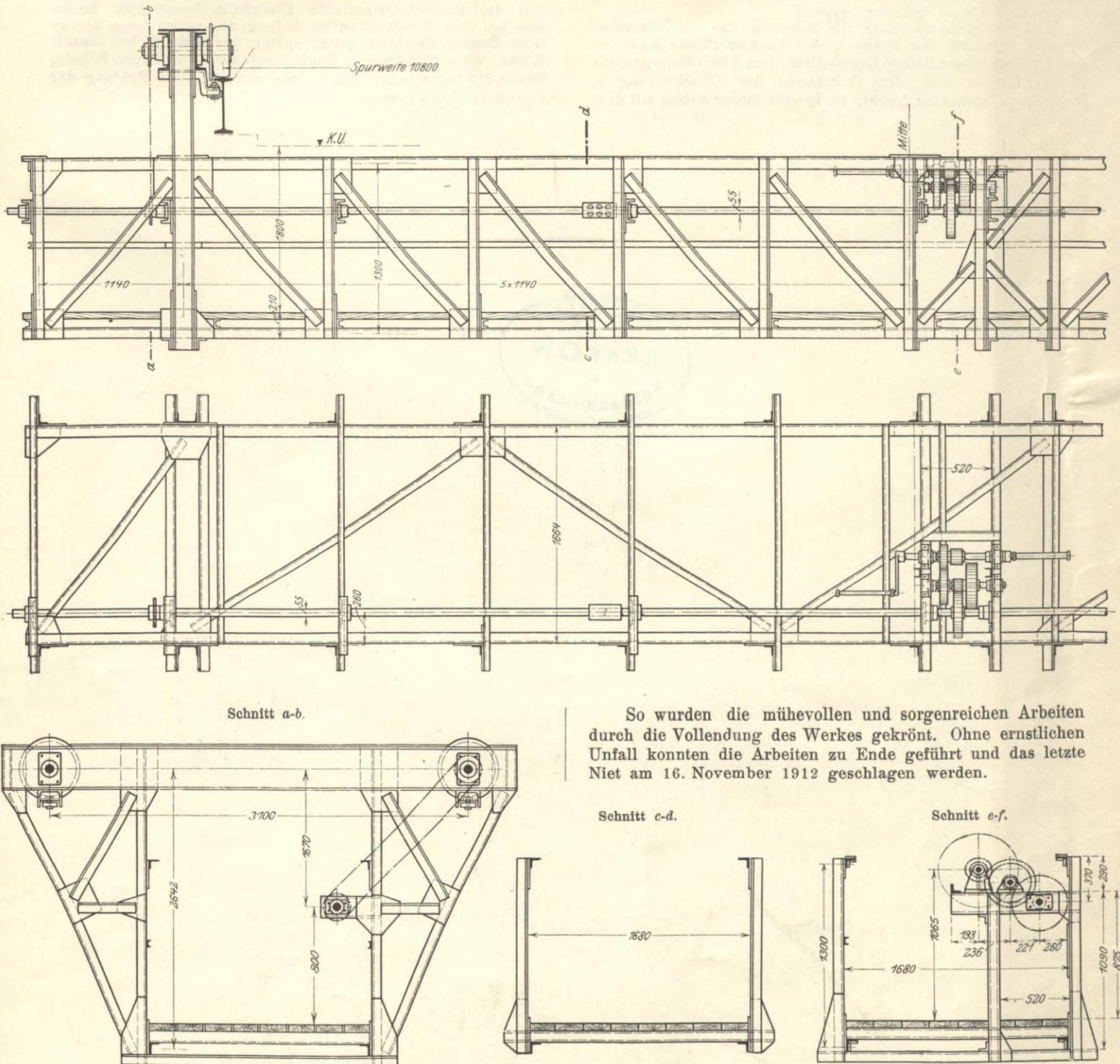
Abb. 168. Innenansicht des Querrahmens.



den, worauf die Mittelstöße selbst vernietet und die Gelenke an den Kragträgern eingeschaltet wurden.

Mit großer Spannung wurde der Bau von der gesamten Bevölkerung Ost-Asiens verfolgt, und aus den zweifelnden Mienen manches chinesischen Besuchers konnte man lesen, daß er von einem Gelingen des Werkes nicht überzeugt war. In seinen Augen lag vielleicht das Hochwasser des Jahres 1910, das höchste, das während der Bauzeit auftrat, und das nur um einen Meter gegen das jemals beobachtete höchste Hochwasser zurückblieb, ein Ver-

Abb. 157 bis 161. Besichtigungswagen.



So wurden die mühevollen und sorgenreichen Arbeiten durch die Vollendung des Werkes gekrönt. Ohne ernstlichen Unfall konnten die Arbeiten zu Ende geführt und das letzte Niet am 16. November 1912 geschlagen werden.

such des Tai-Wang, des Flußgottes, gewesen sein, die ihm lästigen Fesseln abzuschütteln. Er sah vielleicht auch die Hand dieses Geistes wirken, als bald darauf Mitte Januar 1911 ein Eistreiben von außergewöhnlicher Mächtigkeit einsetzte, das bald zum Stehen kam und den Fluß bis zum letzten Februar mit einer Eisdecke überzog, die mächtig genug war, den Personen- und Karrenverkehr zu tragen. Der lange Winter war jedenfalls für die Breite, auf der die Baustelle liegt — etwa die Höhe von Algier und Tunis —, eine ungewöhnliche Erscheinung, und bange Sorgen erfüllten zu jener Zeit die Bauleitung für das im Strome stehende Gerüst des Pfeilers 2, an dem der Senkkasten hing. Aber Hochwasser und Eis haben dem im Entstehen begriffenen Werke keinen nennenswerten Schaden zugefügt. Sie waren ihm eher förderlich; denn sie gaben Gelegenheit, die Stromverhältnisse noch eingehender kennen zu lernen und die gewonnenen Erfahrungen in der Folge zu berücksichtigen.

Hervorzuheben sind die Worte, die der chinesische Verkehrsminister Chu Chi Chien bei der Feier aus Anlaß des Schlagens dieses letzten Nietes gebrauchte: Möge die gewaltige Brücke, die selbst ein Sinnbild der modernen Technik und des Fortschrittes ist, mit dazu beitragen, eben dieser modernen Technik und neuem, frischem geistigem Leben in China immer weiteren Eingang zu verschaffen, zum Segen der Republik, in deren ersten Jahren sie vollendet wurde, und zum Segen aller ihrer Bewohner.

Die Baukosten dieses gewaltigen Brückenbaues betragen 12 Mill. M.

Die Aufstellung der gesamten Entwürfe zu dem Brückenbau, die Gründung und den Aufbau der Pfeiler, sowie die Aufstellung der eisernen Ueberbauten hat die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. Werk Gustavsburg bewirkt, während die Eisenkonstruktionen etwa zu gleichen Teilen von diesem Werk, der Gutehoffnungshütte Aktienverein für Bergbau und Hüttenbetrieb in Oberhausen und der Deutsch-

Luxemburgischen Bergwerks- und Hütten-A.-G., Abteilung Dortmund Union, geliefert wurden.

Die Oberaufsicht über die Arbeiten der ausführenden Firma unterstand den Beamten der Tientsin-Pukow-Bahn — dem Chefindgenieur Baurat Dorpmüller, dem Vize-Chefindgenieur Baurat Linow und dem Vorstände der Bauabteilung 5, Regierungsbaumeister Lucht, die in einmütiger Arbeit mit dem

ausführenden Werk den großen Bau zustande gebracht haben. Für die Deutsch-Chinesische Eisenbahn Gesellschaft Berlin war bei dem Brückenbau zu Anfang der verstorbene Königliche Baurat Gaedertz tätig, später der Königliche Baurat Kloke. Dem Mitverfasser Regierungsbaumeister Bruno Schulz, Berlin-Halensee, war, wie bereits erwähnt, die Prüfung der Entwürfe übertragen.



Bruno Schulz: Die Hoangho-Brücke.

Abb. 162. Gründung der Pfeiler.



Abb. 163. Gerüst für die Flutbrücken.

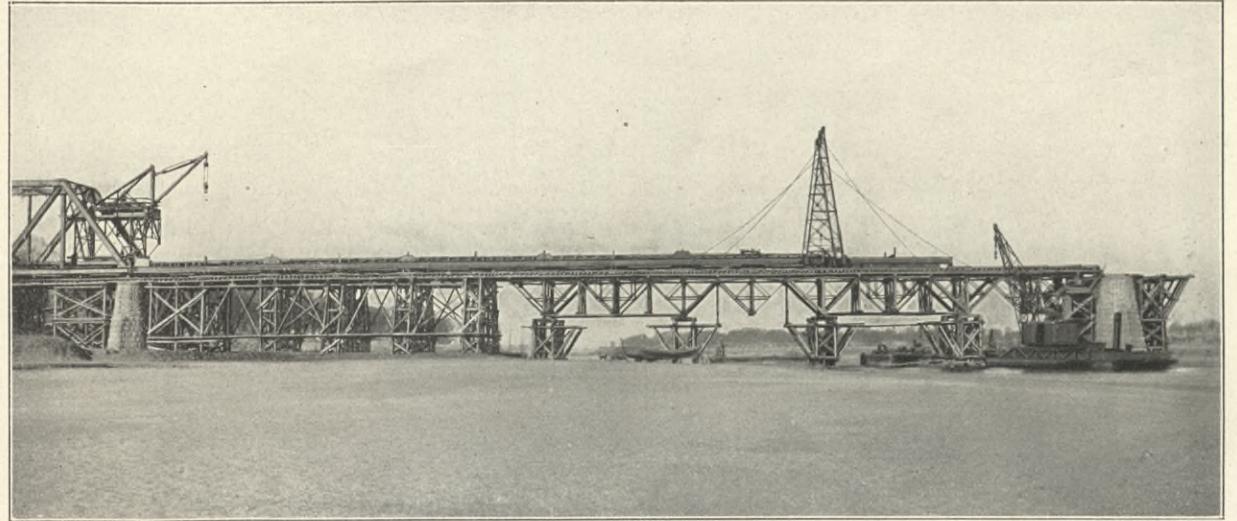


Abb. 164. Aufstellung des Querrahmens über Pfeiler 3.

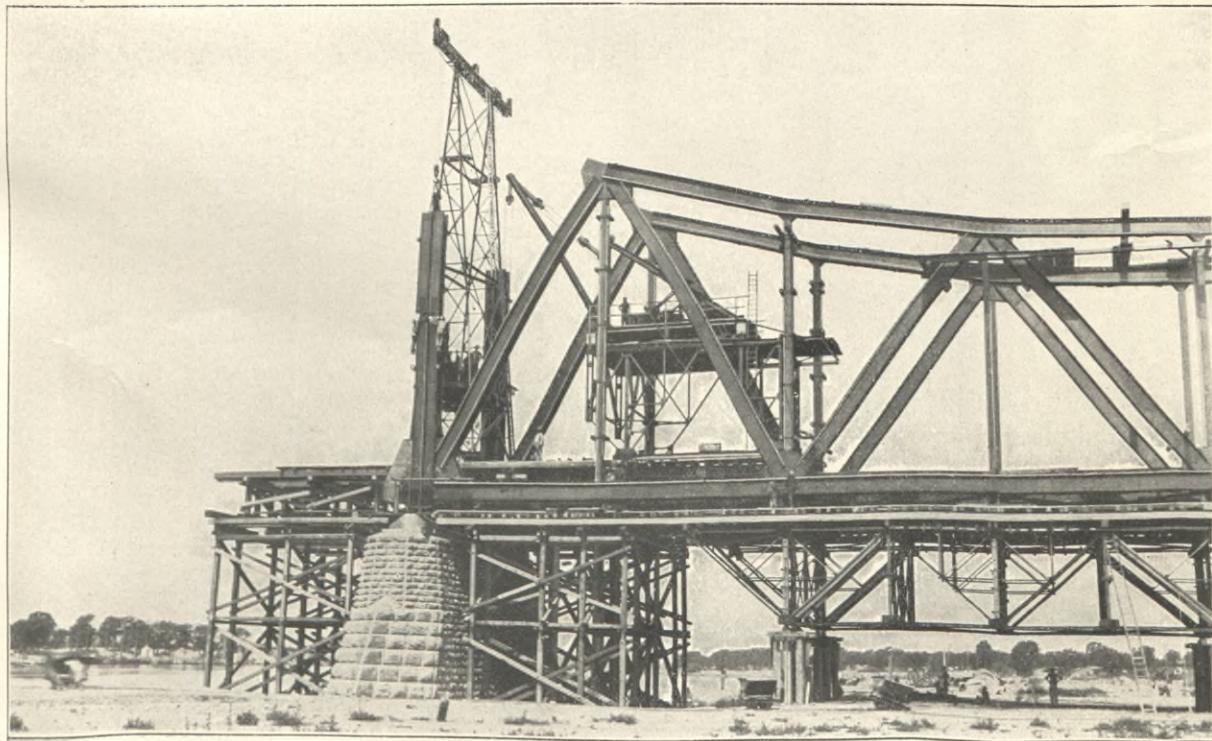


Abb. 166. Beginn des freien Vorbaues.

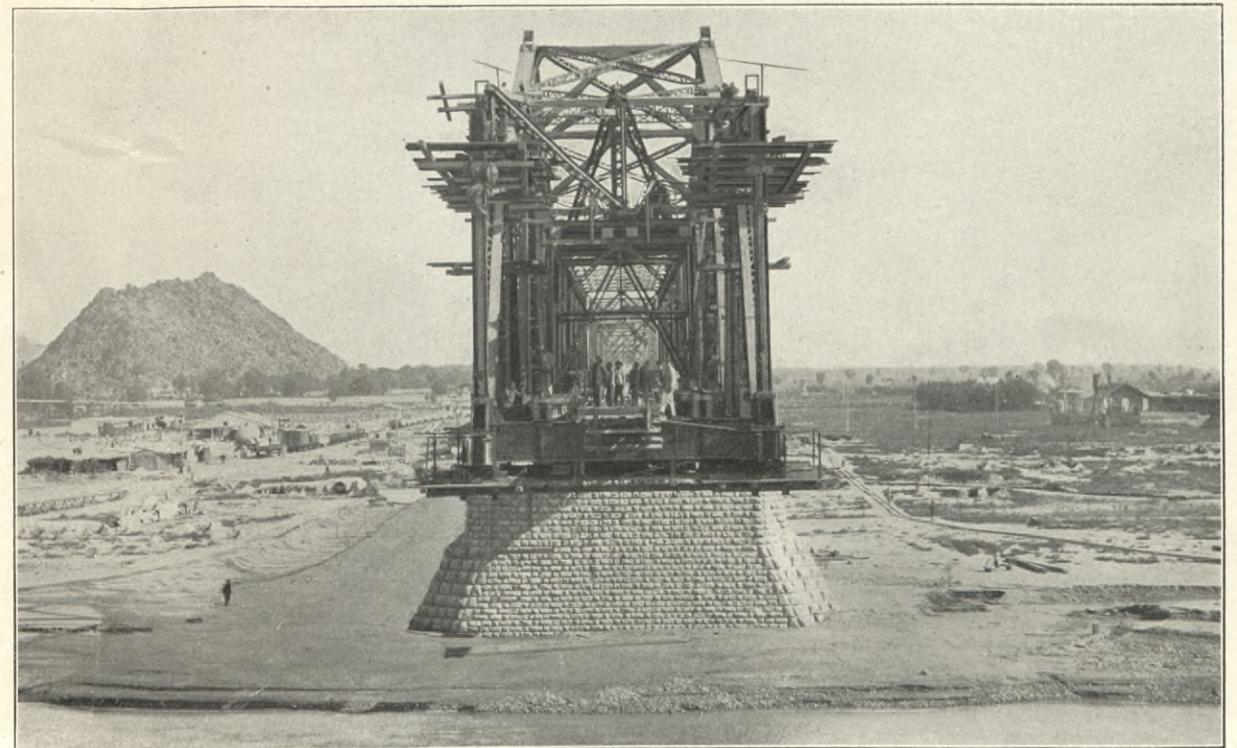
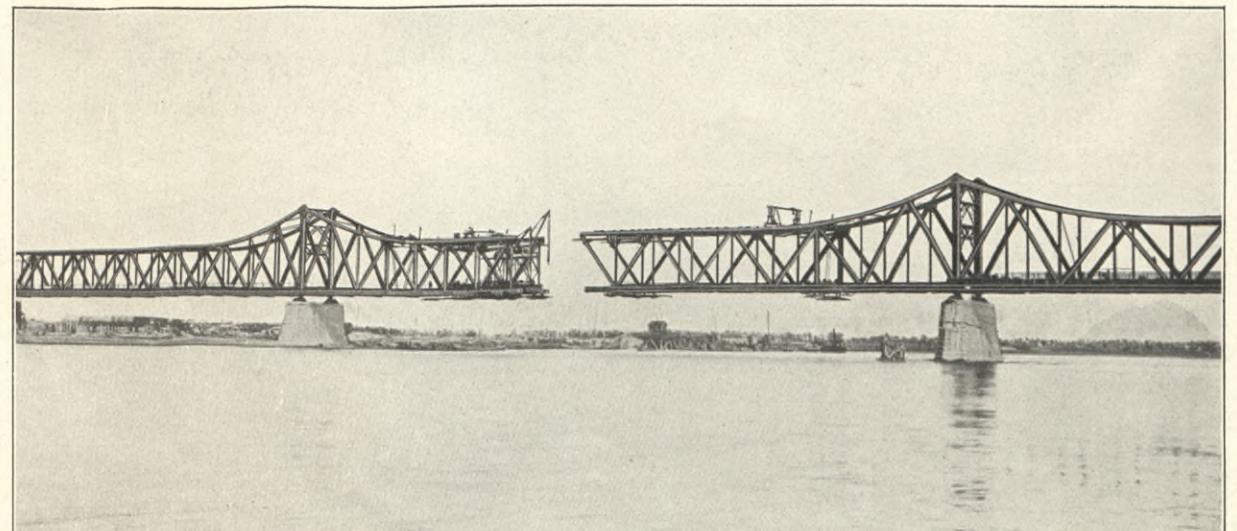
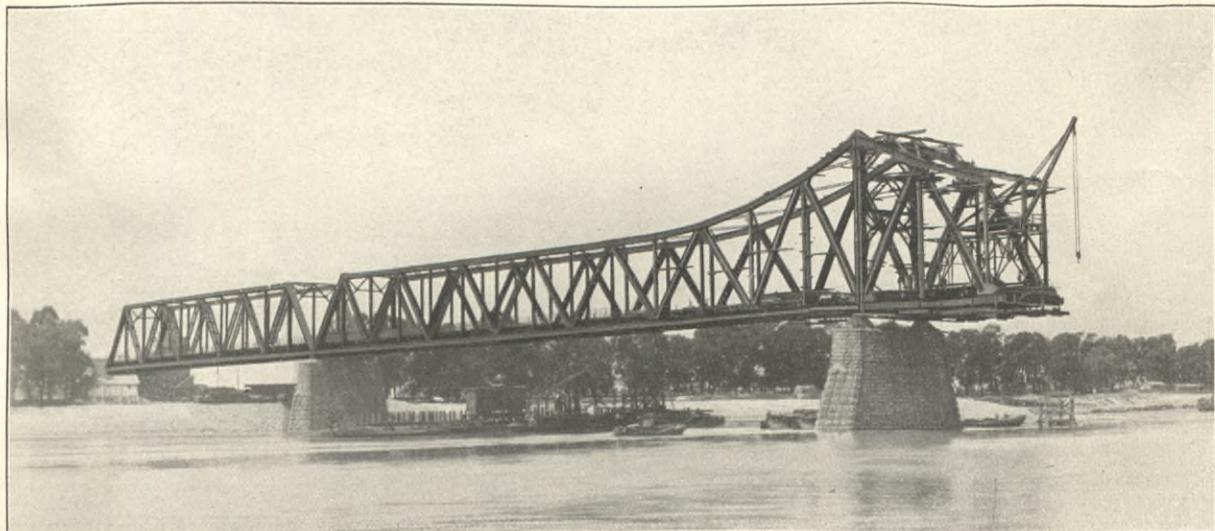
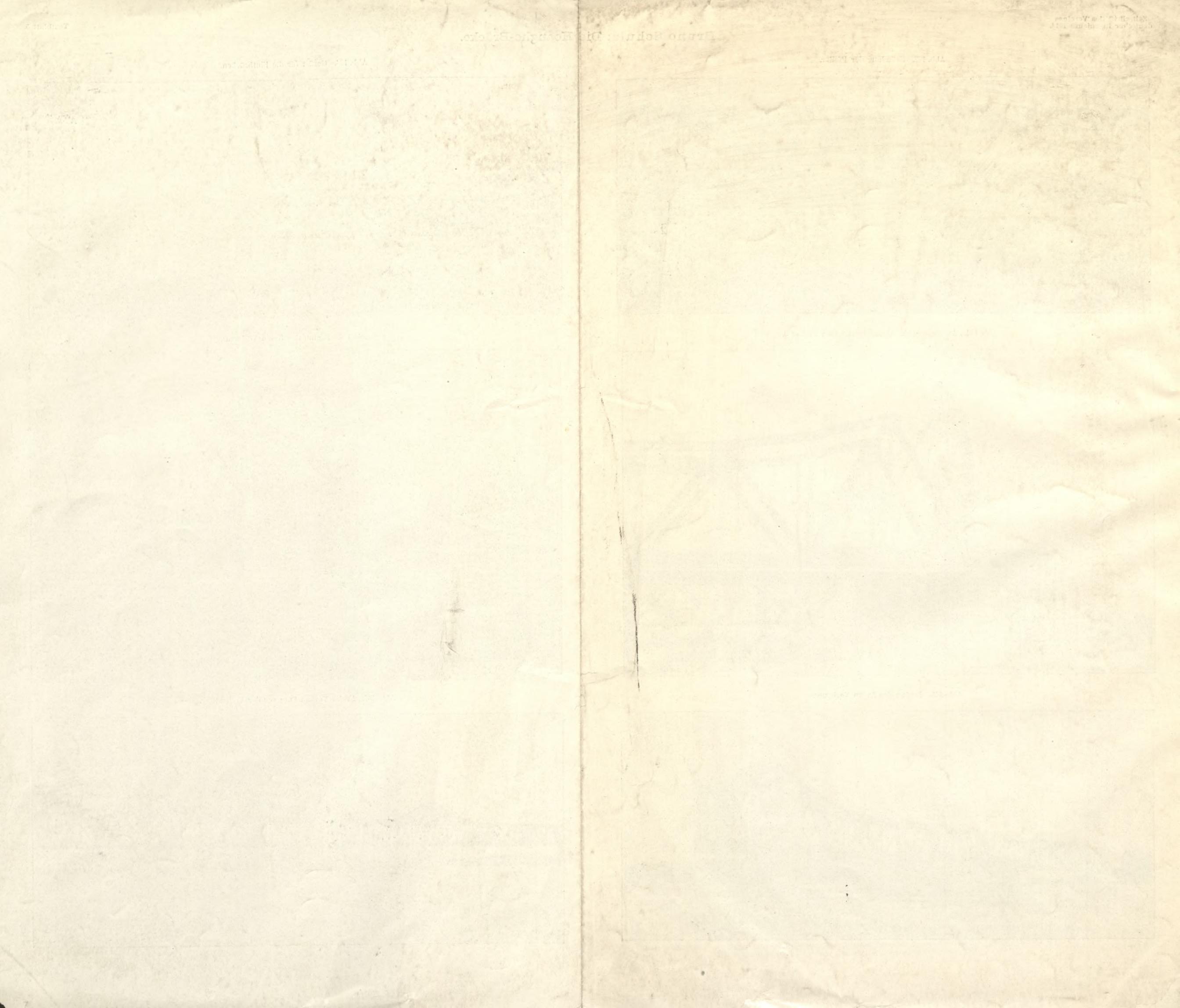


Abb. 165. Beginn des freien Vorbaues.

Abb. 167. Freier Vorbau kurz vor der Vollendung.





Sämtliche Aufsätze der Zeitschrift des Vereines der
von denen Sonderabzüge angefertigt werden, sind in folgender
eingeordnet:

Bagger	Beleuchtung, Wasserversorgung und Abwässerung
Bergbau (einschl. Förderung und Wasserhaltung)	Hebezeuge (einschl. Aufzüge)
Brücken- und Eisenbau (einschl. Behälter)	Kondensations- und Kühlanlagen
Dampfkessel (einschl. Feuerungen, Schornsteine, Vorwärmer, Überhitzer)	Kraftwagen und Kraftboote
Dampfmaschinen (einschl. Abwärmekraftmaschinen, Lokomobilen)	Lager- und Ladevorrichtungen
Dampfturbinen	Luftschiffahrt
Eisenbahnbetriebsmittel	Maschinenteile
Eisenbahnen (einschl. Elektrische Bahnen)	Materialkunde
Eisenhüttenwesen (einschl. Gießerei)	Mechanik
Elektrische Kraftzeugung und -verteilung	Messgeräte
Elektrotechnik (Theorie, Motoren usw.)	Metall- und Holzbearbeitung
Fabrikanlagen und Werkstatteinrichtungen	Pumpen (einschl. Feuerspritzen u. Strahlapparate)
Faserstoffindustrie	Schiffs- und Seewesen
Gebläse (einschl. Ventilatoren)	Verbrennungskraftmaschinen (einschl. Generatoren)
Gesundheitsingenieurwesen (Heizung, Lüftung,	Wasserkraftmaschinen
	Wasserbau (einschl. Eisbrecher).

Die Lieferung erfolgt postfrei und nur gegen Voreinsendung des Betrages.

Vorausbestellungen auf sämtliche Sonderabdrücke der vom Besteller ausgewählten Fachgebiete können in der Weise geschehen, daß ein Betrag von etwa 5 bis 10 Mark eingesandt wird, bis zu dessen Erschöpfung die in Frage kommenden Aufsätze regelmäßig geliefert werden.

Alle Bestellungen u. Anfragen sind an die folgende Adresse zu richten:

Redaktion der Zeitschrift
des Vereines deutscher Ingenieure
Berlin N.W. 7, Charlottenstraße 43.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000302699