



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301248

Zur Bibliothek der
Königlichen Eisenbahn-Direction Hannover
Litera. F. b. N. 40 gehörig

F. Nr. 22 442

IV. 34534
BIBLIOTEKA
KRAKÓW
Politechniczna

Königl. Ministerium
der
öffentlichen Arbeiten
Bibliothek

Der Bau der Eisenbahn-Brücke über die Elbe bei Lauenburg;

mitgetheilt vom Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspektor Wiesner zu Hannover.

Mit Zeichnungen.

(Sonder-Abdruck aus der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, Band XXX, Jahrgang 1884, Heft 6.)

Die im Zuge der Lüneburg-Lauenburg-Lübecker Eisenbahn während der Jahre 1862 und 1863 für gemeinschaftliche Rechnung der Verwaltungen der Hannoverischen Staatsbahn, der Berlin-Hamburger Bahn und der Lübeck-Büchener Eisenbahn erbaut und am 15. März 1864 in Betrieb genommene Eisenbahn-Fähre über die Elbe zwischen Hohnstorf und Lauenburg (beschrieben 1866, S. 71–107) hat in der ersten Zeit ihres Bestehens den Bedürfnissen des Verkehrs vollständig genügt. Es war möglich, bis zu 400 Achsen Güterwagen täglich überzusetzen und dadurch eine Leistung auszuführen, die nur in sehr seltenen Fällen erreicht zu werden brauchte. Von einem Uebersetzen der Personenwagen konnte einstweilen füglich Abstand genommen werden, da der durchgehende Personen-Verkehr ein äußerst geringer war.

Im Laufe der Zeit hatte indess der Verkehr so erheblich zugenommen, dass die vorhandene Fähr-Anstalt nicht mehr ausreichte. Außerdem traten die Uebelstände, dass die, die Elbe übersetzenden Reisenden auf den Stationen Hohnstorf und Lauenburg ziemlich lange Wege zurück legen mussten, um zu den Schiffen bezw. zu den Eisenbahnwagen zu gelangen, immer unangenehmer hervor, je mehr der durchgehende Personen-Verkehr sich entwickelte. Geradezu unerträglich aber gestalteten sich die Zustände, wenn das Eis die Schifffahrt auf der Elbe unmöglich machte.

Diese Uebelstände veranlassten die bei der Fähr-anstalt beteiligten drei Verwaltungen, dem von vorn herein in Aussicht genommenen Plane einer festen Elbbrücke bei Lauenburg (von welchem s. Z. nur der Kosten wegen abgesehen war) näher zu treten. Die desfallsigen Verhandlungen wurden im Jahre 1875 wieder aufgenommen und gegen Ende April 1876 durch Unterzeichnung eines Vertrages zum Abschlusse gebracht. In diesem Vertrage wurde festgesetzt, dass Bau und Unterhaltung der Brücke auf gemeinschaftliche Kosten der 3 beteiligten Verwaltungen durch die Hannoverische Staatsbahn ausgeführt werden sollten; die Herstellung der Anschlussstrecken auf dem linken Elbufer dagegen von Seiten und auf alleinige Kosten der Hannoverischen Staatsbahn zu geschehen habe, während die rechts-elbischen Anschluss-Anlagen auf Kosten der Berlin-Hamburger und Lübeck-Büchener Eisenbahn-Gesellschaft von der ersteren Verwaltung auszuführen

seien. Nachdem alsdann am 20. Juni 1876 die ministerielle Genehmigung zur Ausführung des Baues ertheilt war, wurden die Bauarbeiten sofort in Angriff genommen und so gefördert, dass die Brücke am 1. Nov. 1878 dem Verkehre übergeben werden konnte.

I. Wahl der Uebergangs-Stelle, Umfang und Hauptmaße des Baues.

Wahl der Baustelle. Bei den früheren Verhandlungen vom Jahre 1858 war die, in dem Uebersichts-Plane (Blatt 27) mit *CD* bezeichnete Stelle als vorzugsweise geeignet für die Ueberbrückung bezeichnet worden. Maßgebend für diese Ansicht war einerseits der Umstand, dass die Brücken-Richtung hier am besten der geplanten und schon damals hinsichtlich ihrer Anordnung im Wesentlichen festgelegten Eisenbahnlinie Lüneburg-Hohnstorf sich anschloss, andererseits aber die damals gehegte Befürchtung, dass eine, im Uebrigen wünschenswerthe, Ueberbrückung der Elbe in größerer Nähe der Stadt Lauenburg wegen der daselbst stattfindenden beträchtlichen Einengung des Flussbettes möglicherweise nachtheiligen Stau hervorrufen könne.

Die später angestellten Ermittlungen ergaben jedoch, dass die früheren Bedenken nicht die Bedeutung verdienten, welche ihnen damals beigelegt war. Es erschien deshalb zweckmäßig, die Uebergangs-Stelle weiter stromabwärts, und zwar unterhalb der Landungsstelle der Fähre auf dem linken (Hohnstorfer) Ufer festzulegen. Gerade oberhalb dieser Stelle nimmt nämlich der daselbst stark gekrümmte Strom einen regelmäßigen Lauf bei gleichmäßigen Wasserständen an und erfordert daher auch an dieser Stelle bedeutend geringere Ufer-Korrekturen als weiter oberhalb. Zugleich bieten hier die örtlichen Verhältnisse einen hinreichenden Anhalt zur Bestimmung der Brückenweite.

Weite der Brücke. Unmittelbar unterhalb der gewählten Brückenlinie verengt der Bahnkörper des Bahnhofes Lauenburg den Durchfluss-Querschnitt bis auf 478^m Breite und führt alsdann das Hochwasser in die Stromenge bei Lauenburg ein, woselbst die Weite nur etwa 350^m beträgt.

Mit Rücksicht auf diese Verengung des Flussbettes wurde eine lichte Weite der Brücke von 478^m

als den Bedürfnissen vollständig genügend festgestellt und dieses Maß wie folgt vertheilt:

auf 2 Drehöffnungen am Hohnstorfer Ufer von je 14 ^m lichter Weite...	28,0 ^m ,
daran schließend:	
auf 3 große Stromöffnungen von je 100,5 ^m lichter Weite.....	301,5 ^m ,
auf 3 Fluthöffnungen an dem Lauenburger Ufer von je 49,5 ^m lichter Weite.....	148,5 ^m ,
zusammen.....	478,0 ^m .

Die unrunder Maße 100,5 bzw. 49,5^m sind an Stelle der zuerst angenommenen 100 bzw. 50^m durch eine, nach Fertigstellung des Entwurfes für den Ueberbau der großen Oeffnungen erfolgte Aenderung hinsichtlich der Pfeilerstärken entstanden.

Die Lage der Drehbrücke am Hohnstorfer Ufer entspricht dem natürlichen Schiffahrtswege. Eine lichte Weite jeder der beiden Oeffnungen von 14^m wurde schon deshalb für erforderlich gehalten, um während des Baues der Brücke die Durchfahrt der Dampfboote, welche etwa 13^m Breite hatten, zu ermöglichen.

Höhenlage der Brückenbahn. Seitens der Elbstrombau-Direktion wurde verlangt, dass die Unterkante der Brücken-Konstruktion 3,77^m (12' preuss.) über den höchsten schiffbaren Wasserstand gelegt werde. Letzterer wurde zu 5,02^m (16') über Null des Lauenburger Pegels ermittelt, wozu noch der auf 0,04^m berechnete Höhen-Unterschied zwischen den Hochwasserständen in der Brückenachse und an dem Standorte des Pegels hinzuzuzählen ist. Demzufolge ist die Unterkante der Brücken-Träger auf $5,02 + 3,77 + 0,04 = 8,83$ ^m und (bei 1,24^m Konstruktionshöhe der Brücke) die Schienenoberkante auf 10,07^m über Null des Lauenburger Pegels gelegt (entsprechend einer Höhe von 13,44 bzw. 14,68^m über Amsterdamer Null).

Brücken-Rampen. An die Brücken-Horizontale schlossen sich Rampen, welche 1:200 geneigt sind, an. Da die Länge der Rampe am rechten Elbufer ohnehin schon zu einer Verlegung des Bahnhofes Lauenburg nöthigte, so hat man, um die Verhältnisse daselbst nicht zu ungünstig zu gestalten, die Gradienten so angeordnet, dass der Ueberbau der Fluthöffnungen schon im Gefälle 1:200 liegt.

Fluss-Korrekturen. Die stark gekrümmte und dabei unregelmäßige Form des Flussbettes oberhalb der Brückenbaustelle ließ beträchtliche Korrekturen der beiderseitigen Uferlinien geboten erscheinen, damit eine normale Richtung des Flusses gegen die Achse der Brücke erreicht werde. Zu dem Ende sind die in dem Uebersichtsplane angegebenen Bühnen-Anlagen zur Ausführung gekommen.

Eishalter. Am rechten Ufer der Elbe haben oberhalb der Brücke auf der sogenannten Aue (einer langgestreckten, breiten Wiesenfläche) in Folge der Anforderungen der Deich-Interessenten und der Stadt Lauenburg 6 Eishalter angelegt werden müssen, welche den Zweck haben, die auf der fraglichen Wiesenfläche bei hohen Wasserständen sich bildenden und ins Treiben gerathenden Eisschollen festzuhalten, bzw. zu spalten, und dadurch zu verhüten, dass Eisstopfungen vor der Brücke entstehen, welche sowohl die Deiche, wie auch die Stadt Lauenburg gefährden würden.

Diese Eishalter sind Erdkörper in Form abgestumpfter Kegel, deren Kronen, in der Höhe der Deiche auf dem linken Elbe-Ufer liegend, flach gewölbte Hauben von 3^m Durchmesser bilden und deren Böschungen mit dreifacher Anlage nach allen Seiten abfallen. Kronen und Böschungen sind mit Steinen abgeplastert, um dem Eisgange widerstehen zu können.

Zur besseren Abführung des Hochwassers und Eises ist außerdem auf dem rechten Elbe-Ufer der vordere südliche Theil des alten Bahndammes der Berlin-Hamburger Eisenbahn abgetragen und der neue Eisenbahndamm mit dem so verkürzten alten durch einen im Plane bezeichneten Flügeldeich verbunden worden.

Lage der an die Brücke anschließenden Bahnstrecken. Durch die für die Ausführung gewählte Lage der Brücke ist der Bau neuer, an die Brücke schließender Bahnstrecken auf beiden Ufern der Elbe in ziemlich beträchtlicher Ausdehnung erforderlich geworden. Wie aus dem Plane (Blatt 27) ersichtlich, verlässt auf dem linken Ufer die neue Linie, unweit der Haltestelle Echem, vor der Wetter-Brücke die alte Lauenburg-Hohnstorfer Bahn, wendet sich links mit einer Kurve von 800^m Halb., durchläuft in gerader Linie die Feldmark Hohnstorf, erreicht alsdann mit einer Kurve von 800^m Halb. das Elbufer, überschreitet den Strom rechtwinklig und läuft auf der Lauenburger Seite mit einer Kurve von 700^m Halb. unweit der sogenannten Palmschleuse in die Lauenburg-Büchener Eisenbahn ein.

Bahnhofs-Anlagen. Auf dem linken (Hohnstorfer) Ufer der Elbe, unmittelbar vor der Brücke, ist eine vom Deiche aus zugängliche Haltestelle einfacher Art, welche jedoch nur zur Vermittelung des Personen-Verkehrs dient, angelegt.

Für den Güter-Verkehr ist der alte Bahnhof Hohnstorf beibehalten. Von ihm aus wird der Verkehr mit Echem bzw. Lüneburg unter Benutzung der gleichfalls beibehaltenen, alten Bahnstrecke Echem-Hohnstorf vermittelt. Die unmittelbare Verladung von Gütern zwischen Schiff und Eisenbahnwagen wird auf einer oberhalb des Bahnhofes Hohnstorf zwischen den daselbst vorhandenen Bühnen entlang der Elbe angelegten Ladestelle, welche, wie aus dem Plane hervorgeht, mit dem alten Bahnhofe Hohnstorf in unmittelbarer Gleisverbindung steht, bewirkt.

Auf dem rechten Elbe-Ufer hat für den Personen-Verkehr ein neuer Bahnhof, nördlich des vorhandenen Bahnhofes Lauenburg, an der Stelle, wo die 1:200 geneigte Brückenrampe die Höhe der alten Bahnstrecke Lauenburg-Büchen erreicht, angelegt werden müssen. Der alte vorhandene Güterbahnhof Lauenburg konnte dagegen als solcher beibehalten werden.

II. Entwurf für die Gründung der Brücken-Pfeiler.

Die Unterkante der Strompfeiler ist, mit Rücksicht auf die zu befürchtenden Auskolkungen, auf 8^m, die der Fluthpfeiler auf 3,2^m unter Amsterdamer Null gelegt; die Sohle des Drehpfeilers musste sogar auf 9^m unter Amsterdamer Null gebracht werden. Da während der Bauzeit auf einen Wasserstand von 5 bis 8^m über Amsterdamer Null gerechnet werden musste, so erschien es zweckmäßig, für die Strompfeiler und den Drehpfeiler die Luftdruck-Brunnen-Gründung zu wählen. Für die Fluthpfeiler lag dazu eine zwingende Veranlassung nicht vor, es wurde deshalb für diese zunächst eine gewöhnliche Brunnen-Gründung in Aussicht genommen.

Die Senkkasten für die mit Hülfe gepresster Luft zu gründenden Pfeiler sind nach den Angaben des Herrn Geheimen Ober-Baurath Schwedler konstruirt. Darnach sollte (in Abweichung von der gewöhnlichen

Form der Senkkasten) zur Ermäßigung des Eisen-Gewichtes der hohle Arbeitsraum durch Ueberkragung des Mauerwerks hergestellt, und bei Gestaltung der Grundrisse auf kreisförmige Ringe und Zusammensetzung aus solchen Bedacht genommen werden. Auf Grund dieser Bestimmungen wurden für sämtliche Pfeiler kreisrunde Brunnen gewählt, von denen nach Bedürfniss 1, 2 oder 4 angeordnet sind, wie Bl. 27 (Fig. 5—9) zeigt. Die Verbindung zwischen den einzelnen Brunnen wird durch Gewölbe hergestellt, die unter Wasser ausgeführt werden müssen.

Durch Anwendung der Kreisform wird für die Brunnen eine bedeutende Widerstandsfähigkeit erreicht. Für die unterste Schicht des Mauerwerks erschien daher eine Stärke von nur 56 cm genügend. Auch für den eisernen Brunnenring (Blatt 28, Fig. 1 u. 2) konnten der Rechnung zufolge sehr geringe Abmessungen gewählt werden; derselbe besteht aus 2 senkrechten Platten von 40 bzw. 36 cm Höhe und 1,3 cm Stärke, einer oberen wagerechten Platte von 29 cm Breite bei 1 cm Stärke, und einem Winkeleisen von $7,9 \times 7,9 \times 1$ cm zur Verbindung dieser Theile. Außerdem sind in Entfernungen von 0,6 m Konsolen, aus einem senkrechten Bleche von 1 cm Stärke und 2 Winkeleisen von $6,5 \times 6,5 \times 1$ cm bestehend, angebracht. Auf der oberen Platte lagern 3 je 8 cm starke Kränze aus Buchenholz, welche, je um 8 cm weit nach innen auskragend, dem Mauerwerke das erforderliche Auflager gewähren. In gleicher Weise wie diese Holzringe kragen auch die einzelnen Mauerwerks-Schichten nach innen aus. Um eine starke Auskragung erzielen zu können, sind die inneren Mauerwerks-Ringe aus Klinkern hergestellt, bei denen eine Biegungs-Spannung von 7,5 kg f. d. ^qcm zulässig ist. Bei der nach oben sich stetig vermehrenden Stärke des Mauerringes würde auch die Auskragung stetig haben wachsen müssen. Zur Vereinfachung der Ausführung ist davon jedoch Abstand genommen, und die Größe der Auskragung sprungweise geändert.

Durch Rechnung ergab sich für die untersten Schichten eine stärkste zulässige Auskragung von etwa 3,1 cm auf jede Schicht, entsprechend einer Neigung der ausgekragten Schichten von etwa 1:2, während dieselbe in den höheren Schichten auf 1:1 $\frac{1}{2}$ und 1:1 anwuchs.

Auf diese Weise wird der hohle Raum nach oben verengt, bis er schliesslich die Weite der aufzusetzenden eisernen Einsteigeschächte erhält. Um diese fest anschliessen zu können und um ein Losrütteln des Mauerwerks an der Anschlussstelle der hohen, oben mit einer schweren Luftschleuse versehenen Schächte zu verhindern, sind 0,5 m hohe Stützen, welche mit 0,7 m breiten, durch je 4 Konsolen gegen die Seitenwände abgesteiften Fußplatten versehen sind, mit eingemauert. Diese Fußplatte und die wagerechte Platte des Brunnenringes sind durch ein System von Zugstangen mit einander verbunden.

Zur Verminderung der Reibung an den äusseren Flächen des Mauerwerks ist dasselbe etwa 1 m ober-

halb des Brunnenringes um 10 cm eingezogen. Hierdurch wird zugleich das Anbringen der Senkketten bei den Strompfeiler-Brunnen erleichtert.

Senkungs-Vorrichtungen für die Strompfeiler-Brunnen. Die Senkketten sind wegen der geringen Höhe des Brunnenringes, unter dessen wagerechtem Bleche sie mittels Muttern befestigt werden, in größerer Anzahl, als sonst üblich, angebracht, um ein die Dichtigkeit des Mauerwerks gefährdendes Durchbiegen zu verhindern.

Die zulässige Entfernung zwischen den einzelnen Ketten ergab sich durch Berechnung zu etwa 1 m. Diese geringe Entfernung der Tragketten machte ein weiteres Abweichen von der sonst üblichen Art der Anordnung derselben nothwendig. Es konnte nämlich in Folge dessen nicht eine doppelte Reihe von Ketten angeordnet werden, um beim Verlängern der einen Hälfte die anderen zum Tragen zu bringen; es mussten vielmehr die Senkungs-Vorrichtungen so eingerichtet werden, dass die Ketten auch während des Anbringens neuer Zwischenglieder ununterbrochen belastet bleiben konnten. Zu diesem Zwecke wurde den Senkungs-Vorrichtungen die auf Blatt 29, Fig. 10—14 dargestellte Form gegeben.

Die Spindeln und Knarren sind den beim Baue der Düsseldorfer Rheinbrücke verwandten nachgebildet (s. 1873, S. 92; Zeitschrift für Bauwesen 1881, S. 238—250, 370—378). Die die Spindeln aufnehmenden Schraubenmuttern ruhen (wie dort) auf eisernen Schuhen, an welche jedoch außerdem zu beiden Seiten der Spindeln je ein Rundeisen angeschraubt ist. An diesen, unterhalb der Traghölzer für die eisernen Schuhe endigenden Rundeisen sind je zwei, 6 cm von einander entfernt stehende Flacheisen befestigt, welche an ihrem unteren Ende ein eisernes Futterstück tragen.

Die Kettenglieder aus Rundeisen sind mit den Spindeln und unter einander durch Laschen verbunden, in denen längliche Löcher angebracht sind; in letztere werden zwei lange Stahlkeile gesteckt. Diese gleiten während der Senkung zwischen den vorher erwähnten Flacheisen hinab und finden, sobald die betreffende Spindel nahezu ausgedreht ist, auf den Futterstücken ein Auflager. Hierdurch wird die an der Kette hängende Last auf die Flacheisen übertragen und die Spindel entlastet. Sind alsdann neue Kettenglieder eingeschaltet, so werden die Spindeln etwas angedreht und die dadurch wieder entlasteten Keile entfernt. Damit trotz der nie ganz zu vermeidenden Ungleichheit in der Höhenlage der Auflagerschuhe ein gleichzeitiges Auswechseln aller Ketten stattfinden konnte, wurden nach Bedarf kleine Blechplatten auf die Futterstücke gelegt, um dadurch die Stahlkeile früher zum Auflagern zu bringen.

Diese Art des Einschaltens von Kettengliedern hat sich als sehr einfach und leicht ausführbar erwiesen. Zum Auswechseln von 24 Kettengliedern gebrauchten 6 Arbeiter ungefähr einen halben Tag.

Unter Benutzung der beim Baue der Düsseldorfer Rheinbrücke gemachten Erfahrungen wurde von der meist üblichen Verbindung der Hebel der Senkungs-Vorrichtungen unter einander und von der gleichzeitigen Bewegung derselben mittels eines Haspels Abstand genommen, u. zw. einestheils, weil die Anlage bei den kreisrunden Brunnen von verschiedenen Durchmessern zu kostspielig war, anderentheils, weil die Prüfung der Vertheilung der Last auf die einzelnen Ketten dadurch sehr erschwert wird, indem die Spannung in denselben kaum anders als durch die Höhe des Tones, welchen sie beim Anschlagen mit einem Hammer geben, geschätzt werden kann. Es ist dies der Grund, dass bei früheren Ausführungen häufiger ein Abreißen von Kettengliedern vorgekommen ist. Wird aber jede Spindel für sich von einem Manne gedreht, so lässt sich auch eine verhältnissmäßig geringe Vermehrung der Belastung einer Kette an der größeren Anstrengung erkennen, die das Drehen des betreff. Knarrenhebels erfordert. Solche Unregelmäßigkeiten werden den Arbeitern und Aufsichtsbeamten nicht leicht entgehen und sind durch Nachlassen der betreffenden Spindel, oder durch Anziehen der benachbarten leicht zu beseitigen. Sollten sie aber auch wirklich einmal übersehen sein, oder sollte der betreffende Arbeiter sich nicht melden, so ist, so lange ein Mann allein die Drehung noch bewirken kann, keinerlei Besorgniss für die Kette oder das Mauerwerk vorhanden.

Um bei jedem Drehen der Hebel ein gleichmäßiges Niedergehen sämtlicher Spindeln zu erzielen, wurden letztere in genau gleichen Entfernungen von einander angebracht. Werden die 1,25^m langen Knarrenhebel dann bei jedem Vorwärts- und Rückwärts-Gange fest an die zunächst stehenden Knarren herangedrückt, wobei sie stets einen gleich großen Weg machen müssen, so wird bei der Gleichheit der Schraubengewinde eine gleiche Senkung aller Spindeln erzielt.

Die Senkungs-Vorrichtungen, von denen je nach der Größe des Brunnens 16 bis 36 in Anwendung kamen, haben sich sehr gut bewährt. Die Senkungen gingen stets, obgleich zeitweilig jede Kette mit mehr als 18 000^{kg} belastet war, fast ohne Unterbrechung von Statten. Eine Senkung der Brunnen um eine Spindel-länge von etwa 1,5^m erforderte 1½ bis 2 Stunden Zeit. Nachdem der Brunnen den Boden erreicht, und die Luftdruck-Senkung begonnen hatte, blieben die Ketten noch so lange in Thätigkeit bis der Brunnen so tief in den Boden eingedrungen war, dass große Seitenschwankungen nicht mehr zu befürchten waren. Die Ketten wurden dann nach dem Lösen der Muttern im Innern des Brunnens von Außen emporgezogen, die Löcher in den Holzringen aber durch Holzpflocke geschlossen.

Strompfeiler-Gerüste. Die zur Senkung benutzten Gerüste sind auf Blatt 29 dargestellt. Das untere Stockwerk derselben dient zum Mauern und zum Lagern von Maurer-Material während in dem oberen Stock-

werke die Senkungs-Vorrichtungen angebracht sind. Die die Kettenglieder tragenden Balken schlossen sich in ihrer Lage möglichst genau der Form der Brunnenringe an und bestimmen dadurch die Stellung und Anzahl der Tragstiele und Streben, welche in gemeinschaftlichen, auf den Tragpfählen aufliegenden Gusschuhen stehen und ihrerseits wieder die Stellung der einzurammenden Pfähle bedingen.

Der zur Abweisung im Wasser treibender Gegenstände dreieckförmig gebildete Vorbau ist von Außen nicht mit Bohlen bekleidet und gestattet dem Wasser den Durchfluss, damit Auskolkungen daselbst möglichst vermieden werden. Es ist jedoch nothwendig, dass die im Strome stehenden Brunnen nachdem sie den Boden erreicht haben, möglichst bald angeblasen und weiter gesenkt werden, da sonst eine Auskolkung unter der stromaufwärts gekehrten Schneide des Brunnenringes zu befürchten sein würde.

Um das Aufbringen der Schleusen und Einsteigschächte zu erleichtern, ist für Schuten u. dergl. eine entsprechende Durchfahrt an dem hinteren Theile des Gerüstes angeordnet, über welche der Laufkrahn hinweg geführt werden kann, so dass ein unmittelbares Verladen aus dem Schiffe auf das Gerüst möglich ist.

Senkung der Fluthpfeiler-Brunnen. Für die auf dem Lande zu senkenden Brunnen ist dieselbe Form der eisernen Brunnenringe gewählt, wie bei den Brunnen der Strompfeiler. Ursprünglich war (wie bereits erwähnt) angenommen, dass die Senkung dieser Brunnen in gewöhnlicher Art erfolgen sollte. Diese Weise führt jedoch, wenn der Brunnen beim Senken auf schwer zu beseitigende Baumstämme oder Steine auffährt, leicht zu Unzuträglichkeiten; in den Auewiesen aber, in denen auf dem rechten Elbe-Ufer die Fluthpfeiler zu erbauen waren, konnten nach früher gemachten Erfahrungen, dergleichen Hemmnisse füglich erwartet werden. Da nun nach den angestellten Ermittlungen sich ergab, dass der Kosten-Unterschied zwischen der gewöhnlichen und der Luftdruck-Gründung, wenn man die Einrichtungen für letztere einmal zur Stelle hat, nur sehr gering sein konnte (vergl. Brennecke, 1882, S. 528), so wurde die Senkung der Fluthpfeiler-Brunnen mit in die Ausschreibung für die Luftdruck-Gründung der Strompfeiler aufgenommen, bezüglich der ersteren jedoch die Wahl zwischen gewöhnlicher und Luftdruck-Senkung dem Unternehmer überlassen.

Der Uebertragung der Luftdruck-Senkung an einen Unternehmer wurde der Vorzug vor der Ausführung dieser Arbeiten in eigener Verwaltung mit Rücksicht auf die hohen Beschaffungskosten für die Gebläse-Maschinen, Schleusen, Förderschächte, Kräne, Schläuche, Schiffe usw. gegeben. Es war dies um so eher thunlich, als bereits mehrere Unternehmer im Besitze der erforderlichen Einrichtungen sich befanden.

In den Bedingungen war festgestellt, dass dem Unternehmer die Brunnen erst übergeben werden sollten, nachdem sie bis auf die Flusssohle gesenkt sind, so dass ihm nur die Arbeiten unter Luftdruck, d. h. die Förderung des Bodens aus den Brunnen und die damit verbundene Senkung derselben, sowie die Ausfüllung der Brunnen-Hohlräume mit Mauerwerk oder Beton verblieb.

Das Ergebniss der Ausschreibung war für die Luftdruck-Senkung aller Brunnen ein so günstiges, dass ihre Anwendung für sämtliche Pfeiler angeordnet wurde.

Mindestfordernde waren die Unternehmer Klein, Schmoll & Gärtner zu Wien, denen die fraglichen Arbeiten deshalb übertragen wurden.

III. Ausführung der Pfeiler-Gründung.

Nach dem Eintreffen der ministeriellen Genehmigung zur Inangriffnahme des Baues (Mitte Juni 1876) wurde sofort die Beschaffung der eisernen Brunnenringe, des Holz- und Steinmaterials u. dergl. an geeignete Unternehmer verdungen; in der zweiten Hälfte Juli wurden dann die Rammarbeiten für das Gerüst des Strompfeilers I in Angriff genommen.

Herstellung der Brunnen. Nachdem die Herstellung des Gerüsts für den Strompfeiler I genügend weit vorgeschritten war, wurde mit der Aufstellung des 8^m weiten Brunnenringes für den ersten, stromaufwärts gelegenen Brunnen begonnen. Die Dichtung des in mehreren Theilen zur Anlieferung gelangenden eisernen Schlinges war leicht durch sorgfältiges Verstemmen der Fugen zu erreichen. Dagegen bot die Dichtung der Fugen zwischen der Oberfläche des Eisenringes und dem darauf liegenden Holzkranze, sowie zwischen den einzelnen Holzlagen und zwischen Holz und Mauerwerk einige Schwierigkeiten. Die Dichtung zwischen den einzelnen Bohlenlagen erfolgte durch Bestreichen der durch Schrauben und Nägel unter sich und mit der eisernen Unterlagsplatte fest verbundenen Bohlen mit einer Mischung von heißem Theer und Pech, wie dieselbe beim Kalfatern von Schiffen angewendet wird. Außerdem wurden sowohl die Lager-, als auch die Stoffsugen kalfatert.

Zwischen der untersten Bohlenlage und der Eisenplatte musste zur Ausgleichung eine Lage Filzpappe angeordnet werden. Im Uebrigen erfolgte die Dichtung zwischen Holz und Eisen in gleicher Weise wie zwischen den Bohlenlagen.

Damit der Mörtel auf der obersten Bohlenlage festen Halt bekomme, wurde die obere Seite der Bohle mit einem dicken Ueberzuge einer Theer- und Pechmischung versehen und auf diese noch weiche Masse trockener grobkörniger Sand gestreut. Der nach dem Erkalten fest auf dem Holze haftende Ueberzug erhielt dadurch eine raue Oberfläche, mit der sich der Cementguss, in welchen die unterste Schicht des Mauerwerks verlegt wurde, fest verband.

Die erwähnten Arbeiten wurden mit größter Sorgfalt ausgeführt, bewirkten dann aber auch (in Verbindung mit den oben angeführten Zugankern) eine vollständig genügende Dichtung, wie sich beim Anblasen des ersten Brunnens sofort ergab.

Gegen Ende August war der Brunnenring fertig gestellt und in die Tragketten gehängt, so dass

mit der Herstellung des Brunnen-Mauerwerkes begonnen werden konnte.

Zur Aufmauerung der Brunnen sind bis etwa $\frac{1}{2}$ ^m unter niedrigstem Wasser (+ 4^m A. P.), in welcher Höhe das aufgehende, mit Granit verkleidete Bruchstein-Mauerwerk beginnt, Ziegelsteine verwandt. Nur bei den beiden Brunnen des ersten Strompfeilers kam unter dem aufgehenden Mauerwerke eine etwa 1^m starke Schicht häuptiges Bruchstein-Mauerwerk zur Verwendung, welches bei dem Hohnstorfer Landpfeiler (mit Rücksicht auf die leichtere Herstellung) durch mit Klinkern verkleidetes Ziegelstein-Mauerwerk ersetzt wurde. Diese Schicht ist in Form des aufgehenden Mauerwerks gebildet, jedoch breiter als dasselbe angelegt, da bei den kreisrunden Brunnen, wie sich bei der Versenkung ergab, schraubenförmige, anscheinend durch Unebenheiten in den Außenflächen des Mauerwerks hervorgerufene Drehungen eintraten.

Um das aufgehende Mauerwerk ansetzen zu können, war die Herstellung eines $1\frac{1}{2}$ ^m starken, in Cement gemauerten ringförmigen Mantels in Aussicht genommen, wie er auch bei dem Hohnstorfer Landpfeiler zur Ausführung gelangt ist.

Bei dem Strompfeiler I, an welchem die Dampf-Fähren sehr nahe vorbeiführen, musste dagegen von einem Mantel aus Mauerwerk Abstand genommen werden, weil zu befürchten war, dass durch den Wellenschlag ein die Wasserdichtigkeit des Mantels gefährdendes Ausspülen der Fugen bewirkt werden würde. Es wurde daher ein Mantel aus Holz hergestellt, indem in 1,5 bis 2^m Entfernung von einander Pfähle, die einige Centimeter vor das aufgehende Mauerwerk vortraten, in dem Brunnen-Mauerwerke befestigt und mit Bohlen bekleidet wurden. Da diese Bohlen über Wasser angebracht und erst dann mit versenkt wurden, so ließen sich die Fugen leicht und sicher durch Fugenleisten mit untergelegter Filzpappe dichten.

Die beiden Brunnen des Strompfeilers I mussten dem Entwurfe gemäß unter Wasser durch ein Gewölbe verbunden werden. Es wurde daher die Holzumkleidung an der Innenseite der Brunnen geradlinig so angelegt, dass sie die Herstellung des Gewölbemauerwerks nicht behinderte. Die eingemauerten Eckstiele dieser Wände waren auf einer Seite mit Nuthen versehen, um nach Absenkung beider zugehörigen Brunnen zwischen denselben Spundwände einsetzen und dadurch eine Umschließung des Arbeitsraumes für die Gewölbeausführung herstellen zu können. Die Dichtung der Sohle, sowie der Seitenwände des Arbeitsraumes erfolgte in bekannter Weise mittels Betons.

Aehnliche Spundpfähle sind auch bei dem Hohnstorfer Landpfeiler in dem Mantel-Mauerwerke angebracht.

Die untersten Schichten des Brunnen-Mauerwerkes sind in Cementmörtel aus 1 Th. Cement und 1 Th. Sand verlegt, während in den oberen Schichten (ihrer größeren Breite entsprechend) der Cementzusatz allmählich bis auf 1 Th. Cement zu 3 Th. Sand vermindert

wurde. Besondere Vorsicht war bei der Befestigung des Ansatz-Stützens, an dessen Horizontalplatte die Ankerbolzen befestigt wurden, nothwendig. Bei dem über dem Stützen gelegenen Brunnen-Mauerwerke wurde verlängerter Trassmörtel verwandt und dabei stets mit vollen Fugen gemauert.

Die Senkung der Brunnen richtete sich nach dem Fortgange der Aufmauerung, wobei nach Möglichkeit Rücksicht darauf genommen wurde, nicht zu frisches Mauerwerk in das Wasser hinabzulassen, um ein Auspülen der Fugen zu verhüten. Bei dem ersten Brunnen des Strompfeilers I gingen Aufmauerung und Senkung bis zur Flusssohle ohne Aufenthalt von statten, so dass der Brunnen am 7. Sept. zum Aufbringen der Schleuse bezw. zum Beginne der Luftdruck-Senkung bereit stand.

Luftschleuse, Erdförderungs-Einrichtungen usw. Die Unternehmer waren verpflichtet, 2 vollständige Förder-Einrichtungen, Gebläse-Maschinen, Schleusen, Schachtrohre usw. bereit zu stellen. Die beiden Gebläse-Maschinen, eine älterer Bauart von Claparède und eine neuere von Klusemann, wurden auf Schiffen untergebracht und beim Gebrauche durch eine theilweise sehr lange Leitung von Eisenröhren und Gummischläuchen mit den Brunnen bezw. den aufgesetzten Schleusen verbunden. Beide Maschinen wirkten sehr gut.

Zur Bodenförderung dient, wie aus der Darstellung der Luftschleuse auf Bl. 28, Fig. 8—13, ersichtlich ist, ein senkrechter Bagger, dessen Eimer die geförderten Massen in einen eisernen Kasten entleeren; letzterer gießt mittels einer sinnreichen, aber ziemlich verwickelten Einrichtung diese Massen in eine der beiden, seitwärts an die Förder-Schleuse angebauten Erd-Schleusen aus. Die letzteren werden, wenn sie gefüllt sind, von innen gegen die Förderschleuse abgeschlossen und dann auf ein Pfeifensignal von Außen geöffnet. Der darin enthaltene Boden fällt auf eine hölzerne schräge Rinne und gleitet in die bereit stehenden Schiffe hinab.

Eine besondere, vorn angebaute Schleuse vermittelt das Ein- und Ausfahren.

Die Leistungsfähigkeit des von einer, außerhalb auf dem Gerüste angebrachten Dampfmaschine in Bewegung gesetzten Baggers ist sehr bedeutend; sie ist jedoch vielen Zufälligkeiten unterworfen und daher ungleichmäßig. Es liegt dies an der verwickelten Einrichtung und an der Schwierigkeit der Herbeiführung einer Verständigung zwischen dem Maschinisten, dem in der Schleuse befindlichen, den Gang des Baggers regelnden Arbeiter und den unten in dem Hohlräume des Brunnen arbeitenden Mannschaften. Bei plötzlich vorkommenden Hindernissen ist daher ein Bruch an der Kette oder an einem anderen Theile des Baggers oft nicht zu verhindern.

Das Einbringen neuer Schachtrohre beim Fortgange der Senkung, sowie die Ausmauerung oder Ausbetonirung der Hohlräume bei beendigter Senkung wird durch die Bagger-Vorrichtung sehr erschwert.

Bei Einschaltung neuer Schachtrohre und beim Beginne der Betonirung pflegen die Unternehmer die verdichtete Luft

aus den Brunnen entweichen zu lassen und die letzteren erst nach erfolgter Einschaltung neuer Schachtrohre oder nach Einsetzung der später zu erwähnenden Betonschleuse wieder anzublasen. Durch dieses, bei einem Theile der Brunnen angewandte Verfahren kann die Einhaltung einer bestimmten Gründungstiefe leicht in Frage gestellt werden. Beim Ausblasen sinkt nämlich der Brunnen etwa $\frac{1}{2}$ bis 1^m in den Boden ein. Trifft er hierbei mit der Schneide auf einen Baumstamm oder einen Stein, so muss das Ausblasen unterbrochen, das Hinderniss beseitigt und hierauf der Versuch des Ausblasens erneuert werden. Darunter leidet aber die Sicherheit der Luftdruck-Gründung, zumal wenn sich in gleicher Tiefe häufiger Stämme oder Steine vorfinden. Da man außerdem, um unnötig große Hubhöhen für die Erdförderung zu vermeiden, nur so viel Schachtrohre aufzusetzen pflegt, dass bei beendigter Senkung die Schleuse noch gerade über Wasser bleibt, so kann es in dem erwähnten Falle vorkommen, dass die Länge der Schachtrohre für die durch das Ausblasen veranlasste weitere Senkung nicht mehr ausreicht. Es muss dann die Ausbetonirung ohne vorheriges Ausblasen erfolgen, was durch das sehr beschwerliche und zeitraubende Einbringen eines luftdicht schließenden Deckels in dem untersten Schachtrohre und durch Einblasen der verdichteten Luft unter diesen Deckel zu bewirken ist. Bei der später zu erwähnenden Senkung größerer Brunnen mit zwei Schleusen wurden ähnliche Deckel angewandt, die jedoch nur einen Abschluss des Rohres bildeten, zum Einführen der verdichteten Luft aber nicht eingerichtet waren, wozu bei dem wechselweisen Verlängern der Rohre in diesem Falle eine Veranlassung auch nicht vorlag. Die mit dem Anbringen des Deckels, dem Losnehmen und späteren Wiederaufstellen des Baggers verbundenen Arbeiten erwiesen sich dabei als ungemein zeitraubend.

Die durch die angeführten Ursachen entstehende Ungleichmäßigkeit in der Bodenförderung und Senkung wirkt naturgemäß sehr störend zurück auf die Ausführung der Maurerarbeiten. Während bei ununterbrochener Senkung, welche bei den 6^m weiten Brunnen der Landpfeiler stellenweise zwischen $1,0$ und $1,5^m$ täglich betrug, die Maurer kaum im Stande waren, den Brunnen entsprechend schnell aufzumauern, mussten häufig die Maurerarbeiten an den betreffenden Brunnen unterbrochen werden, da ein zu hohes Aufmauern mit Rücksicht auf die Geradföhrung der Brunnen unzulässig ist.

Ein fernerer, durch den Zeitverlust beim Einbauen des Baggers bewirkter Uebelstand besteht darin, dass nach dem Anblasen des Brunnen ein längerer Zeitraum vergeht, bis mit der Förderung begonnen werden kann. Dadurch wird unter Umständen eine die Senkung erschwerende Kolkung veranlasst oder eine vorhandene vergrößert, — abgesehen davon, dass die ganze Last des Brunnen in Folge dessen unnötig lange in den Ketten hängen bleibt.

Endlich wird durch diese Förder-Einrichtung einerseits ein sehr bedeutendes Gewicht der Schleuse (etwa $8,5^t$) bedingt, andererseits (zur Vermeidung allzugroßer Abmessungen der Schachtröhren) der Einsteigeschacht wesentlich beschränkt. Das bedeutende Gewicht der Schleuse wirkt aber ungünstig auf die Handhabung derselben und auf die Gerüste ein, während durch die Enge des Einsteigeschachtes bei plötzlichem Undichtwerden der Brunnen und Eindringen von Wasser, oder bei Verletzung eines Arbeiters die Rettung der betreffenden Mannschaften sehr erschwert wird. Die Unternehmer halten jedoch die angeführten Bedenken für nicht genügend, um zu einer Umänderung der Einrichtungen zu schreiten. Wie leistungsfähig dieselben sein können, hat der die Unternehmer vertretende Ingenieur mit Hilfe dreier Aufseher im zweiten Baujahre bewiesen. Es kam denselben dabei allerdings zu statten, dass sie schon bei mehreren anderen Gründungen dieselben Vorrichtungen gebraucht, sich mit ihnen vollständig vertraut gemacht und außerdem im ersten Baujahre eine genügende Anzahl von Arbeitern herangebildet hatten.

Trotz der sehr günstigen Ergebnisse des zweiten Baujahres dürfte aus den angeführten Gründen die Anwendung eines senkrechten Baggers bei Luftdruck-Gründung nicht vorteilhaft, vielmehr die einfachere Art der Kübelförderung vorzuziehen sein.

Ob die Hebung der Kübel besser mit Menschenkraft, oder auf anderem Wege erfolgt, hängt von dem Umfange der Arbeiten und den zu Gebote stehenden Maschinen ab. Erreichen die Arbeiten einen nur einigermaßen bedeutenden Umfang, so dürfte die Hebung der Kübel, mittels Wasserdrucks, ähnlich wie sie bei der Gründung der Brücke über die Neue Maas bei Rotterdam, (Z. f. Bauwesen Jahrg. 1875, S. 11)*) angewandt ist, als die vorteilhafteste erscheinen.

Bei Anwendung eines Akkumulators wird zeitweilig eine große Kraftentwicklung und in Folge dessen eine schnelle Hebung der Kübel bei gleichmäßigem Gange der Kraftmaschine ermöglicht und dadurch ein Hauptvorteil des Baggers erreicht. Die Steuerung und damit die Hebung und Senkung der Kübel liegt dabei lediglich in der Hand des in der Schleuse befindlichen Arbeiters. Die Entleerung der Kübel und die rechtzeitige Absperrung des Wasserzuführung-Hahnes erfolgt selbstthätig. Die Arbeit in dem Brunnen selbst wird wenig erschwert gegen die Baggerförderung, da auch bei der Baggerung der Boden von den Seiten her nach der Mitte zu geworfen und für gleichmäßige Füllung der Baggerkörbe gesorgt werden muss. Akkumulator und Kraftmaschine können mit der Gebläse-Maschine zusammen aufgestellt, Luft- und Wasserpumpen durch dieselbe Maschine getrieben werden. Dabei gestattet der gleichzeitig zum Einsteigen dienende Förderschacht ein bequemes Befahren und bei Unglücksfällen eine rasche Rettung, sowie eine leichte Hebung größerer Steine und Stämme. Ein Verlängern der Schachttrohre unter Verwendung eines Deckels zum luftdichten Abschlusse derselben macht keinerlei Schwierigkeiten.

Trotz der oben berührten Nachteile der Baggerförderung verlief die Brunnensenkung, wie erwähnt, sehr rasch. Es trug dazu ein von dem Vertreter der Unternehmer, Ingenieur Tietze, angewandtes Verfahren, die verdichtete Luft unmittelbar zur Bodenförderung zu verwenden, nicht unerheblich bei. Derselbe lief zu dem Zwecke Gasrohre von 3,8^m Weite mit einmauern und ungefähr bis zur Höhe der Holzringe in den Brunnen hinabreichen. Unten endigte das Rohr in ein schief abgeschnittenes Mundstück, welches durch eine gebogene Stahlschneide in 2 Theile getheilt war und dadurch das Eintreten zu großer Steine verhinderte. Oben führte ein gebogenes Ausgussrohr zu der Schüttrinne. Wurden die sowohl oben wie unten angebrachten Absperrhähne geöffnet, so suchte die gepresste Luft mit Gewalt durch das Rohr zu entweichen und riss dabei große Mengen des um das Mundstück aufgeworfenen Sandes mit fort. Auch kleine Steine wurden mit fortgerissen. Bei dem gleichmäßigen Sandboden in dem die Senkung meist stattfand, war die Wirkung dieses Sandgebläses eine recht günstige. Die stündliche Leistung betrug zeitweise etwa 1,5^{cbm}. Dabei vermochte das in Betrieb befindliche Gebläse durch schnelleren Gang den größeren Luftverbrauch zu ersetzen.

Beton-Schleuse. Zur Ausführung der Betonierungsarbeiten erwies sich die Beton-Schleuse der Unter-

*) Vergl. auch die Luftdruck-Förderung beim Baue der Donaubrücke zu Budapest 1877, S. 39, Bl. 685.

nehmer (s. Bl. 28, Fig. 13) als sehr brauchbar. Dieselbe besteht aus einem oben und unten mit Abschlussdeckeln versehenen Rohre, welches durch eine, während der Förderung mittels eines Deckels verschlossene Oeffnung in der oberen Wandung der Schleuse in dieselbe hinabgelassen und an der oberen Wandung befestigt werden kann. Nach Abnahme des oberen Deckels kann die Betonschleuse von außen mit Beton gefüllt werden. Ist dies geschehen, so wird in ähnlicher Weise, wie es bei der Einsteig-Schleuse geschieht, der untere Verschluss geöffnet, und der Beton fällt in den Brunnen hinab. Das Ausbetoniren ging auf diese Weise sehr rasch von Statten. Auch zum Einschleusen von Steinen und Mörtel ist die Betonschleuse, falls der Brunnen ausgemauert werden soll, sehr gut zu verwenden.

Brunnensenkung im ersten Baujahre. Bei dem zunächst zur Luftdruck-Gründung bereit gestellten Brunnen des ersten Strompfeilers beeinträchtigte die Ungeübtheit der Arbeiter nicht unerheblich die rasche Senkung. Dessen ungeachtet wurde die in dem Bauplane vorgesehene Senkungsdauer nur um wenige Tage überschritten.

Beim Anblasen dieses Brunnens erwiesen sich Mauerwerk und Brunnenring überraschend luftdicht. Der Brunnen stand an dem ganzen Umfange gleichmäßig auf, so dass die Ketten nur geringe Last zu tragen hatten. Nachdem einige Stunden lang das Gebläse in Thätigkeit gewesen war, musste dasselbe wegen einer kleinen Ausbesserung kurze Zeit außer Dienst gestellt werden. Es zeigte sich nun bei dem langsamen Entweichen der verdichteten Luft durch die Undichtigkeiten des Brunnens, der Schachttrohre usw. und der dadurch bewirkten Vergrößerung der auf dem Untergrunde ruhenden Last, wie sehr der tragende Boden trotz der geringen Dauer der Gebläse-Thätigkeit schon aufgelockert war. Während vor dem Anblasen des Brunnens der Untergrund die volle Last längere Zeit getragen hatte, ohne dass die Schneide erheblich tiefer eingedrungen wäre, begann bei dem Entweichen der Luft der Brunnen trotz der fortwährenden Verbreiterung der zum Tragen kommenden Ringfläche in den Boden zu sinken. Ihn an den Ketten hängen zu lassen, war wegen der vor dem Anblasen nothwendig gewordenen Aufmauerung, wodurch das Gewicht sehr bedeutend geworden war, nicht rathsam. Es wurde daher die Senkung in der Weise mit Hilfe der vorhandenen Mannschaften bewirkt, dass die Ketten stets thunlichst gleichmäßig und nur gering belastet wurden.

Da die Senkung eine gleichmäßige und genau senkrechte war, so wurde kein Versuch gemacht, die mit dem tieferen Eindringen sich stetig vermindernde Last wieder an die Ketten zu hängen; es wurden im Gegentheile die Spindeln ausgedreht und die Ketten sämmtlich entfernt.

Die weitere Versenkung und Ausbetonirung ging ohne weiteren Zwischenfall von Statten und wurde am 16. Okt. beendet.

Mittlerweile war auch der zweite Brunnen in Angriff genommen und so gefördert, dass er Ende Sept. angeblasen werden konnte. Dabei wurde, nach einem von dem Ingenieur Brennecke bereits bei der Gründung der Dömitzer Brücke mit Erfolg angewandten Verfahren, der Versuch gemacht, beide Brunnen mit derselben Luftpumpe zu speisen. Der mit Luftdruck-Gründungen sehr vertraute Ingenieur Gärtner, einer der Unternehmer, äußert sich darüber in der Zeitschrift des österr. Ing.- und Arch.-Vereins 1879 wie folgt:

„Bei dem zuerst in Angriff genommenen Brunnen des dem linken Ufer zunächst gelegenen Strompfeilers, wo die Mauerung unter genauer Aufsicht sehr sorgfältig ausgeführt wurde, zeigte sich nun beim Beginne der Luftdruck-Gründung, dass die Dichtigkeit eine überraschend befriedigende war, so dass es späterhin möglich wurde, nachdem der zweite Brunnen auch zur Versenkung eingerichtet war, dieselbe bei beiden Fundament-Körpern von zusammen $2 \cdot 50,26 = 100,52 \text{ qm}$ Querschnitt mit demselben Gebläse gleichzeitig zu betreiben, obschon die Tiefe des Eindringens in den Boden und unter Wasser, daher auch der Druck der verdichteten Luft ein ganz verschiedener war und z. B. bei dem einen Brunnen der Wassersäule von $14,19 \text{ m}$, bei dem anderen Brunnen einer solchen von $10,65 \text{ m}$ entsprach.

Das gleichzeitige Versenken der verschieden tief stehenden Brunnen durch dasselbe Gebläse wurde vermittelt durch Einschaltung eines regulirbaren Absperr-Ventiles in die betreffenden Luftleitungen.

Das hierbei verwendete Dampfgebläse hat einen Gebläse-Cylinder-Durchmesser von $0,471 \text{ m}$ und einen Hub von $0,471 \text{ m}$, liefert daher bei dem normalen Gange von 45 Umdrehungen in der Minute und einem Nutzeffekte von 0,75 eine Luftmenge von 332 cbm in der Stunde, wobei ich bemerken kann, dass dieses Gebläse für eine Senkkasten-Gründung mit einer Grundfläche von $100,52 \text{ qm}$ und einer Tiefe der Versenkung unter Wasser von etwa 10 m , selbst bei einem forcirten Gange von 60 Umdrehungen in der Minute, nicht ausreichen würde.“

Bei den folgenden zur Versenkung gekommenen Brunnen war die Dichtigkeit allerdings theilweise erheblich geringer, doch genügte stets ein Gebläse.

Die Versenkung des zweiten Brunnens, bei welchem die Ketten bald nach dem Beginne des Luftdruck-Betriebes gelöst wurden, ging gut und schon erheblich schneller, als die des ersten, von Statten. Doch trat vor der Ausbetonirung eine kleine Störung ein, indem nach Beendigung der Förderung und Beseitigung des Baggers ein Arbeiter beim Verlassen der Schleuse auf eine nicht ganz aufgeklärte Weise die nach Außen führende Thür der Einsteigeschleuse öffnete, ohne dass die Verbindungsthür zwischen Einsteige- und Arbeitsschleuse vollständig geschlossen war. Kaum war die äußere Thür etwas geöffnet, so entwich die verdichtete Luft mit großer Geschwindigkeit, und der Brunnen sank $1,8 \text{ m}$ tief in den Boden ein. Beim Heraus-schaffen des ziemlich hoch in die Arbeitskammer eingedrungenen Sandes zeigte sich derselbe so stark comprimirt, dass er beim Abgraben mit senkrechter Böschung stehen blieb. Aus diesem Grunde wurde beschlossen, den Sand in diesem Falle nur bis zur Bohlenhöhe zu beseitigen. Bei den übrigen Brunnen wurde ebenfalls der durch die Schlussenkung in den Arbeitsraum gepresste Sand darin belassen und auf denselben der Beton gebracht.

Am 28. Okt. wurde der zweite Brunnen des Strompfeilers ausgeblasen, und die hierbei thätig gewesene Gebläsemaschine nach dem Hohnstorfer Landpfeiler gebracht.

An dem ersten Brunnen dieses Pfeilers hatte die Luftdruck-Senkung am 26. Okt. bereits begonnen. Nachdem derselbe am folgenden Tage etwa 60 cm tief in den Boden eingedrungen und bei der vorgenommenen Sondirung Stämme oder Steine nicht gefunden waren, wurden die Ketten gelöst und die Senkungs-Arbeiten ohne Ketten fortgesetzt. In der Nacht neigte sich der Brunnen nach einer kleinen Senkung plötzlich nach einer und darauf nach der anderen Seite, wobei sich an den entgegengesetzten Wandungen des Brunnenmantels 2 senkrechte Fugen bildeten, aus denen die Luft entweichen konnte. Um diese Fugen von Innen dichten zu können, wurde eine stärkere Luftzuführung erforderlich, da bei dem Bloßlegen auch nur eines sehr geringen Theiles der Fuge eine größere Menge Luft entwich, als zugeführt wurde. Die Dichtung konnte deshalb auch erst begonnen werden, nachdem die zweite Gebläse-Maschine frei geworden und zur Aushilfe bereit gestellt war. Innerhalb zweier Stunden wurde alsdann durch stärkeres Einpumpen von Luft und gleichzeitiges Verstreichen der Fugen mit Thon das Wasser aus dem Arbeitsraume verdrängt. Der Thon wurde demnächst vorsichtig beseitigt und die nur etwa 2 Millimeter weite Oeffnung der Stos-fugen mit Cement verstrichen, der in der verdichteten Luft sehr rasch erhärtete.

Nach Ausführung dieser Arbeiten war Gefahr für das Mauerwerk nicht mehr vorhanden. Gleichwohl wurden zur größeren Sicherheit und zur Beruhigung der Arbeiter 3 eiserne Ringe in Entfernung von je 1 m durch einen Taucher von außen um den Brunnen gelegt, welche mittels einer abnehmbaren Schrauben-Vorrichtung möglichst dicht an das Mauerwerk gepresst und durch zwischengelegte Keile befestigt wurden.

Nachdem so die Festigkeit des Mauerwerks wieder hergestellt war, wurde die Luftdruck-Senkung fortgesetzt.

Nach Beseitigung des eingedrungenen Bodens ergab sich, dass der Brunnen auf einen quer unter demselben sich hinziehenden starken Eichenstamm aufgefahren war, dessen Rinde sich stark angefault und weniger hart zeigte. Diese Beschaffenheit des Holzes war Veranlassung gewesen, dass man beim Sondiren den Stamm nicht entdeckt, sondern nur auf das Vorhandensein einer etwas härteren Bodenart, wie solche mehrfach vorgekommen war, geschlossen hatte.

Die Schneide des eisernen Ringes war nicht beschädigt, die Erschütterung des Brunnens beim Auf-fahren auf den Stamm daher anscheinend auch keine sehr große gewesen.

Die Wirkung des Luftentweichens würde übrigens nicht so groß gewesen sein, wenn das Verhältniss zwischen Höhe und Durchmesser des Brunnens weniger ungünstig gewesen wäre. Derselbe wurde bei einer

Wassertiefe von 6,2^m versenkt und war daher zur Zeit über 7,5^m hoch aufgemauert, während der Durchmesser nur 6,5^m betrug. Dazu kam, dass der Schwerpunkt des Brunnens wegen des hohlen Arbeitsraumes sehr hoch lag. Die Bewegung wurde daher eine unverhältnissmäßig heftige, zumal die Führung des Brunnens im Erdreiche noch ziemlich unbedeutend war.

Zur Vermeidung ähnlicher Unfälle wurde bei den übrigen Brunnen eine Verstärkung der Verankerung des Mauerwerks in der vorhin beschriebenen Weise, so dass eine feste Verbindung zwischen dem Ansatzstutzen und der Platte des Ringes stattfand, angeordnet. Gegen Fugen-Ausspülung bei Wellenschlag oder starker Strömung erhielt das Brunnen-Mauerwerk ausßen einen Cement-Verputz, der entweder erst nach voller Erhärtung in's Wasser hinabgelassen, oder durch Umhüllungen dem Angriffe desselben entzogen wurde. Außerdem wurde beschlossen, die Brunnen so lange in den Ketten hängen zu lassen, bis sie 1—2^m tief in den Boden eingedrungen waren und durch das umschließende Erdreich entsprechende Führung erhielten.

In gleicher Weise ist auch, soweit es anging, bei den späteren Senkungen verfahren worden. Es erscheint indess zweifelhaft, ob es in der That zweckmäßig ist, die Brunnen, — vorausgesetzt, dass sie nicht eine sehr geringe Grundfläche haben, — länger in den Ketten hängen zu lassen.

In dieser Beziehung ist zu beachten, dass die Beschädigung des erwähnten Brunnens in erster Linie durch das Auffahren auf einen Baumstamm veranlasst wurde und das Schiefgehen desselben erst eine Folge der eingetretenen Undichtigkeit war. Erschütterungen, wie sie bei solchen Vorkommnissen nicht zu vermeiden sind, muss aber das Mauerwerk ertragen können.

Bei viel heftigerem Auffahren auf Steine, wobei sogar Verdrückungen der Schneide vorkamen, hat das Mauerwerk keinerlei Beschädigungen erlitten. Auch durch Schiefgehen des Brunnens leidet das Mauerwerk nicht, wie sich bei den Brunnen auf dem Lande zur Genüge ergeben hat. Plötzliche starke Bewegungen sind außerdem in der ersten Zeit, so lange das Sinken noch in Folge des Gewichts des Mauerwerks beim Freilegen des Brunnenringes und ohne Ablassen von Luft erfolgt, leicht zu vermeiden. Selbstverständlich ist in der ersten Zeit die Senkung mit besonderer Vorsicht auszuführen, und durch gleichmäßiges, nicht zu tiefes Abgraben des Bodens für ein allmähliches senkrecht Hinuntergehen des Brunnens Sorge zu tragen.

Damit die Arbeiter für ordnungswidriges Abgraben verantwortlich gemacht werden können, ist es zweckmäßig, in der Arbeitskammer Vorrichtungen anzubringen, welche den Stand des Brunnens angeben.

Die in dieser Beziehung angestellten Versuche mit einem als Wasserwaage dienenden, an dem Mauerwerke in gleicher Höhe befestigten Gummischlauche, welcher mit Wasser gefüllt und mit mehreren Wasserstandszeigern versehen war, ergaben kein günstiges Resultat. Sobald nämlich eine Verminderung des Luftdrucks in Folge von Ablassen der Luft bei Senkungen oder bei Anwendung des Sandgebläses eintrat, begann das Wasser in den Röhren zu brodeln und aus dem Glase zu sprudeln. Es würde sich mehr empfehlen, an dem Mauerwerke Lothe zu befestigen und ihre richtige Stellung auf darunter befindlichen eingemauerten Latten zu bezeichnen. Durch eine solche Einrichtung, verbunden mit etwa 4 an dem äußeren Mauerwerke befestigten Meterstäben, welche eine Ueberwachung von ausßen gestatten, würde ein Schiefgehen des Brunnens leicht zu vermeiden sein.

Dass das Hinabführen der Ketten auf größere Tiefe nicht erforderlich ist, beweisen die 8 auf dem Lande gesenkten Brunnen, bei denen Ketten überhaupt nicht zur Anwendung gekommen. Die längere Beibehaltung der Ketten dürfte nur in den Fällen zweckmäßig sein, in denen mit voller Sicherheit das Gewicht des Brunnens auch bei plötzlichem Entweichen der Luft ohne Gefährdung der Ketten und Gerüste von diesen getragen werden kann. Es wird dies aber nur in seltenen Fällen zutreffen, wenn nicht Gerüste und Ketten übermäßig stark gemacht werden sollen. Der Grund hierfür liegt hauptsächlich darin, dass das Mauerwerk über dem Ansatzstutzen eine von der Wassertiefe abhängige Stärke haben muss, um ein Abheben durch den Auftrieb der gepressten Luft zu verhüten. Hohles Mauerwerk ist daher bis zu dieser Höhe nur vor dem Anblasen des Brunnens anzuwenden. Sobald derselbe auf dem Boden steht, ist das fehlende Mauerwerk nachzuholen, wobei man den Brunnen langsam hinablassen muss, um die Ketten nicht zu sehr zu belasten.

Rechnet man hierzu das mit Rücksicht auf die Senkung aufzubringende Mauerwerk, selbst wenn es ringförmig mit hohlen Räumen aufgeführt wird, so ist in vielen Fällen die Last eine so große, dass die Beanspruchung von Ketten und Gerüsten bis zur äußersten Grenze des Erlaubten geht. Jeder unglückliche Zufall, z. B. Undichtwerden der Brunnen, der Schleuse oder auch nur der Schläuche würde eine so bedeutende und plötzliche Vermehrung dieser Beanspruchung herbeiführen, dass bei der beträchtlichen Auflockerung des Bodens durch die unter den Ringen ausströmende Luft leicht eine größere Gefahr entstehen kann.

Dazu kommt die große Schwierigkeit der Senkung an Ketten während der Förderung. Bei Tag und Nacht muss eine genügende Anzahl zuverlässiger Leute für ein gleichmäßiges Senken, entsprechend dem Fortgange der Förderung, sorgen. Während des Auswechselns der Kettenglieder muss der Betrieb unterbrochen werden, und trotzdem ist es schwer zu verhindern, dass nicht einzelne Spindeln zeitweise eine zu große Last erhalten.

Hiernach dürfte es sich empfehlen, die Brunnen nur so lange in den Ketten zu belassen, wie sie in denselben sicher getragen werden können, wobei von einer, die Gründungskosten unnötig vermehrenden Verstärkung der Ketten und Gerüste, falls das Verhältniss des Brunnen-Durchmessers zur Wassertiefe nicht ein zu ungünstiges ist, abgesehen werden muss.

Nothwendig ist es allerdings, dass nach Lösung der Ketten auf die Bodenuntersuchung und eine gleichmäßige allmähliche Senkung ganz besondere Sorgfalt verwandt werde.

Sollte trotzdem einmal eine Undichtigkeit eintreten, so hat der oben geschilderte Verlauf bei der Senkung des Hohnstorfer Landpfeiler-Brunnens gezeigt, dass der Schaden mit Leichtigkeit zu beseitigen ist.

Die fernere Senkung des oberen Brunnens des Hohnstorfer Landpfeilers ging nach Umlegung der Reifen ohne weiteren Unfall von Statten, trotzdem sich in diesem, wie auch in dem anderen Brunnen zahlreiche, anscheinend von einem Ufer-Schutzbaue herrührende Granit-Findlinge, sowie größere und kleinere Stämme vorfanden, deren Beseitigung jedoch ohne große Schwierigkeit möglich war.

Ungünstiger gestalteten sich die Verhältnisse bei den beiden 4^m weiten Flügelbrunnen. Diese mussten durch eine etwa 2^m starke Schicht von Granit-Findlingen, welche dort eine Art Packwerk zum Schutze des Deichfußes bildeten, gesenkt werden. Die Beseitigung der unter der Schneide des Brunnenringes befindlichen Steine hätte auf gewöhnlichem Wege zu lange

Zeit beansprucht. Es wurde daher ein Versuch mit Dynamit-Sprengung gemacht, welcher trotz des geringen Durchmessers der Brunnen ohne irgend welche Schädigung des Mauerwerks mit bestem Erfolge ausgeführt wurde. Im Ganzen sind in den beiden Brunnen 68 Sprengungen vorgenommen. Dabei wurden stets nur sehr kleine, der Gröfse des Steines angemessene Dynamit-Patronen verwandt, die ein Zertrümmern des Steins in handgrofse Stücke bewirkten. Bei gewöhnlicher Brunnensenkung wären diese Hindernisse wahrscheinlich überhaupt nicht zu beseitigen gewesen; jedenfalls würde die Beseitigung, an welcher Tag und Nacht 3 bis 4 Leute 20 Tage lang ununterbrochen im Trockenen arbeiteten, mehrere Monate beansprucht haben.

Beide Brunnen blieben bis nach Durchsenkung der Steinschicht in den Ketten hängen.

Der letzte Brunnen wurde am 29. Dec. ausgeblasen und damit für das erste Baujahr die Gründung abgeschlossen.

Mit der Senkung der Brunnen waren jedoch bei dem Stropfweiler I und dem Hohnstorfer Landpfeiler die Gründungs-Arbeiten noch nicht beendet. Es musste vielmehr noch die Aufmauerung der Brunnen selbst und die Herstellung der Gewölbe zwischen denselben unter Wasser erfolgen. Die erstere Arbeit ist, wenn nicht die runden Pfeiler bis über den jeweiligen Wasserstand aufgemauert werden sollen, immer unter Wasser auszuführen, da man eine Drehung der Brunnen beim Senken nicht verhindern kann. Auch die Gewölbe-Herstellung muss unter Wasser geschehen, wenn die Bögen nicht ungehörlich hoch gelegt, oder gar nachträglich künstliche Verkleidungen vor denselben angebracht werden sollen. Dazu kommt, dass besonders bei den Pfeilern einer Drehbrücke der Zwischenraum zwischen den Brunnen ausgefüllt werden muss, um eine schädliche Ablenkung des Wassers zu verhüten.

Das Aufmauern des aufgehenden Mauerwerks in den auf den Brunnen angebrachten, mit Holz bezw. Mauerwerk umkleideten Baugruben bot wenig Schwierigkeit. Dagegen erforderte die Herstellung einer wasserdichten Baugrube für das 25^m haltende Gewölbe grofsen Zeitaufwand und verhältnissmäfsig bedeutende Kosten. Besonders schwierig war der Anschluss der schmalen Beton-Fangedämme an das Mauerwerk zu dichten.

Erschwert würden die Arbeiten durch das sehr schlechte Wetter und den hohen Wasserstand im November. Auf günstigeren Wasserstand konnte jedoch nicht gewartet werden, da derselbe erst gegen Ende Mai einzutreten pflegt, dagegen eine Beschädigung des unfertigen Pfeilermauerwerks während des Hochwassers und Eisganges zu befürchten gewesen wäre. Uebrigens gelang es, rechtzeitig das Gewölbe des Stropfweilers I, sowie die Gewölbe zwischen den Brunnen des Landpfeilers, von denen die zu den Flügeln gehörigen über Wasser aufgemauert werden konnten, herzustellen, und

beide Pfeiler bis über den gewöhnlichen Wasserstand aufzumauern.

Konstruktion der Brunnen der Stropfweiler 2 und 3. Bei den vorstehend geschilderten Senkungen der ersten Bauperiode hatte sich das System der gemauerten ringförmigen Brunnen mit niedrigem Brunnenschlinge sowohl hinsichtlich der Dichtigkeit der Arbeitskammern, wie auch in Betreff der Festigkeit, und der Leichtigkeit, entstandene Undichtigkeiten zu beseitigen, als sehr zweckmäfsig bewährt. Unangenehm war nur die vorstehend beschriebene Herstellung des Verbindungs-Gewölbes unter Wasser. Zu vermeiden war dieser Uebelstand durch die Wahl eines einheitlichen, der Form des Pfeilers sich anschließenden Senkbrunnens. Ein derartiger Entwurf war bereits bei den ersten Verhandlungen über die Gründung der Brücke bearbeitet worden. Derselbe wurde jedoch damals aufgegeben, weil diese Grundrissform bei Anwendung von kreisförmigen Ringstücken zu verwickelt und die Herstellung des Brunnenmauerwerkes dadurch zu sehr erschwert worden wäre. Nachdem sich jedoch die gemauerten Brunnen in jeder Weise bewährt hatten, glaubte man, von der sicheren Kreisform wohl abweichen zu dürfen. Es wurde für zweckmäfsig erachtet, die Grundfläche des Pfeilers aus zwei Ellipsen, die sich zum Theil durchdringen, zusammensetzen, und die Durchschnittspunkte beider sowohl im Brunnen-Ringe durch eine Eisenkonstruktion, wie auch im Mauerwerke durch eine Querwand mit Durchgangs-Oeffnung zu verbinden.

Der hiernach bearbeitete und bei den Stropfweilern 2 und 3 zur Ausführung gelangte Entwurf ist auf Bl. 28, Fig. 3—7, dargestellt. Die Konstruktion des Ringes und der Aufmauerung schliesst sich genau an die der kreisförmigen Brunnen an. Die einzige Abweichung besteht in der Anbringung eines Winkeleisens an der Schneide des Brunnenringes und einer damit zusammenhängenden geringen Aenderung der Konsolen. Durch die Anbringung des Winkeleisens, dessen Einwirkung auf die Senkung der Brunnen nöthigenfalls durch Ausmauerung des Zwischenraumes zwischen den Konsolen verstärkt werden kann, wird ein etwaiges plötzliches Sinken der Brunnen erschwert und gleichzeitig die Geradföhrung der zu versenkenden, sowie die Gerade-richtung schiefer gegangener Brunnen erleichtert. Eine solche Anordnung wurde mit Rücksicht auf das während des Senkens erforderliche Ansetzen des aufgehenden Mauerwerkes erforderlich.

Neu ist an dem Brunnen-Ringe die mittlere Querversteifung. Die Unterkante derselben liegt 27^{cm} über der Unterkante des äufseren Ringes, damit bei einem zufälligen gewaltsamen Eindringen des Brunnens in das Erdreich die Querversteifung nicht zu bald zum Aufliegen komme, eine Durchbiegung erleide und das Mauerwerk dabei beschädige.

Die Form des Brunnens bedingt die Anwendung zweier Schleusen und Förderschächte. Die Ansatzzutten sind in gleicher Weise wie bei den kreis-

runden Brunnen durch ein System von Ankerbolzen mit der oberen Platte des Grundringes, außerdem aber noch unter einander verbunden. Die Grundfläche des Brunnens beträgt $94,80 \text{ m}^2$; während die beiden ursprünglich beabsichtigten, kreisrunden Brunnen zusammen $100,52 \text{ m}^2$ Flächeninhalt hatten. Der durch die Verminderung der Aushubmassen entstehende Gewinn ging allerdings dadurch verloren, dass den Unternehmern zur Erreichung größerer Beschleunigung aufgegeben wurde, eine dritte Schleuse in Betrieb zu nehmen, um gleichzeitig auf dem Lande und im Strome senken zu können, wofür eine besondere Vergütung gezahlt werden musste.

Trotzdem stellten sich die Kosten für die einheitlichen Brunnen, abgesehen von dem aus der schnelleren Beendigung der Gründungs-Arbeiten und der Aufmauerung der Pfeiler bei guter Jahreszeit erwachsenen sehr bedeutenden Vortheile, um etwa 6425 M niedriger, als für zwei kreisrunde Brunnen.

Brunnensenkung im zweiten Baujahre. Die dritte Schleuse nebst Zubehör wurde von den Unternehmern Mitte April 1877 aufgestellt, ohne jedoch sofort in Thätigkeit treten zu können, da ungewöhnlich lange andauerndes Hochwasser den Beginn der Gründung der Fluthpfeiler auf den überschwemmten Aue-Wiesen bis Ende April verhinderte.

Dieser hohe Wasserstand wirkte auch auf die Arbeiten an den Pfeilern im Strome sehr störend ein. Die Rammarbeiten für das Gerüst des Drehpfeilers, mit denen Ende März begonnen werden musste, wurden bei einer Wassertiefe von $10,5 \text{ m}$ ausgeführt. Da auch während der Senkung des Brunnens bis zur Sohle der hohe Wasserstand noch andauerte, so musste die Senkung mit ganz besonderer Vorsicht ausgeführt werden. Um das bedeutende Gewicht des Brunnens und den gewaltigen Andrang des Stromes gegen den 9 m im Durchmesser haltenden und schliesslich fast 10 m tief in das Wasser hinabreichenden Brunnen aushalten zu können, musste das Gerüst eine Verstärkung bezw. Absteifung erfahren. Außerdem durfte der Brunnen während des Senkens nicht voll aufgemauert werden; es wurde vielmehr nur ein Ringmauerwerk von $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Stein Stärke in 2 Ringen mit einer dazwischen angebrachten, 1 cm starken Cementschicht ausgeführt, welches beim Schlusse der Senkung eine Höhe von ungefähr $4\frac{1}{2} \text{ m}$ erreicht hatte.

Eine Auskolkung war bei dem sehr starken Strome nicht zu vermeiden; sie trat auch schon während der ersten Zeit der Senkung ein. Da es aber von größter Wichtigkeit war, dass der Brunnen auf allen Seiten gleichmäÙig zum Aufsitzen kam, so wurde versucht, durch Versenken von Sandsäcken und mit Sand gefüllten Cement-Tonnen künstlich eine wagerechte Fläche unter dem Brunnen herzustellen. Dieser, durch den starken Strom allerdings sehr erschwerte Versuch gelang über Erwarten gut. Der Brunnenkranz kam am ganzen Umfange ziemlich gleichmäÙig zum Aufsitzen, so dass gleichzeitig alle Ketten entlastet wurden.

Es konnte nun mit dem Ausmauern der Hohlräume, welches bis zu einer bestimmten Höhe nothwendig war, um ein Abheben der Schleuse und des Decken-Mauerwerks zu verhüten, begonnen werden. Mittlerweile wurde auf die schon während der Senkung aufgesetzten Einsteigeröhre die Schleuse aufgebracht und der Brunnen angeblasen. Nachdem die Cement-Tonnen und ein starker Stamm beseitigt waren, wurde der Brunnen so weit hinabgelassen, dass der Bohlenkranz im ganzen Umfange zum Tragen gebracht war, und hierauf die Entfernung der Ketten bewirkt.

Durch ein längeres Hängenlassen des Brunnens würden sowohl das Gerüst wie auch der Brunnen beim plötzlichen Entweichen der Luft durch eine Undichtigkeit oder durch Unterbrechung der Luftzuführung (wie sie zweimal an einem Tage durch böswilliges Zerschneiden von Gummischläuchen der Luftleitung vorgekommen ist) oder beim Eindringen des Brunnens in eine weichere Bodenschicht gefährdet sein, da weder Gerüst noch Ketten im Stande waren, das weit über 1000 t betragende Gewicht zu tragen. Bei dem großen Durchmesser des Brunnens war außerdem ein Schiefgehen desselben bei nur einiger Aufmerksamkeit während des Abgrabens nicht zu befürchten.

Die Versenkung ging auch ohne irgend welche Störung glücklich und schnell von Statten. Der Brunnen wurde am 17. Mai angeblasen und war bereits am 4. Juni, also nach 19 Tagen, bis zur richtigen Tiefe gesenkt und ausbetonirt.

Inzwischen war das Wasser so weit gefallen, dass auch auf dem Lande mit dem Gründen der Fluthpfeiler begonnen werden konnte. Hier gestaltete sich die Arbeit sehr einfach:

Zunächst wurde der Boden bis auf das Grundwasser abgegraben, dann der Brunnenring in die richtige Lage gebracht und hierauf sofort mit der Aufmauerung begonnen. An Gerüsten war nichts weiter erforderlich, als ein starker Bock für das Aufbringen und Abheben der Schleusen. Beim Anblasen dieser auf dem Lande frei stehenden Brunnen zeigte sich ein großer Unterschied in der Dichtigkeit gegen die Brunnen, deren Hohlraum beim Anblasen unter Wasserstand. Obgleich die Höhe der zu verdrängenden Wassersäule meist nur etwa $\frac{1}{2} \text{ m}$ betrug, (nämlich so viel, als der Brunnen durch sein Gewicht während des Aufmauerns in den Boden eingedrungen war), der Ueberdruck der Luft also auch nur auf $\frac{1}{20}$ bis höchstens $\frac{1}{10} \text{ at}$ gebracht zu werden brauchte, so stellte sich doch heraus, dass das trockene Mauerwerk nicht dicht genug war, um ein Entweichen der Luft zu verhindern. Der Grund liegt darin, dass die Poren trockener Ziegelsteine die Luft entweichen lassen, während diese Poren bei nassen Steinen mit Wasser gefüllt sind, welches die Luft auch bei größerem Ueberdrucke wegen der bedeutenden Reibung in den sehr engen Kanälen nicht verdrängen kann. Als wirksamer Schutz gegen das Entweichen der Luft erwies sich ein dünner Verputz des inneren Hohlraumes mit Cementmörtel.

Das Versenken der Brunnen auf dem Lande ging im Allgemeinen sehr schnell vor sich, so dass es (besonders bei den kleineren Brunnen) oft schwer war,

mit der Aufmauerung nachzukommen. Die größte Senkung betrug bei einem Brunnen von 5,5^m Durchmesser 1½^m innerhalb 24 Stunden.

Sehr erschwert wurde die Senkung bei einzelnen Brunnen durch das häufige Auffahren derselben auf große Steine oder Stämme, die sich besonders in einzelnen Brunnen der Landpfeiler vorfanden. So wurden aus einem der letzteren, welcher auf 6, fast unmittelbar über einander liegende Baumstämme stieß, 4,5^{cbm} Holz gefördert. Das Abstämmen der Hölzer nahm, trotzdem Tag und Nacht mit immer frischen Mannschaften im Trockenen daran gearbeitet werden konnte, fast 4 volle Tage in Anspruch.

Die Senkung der Brunnen auf dem Lande ging ohne irgend welchen Unfall vor sich.

In gleich günstiger Weise verlief die Senkung der auf einheitlichen Brunnen stehenden mittleren Strompfeiler. Die Dichtung des Ringes und die Aufmauerung geschah in gleicher Weise, wie bei den kreisrunden Brunnen. Die Vertheilung der Senkketten musste sich nach dem Gewichte der auf die einzelnen Theile des Ringes wirkenden Mauer Massen richten, weshalb die Entfernung der Ketten von einander eine ungleiche wurde. Um trotzdem eine gleichmäßige Senkung zu bewirken, musste die Drehung der Knarrenhebel durch Knaggen begrenzt werden, die auf den Tragbalken befestigt wurden. Die richtige Lage dieser Anschläge wurde durch unmittelbare Messung, außerdem aber noch dadurch geprüft, dass jede Knarre versuchsweise vor und zurück gedreht wurde, wobei sich feststellen ließ, ob auch beim Rückdrehen die Federn der Knarrenhebel über eine gleiche Anzahl von Zähnen der Knarrenräder zurücksprangen. Die letztere Prüfung

wurde auch während des Senkens häufig wiederholt; sie war sehr sicher und leicht, da die kräftigen Federn jedes Abspringen von einem Radzahl durch einen hellen Ton anzeigten. Die angewandte Vorsicht bewirkte ein ganz gleichmäßiges Senken.

Da die Grundfläche des Brunnens sehr groß und das Gewicht des hoch über das Wasser ragenden Mauerwerks sehr bedeutend war, so wurden bei beiden Brunnen die Ketten bald nach dem Beginne der Luftdruck-Senkung gelöst. Besondere Vorsicht wurde auf die Bodenuntersuchung unter der Querversteifung des Ringes verwandt, auch daselbst der Boden stets tiefer abgegraben, als unter dem äußeren Ringe.

Während der Verlängerung eines Schachtrohres wurde dasselbe durch den früher beschriebenen Deckel geschlossen und die Förderung nur mit der anderen Schleuse betrieben. Die Versenkung wurde bei diesen beiden Brunnen ohne vorheriges Ausblasen beendet. Erschwerungen gegenüber den runden Brunnen zeigten sich nicht. Auch das Ansetzen des aufgehenden Mauerwerks, welches ungefähr 1½^m tief versenkt wurde, sowie die genaue Geradföhrung der Brunnen während dieser Zeit gingen ohne Störung von Statten. Ueberhaupt bewährten sich die einheitlichen Brunnen vollständig.

Zeitdauer der Brunnen-Senkung mit gepresser Luft. Als Beginn der Luftdruck-Senkung ist der Tag angenommen, an welchem der Brunnen bis zur Flusssohle gesenkt war und zur Aufbringung der Schleuse bereit gestellt wurde, — als Schluss der Senkung der Tag, an welchem der Brunnen nach Ausbetonirung des Hohlraumes ausgeblasen wurde. Die Ausbetonirung ist meist bis Unterkante Bohlenkranz ausgeführt.

Bezeichnung der Pfeiler und Brunnen	Beginn der Luftdruck-Senkung	Schluss	Dauer in Tagen	Stand	Stand
				des Bodens im Brunnen beim Beginne der Senkung	der Schneide beim Schlusse der Senkung
Amsterdamer Pegel					
1. Baujahr. 1876.					
Strompfeiler I	Brunnen 1.....	7. Sept.	16. Okt.	+ 0,75	— 8,37
	Brunnen 2.....	25. Sept.	28. Okt.	+ 0,90	— 8,97
Hohnstorfer	1. Pfeilerbrunnen.....	25. Okt.	26. Nov.	— 0,66	— 8,30
	2. Pfeilerbrunnen.....	11. Nov.	3. Dec.	— 0,35	— 8,34
Landpfeiler	1. Flügelbrunnen.....	30. Nov.	21. Dec.	+ 1,30	— 3,60
	2. Flügelbrunnen.....	8. Dec.	29. Dec.	+ 1,99	— 3,38
2. Baujahr. 1877.					
a. Strompfeiler.					
Drehpfeiler.....	16. Mai	4. Juni	19	— 3,05	— 8,90
Strompfeiler III.....	18. Juni	11. Juli	23	+ 3,15	— 8,37
Strompfeiler II.....	15. Juli	3. Aug.	19	+ 2,45	— 8,32
b. Fluthpfeiler.					
Fluthpfeiler I..	Brunnen 1.....	5. Mai	22. Mai	+ 6,08	— 3,40
	Brunnen 2.....	13. Mai	7. Juni	+ 6,00	— 3,35
Fluthpfeiler II.	Brunnen 1.....	27. Mai	10. Juni	+ 6,17	— 3,40
	Brunnen 2.....	8. Juni	18. Juni	+ 6,00	— 3,35
Fluthpfeiler III	Brunnen 1.....	15. Juni	27. Juni	+ 5,96	— 3,45
	Brunnen 2.....	30. Juni	19. Juli	+ 5,90	— 3,35
Lauenburger Landpfeiler	Brunnen 1.....	21. Juli	5. Aug.	+ 5,20	— 3,32
	Brunnen 2.....	7. Aug.	16. Aug.	+ 5,30	— 3,25

Nach vorstehender Tabelle wurde die Luftdruck-Senkung am 7. Sept. 1876 begonnen und am 16. Aug. des folg. Jahres, also nach $11\frac{1}{3}$ Monaten beendet. Zieht man dabei die lange Unterbrechung der Arbeiten im Winter in Betracht, so ergibt sich, dass, wenn von vorn herein 2 Schleusen in Thätigkeit gewesen wären, zur Senkung der sämtlichen 9 Pfeiler ein Baujahr hingereicht haben würde. Die Gesamtförderung unter Luftdruck betrug etwa 8850 ^{cbm} Boden, 30 ^{cbm} Steine und Stämme von mehr als $\frac{1}{10}$ ^{cbm} Inhalt. An Beton zur Ausfüllung der Hohlräume wurden 762 ^{cbm} eingebracht.

Der Kubikinhalte des durch die Brunnen verdrängten Erdreichs ergibt sich zu etwa 6100 ^{cbm}. Die geförderte Masse hat sich daher durch Eindringen von Boden in die Brunnen und durch Auflockerung um durchschnittlich 45 % vermehrt. Dieser Procentsatz war bei den einzelnen Brunnen sehr verschieden. Er wuchs, je tiefer die Brunnen in den Boden eindrangen, und je mehr die Reibung ein freiwilliges Nachsacken derselben verhinderte.

Um das Eindringen von Boden auf ein möglichst geringes Maß zu beschränken, ist es erforderlich, ein Untergraben der Schneide des Brunnenringes zu vermeiden. Da dies bei tieferen Senkungen nur dadurch möglich wird, dass der Brunnen häufiger durch Ablassen von Luft zum Senken gebracht wird, was natürlich mit kleinen Störungen in der Förderung verknüpft ist, so dürfte es rathsam sein, entweder besondere Bestimmung darüber in den Verträgen mit dem Unternehmer der Luftdruck-Arbeiten aufzunehmen, oder die Verhinderung des Eindringens von Boden dadurch für ihn selbst vortheilhaft zu machen, dass der Berechnung seiner Leistung nicht die geförderte, sondern die durchsenkte Bodenmasse zu Grunde gelegt wird.

Kosten der Pfeiler-Gründung. Die Gesamtkosten für die Herstellung der 5 Strompfeiler bis Niedrig-Wasser betragen, einschl. sämtlicher Verwaltungs- und Insgemein-Kosten, 407 000 *M.*, für die Herstellung der 4 Fluthpfeiler bis zur Unterkante des aufgehenden Mauerwerks 154 000 *M.* Der Kubik-Inhalt ist bei gleicher Höhenannahme für die 5 Strompfeiler zu 5145 ^{cbm}; für die 4 Fluthpfeiler zu 2268 ^{cbm} ermittelt, wobei man den eisernen Brunnenring unberücksichtigt gelassen hat. Es stellten sich demnach die durchschnittlichen Kosten für 1 ^{cbm} dieses Mauerwerks bei den Strompfeilern auf 79,1 *M.*, bei den Fluthpfeilern auf 68,23 *M.**) Dieser Durchschnittspreis würde sich bei den Strompfeilern um rund 2,5 *M.* erhöht haben, wenn nur die Strompfeiler mit verdichteter Luft gegründet worden wären. Diese aus der weniger günstigen Ausnutzung der Förder-Einrichtungen usw. erwachsenden Mehrkosten sind bei einem Vergleiche zwischen den Kosten der verschiedenen, für die Fluthpfeiler in Frage kommenden Gründungs-Arten von den obigen Kosten für die Luftdruck-Gründung derselben abzusetzen. Der Durchschnittspreis für die Fluthpfeiler ermäßigt sich dadurch auf etwa 65 *M.*

IV. Aufmauerung der Pfeiler und Pfeilerthürme.

Die Abmessungen und die Form der Pfeiler und Pfeilerthürme gehen aus Bl. 27 und Bl. 30, Fig. 6

*) Vergl. Brennecke, 1884, S. 243—257.

hervor. Die Pfeiler und die beiden unteren Fundament-Absätze der Pfeilerthürme sind aus Bruchsteinen mit einer Granitstein-Bekleidung hergestellt, während zu den Pfeilerthürmen Elbsandstein aus den Brüchen bei Schöna verwandt ist. Die Schichthöhe der den äußeren Mantel des Pfeilermauerwerks bildenden Granit-Bruchsteine schwankt zwischen 25 bis 30 ^{cm}, in welchen Stärken auch meistens die aus einem Bruche bei Stadtoldendorf stammenden, sehr lagerhaften Hintermauerungs-Steine angeliefert wurden, so dass sich jede einzelne Schicht mit Leichtigkeit in gleicher Höhe durchführen ließ. Sämtliche Steine wurden in ein volles Mörtelbett verlegt, zu welchem man bei dem inneren Mauerwerke Wasserkalk mit einem Zusatze von Trass, bei den äußeren Schichten und dem oberen Thurmmauerwerke Cement verwandte. Unter den sehr großen, aus 4 bezw. 6 Theilen zusammengesetzten Auflagerquadern wurden die 4 bezw. 5 letzten Schichten aus sorgfältig, mit parallelen Lagerflächen versehenen Steinen hergestellt, die in Cementmörtel verlegt wurden. Zum Aufziehen der schweren Werksteine für das Thurmmauerwerk diente ein starker, gegen die bereits fertig gestellten eisernen Ueberbauten abgesteifter Mast, an welchem ein Ausleger in einfachster Weise, wie die Segelstangen bei Schiffen, befestigt war; diese sehr einfache Einrichtung erfüllte vollständig ihren Zweck.

Thurmaufbauten sind nur auf drei Pfeilern angebracht, nämlich auf dem ersten Strompfeiler, auf dem ersten Fluthpfeiler und auf dem Lauenburger Landpfeiler, um die Haupt-Abtheilungen der Gesamt-Ueberbrückung hervorzuheben.

In Folge der frühzeitigen Beendigung der Gründungs-Arbeiten gelang es, sämtliche Pfeiler bis auf die Thurmaufbauten im Jahre 1877 fertig aufzumauern, während letztere erst nach Aufstellung der angrenzenden eisernen Ueberbauten im Juni 1878 in Angriff genommen und bis zum 1. Nov. desselben Jahres fertig gestellt wurden.

V. Der eiserne Ueberbau.

Die Gesamt-Anordnung der Ueberbauten zeigt Bl. 27. Dieselben sind zweigleisig angelegt, jedoch, da auf den Anschluss-Strecken der Bahn-Oberbau nur eingeleisig ausgeführt ist und ein Bedürfniss zur Anlage des zweiten Gleises in nächster Zeit wahrscheinlich nicht eintreten wird, zunächst auch nur mit einem Gleise versehen, welches einstweilen in der Mitte der Brückenbahn verlegt ist.

Aus diesem Grunde sind die Schwellenträger in gleichen Entfernungen von einander so angeordnet, dass sowohl die beiden mittleren, wie auch je zwei äußere zur Aufnahme der Schwellen benutzt werden können.

Die feste Brücke. Die Hauptträger der Stromöffnungen haben eine Stützweite von 103 ^m zwischen den Auflagermitten und sind als Fachwerkträger mit doppeltem Diagonalen-Systeme, gerader unterer und gekrümmter oberer Gurtung angeordnet. Ihre Höhe

beträgt in der Mitte 15, an den Enden 7^m. Da sie den in der Zeitschrift für Bauwesen 1876, S. 35 ausführlich mitgetheilten Hauptträgern für die Stromöffnungen der Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn nachgebildet sind, so dürfte eine genauere Beschreibung entbehrlich sein. Erwähnt sei nur, dass durch die Anordnung, sämtliche Gurtungs-Theile an jedem Knotenpunkte zu stoßen, die Aufstellung sehr erleichtert wurde. Form und System der Träger ist auf Bl. 30, Fig. 5—8 dargestellt.

Die Lücken zwischen den Hauptträgern der einzelnen Oeffnungen sind durch eiserne Verbindungs-Platten geschlossen.

Auch der eiserne Ueberbau der Fluthöffnungen (Bl. 30, Fig. 9—11) bietet wenig Bemerkenswerthes. Er besteht aus zwei Hauptträgern mit parallelen Gurtungen und doppeltem Diagonalen-Systeme; die Weite beträgt 51^m zwischen den Auflagermitten. Die Höhe der Hauptträger ist, der Höhe der Endvertikalen an den Hauptträgern der Stromöffnungen entsprechend, zu 7^m angenommen.

Die Drehbrücke (Bl. 30, Fig. 1—4) hat bei einer Gesamtweite von 37,6^m zwischen den End-Auflagern, welche sich aus der Weite der beiden Drehöffnungen = 2 · 14^m, der Breite des Drehpfeilers = 8^m und der Entfernung der Auflagermitten von den Pfeilerkanten = 2 · 0,8^m ergibt, eine Brückenlänge von 38,6^m.

Sie ist nach Art der Schwedler'schen Drehbrücken ohne Rollenkrans (s. 1869, S. 412—424) konstruirt. Ist die Brücke geschlossen, so ruhen die Hauptträger auf je 3 Auflagern, von denen je eins an den Enden der Brücke auf dem Strompfeiler I bezw. dem Hohnstorfer Landpfeiler, das dritte auf dem Drehpfeiler, und zwar 1^m von der Mitte der Hauptträger entfernt, nach dem Landpfeiler zu, angebracht ist. Demgemäß ist das Pendel-Auflager für den längeren Arm auf den Strompfeiler I gelegt. Soll die Brücke geöffnet werden, so wird das Auflager des längeren Brückenarmes ein wenig angehoben und dann nach Ausschwenkung der durch Anheben der Hauptträger entlasteten Pendel um so viel gesenkt, dass die Mittelaufleger frei werden und die Brücke sich auf den genau in der Mitte ihrer Länge angebrachten Drehzapfen, sowie auf ein in der Brückenachse an dem längeren Arme befestigtes Stützrad auflegt, in Folge dessen das kürzere Brückenende nun frei über dem Endauflager schwebt. Zur Verhinderung des seitlichen Umfallens beim Drehen ist zu jeder Seite des Drehzapfens ein Laufrad, zur Verhütung des Umstürzens in Folge Winddrucks nach der dem Stützrade entgegengesetzten Seite am kürzeren Arme eine Stützrolle angebracht.

Verschluss der Drehbrücke. Zur Feststellung der Brücke in ihrer richtigen Lage dient ein in der Brückenachse liegender eiserner Längsriegel. Derselbe befindet sich in einem an dem Ende der Drehbrücke angebrachten schmiedeisernen Führungskloben und kann in ein an der Eisenkonstruktion der Pfeiler-Ueberführung befestigtes Lager eingeschoben werden. Durch Zugstange und Hebel steht dieser Längsriegel mit der Bewegungswelle für die Pendel derart in Verbindung, dass er gleichzeitig mit diesen bewegt wird. Da hiernach eine Aenderung in der Stellung der ein-

geschwenkten Brücke nicht vorgenommen werden kann, so lange der Längsriegel seine Endstellung bewahrt, so kam es darauf an, denselben durch mechanische, sicher wirkende Einrichtungen in dieser Stellung festzuhalten.

Dies geschieht durch einen Querriegel, welcher an der Eisen-Konstruktion der Pfeiler-Ueberführung befestigt ist und in einen Ausschnitt des über die Führung hinausreichenden Theils des Längsriegels so eingreift, dass jede Bewegung desselben unmöglich gemacht wird.

Um zu verhindern, dass der Querriegel eingeschoben werden kann, bevor der Längsriegel die richtige Stellung erhalten hat, ist die aus Blatt 30, Fig. 4 ersichtliche Sicherheits-Vorrichtung angebracht worden. Dieselbe besteht aus einer Sperrstange, welche sich um eine an der Eisenkonstruktion der Pfeiler-Ueberführung befestigte Welle dreht, durch ein mit ihr verbundenes, an einem Hebel wirkendes Gegengewicht beim Zurückziehen des Längsriegels gegen die Führung desselben gepresst wird und dadurch das Einschieben des Querriegels verhindert. Da aber beim Aufdrehen der Brücke nach starkem Froste die Wirkung des Gegengewichts durch Festfrieren der Sperrstange bezw. des Hebels an der Welle vereitelt werden kann, so ist außerdem an der Sperrstange ein daumenförmig in eine Vertiefung des Längsriegels eingreifender Hebel befestigt, der beim Zurückziehen des Längsriegels die Sperrstange zwingt, die Bewegung mitzumachen, dadurch also die Wirksamkeit des Gegengewichtes wieder herstellt und unterstützt.

In Folge dieser Sicherheits-Vorrichtungen liefert eine bestimmte Stellung des Querriegels den sicheren Beweis, dass die Brücke geschlossen ist. — Es kam nun noch darauf an, den Querriegel mittels mechanischer und elektrischer Vorrichtungen derartig mit den Einfahrt-Signalen und der den Verkehr über die Brücke vermittelnden Station Lauenburg in Verbindung zu setzen, dass die Brückenwärter das Fahrsignal nicht geben können, ohne dass der Querriegel in seine richtige Stellung gebracht, also die Brücke geschlossen ist, und dass den Wärtern jede Einwirkung auf die Stellung der Brücke, nachdem das Fahrsignal gegeben ist, so lange entzogen bleibt, bis die Station Lauenburg das Aufdrehen der Brücke freigegeben hat.

Zu diesem Zwecke sind 3 Blockapparate für die Brücke aufgestellt, u. zw. ein südlicher, unweit des Hohnstorfer Landpfeilers auf dem linksseitigen Anschlussdamme, ein mittlerer auf dem Strompfeiler I und ein nördlicher auf der Station Lauenburg. Die Apparate sind theils durch ein oberhalb der Brücke versenktes Kabel, theils durch oberirdische Leitung verbunden. Sämmtliche Züge, sowohl die in der Richtung von Lauenburg nach Echem bezw. Lüneburg, wie auch die in umgekehrter Richtung fahrenden, erhalten die Erlaubniss zur Abfahrt von Lauenburg bezw. Echem durch die Station Lauenburg. Dieselbe darf erst

ertheilt werden, nachdem die Blockscheibe des Stations-Apparates deblockirt ist. Vor dem Einlaufen in die Brücke haben die Züge außerdem an Einfahrt-Signalen vorbeizufahren, die von dem mittleren bzw. südlichen Apparate aus bedient werden und weit genug vorgeschoben sind, um auch bei plötzlichem Haltsignale den Zug noch vor der Dreh-Brücke zum Halten bringen zu können.

Die Deblockirung der Blockscheibe des Stations-Apparates wird von der Brücke aus bewirkt und kann erst erfolgen, nachdem die linksseitige, mit dem Querriegel des Brückenverschlusses in Verbindung stehende Kurbelscheibe so weit gedreht ist, bis der in gewöhnlicher Weise angebrachte Sperrkegel sich in einen Ausschnitt des Kurbelrades legen kann und dadurch das Niederdrücken der Blocktaste und den Schluss der Leitung gestattet. Querriegel und Kurbelscheibe sind durch eine Kettenleitung und zwei an der Eisenkonstruktion der Pfeiler-Ueberführung befestigte Ketten-scheiben, an deren letzterer der Querriegel angreift, so mit einander verbunden, dass der Sperrkegel sich erst nach vollständigem Verschlusse der Drehbrücke in den Einschnitt des Kurbelrades legen kann.

Soll die Erlaubniss zur Einfahrt für einen von Lauenburg herkommenden Zug ertheilt werden, so wird nach vorhergegangener Verständigung zwischen den Brückenwärtern und der Station Lauenburg mittels einer Wecker-Vorrichtung der linksseitige Blockknopf des mittleren Apparates heruntergedrückt und die Induktor-Kurbel fünfmal herumgedreht. Dadurch werden die linksseitige Scheibe des mittleren und die Scheibe des Stations-Apparates deblockirt. Gleichzeitig mit der Deblockirung dieser Blockscheiben tritt die Wech-sel-sperrung zwischen den Kurbelscheiben des Drehbrücken-Verschlusses und des nördlichen Einfahrt-Signals, von der Lauenburger Seite her, in Wirkung, indem sie die Kurbel des Verschlussriegels festhält und die des Einfahrt-Signales frei giebt. Mit letzterem kann jetzt unabhängig von der Station Lauenburg das Fahr- oder Haltsignal gegeben werden, damit man jeder Zeit bei etwaigen, nach dem Verschlusse der Brücken plötzlich eintretenden Hindernissen den Zug zum Halten bringen kann.

Soll von Echem her ein Zug angenommen werden, so müssen bei dem mittleren Blockapparate die gemeinschaftlichen Blocktasten niedergedrückt und die Induk-torkurbel gedreht werden. Dadurch werden gleichzeitig sämtliche Blockscheiben der 3 Apparate deblockirt, der Drehbrücken-Verschluss durch die Wech-sel-sperrung und die Kurbel des auf „Halt“ stehenden nördlichen Einfahrt-Signales durch einen Sperrkegel festgehalten und die Kurbel des südlichen Einfahrt-Signales, von Echem her, frei gegeben. Hat der Zug die Brücke über-fahren, so blockirt der Wärter, nachdem er das Ein-fahrt-Signal auf „Halt“ gestellt hat, von dem südlichen Apparate aus die eigene Blockscheibe und die rechts-seitige des mittleren Apparates.

Auf ein mittels des Weckers von dem mittleren Apparate aus nach der Station Lauenburg gegebenes Signal, dass der Zug die Brücke überfahren hat, wird dann von der Station aus die eigene Blockscheibe, so-wie die linksseitige Blockscheibe des mittleren Appa-rates blockirt und damit den Brückenwärtern die freie Verfügung über den Brückenverschluss und die Dreh-brücke selbst wieder gegeben. Hat ein von Lauenburg kommender Zug die Brücke überfahren, so erfolgt die Blockirung in gleicher Weise, aber selbstverständlich ohne Mitwirkung des nicht beteiligten südlichen Appa-rates.

Durch die beschriebenen Einrichtungen dürfte eine völlig genügende Sicherung der Brücken-Befahrung er-reicht sein. Um zu verhindern, dass nach Einschwenkung der Brücke der zur Bewegung des Triebrades dienende Aufsteck-Schlüssel stehen bleibt und dadurch die Sicherheit des Zuges gefährdet, ist, wie aus Bl. 30, Fig. 1 ersichtlich, mit dem Längsriegel der Brücke durch Hebel-vorrichtung eine handförmig gebogene Eisenplatte ver-bunden, die sich beim Einschieben des Längsriegels über den Triebzadzapfen legt und dadurch das Ein-schieben des Längsriegels erst nach Wegnahme des Schlüssels gestattet.

Aufstellung der Ueberbauten. Die Reihen-folge der Aufstellung der einzelnen Ueberbauten wurde durch die Rücksicht auf die Schifffahrt bestimmt. Es musste einestheils dafür gesorgt werden, dass jeder Zeit Schiffe mit stehendem Maste, sowie die Dampf-fähren un-behindert verkehren konnten. Anderentheils genügte für Schiffe mit voller Ladung und niedergelegtem Maste, sowie für die Dampf-fähren, welche die Drehbrücken-Oeffnungen thalwärts nur mit großem Zeitaufwande durchfahren konnten, die Wassertiefe in der zweiten großen Oeffnung nur bei höheren Wasserständen, da das eigentliche Fahrwasser in der ersten Stromöffnung liegt. Hieraus ergab sich für die Aufstellung der einzelnen Brückenkörper eine bestimmte Reihenfolge:

Im zweiten Baujahre 1877, in dessen letzterer Hälfte mit der Aufstellung begonnen werden konnte, mussten die erste und zweite Stromöffnung frei gelassen werden, um nicht die Schifffahrt unnöthiger Weise zu erschweren. Zur Aufstellung gelangten die Ueberbauten der Dreh-brücke und der dritten Stromöffnung. In dem folgenden Baujahre wurde bereits im März (trotz des sehr hohen Wasserstandes) mit der Herstellung des Gerüstes in der ersten Stromöffnung begonnen, und dadurch erreicht, dass der Ueberbau der ersten Strom-öffnung noch im Laufe des Monats Juni, also zu einer Zeit fertig gestellt werden konnte, in welcher in der zweiten Stromöffnung für die Schifffahrt noch genügende Wassertiefe vorhanden war. Nach Beseitigung des Ge-rüstes in der ersten Stromöffnung war das eigentliche Fahrwasser für die Schifffahrt wieder frei gegeben, und es konnte nunmehr mit der Einrüstung der mitt-leren Stromöffnung begonnen werden.

Die Aufstellungs-Gerüste bestanden aus einem festen Unterbaue, der durch eingerammte, mit Holmen

versehene Pfähle gebildet wurde. Den Knotenpunkten der Hauptträger entsprach jedes Mal eine Reihe von Pfählen. Auf diesem Unterbaue wurde das Obergerüst mit Laufkränen usw. aufgestellt. Zur Abweisung von Schiffen und treibenden Hölzern wurde vor den beiden Haupt-Stromöffnungen eine schräge Reihe von Pfahlgruppen (Düekdalben) errichtet, die unter sich durch wagerechte Hölzer verbunden waren.

Die 3 Fluthjoche konnten ohne Rücksicht auf die Schifffahrt aufgestellt werden. Die Aufstellung wurde im März 1878 begonnen und im Sept. beendet. Kurze Zeit darauf, am 8. Okt., wurde auch das letzte Stromjoch fertig gestellt und dann nach Aufbringung der Schwellen und Schienen am 24. Okt. die Probelastung der Brücke vorgenommen.

Die bei der Aufstellung den Ueberbauten gegebene Ueberhöhung von 50^{mm} für die Stromjoche und 25^{mm} für die Fluthjoche erwies sich als vollkommen genügend. Nach der Belastung behielten die stromaufwärts gekehrten Hauptträger der Stromjoche eine Ueberhöhung von 10 bis 14^{mm}, während die stromabwärts gekehrten Hauptträger, auf welchen der Fußsteig ruht, durchschnittlich eine um 10^{mm} stärkere Durchbiegung erlitten. Bei den Fluthjochen war die Senkung beider Hauptträger wenig verschieden, indem dieselben eine Ueberhöhung von durchschnittlich 12,5 bzw. 10^{mm} behielten.

Die Durchbiegung bei der durch schwere Güter-Lokomotiven bewirkten Probe-Belastung betrug bei den Stromjochen durchschnittlich 26^{mm}, (wovon 3^{mm} dauernd blieben), bei den Fluthjochen 18^{mm} (darunter 2^{mm} dauernde Durchbiegung). Auch hierbei war die Durchbiegung der stromabwärts gekehrten Träger etwas stärker als die der oberen Träger. Die seitlichen Schwankungen betragen etwa 3^{mm} bei schneller Fahrt.

Bei der Besichtigung und Prüfung der Brücke durch den als Kommissar des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten bei der Probelastung anwesenden Herrn Geheimen Oberbaurath Schwedler wurde die Ausführung in allen Beziehungen als eine sorgfältige und gelungene anerkannt und die Inbetriebsetzung der Brücke gestattet. Die einzige Aenderung, welche für nothwendig erachtet wurde, betraf den Anschluss der Gleise der Drehbrücke an die Gleise des Hohnstorfer Landpfeilers und des festen eisernen Ueberbaues.

Um nämlich die Durchbiegung der (bei der Lage der Gleise in der Mitte der Brücke) etwas weit über die letzten Querträger hinausragenden Schienen zu ermäßigen, wurde auf der Landseite der Schienenstofs 15^{cm} weit auf das Pfeilermauerwerk hinaus verlegt, was sich an diesem kürzeren, zu hebenden Arme der Brücke ohne Schwierigkeit erreichen liefs, während auf der anderen Seite der Längsriegel des Brückenverschlusses ein festeres Auflager erhielt und mit zum Tragen gebracht wurde. Durch diese Anordnungen wurde der Uebergang auf die Drehbrücke wesentlich verbessert.

VI. Baukosten.

Die Gesamtkosten der eigentlichen Brücke betragen rund 2 043 000 *M.*, etwa 524 000 *M.* weniger, als veranschlagt. Von dieser Ersparniss fallen auf die Gründungs-Arbeiten etwa 110 000 *M.*, auf den eisernen Ueberbau (in Folge der sehr niedrigen Eisenpreise) 330 000 *M.* und auf den Titel Insgemein (in Folge des ungestörten Fortganges der Bauten) 70 000 *M.* Die übrige Ersparniss vertheilt sich auf die sonstigen Arbeiten.

VII. Stromregulirungs-Arbeiten, Herstellung der Eishalter und Anschluss-Anlagen.

Die Stromregulirungs-Arbeiten bestanden, wie unter I bereits erwähnt ist, aus der Verbreiterung des Deiches oberhalb und unterhalb der Brücke, sowie aus der Anlage und dem Ausbaue von Buhnen an beiden Elbufern oberhalb der Brücke.

Die eisenbahnseitig ausgeführten Neuanlagen bezw. Verlängerungen und Umbauten von Buhnen sind in dem Plane Blatt 27, Fig. 3, durch dunklere Schraffirung kenntlich gemacht. Dieselben haben sich im Wesentlichen auf die vor dem Beginne des Baues festgesetzten Anlagen beschränkt. Nachträglich hinzugekommen ist nur die letzte linksseitige Buhne am Bahnhofe Hohnstorf, welche nach der durch das Schifffahrts-Interesse gebotenen Beseitigung des Molo-Oberbaues daselbst nothwendig wurde, um die ungünstige Wirkung der den Unterbau des Molo bildenden, deklinanten Buhne auf die angrenzende Uferstrecke aufzuheben.

Die Buhnen sind in der bei der Elbstrom-Bauverwaltung üblichen Weise aus Faschinen hergestellt. An die durch Senkfaschinen und Steinschüttung gesicherten, über Wasser abgeplasteren Köpfe schliesen sich aus Senkfaschinen hergestellte, mit flacher Neigung nach dem Strome zu abfallende Grundschwelle an. — Die Buhnen-Anlagen sind in den Jahren 1877 bis 1879 zur Ausführung gelangt.

Die Deichverbreiterung musste im ersten Baujahre begonnen und im Anschlusse an den Hohnstorfer Landpfeiler weiter geführt werden. Der Fuß derselben besteht aus einem parallelwerkartig aus Faschinen gebildeten, in den Strom vorgeschobenen Grundwerke und ist in der Nähe der Brücke durch starken Steinwurf gesichert. Auf diesen Fuß stützt sich die 2^{1/2} fach abgeböschte, durch eine starke Schicht Klai-boden und Rasen befestigte Erdschüttung. Der Anschluss an den Landpfeiler, welcher steilere Böschung erhalten musste, ist durch Abpflasterung gesichert.

Die Eishalter in den Aue-Wiesen auf dem rechten Ufer der Elbe sind in der unter I beschriebenen Art zur Ausführung gelangt. Die Böschungen sind abgeplastert und die Fugen des Pflasters mit Mörtel ausgegossen.

Die Kosten für die Buhnen-Anlagen, die Deichverbreiterung und die Eishalter haben etwa 175 000 *M.* betragen.

Die Anschluss-Strecken sind nach dem unter I angegebenen Entwürfe ausgeführt:

Die Anschüttung für den links-elbeschen Anschlussdamm wurde, nachdem die darin liegenden Bauwerke, 2 Unterführungen von 4,5^m lichter Weite, 2 Platten-Durchlässe von 1^m und 1 Röhren-Durchlass von 0,40^m Weite fertig gestellt waren, im April 1877 begonnen und in demselben Jahre beendet. Die Erdmassen wurden in dem etwa 9^{km} entfernten Einschnitte bei Adendorf gewonnen und mit Lokomotiven zur Stelle befördert. Der Oberbau wurde im Jahre 1878 verlegt.

Gleichzeitig mit der Abnahme der Brücke am 24. Okt. 1878 fand auch die Abnahme der rechts-elbeschen, seitens der Direktion der Berlin-Hamburger

Eisenbahn-Gesellschaft ausgeführten Anschluss-Anlagen statt.

Die ebenfalls von der genannten Direktion zu bewirkende Anschüttung des Flügeldeiches konnte erst im Spätherbste und Winter desselben Jahres erfolgen, da seitens der Deich-Interessenten und der Stadt Lauenburg nachträglich Aenderungen an dem ursprünglichen Entwürfe verlangt wurden. Schliesslich wurde der Deich in der auf Bl. 27, Fig. 3 dargestellten Art und Weise ausgeführt.

Der Bau der Lauenburger Elbe-Brücke hat vom Tage der ministeriellen Erlaubniss zur Inangriffnahme (20. Juni 1876) bis zur Betriebs-Eröffnung (1. Nov. 1878) 2 Jahr 4¹/₂ Monat in Anspruch genommen.



Eisenbahn-Brücke über die Elbe bei Lauenburg

Fig 1. Ansicht 1:666%

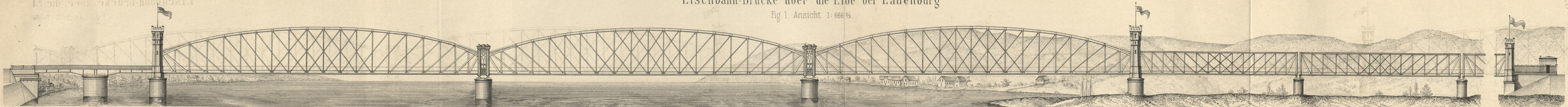


Fig 2. Grundriss 1:666%

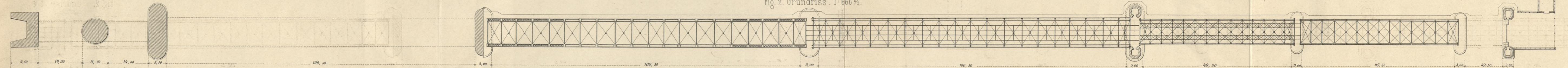


Fig 3. Längenprofil

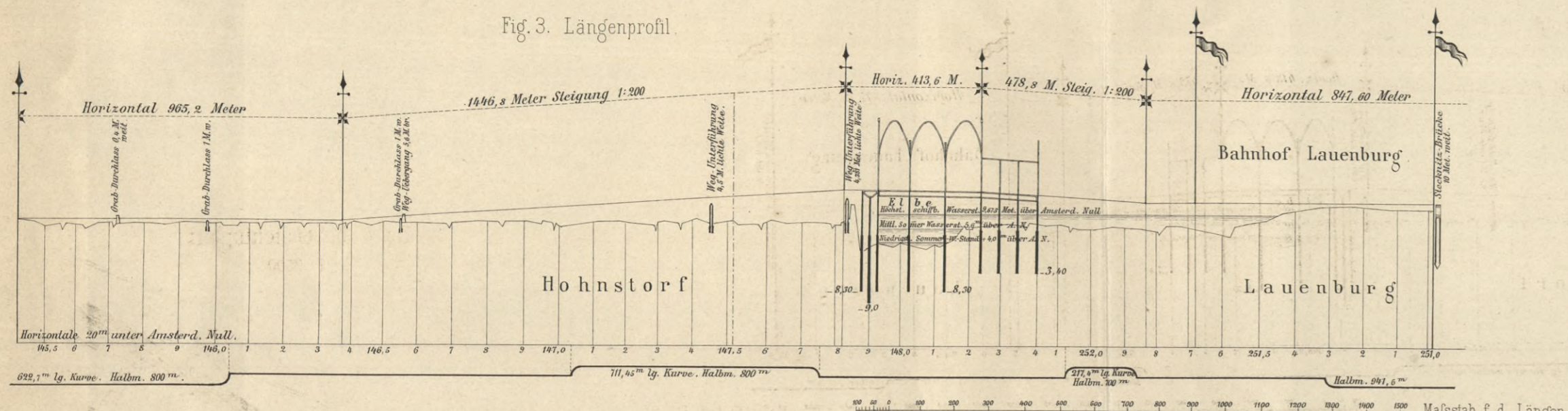


Fig 4. Uebersichtsplan 1:7500

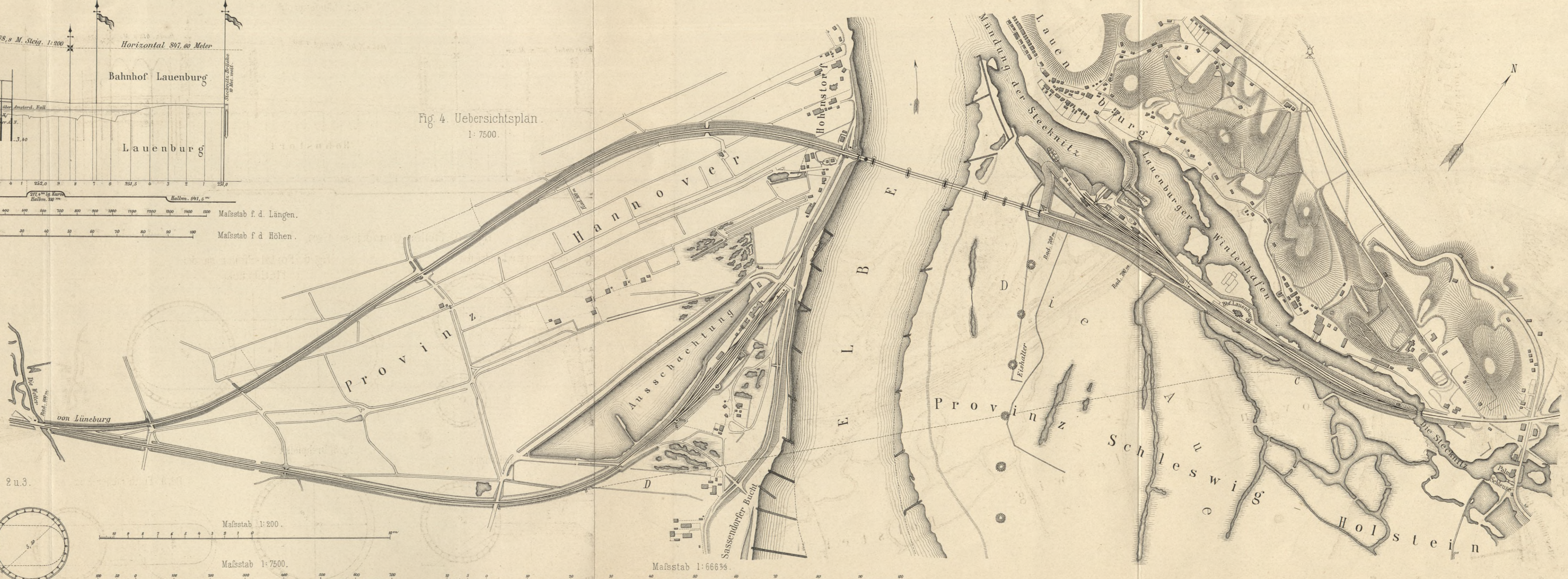
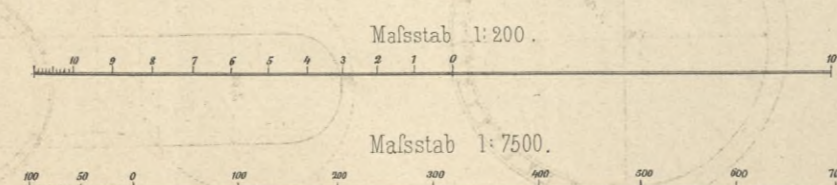
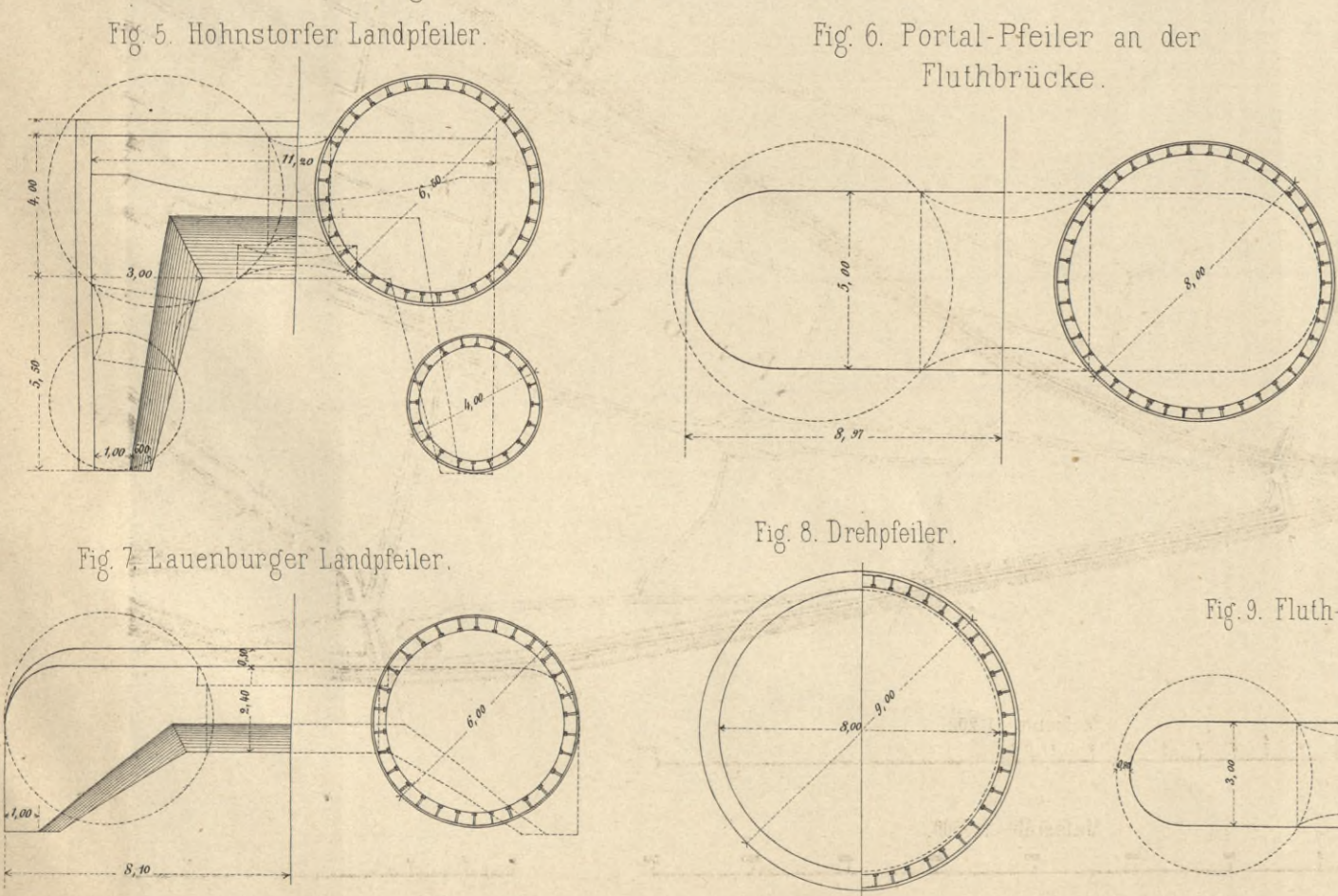


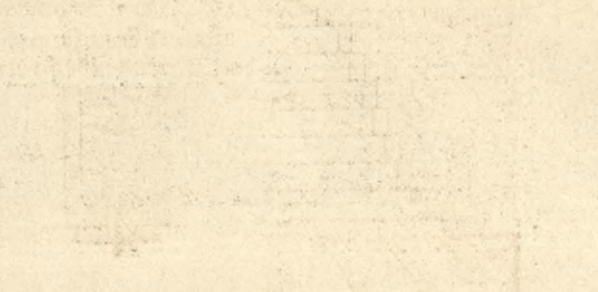
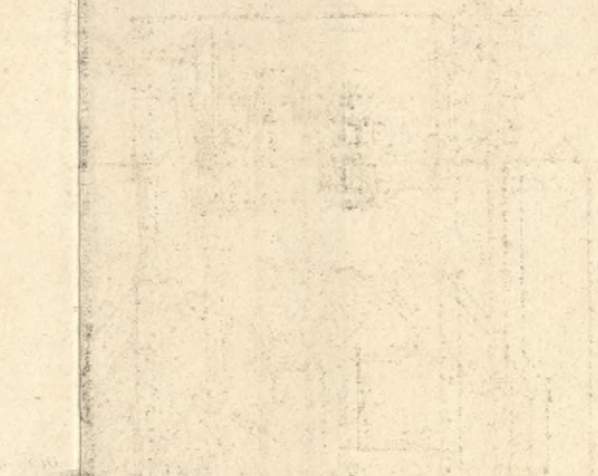
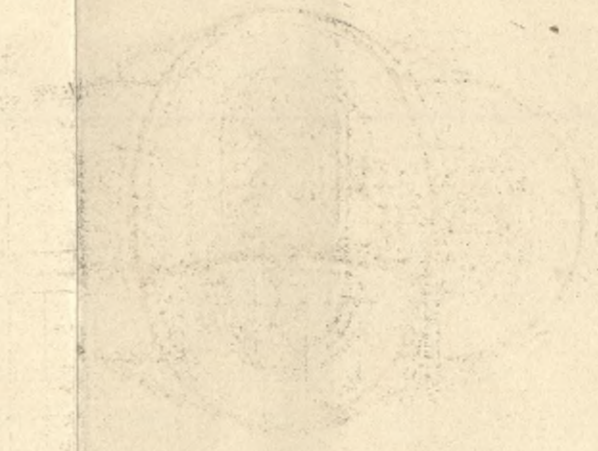
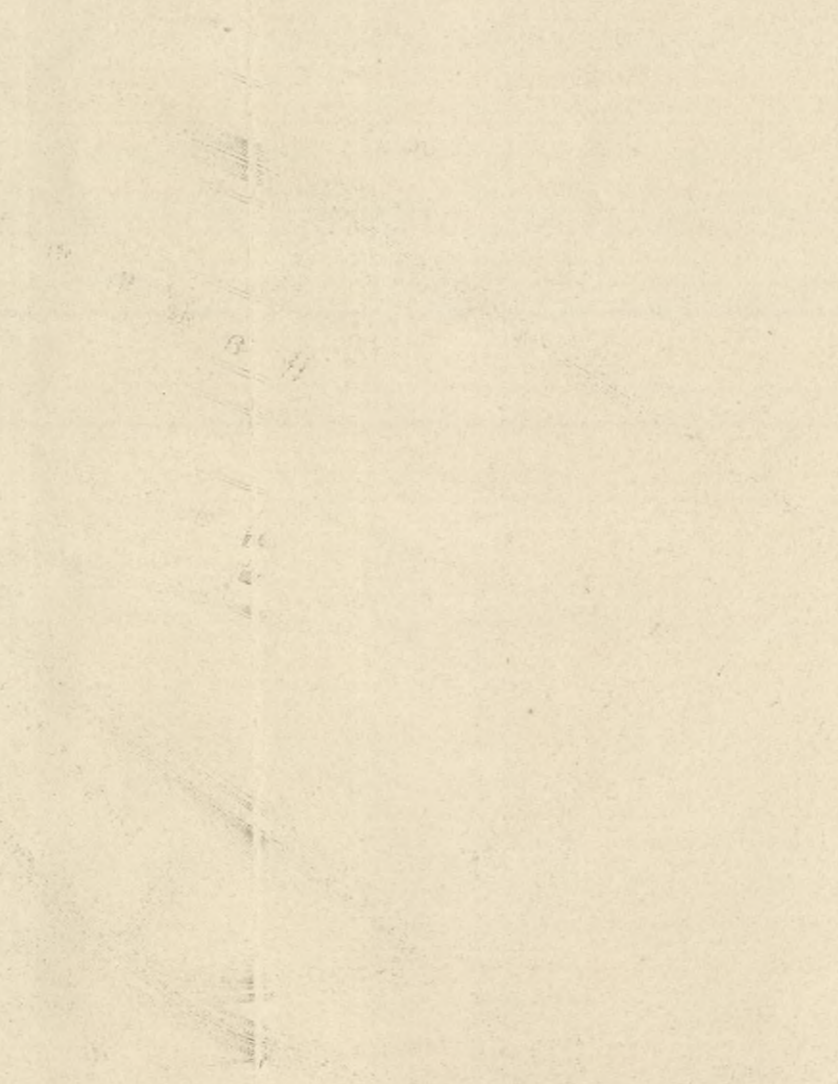
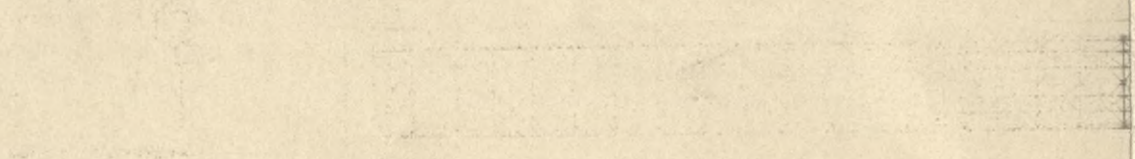
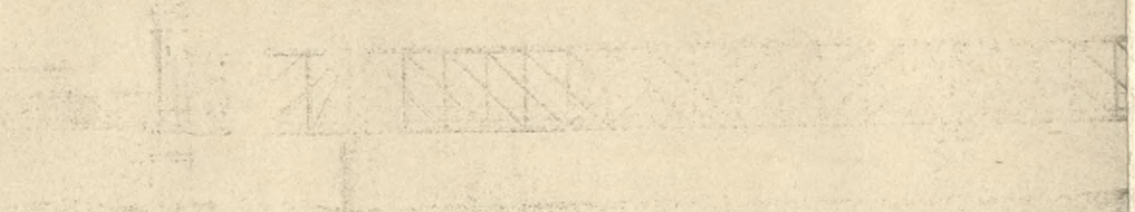
Fig 5-9. Pfeiler-Grundrisse 1:200



Maßstab 1:666%

Faint mirrored text at the top of the page, likely bleed-through from the reverse side.

Faint mirrored text at the top of the page, likely bleed-through from the reverse side.



Eisenbahn-Brücke über die Elbe bei Lauenburg. Pfeiler-Gründung.

Fig. 1 u. 2. Senkbrunnen des Strompfeilers Nro. 1.

Fig. 1. Querschnitt 1:200.

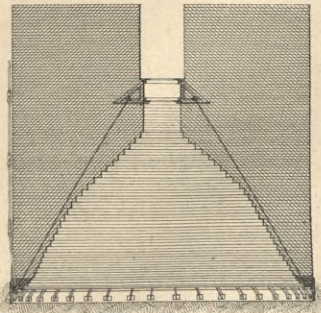


Fig. 2. Brunnenring. 1:40.

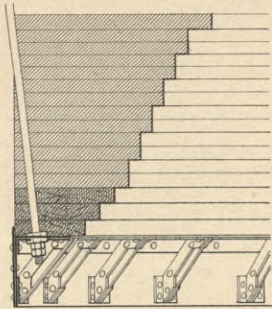


Fig. 7. Querversteifung in den Senkbrunnen der Strompfeiler Nro. 2 u. 3.

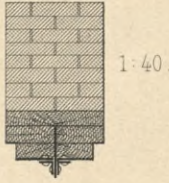


Fig. 3-7. Senkbrunnen der Strompfeiler Nro. 2 u. 3.

Fig. 3. Längenschnitt 1:200.

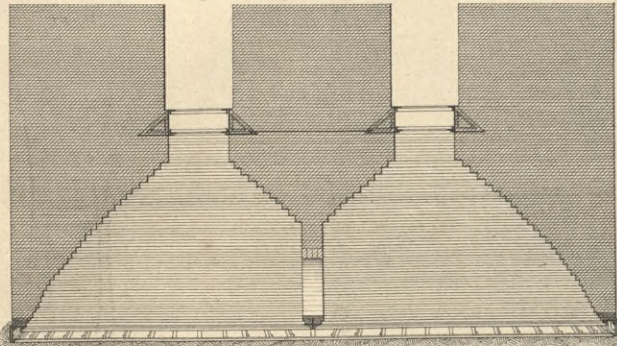


Fig. 4. Querschnitt 1:200.

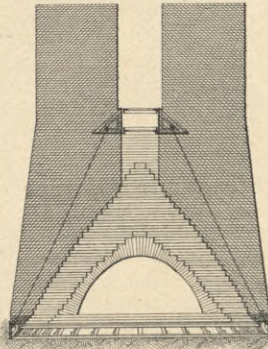


Fig. 5. Grundriss 1:200.

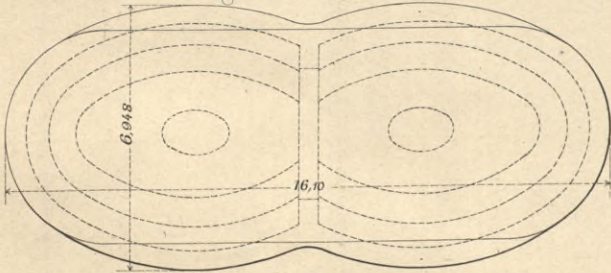


Fig. 6. Brunnenring. 1:40.

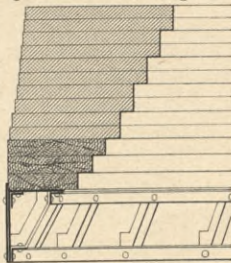


Fig. 8-13. Luftschleuse.

System Klein, Schmoll u. Gärtner. 1:40.

Fig. 8. Ansicht von oben.

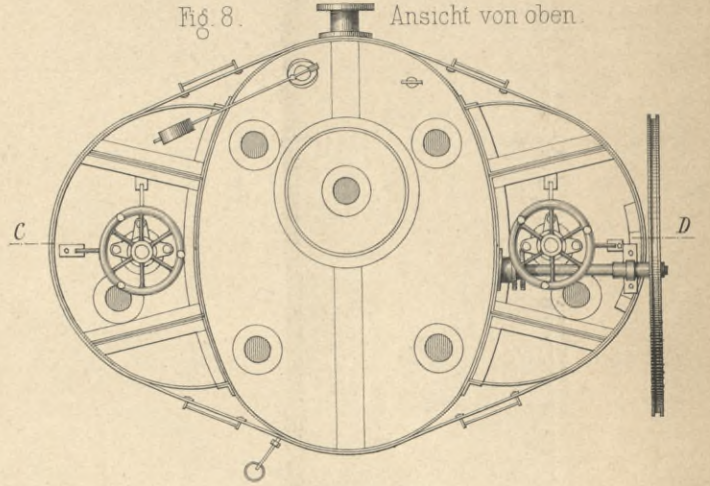


Fig. 9. Horizontal-Schnitt.

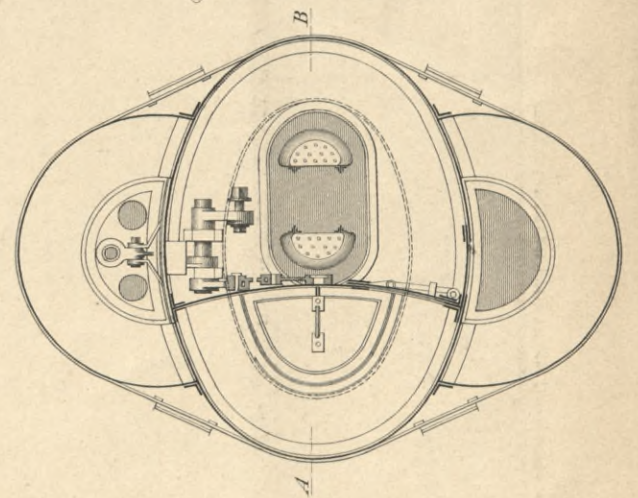


Fig. 13. Beton-Schleuse.

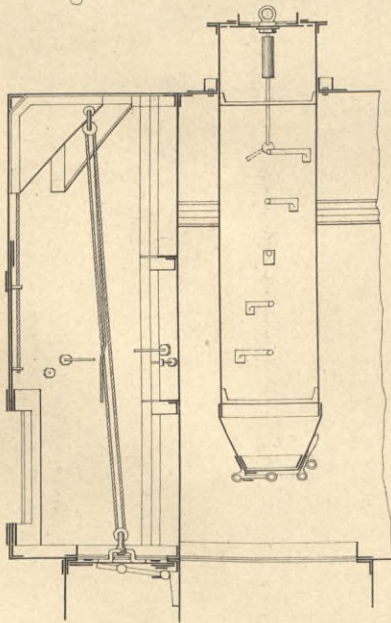


Fig. 11. Schnitt A-B (in Fig. 9.)

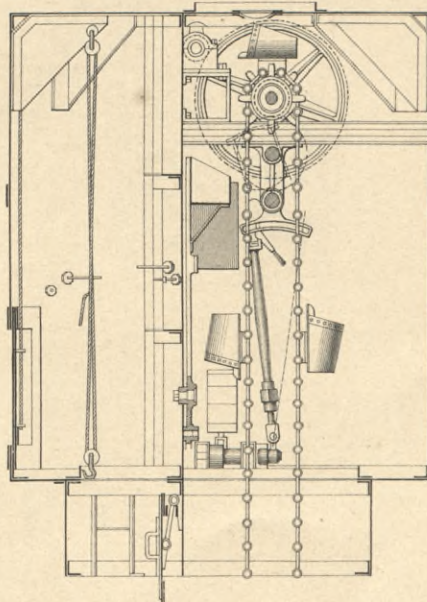


Fig. 10. Schnitt C-D (in Fig. 8.)

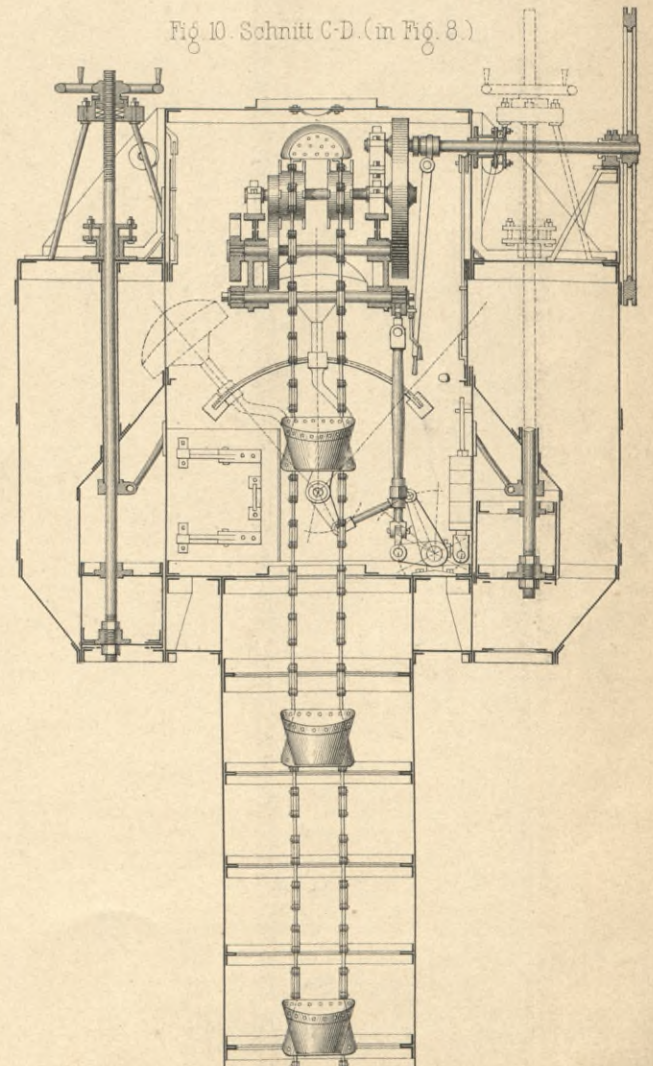
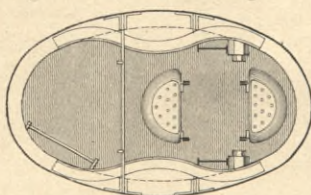


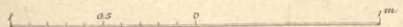
Fig. 12. Schnitt E-F (in Fig. 11.)



Mafsstab 1:200.



Mafsstab 1:40.



Eisenbahn-Brücke über die Elbe bei Lauenburg.

Fig 1-5. Gerüst für die Gründung des Strompfeilers N° 1.

Fig 1 Längenschnitt. 1:200.

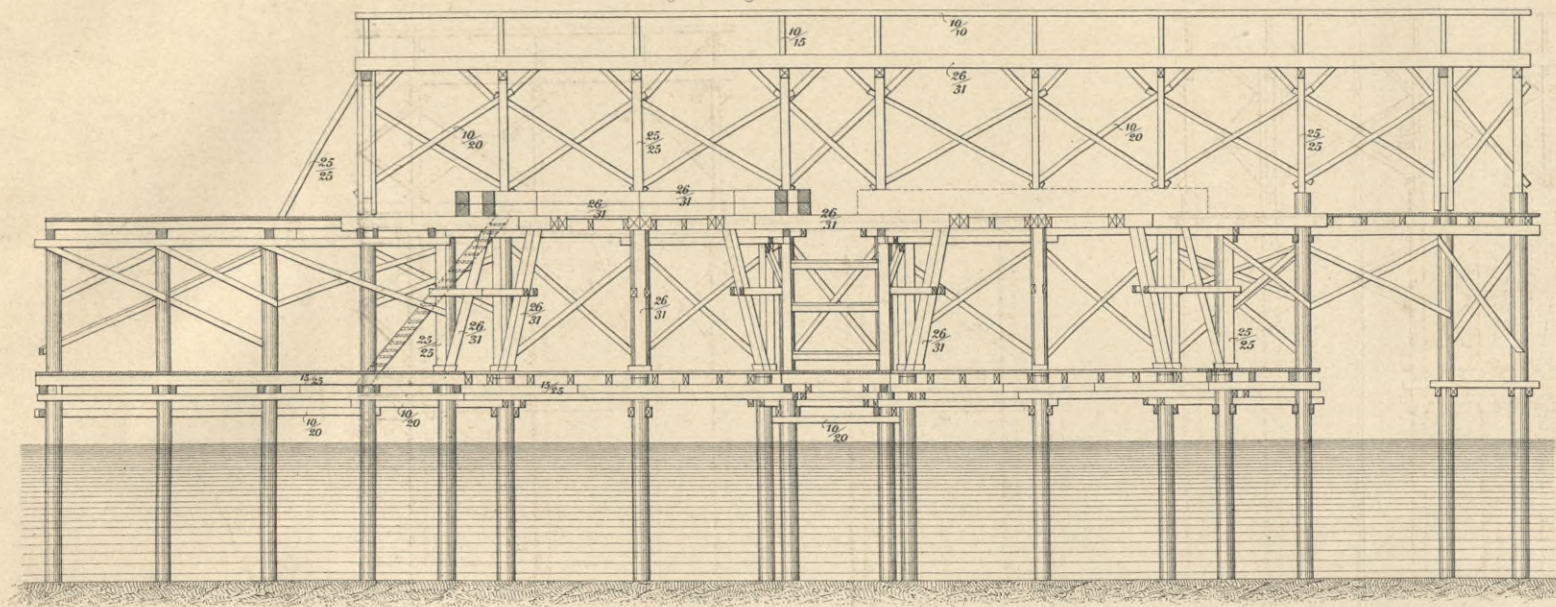


Fig 2 Grundriss. 1:200.

Oberes Geschoss.

Unteres Geschoss.

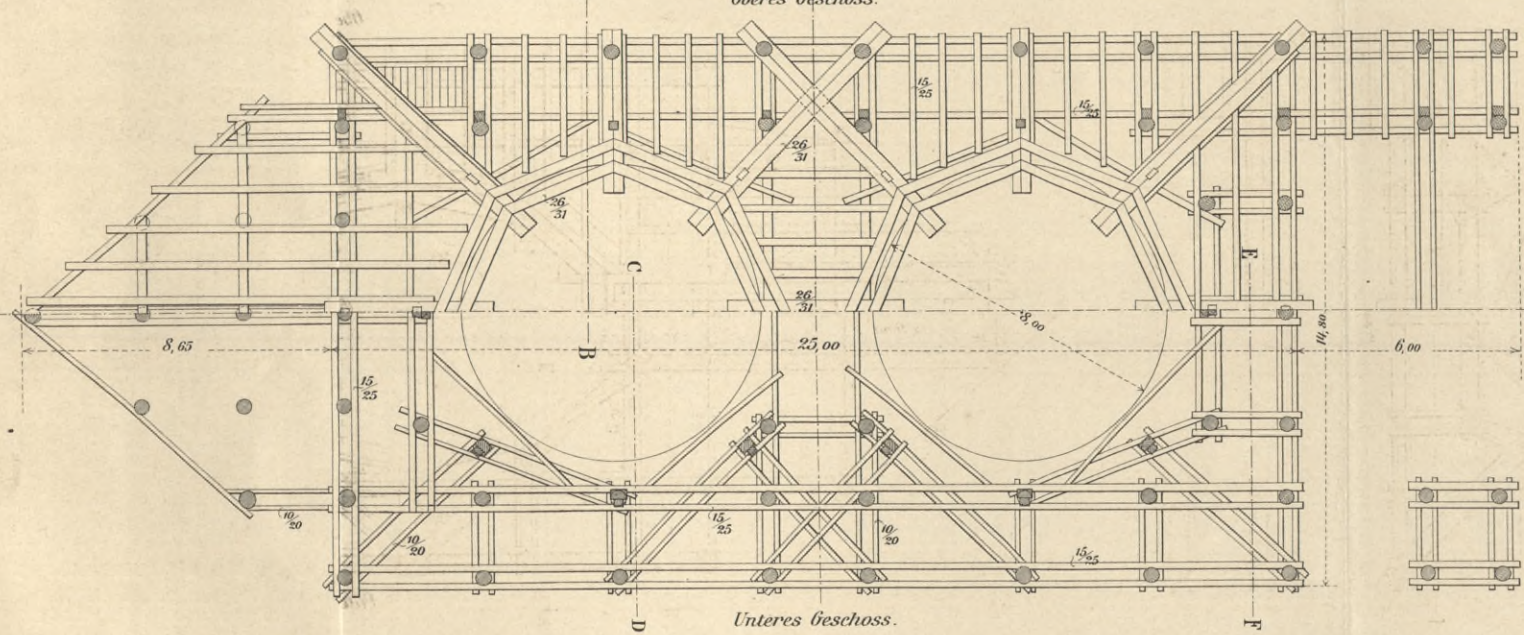


Fig 6-9. Gerüst für die Gründung der Strompfeiler N° 2 u 3.

Fig 6 Längenschnitt. 1:200.

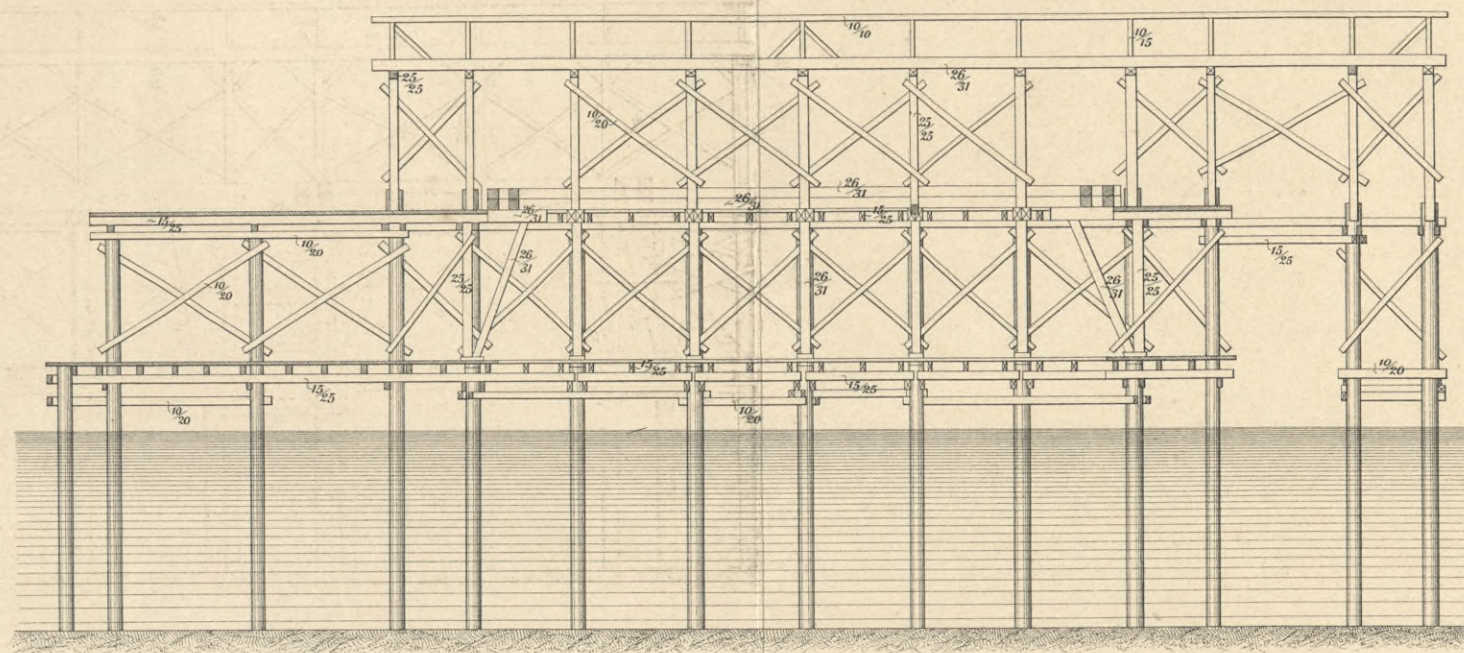


Fig 7 Grundriss. 1:200.

Oberes Geschoss.

Unteres Geschoss.

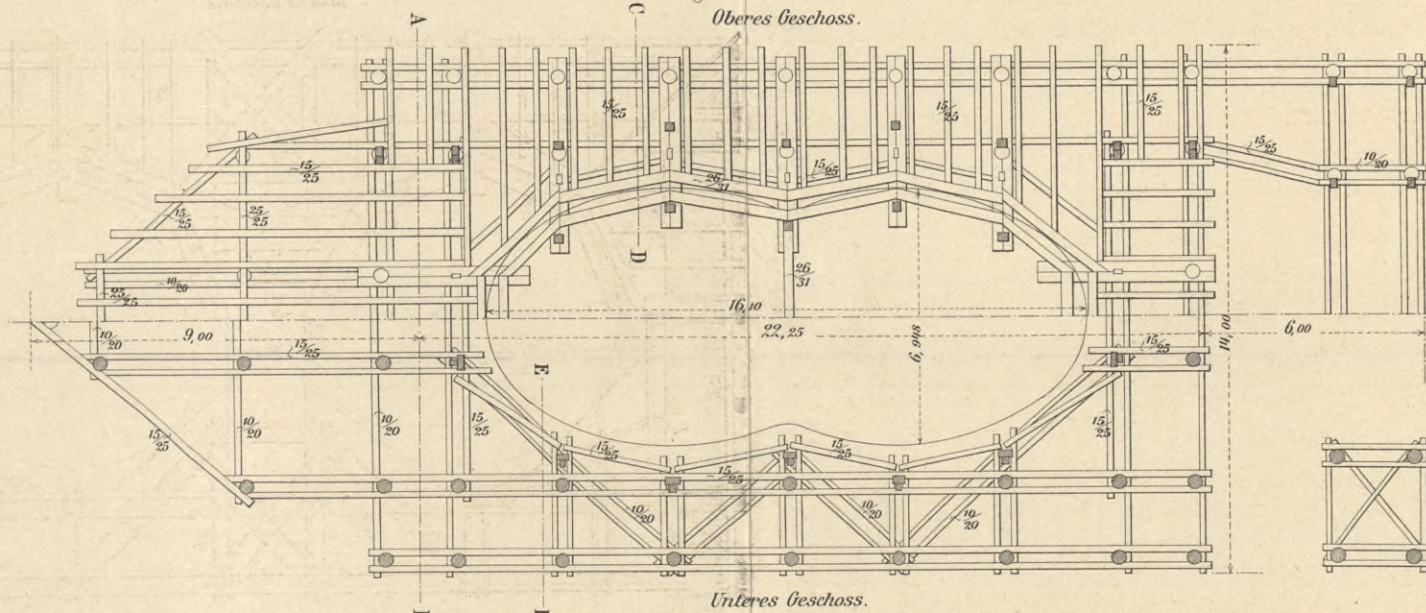


Fig 10-14. Senkungs-Vorrichtungen. 1:20.

Fig 10. Schraubenspindel.

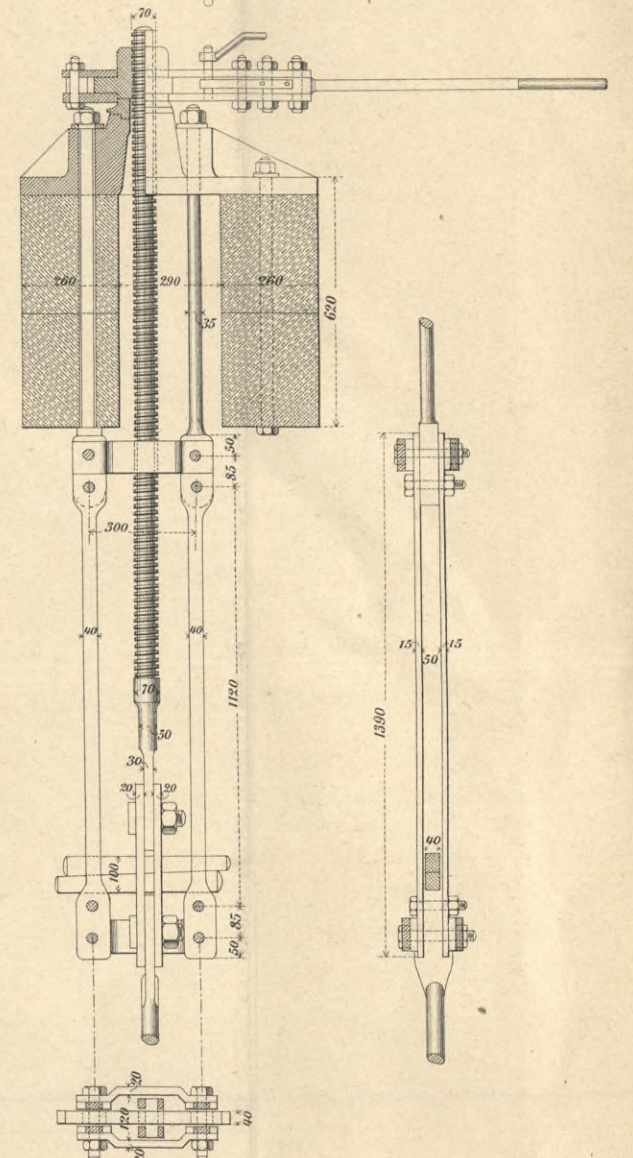


Fig 11. Knarrenradel.

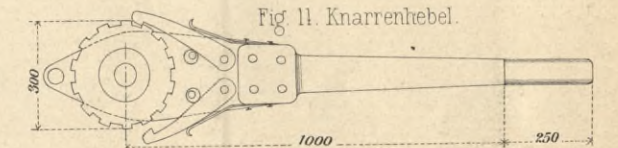


Fig 12. Auflagerschuh.

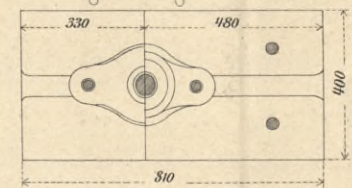


Fig 13. Mittleres Kettenglied.

Fig 14. End-Kettenglied.

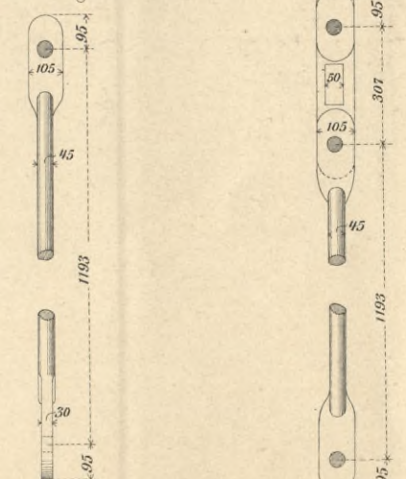


Fig 3.

Querschnitt E F
(in Fig 2.) 1:200.

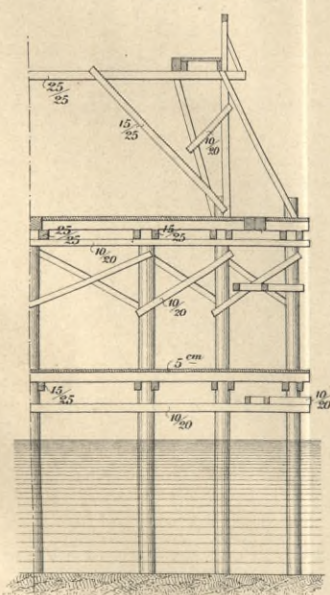


Fig 5. Einzelheiten.

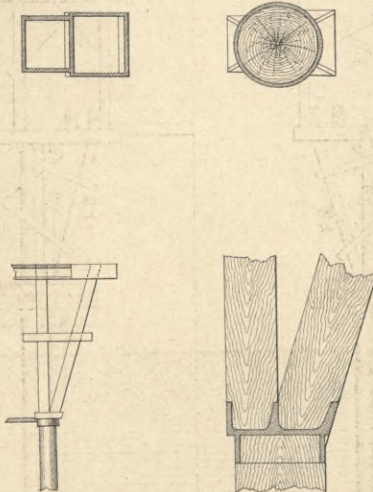


Fig 4. Querschnitt A B. Querschnitt C D. 1:200.

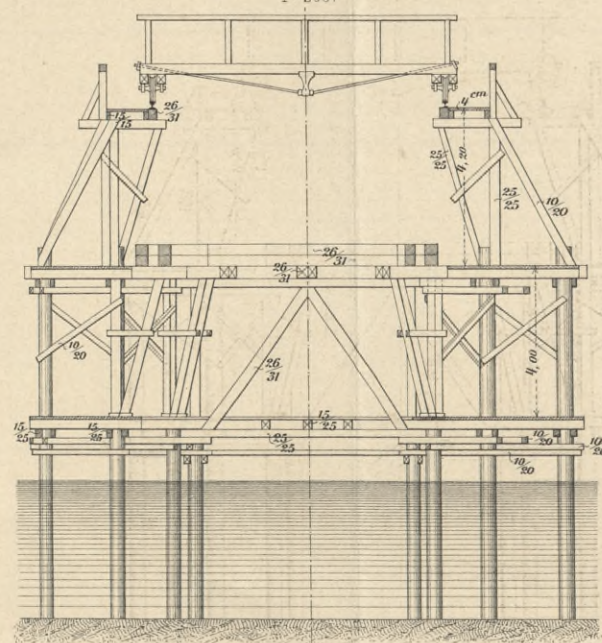


Fig 8. Querschnitt C D. Querschnitt E F. (in Fig 7.) 1:200.

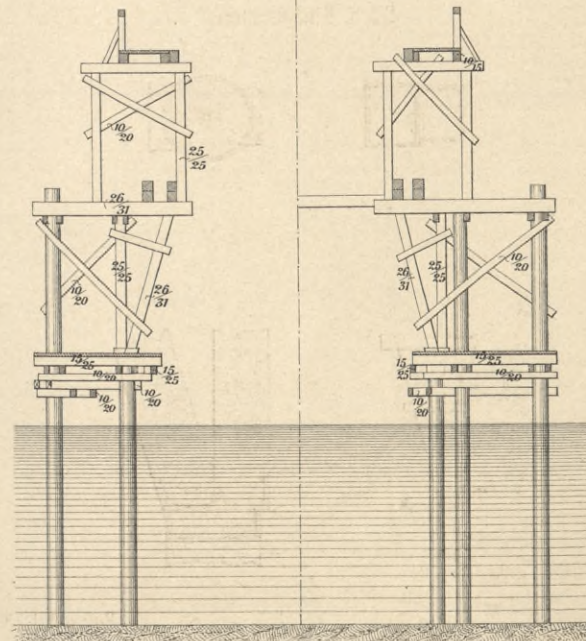
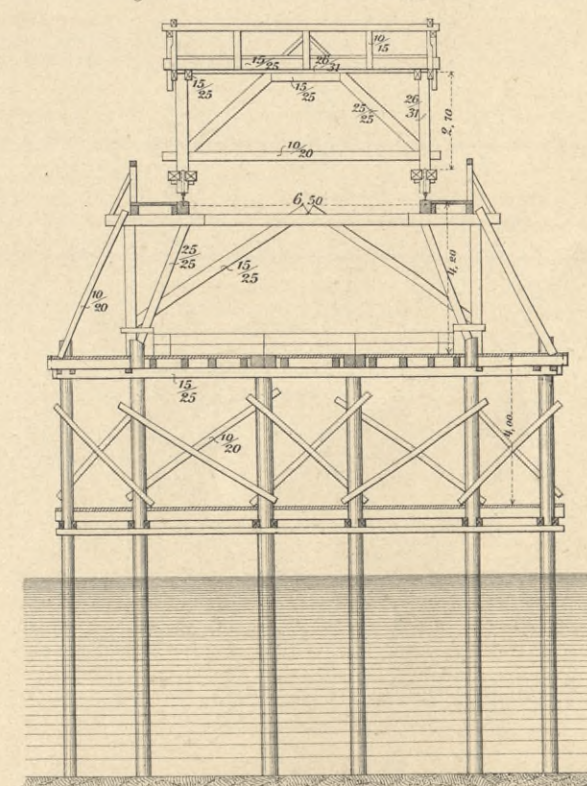
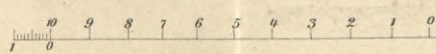


Fig 9. Querschnitt A B (in Fig 7) 1:200.



Maßstab 1:200.



Eisenbahn-Brücke über die Elbe bei Lauenburg.

Fig 1-4. Drehbrücke.

Fig 1 Längenschnitt 1:100.

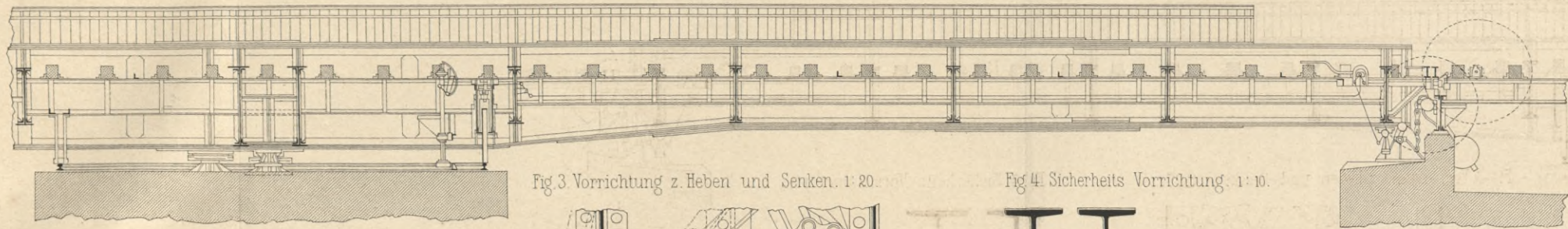


Fig 3 Vorrichtung z. Heben und Senken 1:20.

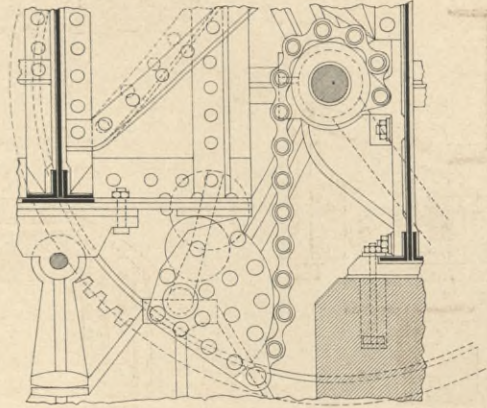


Fig 4 Sicherheits Vorrichtung 1:10.

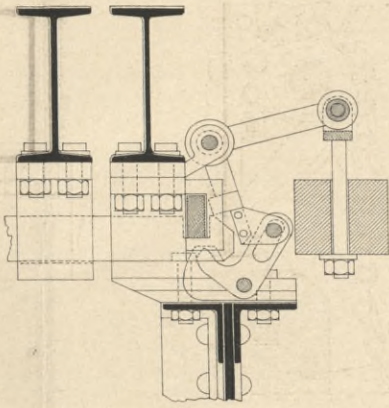


Fig 2 Grundriss 1:100.

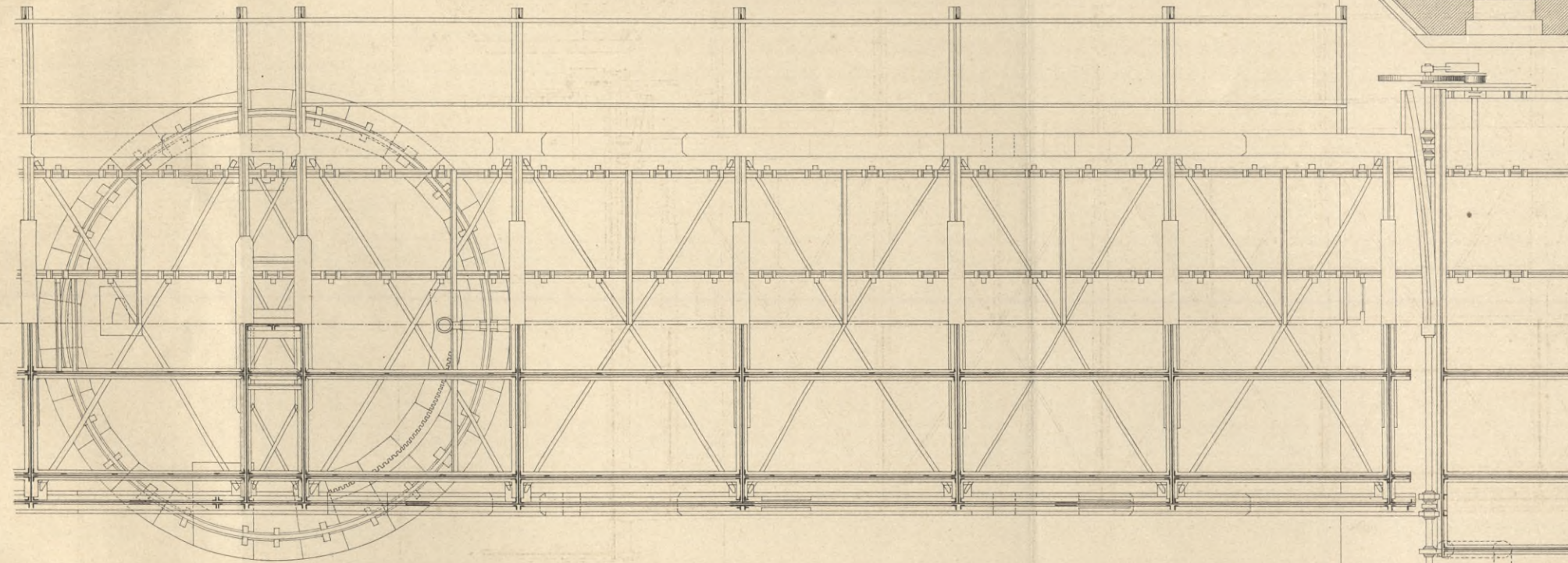


Fig 9-11. Überbau der Fluthbrücken.

Fig 10 Vorder-Ansicht 1:200.

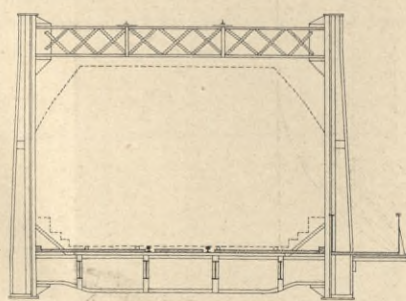


Fig 11 Querschnitt in der Mitte 1:200.

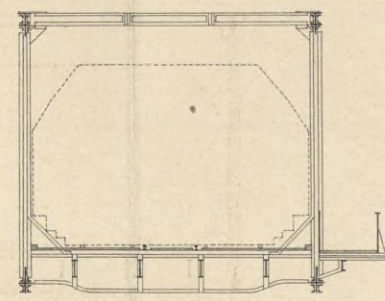
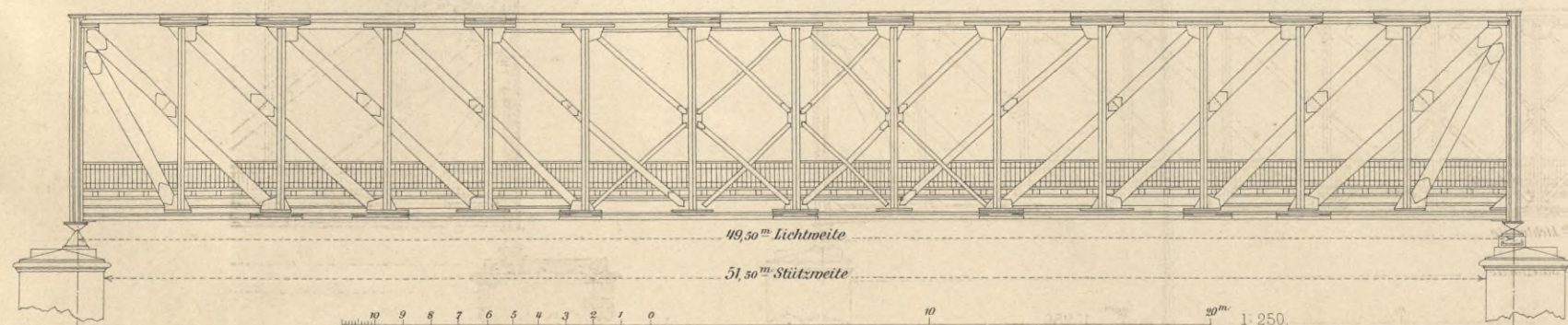


Fig 9 Längen-Ansicht 1:250.



49,50^m Lichtweite

51,50^m Stützweite

1:250.

Fig 5. Vorder-Ansicht 1:200.

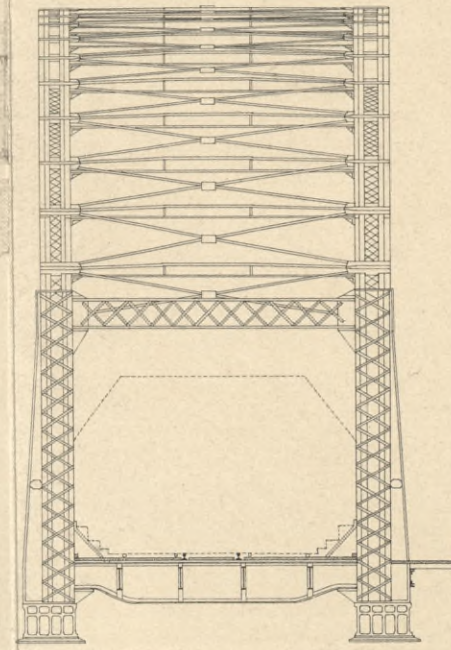


Fig 5-8. Überbau der Strombrücken.

Fig 6. Ansicht des Strompfeilers N°1. 1:200.

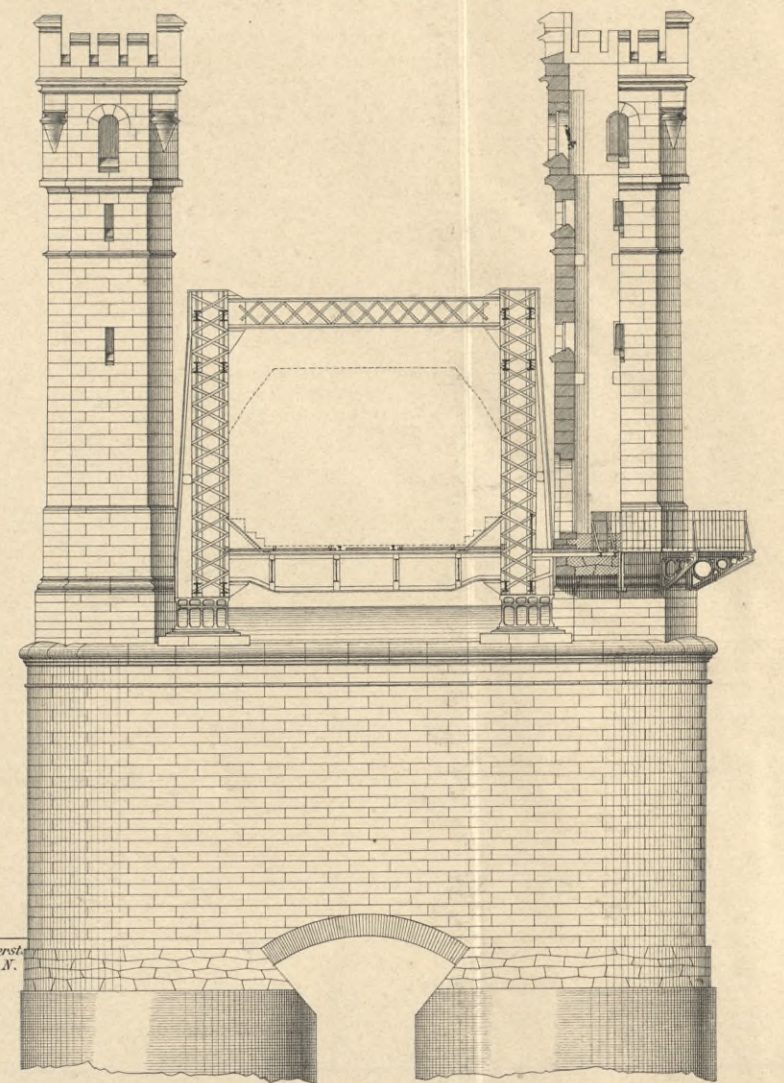
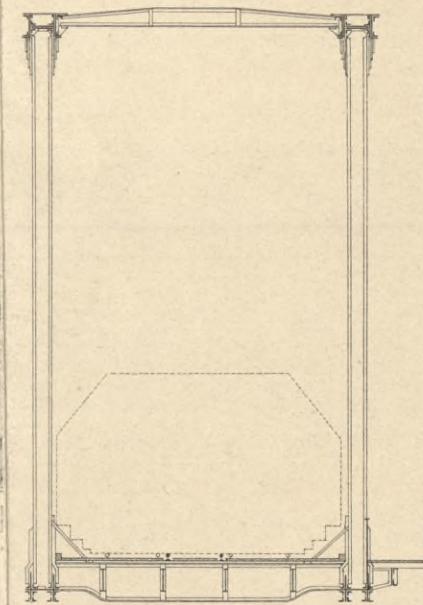


Fig 7. Querschnitt in der Mitte 1:200.



Niedrigster
Sommerwasserstand
4,0^m über A.N.

Grundriss.

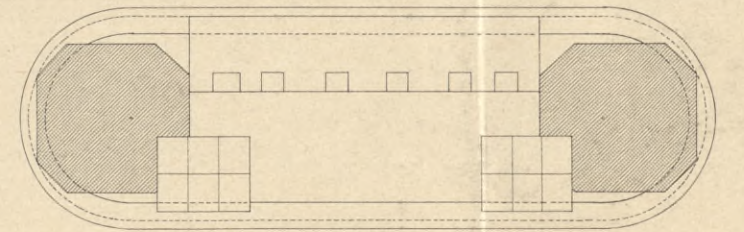
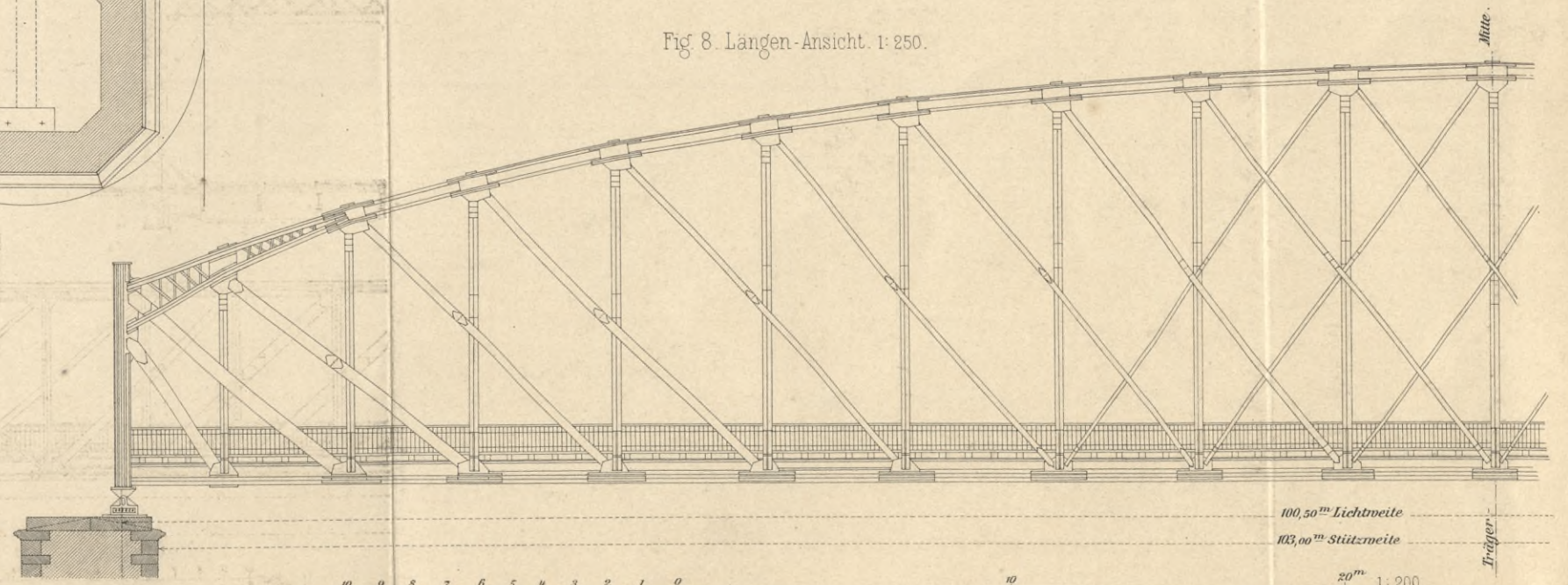


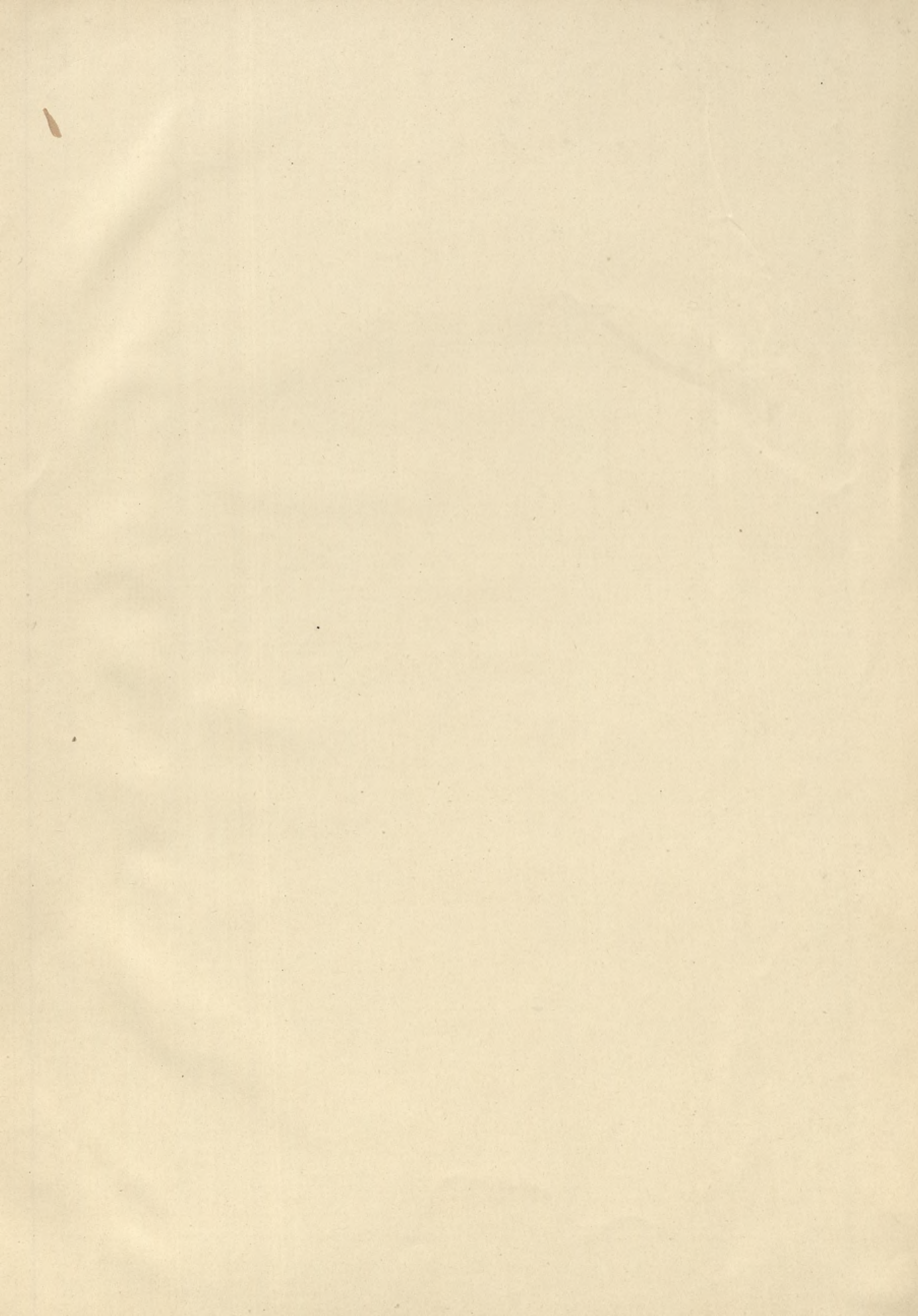
Fig 8. Längen-Ansicht 1:250.



100,50^m Lichtweite

103,00^m Stützweite

1:250.



POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

IV
L. inw. **34534**

Kdn. 524. 13. IX. 54.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301248