

# Die Aufstellung der Hell-Gate-Brücke über den East-River in New York

Autor(en): **Ammann, O.H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69/70 (1917)**

Heft 5

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-33922>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

INHALT: Die Aufstellung der Hell-Gate-Brücke über den East-River in New York. — Höchstwerte der Leistungen und Drehzahlen bei Riemenscheiben und Zahnrädern. — Wettbewerb für die Schweizerische Nationalbank in Zürich. — Miscellanea: Vorzüge und Nachteile der Elektro-Stahlöfen. Schnellbahn in Sydney. „Faturan“, ein Ersatzmittel für Hartgummi. Ein Reflektor von 2,5 m Durchmesser.

Erweiterung der Hafenanlagen in Malmö (Schweden). Schiffe aus Eisenbeton. — Nekrologie: K. Birkeland. P. Charton. — Konkurrenzen: Bebauungsplan Zofingen. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: Mitteilung des Sekretariates. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Band 70.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 5.

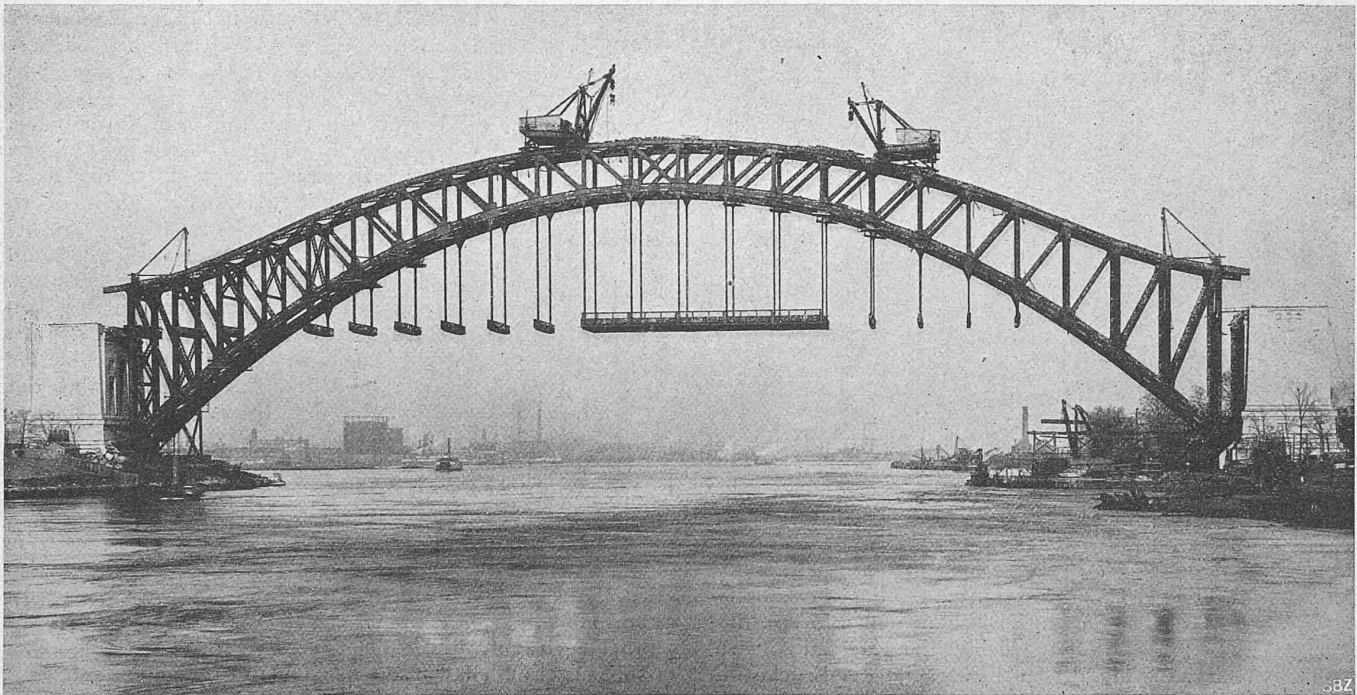


Abb. 5. Montieren der am provisorisch geschlossenen Bogen angehängten Fahrbahn (Dezember 1915).

## Die Aufstellung der Hell-Gate-Brücke über den East-River in New York.

Von O. H. Ammann, Oberingenieur-Stellvertreter der New York Connecting Railroad, New York.

*Allgemeines.* Im Anschluss an den Artikel in der „Schweiz. Bauzeitung“ vom 16. Oktober 1915<sup>1)</sup>, der den Entwurf und Konstruktions-Einzelheiten der Hell-Gate-Brücke behandelt, soll hierin die Aufstellung dieser Brücke kurz erörtert werden. Es sei wiederholt, dass die Brücke eine Spannweite von 303,3 m zwischen Mitteln der Auflager hat, vier Eisenbahngeleise mit Schotterbettung trägt und als Zweigelenk-Bogen mit 67,1 m Pfeilhöhe ausgebildet ist. Der Ueberbau enthält 18000 t Flusstahl.

*Aufstellungsmethode.* Der East River, den die Brücke überspannt, bildet den östlichen Eingang in den Hafen von New York für die von Norden herkommenden Schiffe. Der Flussverkehr ist sehr rege, die Ufer fallen an der Stelle der Brücke ziemlich steil ab bis zu einer Tiefe von 35 m und die Flutströmungen erreichen Geschwindigkeiten von 12 km/h. Unter diesen Verhältnissen war die Aufstellung durch Gerüste unter dem Bogen ausgeschlossen und die Aufstellung durch Auskragung die einzige praktische Lösung. Aber auch diese bot ein aussergewöhnliches Problem wegen der grossen Höhe des Bogens über der Geländeoberfläche und infolge des Umstands, dass kein natürlicher Felsen in der Nähe der Oberfläche zu finden war, in den die Bogen-träger durch Rückhaltgurte auf einfache und billige Weise hätten verankert werden können.

In Bd. L. Seite 190 der „Schweiz. Bauzeitung“ (vom 12. Oktober 1907) ist die von Gustav Lindenthal, dem Entwerfer und Erbauer der Brücke ursprünglich vorgeschlagene Aufstellungsmethode schematisch dargestellt. Sie wurde von der ausführenden Firma, der *American Bridge Company*, der die Methode freigestellt war, grundsätzlich angenommen, in der Anordnung und Zusammensetzung der Rückhalt-Konstruktion jedoch etwas abgeändert (Abb. 1, Seite 53).

<sup>1)</sup> Bd. LXVI, S. 181; vergl. auch Bd. LXVIII, S. 72 (12. August 1916).

*Die Rückhaltkonstruktion* bestand auf jeder Seite des Flusses aus zwei in den Ebenen der Bogenträger gelegenen und gegenseitig versteiften Fachwerken, die an ihren Enden gemeinsam ein Gegengewicht  $G$  trugen. Jedes Fachwerk setzte sich hauptsächlich zusammen aus einem untern und einem obern Rückhaltgurt,  $B-D-I$  und  $D-F-II$ , einem auf dem Boden gelagerten Druckgurt  $A-B$ , der den Horizontal-schub des Zuggurtes auf den Auflagerturm übertrug, und den Vertikalpfosten die zur Unterstützung der Zuggurte in  $F$  dienten. Der untere Rückhaltgurt hielt das Bogenfachwerk am Endknoten  $I$  des Obergurtes während der Aufstellung der sechs Endfelder. Die Anordnung eines zweiten oder obern Rückhaltgurtes, der den Bogen bei Knoten  $II$  des Obergurtes während der Aufstellung der übrigen Felder hielt, war notwendig, um zu hohe Spannung im Bogen-fachwerk zu vermeiden.

Jeder Rückhaltgurt war zusammengesetzt aus zwei Reihen von Blechträgern der Zufahrtsviadukte mit ihren Querversteifungen. Der Druckgurt bestand aus je vier Reihen von sekundären Längsträgern der Bogenbrücke mit ihren Querverbindungen. In ähnlicher Weise waren die Vertikalpfosten zusammengesetzt. Die Pfosten waren verbunden durch Quer- und Längsversteifungen, die zum Teil ebenfalls aus Stücken der endgültigen Brücke gebildet waren. Das Gegengewicht bestand links (Abb. 1) aus 56 übereinander geschichteten Viadukträgern (Abb. 2); rechts bildeten ebensolche einen Kasten, der mit Fundament-Aus-hub aufgefüllt war. Um hohe Fundament-Drücke zu vermeiden, wurden diese Gegengewichte nur allmählig mit fortschreitender Aufstellung des Bogens aufgebracht, bis zu einem maximalen Gewicht von etwa 5000 t.

Durch Verwendung von Teilen der endgültigen Brücke und Viadukte war es möglich, die Rückhaltkonstruk-

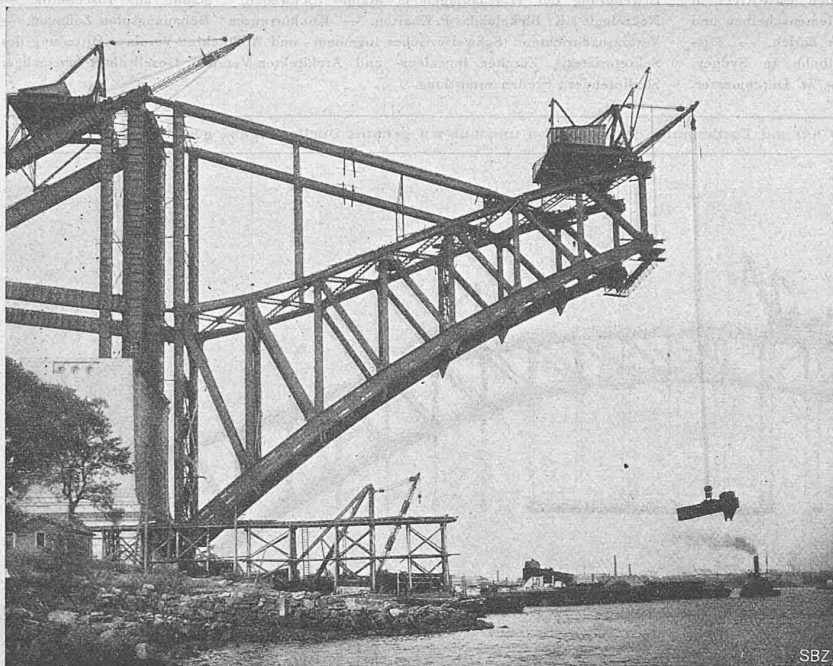


Abb. 4. Long Island-Seite; Bauzustand am 2. September 1915.

tion sehr ökonomisch herzustellen, indem nur die Verbindungsstücke zwischen den einzelnen Fachwerkgliedern und einzelne Verstrebungen zwischen den Pfosten, d. h. nur etwa 15 % des Gesamtgewichtes der Rückhaltkonstruktion aus Material bestand, das nicht Teile der Brücke oder Viadukte bildete. Beim Abbau der Rückhaltkonstruktion wurden die temporären Verbindungsstücke mittels Azetylen-Flamme von den bleibenden Teilen getrennt.

*Der Baufortgang.* Die Aufstellung der Rückhaltkonstruktion und des Bogens selbst, sowie die Demontierung der erstgenannten wurde bewerkstelligt ohne jegliches Gerüst, lediglich unter Verwendung von Kränen (derricks) und vier besonders für diesen Bau hergestellten Montierwagen (travelers). Die Aufstellung jeder Bogenhälfte ging in der nachfolgend beschriebenen Weise vor sich (Abb. 1).

Nachdem die Fundationen für die Druckgurte der Rückhaltfachwerke ausgeführt waren, wurden diese Gurte mittels eines fahrbaren Lokomotivkrans verlegt. Ein fester Kran *K* montierte sodann das Gegengewicht und auf diesem den Montierwagen  $T_1$  von 60 t Hubkraft. Dieser Montierwagen errichtete nun vorerst den untern Teil *B-D-1* der

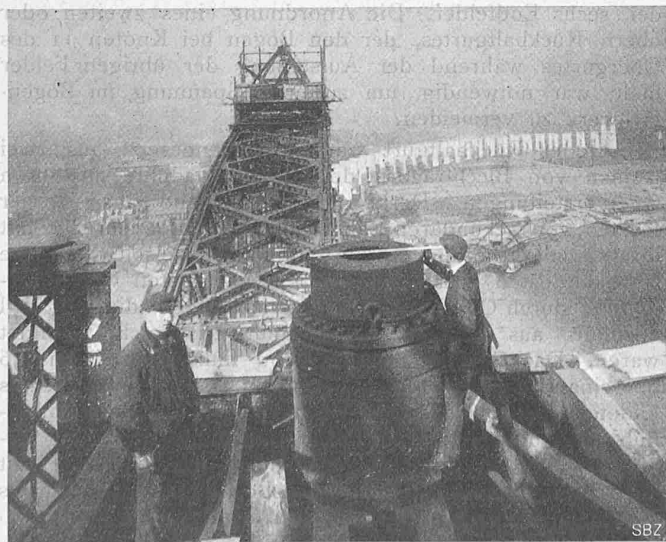


Abb. 6. Hydraulische Presse für 3000 t Hubkraft (bei *F* in Abb. 1).

Rückhaltkonstruktion, indem er sich vermittelst Flaschenzügen von Knoten zu Knoten den Rückhaltgurten entlang hinaufzog (Abb. 3). Beim letzten Pfosten vor dem Mauerwerksturm angelangt errichtete der Montierwagen  $T_1$  auf dem horizontalen Teile des untern Rückhaltgurtes einen zweiten Montierwagen  $T_2$  von 160 t Hubkraft. Sämtliche Montierwagen waren aus Eisen hergestellt und elektrisch betrieben.

Der Bogenmontierwagen  $T_2$  montierte vorerst die sechs Endfelder des Bogens, indem er sich von Knoten zu Knoten dem Obergurt des Bogens entlang bewegte (Abb. 3). Inzwischen vollendete der Montierwagen  $T_1$  die Aufstellung des obern Rückhaltgurtes. Dieser wurde dann bei Knoten 11 mit dem Bogen verbunden und darauf der untere Rückhaltgurt entlastet. Der Montierwagen  $T_2$  setzte nun die Aufstellung des Bogens bis zur Mitte fort (Abb. 4), wonach die beiden Bogenhälften gesenkt und am Untergurtnoten 22 der Wards Island-Seite verbunden wurden, sodass sie einen selbst tragenden Dreigelenkbogen bildeten und die obern Rückhaltgurte entlasteten.

Während dann die Montierwagen  $T_1$  den Abbau der Rückhaltkonstruktion in umgekehrter Reihenfolge bewerkstelligten, in der sie montiert worden waren, errichteten die Montierwagen  $T_2$  die Fahrbahnkonstruktion, und zwar zuerst die Hängestäbe und Querträger, und zuletzt die sekundären Längsträger (Abb. 5). Endlich wurden das Obergurtglied und die eine Diagonale des mittlern Feldes, die bis anhin nur an je einem Ende befestigt waren, auch am andern Ende vernietet und damit die Hauptträger in den endgültigen Zweigelenkbogen-Zustand umgewandelt.

*Wichtige Montage-Operationen.* Während der Aufstellung waren die Bogenträger verschiedenartigen statischen Zuständen unterworfen, nämlich (Abb. 1):

1. Auslegersystem, Träger bei Knoten 1 des Obergurtes durch den untern Rückhaltgurt gehalten.
2. Auslegersystem, Träger bei Knoten 11 des Obergurtes durch den obern Rückhaltgurt gehalten.
3. Dreigelenksystem, mit mittlern Gelenk bei Knoten 22 Wards Island-Seite des Untergurtes.
4. Zweigelenksystem, sämtliche Glieder verbunden.

Infolge der zum Teil bedeutenden Formänderungen der Hauptträger, bedingte jeder Uebergang von einem zum nächsten dieser statischen Zustände eine kritische Operation mit Adjustierungsvorgängen.

Der Uebergang vom untern zum obern Rückhaltgurt und vom Auslegersystem zum Dreigelenkbogen benötigte eine erste Vorrichtung zum Heben und Senken der beiden Bogenhälften. Zu diesem Zweck war am oberen Ende *F* eines jeden der vier Pendelpfosten über den Mauerwerkstürmen eine hydraulische Presse von 3000 t Hubkraft angebracht worden (Abb. 6). Diese Pressen bestanden aus einem gusstählernen Zylinder und gusseisernen Kolben von 96 cm Durchmesser und 60 cm nutzbarer Höhe. Der Kolben wirkte gegen einen Auflagerstuhl (Abb. 7), an dem der obere Rückhaltgurt gelenkartig befestigt war.

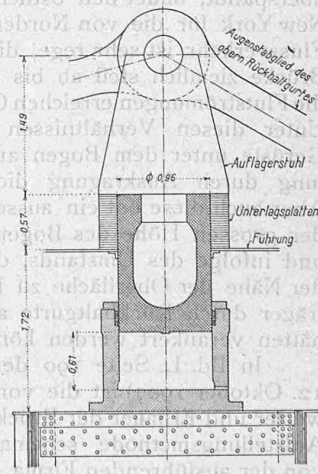


Abb. 7. 3000 t-Press. — Schnitt 1:75.

Bei der ersten Operation, d. h. beim Wechseln der Rückhaltgurte, musste dieser Stuhl vorerst um etwa 46 cm gehoben werden, um den untern Gurt zu entlasten und die ganze Last dem obern Gurt zu übertragen. Die vollständige Entlastung des untern Gurts war notwendig, um Unbestimmtheit in der Spannungsverteilung auf die beiden Gurte zu vermeiden.

Nach Ausschaltung der Gelenkverbindung des untern Gurtes bei Knoten 1 musste der Auflagerstuhl noch um weitere 8 cm gehoben werden, um die Hauptträger in die nötige erhöhte Lage zu bringen. Diese höchste Lage war so berechnet, dass nach Aufstellung der Bogenhälften, bei einer Temperatur von 30° C, in der Mitte noch eine Mindestöffnung von 37 mm verblieb, und die Gesamthöhe der hydraulischen Presse war so berechnet, dass die Schliessung des Bogen bei einer maximalen Oeffnung von 205 mm bei 0° C noch möglich war.

In Wirklichkeit war bei der Schliessung des Bogens, bei nahezu normaler Tempe-

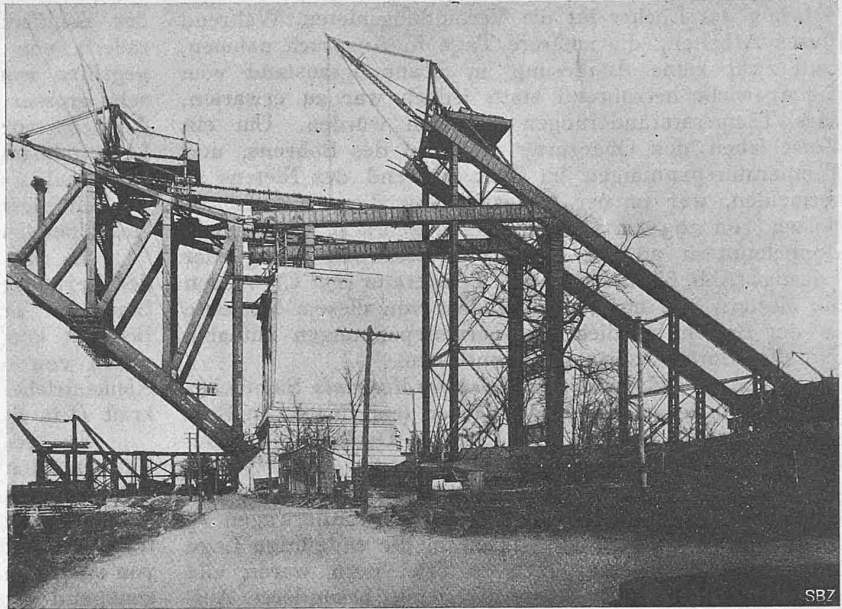


Abb. 3. Long Island-Seite; Bauzustand am 1. April 1915.

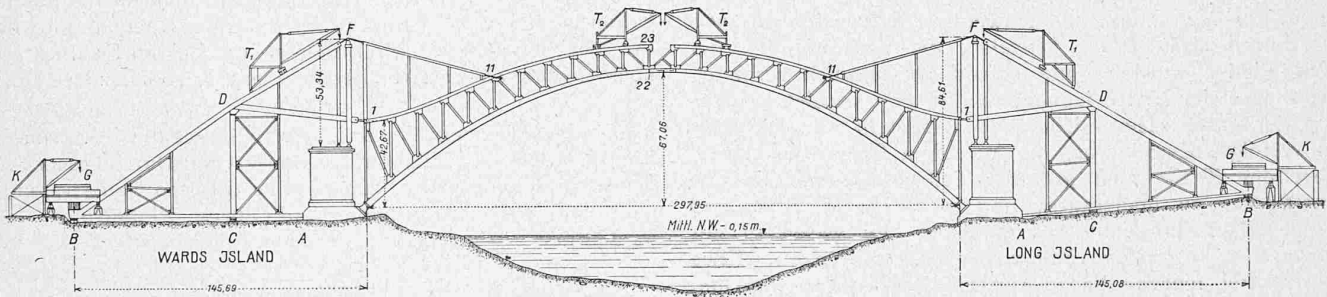


Abb. 1. Schematische Darstellung des beim Bau der Hell Gate-Brücke angewendeten Aufstellung-Verfahrens. — Masstab 1:3500.

ratur (15° C), eine Oeffnung zwischen den beiden Bogenhälften von 110 mm vorhanden. Durch eine erste Senkung der Auflagerstühle F um etwa 6,5 cm wurden die beiden Bogenhälften am Untergurtnoten 22 (Abb. 1) zu voller Berührung gebracht und in dieser Lage die anstossenden Untergurtstäbe durch Bolzen und Dübel vorläufig verlascht. Durch eine weitere Senkung um etwa 37 cm wurden die Bogenträger in selbsttragende Dreigelenkbogen umgewandelt und die obere Rückhaltgurte entlastet. Der Obergurt und die Gegendiagonale des mittlern Feldes wurden

nach dieser Operation zwar eingesetzt, jedoch nur an einem Ende verbolzt, sodass der Bogen als Dreigelenkbogen verblieb bis der gesamte eiserne Oberbau aufgestellt war. Die Eigengewichtskräfte waren unter dieser Annahme berechnet und die Glieder dementsprechend bemessen worden. Der dabei verfolgte Zweck war, dem Untergurt als tragendem Bogen so viel Last als möglich zu überbinden.

Die dritte Operation endlich, die Umwandlung der Hauptträger in Zweigelenk-Bogen, bestand in der Vernietung des freien Endes des Obergurtes und der Gegendiagonale

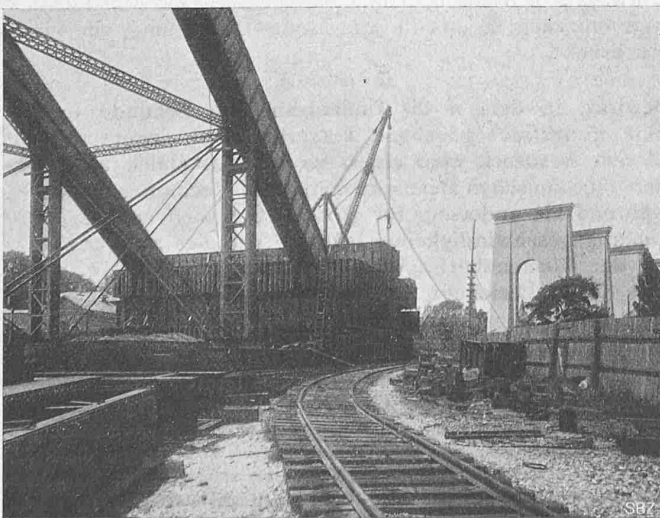


Abb. 2. Gegengewicht (G in Abb. 1) der Rückhaltkonstruktion auf der Wards Island-Seite.

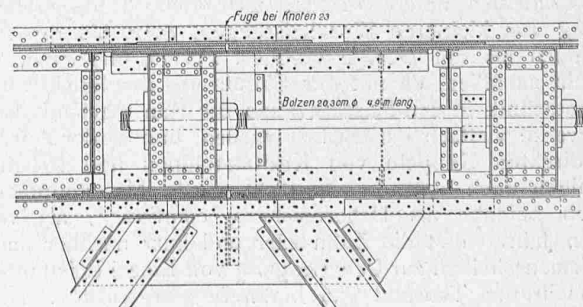
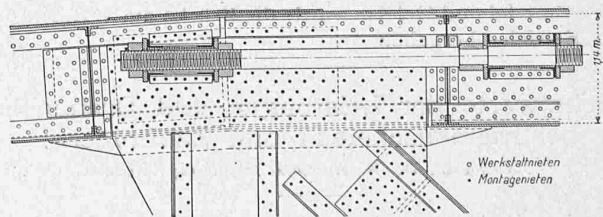


Abb. 8. Vertikal- und Horizontalschnitt bei Knoten 23. — 1:75.

bei Knoten 23 des mittlern Feldes, nach vorheriger Bohrung der Löcher für die Verbindungsriemen. Während dieser Arbeiten, die mehrere Tage in Anspruch nahmen, fand zwar keine Aenderung im Spannungszustand vom Eigengewicht herrührend statt, jedoch war zu erwarten, dass Temperaturänderungen auftreten würden. Um ein Verschieben des Obergurtes während des Bohrens, und Temperaturspannungen im Gurt während des Nietens zu vermeiden, war in der Längsrichtung dieses Gurtes ein Bolzen von 203 mm Durchmesser angebracht und mittels Doppelmuttern an die beiden anstossenden Gurtglieder befestigt (Abb. 8). Bei mittlerer Temperatur (15° C) wurden die Muttern satt angezogen, sodass von diesem Momente an der Bolzen sämtliche Temperaturspannungen aufnahm und den Gurtanschluss selbst entlastete.

*Transport, Verladen und Heben des Materials.* Sämtliches Material wurde auf Eisenbahn-Fähren (car floats) zur Baustelle gebracht, wo an jedem Ufer ein Dock mit Ausladekran erstellt war. Das Material für die über Wasser liegenden Felder des Bogens wurde auf einem Leichter mit Schleppkahn an die Stelle unter die Montierwagen  $T_2$  geschleppt und von diesen direkt in die endgültige Lage gehoben. Um das Einsetzen zu erleichtern waren alle schweren Stücke der Bogenträger mit besonderer Aufhängevorrichtung versehen, die so angebracht war, dass die Stücke genau in der Lage hingen, die sie in der Brücke einnehmen mussten (Abb. 4).

*Vernieten.* Sämtliche Fachwerkglieder wurden vorläufig mit Bolzen und Dornen befestigt; die Verbindungen der Wandglieder wurden dann sobald als möglich vernietet. Die Stösse der Gurte jedoch wurden erst vernietet, nachdem der ganze eiserne Ueberbau aufgestellt war. Der hierbei verfolgte Zweck war, die von dem Eigengewicht herrührenden Kräfte zum grössten Teil unmittelbar an den Stossflächen zu übertragen, und so die Stosslaschen und deren Nietens möglichst zu entlasten. Es waren in der ganzen Brücke 334 000 Montagennieten zu schlagen. Etwa zwei Drittel hiervon haben Durchmesser von 32 mm und Längen zwischen den Köpfen bis zu 250 mm. Sämtliche Montagennieten wurden mit pneumatischen Hand-Nietmaschinen geschlagen.

*Baudaten.* Die Aufstellung, die planmässig von beiden Seiten zugleich hätte fortschreiten sollen, wurde auf der Long Island Seite im Oktober 1914 begonnen, auf der Wards Island Seite jedoch erst im Januar 1915, weil die bedeutend schwierigeren Foundationen auf dieser Seite mehr Zeit in Anspruch nahmen als vorausgesehen war. Am 1. Oktober 1915 wurde der Bogen in der Mitte geschlossen, im Januar 1916 war der ganze eiserne Ueberbau aufgestellt. Die Befestigung des Obergurtes des Mittelfeldes fand jedoch erst am 4. Mai 1916 statt, als die Temperatur normal wurde. Nach Fertigstellung der Zufahrt-Viadukte, Fahrabtafel und Geleise wurde die Brücke am 1. April 1917 dem Betrieb übergeben.

## Höchstwerte der Leistungen und Drehzahlen bei Riemenscheiben und Zahnrädern.

Von Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

Am Ende des abgelaufenen Jahrhunderts schienen Riemenscheiben und Zahnräder nur noch für die Uebertragung von kleineren Einzelleistungen, etwa bis 100 PS oder doch bis auf wenige Hundert PS im Maximum, in Betracht zu fallen, da mit der Einführung der Starkstrom-Elektrotechnik in den Maschinenbau die rein mechanischen Triebwerke vielfach entbehrlich wurden, und da der Anreiz zum direkten Kuppeln von Kraftmaschinen und Arbeitsmaschinen noch besonders gestärkt wurde. Man konnte es deshalb beinahe als Ueberraschung empfinden, als vor einigen Jahren erst die Zahnräder und kurz nachher auch die Riemenscheiben zur Uebertragung von Einzel-Leistungen von mehreren Tausend PS herangezogen wurden. Den Anlass für die Ausbildung von Zahnradgetrieben sehr

grosser Leistung lieferte das Problem des Turbinenantriebs der Schiffschraube, das unter Verwendung von Stirnrädern von der amerikanischen Marine erfolgreich aufgegriffen wurde<sup>1)</sup>; zur Ausbildung von Riemengetrieben sehr grosser Leistung führte das Problem des elastischen Antriebs von Walzenstrassen<sup>2)</sup>, wozu die luxemburgische Lederindustrie die geeigneten Riemen zu liefern wusste. Damit haben sich Zahnräder und Riemenscheiben wiederum als sehr leistungsfähige und demgemäss beachtenswerte Maschinenelemente ausgewiesen.

Es soll nun untersucht werden, welche Höchstwerte der Leistungen und Umdrehungszahlen bei dem heutigen Stand der Technik für Riemenscheiben und Zahnräder in Betracht kommen können. Die Untersuchung hat auszugehen von der maximalen, am Umfang der Räder von Riementrieben und Zahntrieben übertragbaren Umfangskraft  $P$  in kg.

Für *Riementriebe* steht diese Kraft unmittelbar im Zusammenhang mit der Zugfestigkeit des Riemens, deren Koeffizient zweckmässig jedoch nicht auf die höchste auftretende Spannung, sondern direkt auf die höchste übertragbare Umfangskraft einzuführen ist. Bei Anwendung von *vielfachem* Idealleder, von insgesamt 16 mm Dicke, bei genügend grossen Scheiben, günstigen Uebersetzungsverhältnissen und genügend hohen Riemen- und Umdrehungsgeschwindigkeiten werden in Anlagen, deren Riemen von der „Fabrik für Idealleder A.-G.“, in Wiltz (Luxemburg) stammen, mit gutem Erfolg Kräfte von 55 und 56 kg pro 1 cm Riemenbreite im Dauerbetrieb ausgenützt. Bezeichnen wir einen Erfahrungskoeffizienten dieser Art allgemein mit  $p$ , so ist zu setzen:

$$P = p \cdot b$$

wenn die Riemenbreite  $b$  in cm eingesetzt wird. Durch Einführung des ebenfalls in cm gemessenen Durchmessers  $D$  der kleineren der zwei, zu einer bestimmten Uebertragung gehörenden Riemenscheibe und durch Einführung des Verhältniswertes:

$$q = \frac{b}{D}$$

folgt für das in cmkg ausgedrückte, drehende Moment  $M$  an dieser Scheibe:

$$M = \frac{D}{2} \cdot b \cdot p = D^2 \cdot \frac{q \cdot p}{2}$$

Wir benützen diese Beziehung weiter in der Form:

$$D^2 = \frac{2 \cdot M}{q \cdot p}$$

Vom übertragenen Moment gelangt man zur übertragenen Leistung durch Einführung der Umdrehungszahl. Man könnte darüber im Zweifel sein, ob die Umdrehungszahl auf Grund eines gerade noch zulässigen Maximums für die Umfangsgeschwindigkeit oder auf Grund eines gerade noch zulässigen Maximums für die am Scheibenumfang auftretende Fliehkraft pro Masseneinheit eingeführt werden müsse.<sup>3)</sup> Wir entscheiden uns für die zweite Darstellung, die einen Ausdruck:

$$D \cdot n^2 = K$$

bewirkt, in dem  $n$  die Umlaufzahl pro Sekunde und  $K$  eine in cm/sek<sup>2</sup> gegebene Erfahrungszahl bedeuten. Mit diesem Ausdruck wird einerseits der tatsächlich auftretenden mechanischen Beanspruchung gut Rechnung getragen, während sie andererseits für grössere Scheiben auch grössere Umfangsgeschwindigkeiten bedingt, wie dies mit der Eigenart der Riemenübertragung zweckmässig in Einklang steht. Aus dieser Beziehung leiten wir ab:

$$D^2 = \frac{K^2}{n^4}$$

<sup>1)</sup> Siehe Seite 215 von Bd. LV (16. April 1910).

<sup>2)</sup> Siehe Seite 277 von Bd. LXII (15. November 1913).

<sup>3)</sup> Von einer «Wahl der Umdrehungszahl» ist bei gewöhnlichen Riemenübertragungen und Zahnradübertragungen natürlich nie die Rede, da dabei die Umdrehungszahlen von vornherein als gegeben zu betrachten sind; demgegenüber kommt eine «Wahl der Umdrehungszahl» für solche Riemen- und Zahnradübertragungen in Betracht, die man als besonders schwierige mechanische Aufgaben ansehen muss und die deshalb selbst im Mittelpunkt der technischen Erwägungen und Festsetzungen liegen.