

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299580

Weltausstellung in Chicago, 1893

Berichte der schweizerischen Delegierten

Der Brückenbau

in den

Vereinigten Staaten Amerikas

(Mit 12 Tafeln und 60 Textfiguren)

Berichterstatter:

W. RITTER

Professor am eidg. Polytechnikum in Zürich

F. Nr. 19879



Zürich

Verlag von Albert Raustein

vormals Meyer & Zellers Verlag
1895.

VIII C. 6.



II 7810

Druck der Haller'schen Buchdruckerei in Bern.

Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas.

Die nachfolgenden Mitteilungen sind in der Hauptsache die Frucht einer dreimonatlichen Reise durch die Vereinigten Staaten Amerikas und entspringen nur zum geringen Teil dem Besuche der Weltausstellung in Chicago. Bei all ihrer Ausdehnung und Reichhaltigkeit bot die Ausstellung verhältnismässig wenig Auskunft über den Brückenbau der Vereinigten Staaten. Zwar enthielt das «Transportation Building» einige beachtenswerte Sammlungen von Plänen und Photographien ausgeführter Brücken, sowie verschiedene Einzelpläne und Modelle hervorragender Bauwerke. Doch verschafften diese Darstellungen von dem gegenwärtigen Stande des amerikanischen Brückenbaus nur ein lückenhaftes Bild. Von den zahlreichen, zum Teil höchst interessanten Werken der Neuzeit waren nur wenige zur Darstellung gebracht, und mehrere der hervorragendsten Brückenwerkstätten sind der Ausstellung fern geblieben. Es mag dies hauptsächlich daher kommen, dass gerade die leistungsfähigsten Werkstätten zu bekannt sind, als dass sie nötig hätten, die Aufmerksamkeit durch Schaustellungen auf sich zu lenken.

Der Berichterstatter hat sich bemüht, namentlich auf das Gewicht zu legen, was im amerikanischen Brückenbau eigentümlich oder neu ist. Selbstverständlich musste dabei auch manches Bekannte berührt werden. Dass der Bericht im übrigen als Reisebericht anzusehen ist und auf Vollständigkeit in irgend einer Richtung keineswegs Anspruch machen darf, braucht wohl nicht betont zu werden.

Der Bericht befasst sich ausschliesslich mit den *hölzernen* und *eisernen Brücken*. *Steinerne* Brücken werden in Amerika mit Ausnahme kleiner Durchlässe verhältnismässig selten gebaut, obgleich in manchen Gegenden vorzügliches Material gebrochen wird. Die grösseren Kosten und die längere Bauzeit mögen hieran schuld sein. Die gemauerten Widerlager und Pfeiler der hölzernen und eisernen Brücken bieten im Vergleich zu den bei uns üblichen Formen nichts Bemerkenswerthes. Auffallend ist bloss, dass die Böschungsflügel ohne Ausnahme treppenförmig ausgeführt werden.

In welcher Weise die Joche in wagrechter und senkrechter Richtung verstrebt sind, geht aus der Zeichnung hervor. Bei Jochen über 6 m Höhe werden 5 Pfähle verwendet und die beiden äusseren schief gestellt. —

Bei hohen Thalübergängen werden die bekannten Trestle- oder Gerüst-Brücken gebaut. Die Figuren 5—8, Tafel I, zeigen die bei der nördlichen Pacific-Bahn für eine Höhe von 35—40 m übliche Anordnung der Joche. Die Pfosten stützen sich bei festem Untergrund auf kurze Lagerhölzer, bei nachgiebigem Boden auf eingrammte Pfähle. Die 10.25 cm starken Querstreben werden an den Pfosten angenagelt und bloss an den Schwellen und Holmen mit Schraubenbolzen befestigt.

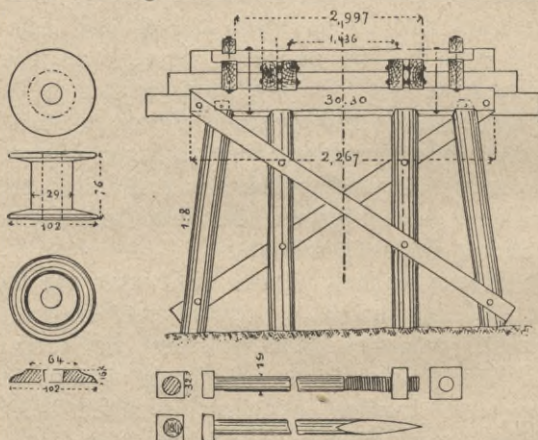


Fig. 1

Die Pfosten sind in die Schwellen und Holme etwas eingelassen und durch eiserne Dübel damit verbunden. Zapfen fehlen auch hier gänzlich. Innerhalb der Fahrschiene befindet sich zum Schutz vor Entgleisungen eine Leitschiene.

Die Widerlager dieser Thalübergänge, beziehungsweise das erste und letzte Joch, werden an das obere Ende des anschliessenden Erdammes gestellt, sodass nur ihre Holme sichtbar sind. Zuweilen werden diese Endjoch nicht bis auf den festen Grund hinunter durchgeführt, sondern in der lockeren Erde vergraben, damit sie den Dammsetzungen folgen können und das Geleise keinen so scharfen Knick bekommt. —

Die Textfigur 1 zeigt den Querschnitt einer Balkenbrücke der Union Pacific-Bahn. Die Jochpfosten sind hier in die Holme eingezapft.

Die kleinen Nebenfiguren stellen gusseiserne Futterringe, die zwischen den Längsbalken angebracht werden, Nägel, Schraubenbolzen und Unterlagsscheiben dar. Weitere Erläuterungen dürften überflüssig sein. —

Die Figur 2 verdeutlicht eine Strassenbrücke von 10 m Weite, wie sie auf dem Lande zum Ueberschreiten kleiner Flüsse vielfach

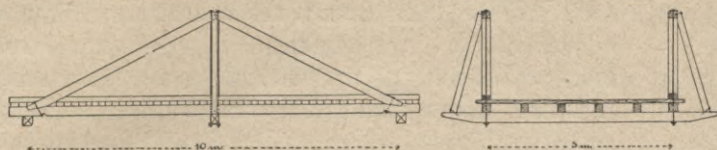


Fig. 2

verwendet wird. Das Bauwerk zeichnet sich weniger durch grosse Dauerhaftigkeit als durch grosse Einfachheit und leichte Herstellbarkeit vorteilhaft aus. —

Verzahnte oder verdübelte Balken kommen auf den amerikanischen Bahnen seltener vor. Die Figur 3 zeigt hievon ein Beispiel.

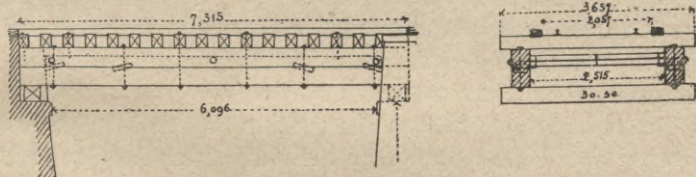


Fig. 3

Die Brücke gehört der New Brunswick-Bahn an. Auf eine Länge von 7,3 m sind 4 Dübel aus Gusseisen eingefügt, und zwar versteckt, von aussen unsichtbar, damit die Feuchtigkeit und der Schmutz weniger eindringen. Um ein Einschlagen des Balkens zu verhüten, werden die Dübellöcher etwas zu kurz geschnitten, so dass beim Zusammenschrauben eine kleine Ueberhöhung entsteht. —

Verzapfungen werden bei den amerikanischen Holzbrücken häufig weggelassen und durch eiserne Dübel von 2—5 cm Durchmesser und 10—60 cm Länge ersetzt. Diese Verbindungsart verlangt weniger Arbeit und ist daher billiger. Auch gibt sie zu Fäulnis weniger Veranlassung und schwächt die tragende Fläche in geringerem Masse, als dies bei Zapfen der Fall ist. Vorsichtige Baumeister überstreichen die Dübel vor dem Gebrauche mit Teer.

Statt Dübeln werden auch öfters lange eiserne Nägel von etwa 2 cm Durchmesser verwendet. Die Löcher werden vorgebohrt. Der

Zusammenhang der Balken ist bei Nägeln etwas grösser, was der Aufstellung des Bauwerks zu gute kommt; dagegen sind Nägel bei Reparaturen sehr hinderlich.

Angeschraubte Klammern und Bänder sind nicht beliebt, weil bei ihnen eine Verspannung nicht leicht möglich ist.



Fig. 4

Vereinzelt sind an Stelle von Zapfen und Dübeln auch eiserne Sättel nach nebenstehender Figur verwendet worden. Sie bestehen aus 3—6 mm starkem Blech und können jeder Balkenstärke und jeder schiefen Richtung leicht angepasst werden. Zur Befestigung am Holze dienen 8 Nägel. Der Erfolg dieser neueren Verbindungsweise soll ein guter sein.

3. Fachwerke.

Neben den Balkenbrücken spielen in den Vereinigten Staaten die Fachwerkbrücken nach dem System Howe weitaus die grösste Rolle. Spreng- und Hängwerke, wie sie bei uns für Spannweiten üblich sind, für die das Balkensystem nicht mehr ausreicht, treten dort ganz in den Hintergrund. Schon bei Weiten von 10 m beginnt für Bahnbrücken die Herrschaft des Fachwerks.

Die Gesamtlänge aller Howeschen Bahnbrücken beträgt in den Vereinigten Staaten etwa die Hälfte bis ein Drittel der Gesamtlänge aller eisernen Bahnbrücken.

Als zulässige Spannung werden bei sorgfältig gebauten Brücken für die Zuggurtungen 55—60 kg : cm² gerechnet. Für die Streben und gedrückten Gurtungen wird diese Zahl der Länge entsprechend abgemindert, wofür verschiedene Knickformeln im Gebrauche stehen. Die eisernen Zugstangen werden mit 600—800 kg : cm² belastet; ihre Enden werden meistens durch Stauchen (Upsetting) verdickt, damit die Querschnittsfläche in der Schraube der des Stabes mindestens gleichkomme. Aeltere Brücken entsprechen freilich schon wegen des Anwachsens der Lokomotivgewichte diesen Anforderungen meistens nicht mehr. —

Die Figuren 1—6 der Tafel II stellen eine Howesche Brücke von 45 m Spannweite mit oberliegender Fahrbahn in Längsansicht, Querschnitt und Grundriss dar. Sie sind den Normalien der Northern Pacific-Bahn entnommen.

Die theoretische Höhe des Fachwerks beträgt 7,4 m, also etwa $\frac{1}{6}$ der Spannweite, die Breite von Mitte zu Mitte der Tragwand 4,57 m.

Die Gurtungen bestehen aus 4 nebeneinander liegenden Balken. Dem entsprechend ist die Zahl der Zugstangen ungerade, in der Mitte 3, gegen die Auflager hin 5. Die Hauptstreben bestehen wie gewohnt aus je zwei, die Gegenstreben aus je einem Balken. Die Verdickung der Zugstangen an den beiden Enden beträgt $9\frac{1}{2}$ mm.

Um die Biegungsspannung in der oberen Gurtung möglichst einzuschränken, liegen die Querbalken je links und rechts vom Knotenpunkte auf.

Die Knotenpunkte der Windstreben liegen je um $\frac{1}{3}$ m seitwärts von denen der Tragwand. Das mittelste der 13 Felder der Windverstrebung ist daher etwas länger als die übrigen. Die oberen Windstreben sind stärker als die unteren. Die eisernen Windzugstangen sind oben ebenfalls an den Enden um 6—9 mm verdickt, die unteren dagegen nicht.

Die Figuren 7—11 verdeutlichen die verschiedenen gusseisernen Strebenschuhe. Figur 7 ist ein Schuh für die Streben der Hauptträger, und zwar für 5 Zugstangen. Zu jedem Schuh gehört eine Unterlagsplatte für die Schraubenmutter. An ihrer Oberfläche besitzen diese Schuhe kleine Löcher, in die die Streben mittelst eines eisernen Dübels hineingreifen. Damit der von diesen Schuhen ausgeübte wagrechte Druck sich besser über die Gurtungsbalken verteile, greifen die Schuhe in die Spalten hinein und sind in die Balken seitlich eingelassen.

Die Figur 8 verdeutlicht den Schuh für die erste Strebe des Fachwerks, Figur 9 den Schuh für die Windstreben, Figur 10 für die Endquerkreuze und Figur 11 für die Endpfosten.

In jedem dritten Felde befindet sich ein weiteres Querkreuz, dessen Balken jedoch einfach geissfussartig an die Gurtungen angeschlossen sind.

Von den vier Gurtungsbalken ist in jedem Felde einer gestossen, und zwar stets in der Mitte des Feldes. Die Stösse in der oberen Gurtung erhalten keine besondere Deckung. Dagegen sind in den Zwischenräumen in jedem Felde zwei mal drei hölzerne Dübel vorhanden und in die Balken eingeschnitten. Durch jeden dieser Dübel gehen zwei Schraubenbolzen.

Die Stösse der unteren Gurtungen sind durch Eisenteile sorgfältig gedeckt, und zwar in der Mitte der Oeffnung beidseitig, gegen die Auflager hin bloss einseitig.

Diese Deckung ist originell. (Tafel III, Figur 1—5.) Links und rechts vom Stoss, etwa $\frac{3}{4}$ m davon entfernt, wird eine gusseiserne

Platte mit zahlreichen kurzen cylindrischen Zapfen in den Balken eingelassen und damit verschraubt (Figur 5). Die beiden Platten werden durch eine schmiedeiserne Klammer von 2 m Länge verbunden (Figur 4), und um die Verbindung anzuspannen, wird auf der einen Seite der Klammer ein Keil hineingetrieben (Figur 3). Da wo diese Verbindung nach aussen zu liegen kommt, wird ihr Herunterfallen durch eine gleichzeitig aufgeschraubte Schutzplatte verhindert (Figur 2).

(Die Querschnittsfläche eines Gurtungsbalkens beträgt 720 cm^2 , die der beiden schmiedeisernen Klammern $38,5 \text{ cm}^2$. Rechnet man, dass die Balken mit $50\text{--}60 \text{ kg} : \text{cm}^2$ arbeiten, so ergibt sich für die Klammern eine Spannung von $1000\text{--}1100 \text{ kg} : \text{cm}^2$. Die Stauchfläche der 23 kleinen Zapfen beträgt 184 cm^2 , ist somit bei beidseitiger Deckung ungefähr gleich der halben Querschnittsfläche des Balkens.)

Die zwischen den unteren Gurtungsbalken angebrachten Dübel bestehen ebenfalls aus Gusseisen. Figur 1, Tafel III, zeigt deren Form und Grösse. Sie greifen etwa 2 cm links und rechts in die Gurtungsbalken ein.

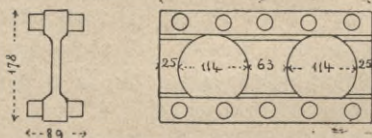


Fig. 5

Einen andern, nicht den Northern Pacific-Brücken angehörenden Dübel für untere Gurtungen zeigt nebenstehende Figur 5. Die Platte besitzt 10 kleine runde Zapfen, die ähnlich wie die der oben beschriebenen Stossplatte in entsprechende Löcher der Holzbalken eingreifen.

Von den zahlreichen gusseisernen Unterlagsscheiben, die das Bauwerk verlangt (es sind deren gegen 2000 erforderlich) sind die grösste und die kleinste durch die Figur 12 der Tafel II dargestellt. Die Figur 13 derselben Tafel endlich zeigt die Form der als Einlagen benützten Futterringe.

Die Schraubenbolzen haben fast sämtlich einen Durchmesser von 19 mm ($\frac{3}{4}$ Zoll). —

Durch die Figuren 6—9 der Tafel III ist eine Howesche Brücke von der nämlichen Spannweite (45 m), aber mit *unten* liegender Fahrbahn, dargestellt. Das Bauwerk ist von dem soeben beschriebenen

wenig verschieden. Die Endpfosten fehlen; das Fachwerk beginnt, wie bei eisernen Brücken, mit einer schiefen Strebe. Um die Knicklänge dieser Strebe zu verkürzen, ist ihre Mitte durch einen halb so langen Balken mit dem zweiten untern Knotenpunkt verbunden. Für den Fuss der Endstrebe ist ein besonderer Schuh gegossen (Figur 10), der der grösseren Sicherheit wegen in schiefer Richtung nach dem Sattelholz hin verschraubt wird.

Man kann diesem Bauwerke vorwerfen, dass es in der Querrichtung zu wenig versteift sei. Gerade deshalb halten wir in Europa an den Endpfosten gerne fest, weil sie günstige Gelegenheit bieten, die Portale gegen die verlängerten MauerSchwellen abzusteißen oder gar im Mauerwerk zu verankern. Es scheint indessen, dass der Mangel dieser Absteifung bei den amerikanischen Brücken noch zu keinen Unfällen Veranlassung gegeben hat. Wenn die Zugstangen und Schraubenbolzen alle fest angezogen sind, namentlich in den Windverbänden, besitzt das Bauwerk auch in der That in sich selbst grosse Steifigkeit. —

Die Figur 14 der Tafel II gibt eine kleine Howesche Brücke mit eingesattelter Fahrbahn, ohne oberen Querverband, wieder. Die Spannweite beträgt 24 m. Hier sind die Tragwände seitlich abgesteift. Von den 45 Querschwellen ragen 4 beidseitig über die Tragwand hinaus und auf deren Enden sind die oberen Gurtungen durch schiefe Streben und Zugstangen abgestützt. —

Ebenfalls eine kleinere Howesche Brücke (Spannweite = 15,85 m) mit obenliegender Fahrbahn ist durch die Figur 11 der Tafel III dargestellt. Die gusseisernen Strebenschuhe dieser Brücke greifen nicht wie die oben beschriebenen in die Spalten der Gurtungen hinein; dafür besitzen sie eine wagrechte breite Mittelrippe und sind überdies durch 4 kleine Zapfen mit den Balken verbunden. Textfigur 6 verdeutlicht diese Art von Schuhen. Um die Streben in ihrer Lage festzuhalten, sind an den schiefen Stützflächen kleine Zapfen angegossen.

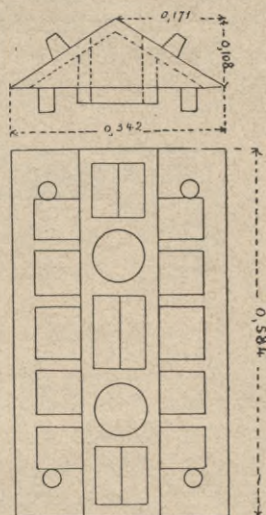


Fig. 6

Bei älteren Howeschen Bahnbrücken mit unten liegender Fahrbahn sind die Querbalken häufig an der unteren Gurtung mittelst Schrauben aufgehängt worden. Uns scheint diese Anordnung nicht die nötige Sicherheit zu bieten; doch werden wir versichert, dass noch nie ein Unglück daraus entstanden sei. —

Gegenüber der vorwiegenden Zahl von Howeschen Fachwerken besitzen die übrigen in Amerika vorkommenden hölzernen Fachwerkbrücken sehr geringe Bedeutung. Die Formen, die vor drei bis vier Jahrzehnten durch die Litteratur bei uns bekannt geworden sind, trifft man nur noch ganz vereinzelt an.



Fig. 7

Am häufigsten ist das «verbesserte System Howe» vertreten, bei welchem dem Fachwerke ein Bogen beigelegt ist (siehe beistehende Figur 7). Die Alleghany Valley-Bahn, die Pittsburg mit Oil City verbindet, fährt nicht weniger als fünfmal über solche Brücken. Pittsburg selbst besitzt eine, wenn auch alte, doch noch recht ansehnliche Strassenbrücke dieser Art. Sie übersetzt mit 5 Oeffnungen von etwa 50 m den Alleghany-Fluss, dicht oberhalb seiner Vereinigung mit dem Monongahela. (Wohl keine amerikanische Stadt bietet auf so engem Raume eine so grosse Mannigfaltigkeit an Brücken wie Pittsburg.) —

Einige neuere Formen von hölzernen Fachwerken, wie sie da und dort bei Strassenbrücken zur Anwendung gelangt sind, scheinen nicht über das Stadium des Versuchs hinausgekommen zu sein. Die Figuren 8 und 9 stellen zwei dieser Formen dar. Beide sind Strassenbrücken über den Willamette-Fluss in Portland (Oregon). Das merkwürdigste daran ist, dass die untere Gurtung aus eisernen Augenstäben besteht. Mit lobenswerter Konsequenz sind sämtliche Druckglieder aus Holz, sämtliche Zugglieder aus Eisen hergestellt. Doch ist die Brücke schliesslich weder Fisch noch Vogel. Die untere Gurtung verteuert die Brücke derart, dass die Ersparnis gegenüber einer ganz eisernen Brücke nicht mehr gross ist. —

An hölzernen Drehbrücken ist Amerika noch sehr reich. Vielleicht trifft man deren in keiner Stadt so viele an, wie in Chicago, wo der Schiffsverkehr sich auf dem schmalen Chicago River bis tief in die Stadt hinein erstreckt und der Wasserweg von unzähligen Strassen gekreuzt wird. Manche dieser Brücken sind stark abgenützt und sehen ihrem baldigen Ersatz durch eiserne Bauwerke entgegen.

Die Figur 12 der Tafel III stellt eine dieser erst vor einigen Jahren erbauten Drehbrücken dar. Holz und Eisen sind dabei in eigentümlicher Weise vereinigt worden. Die Tragwände sind Howesche Fachwerke. Die Zahl der Balken und Zugstangen ist beigeschrieben. Die Strebenschuhe sind aus Gusseisen. Die Brücke ruht in der Mitte

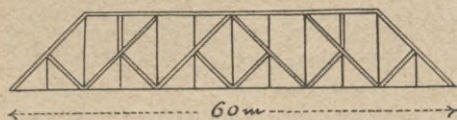


Fig. 8

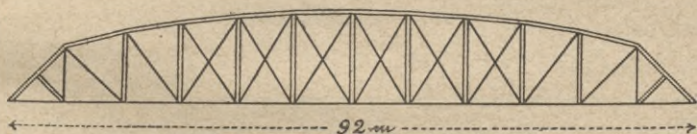


Fig. 9

zunächst auf zweimal vier querlaufenden **I** Balken; diese stützen sich auf zwei starke längslaufende Blechbalken. Auf dem hölzernen, aus dicht geschlagenen Pfählen bestehenden Mittelpfeiler befindet sich ein schwerer gusseiserner Block mit dem Drehzapfen, und rings herum sind 8 Laufräder angebracht. Eine besondere Stützvorrichtung besitzt die Brücke nicht. Auf den beiden hölzernen Uferwänden sind je drei Rollen befestigt, auf die die Brücke beim Schliessen einfach aufrollt. —

Durch die Figur 13 derselben Tafel ist ein hölzerner *Flusspfeiler* wiedergegeben, der einer Howeschen Bahnbrücke als Unterstützung dient. Er ist den Normalien der Atchison Topeka- und Santa Fe-Bahn entnommen. Der Pfeiler besteht aus lotrecht eingerammten Pfählen nebst den nötigen Zangen und Streben und ist ringsum verschalt. Flussaufwärts schliesst er mit einem dreieckigen Eisbrecher ab. Die Kante wird durch eine Eisenbahnschiene geschützt. Um

diese Pfeiler vor Unterspülung zu schützen, auch um ihnen grössern Halt zu geben, füllt man sie in der Regel unten mit Steinen an. —

Nebenstehende Figur 10 endlich ist die Skizze eines hölzernen Thalübergangs an der südlichen Pacific-Bahn. Aehnliche aus Pfeilern,



Fig. 10

Fachwerk und Balkenträgern zusammengesetzte hölzerne Bauwerke trifft man in den westlichen Staaten ziemlich häufig an.

B. Eiserne Brücken.

1. Allgemeines.

Zu den eisernen Brücken wurde in den Vereinigten Staaten bis vor einigen Jahren fast ausschliesslich Schweisseisen (Wrought Iron) verwendet. Vereinzelt gelangte zwar schon früher Stahl zur Verwendung, so bei der grossen, im Jahre 1873 vollendeten Mississippi-Brücke bei St. Louis ein Stahl von 7 t Festigkeit auf den cm^2 . Die daselbst gemachten Erfahrungen waren indessen nicht besonders ermutigend. Die Schwierigkeiten der Herstellung und Bearbeitung und ungenügende Kenntnis der Eigenschaften des verwendeten Baustoffes zehrten den Gewinn, der durch das geringere Gewicht erzielt wurde, wieder auf. Man fand es für die Folge zweckmässiger, ein Material zu verwenden, das zwar das Schweisseisen an Festigkeit übertrifft, jedoch bei weitem nicht an die Festigkeit des bei St. Louis gebrauchten Stahles heranreicht.

Zur Zeit wird im Brückenbau in ausgedehntem Masse « weicher Stahl » (Soft Steel) verwendet, ein Baustoff, der unserm Flusseisen in der Hauptsache gleichkommt.

Die Bedingungen, die man an diesen weichen Stahl stellt, sind die folgenden: Festigkeit = 3,8—4,3 t: cm^2 ; Elasticitätsgrenze etwa die Hälfte der Festigkeit; kleinste Dehnung auf 20 cm Länge 25 %.

Bei sehr grossen Brücken und für einzelne Teile kleinerer Brücken wird auch ein festerer Baustoff, sogenannter « Mittelstahl » (Medium

Steel) verwendet, dessen Festigkeit 4,3—4,8 t : cm² bei einer Minimaldehnung von 20 % beträgt.

Ausnahmsweise kommt « harter Stahl » (High Steel) mit einer Festigkeit von etwa 5 t zur Verwendung.

Für die Niete wird in der Regel weicher Stahl oder Schweisseisen vorgeschrieben.

Neben den Proben auf Festigkeit und Dehnung werden noch Kaltbiegeproben und bei wichtigeren Bauwerken Proben auf Phosphor und Kohle, auch auf Silicium und Mangan verlangt.

Zu Auflagerstühlen und Lagerplatten wird bei grösseren Brücken fast immer Gussstahl verwendet.

Es steht zu erwarten, dass das Schweisseisen, für das eine kleinste Festigkeit von durchschnittlich 3,3 t und eine kleinste Dehnung von 10—15 % vorgeschrieben werden, nach und nach von dem weichen Stahl verdrängt wird. Doch verhalten sich manche Bahngesellschaften und Brückeningenieure in dieser Hinsicht zur Zeit noch etwas zurückhaltend.

Die statischen Berechnungen werden in den Vereinigten Staaten nicht nach einheitlichen Vorschriften durchgeführt. Es bestehen hierüber mehrere, von hervorragenden Brückeningenieuren aufgestellte « Specifications », die übrigens nicht wesentlich von einander abweichen. Am häufigsten werden der Berechnung die von Ingenieur Theodore Cooper in New York herausgegebenen Vorschriften zu Grunde gelegt.

In der Hauptsache sind diese Vorschriften den europäischen nachgebildet. Sie unterscheiden sich auch hinsichtlich der Wahl der zulässigen Inanspruchnahme nicht wesentlich von diesen. Dagegen enthalten sie stets besondere Bestimmungen über die Berechnung, Herstellung und Prüfung der den amerikanischen Brücken eigentümlichen Augenstäbe und Gelenkbolzen.

Die Projekte zu den eisernen Brücken werden meistens von den Brückenwerkstätten oder von Privatingenieuren (Consulting Engineers) verfasst. Grössere Bahngesellschaften und städtische Behörden haben indessen in der Regel ihre eigenen Brückeningenieure und übertragen diesen die Entwürfe.

Brücken, die von tüchtigen Ingenieuren entworfen und berechnet sind, stehen den europäischen an Tragfähigkeit und Sicherheit keineswegs nach. In einzelnen Fällen werden der Rechnung sehr hohe Lokomotivgewichte (Achsdrücke bis zu 18 Tonnen) zu Grunde gelegt.

Vielfach werden die bestehenden Brücken zur Zeit wie bei uns einem Erneuerungs- und Verstärkungsprozess unterworfen, weil sie den heutigen Lokomotivgewichten und neueren Anforderungen nicht mehr genügen.

Der Preis, der für fertiges Brückeneisen bezahlt wird, ist von dem in unseren Gegenden üblichen nicht sehr verschieden, schwankt übrigens selbstverständlich je nach der Schwierigkeit der Montierung und je nach dem Gang der Geschäfte zwischen ziemlich weiten Grenzen.

Anfang 1893 betrug der durchschnittliche Preis $3\frac{1}{2}$ —4 Cents pro Pfund, das ist 40—45 Rp. pro Kilogramm. Als im Sommer die bekannte finanzielle Krisis eintrat und die Brückenwerke wegen Mangel an Arbeit die Hälfte ihrer Arbeiter entlassen mussten, sank der Preis bis auf 3 Cents herunter. Einzelne Arbeiten wurden noch billiger vergeben, so die eisernen Pfeiler und Blechbalken der westlichen Hochbahn in Chicago zu $2\frac{7}{8}$ Cents, das ist ca. 33 Rp. das Kilogramm.

Die Jahresleistung der grösseren Brückenwerkstätten steigt in günstigen Jahren nicht selten auf 20—30,000 Tonnen und höher.

2. Gelenkförmige Knotenpunkte.

Die amerikanischen Brücken weichen, sobald sie fachwerkförmig gebaut werden, in mehrfacher Beziehung von den europäischen ab.

Die Höhe, die den Fachwerkträgern im Verhältnis zur Spannweite im Durchschnitt gegeben wird, übertrifft die bei uns übliche um ein Beträchtliches. Während in Europa bei Parallelträgern das gangbare Verhältnis 1:10 beträgt, steigt es drüben nicht selten, besonders bei kleineren Spannweiten, bis auf 1:6 und noch höher. Dem entsprechend ist auch die Zahl der auf eine Oeffnung treffenden Felder durchschnittlich kleiner als bei uns.

Lotrechte Endpfosten fehlen bei den meisten Fachwerkträgern. Sowohl bei oben als bei unten liegender Fahrbahn endigt der Träger an beiden Auflagern schnabelförmig.

Geradezu erstaunlich ist die Konsequenz, mit der bei den amerikanischen Fachwerken Zug- und Druckglieder auseinander gehalten werden. Für jene werden stets Flacheisen, bei kleineren Kräften auch Rund- oder Quadrateisen, für diese zusammengesetzte, gespreizte Querschnitte verwendet.

Der hervorstechendste Unterschied besteht jedoch in der *Anordnung der Knotenpunkte*. An Stelle der Niete, mit denen wir Gurtungen und Streben miteinander vereinigen, tritt in Amerika ein *Gelenkbolzen*. Dieser Bolzen besorgt den Kräfteausgleich; er übernimmt die von den Streben und Pfosten ausgeübten Kräfte und überträgt sie auf die Gurtungen.

Die gelenkförmige Knotenverbindung der amerikanischen Fachwerke hat wiederholt zu Vergleichen und kritischen Betrachtungen Veranlassung gegeben. Von seiten ihrer Freunde wird sie als das einzig richtige Mittel zur Vereinigung mehrerer Fachwerkstäbe bezeichnet. Die Theorie des Fachwerkes, auf die sich die Berechnung der Stabkräfte stützt, setzt — so wird argumentiert — gelenkförmige Knotenpunkte voraus; nur wenn die Stäbe gelenkartig, also gegeneinander drehbar verbunden werden, stimmt die Wirklichkeit mit der Theorie überein. Durch die starre Vernietung dagegen wird diese Beweglichkeit aufgehoben, die Stäbe müssen sich verbiegen, es entstehen im Eisen sekundäre oder Nebenspannungen, die die ursprünglichen oder Hauptspannungen vergrößern.

Nietverbindungen besitzen ferner den Uebelstand, dass niemals sämtliche Niete gleichförmig arbeiten, dass das Schlagen der Niete stets mit Unvollkommenheiten verknüpft ist, namentlich bei Feldnietung, dass die Niete zuweilen locker werden und die Köpfe abspringen.

Schliesslich wird durch die gelenkförmigen Verbindungen das Aufstellen der Brücken in hohem Masse erleichtert. Das Nieten auf dem Felde wird auf ein Minimum beschränkt oder ganz vermieden, und das Aufstellen einer Brücke kann ohne eingeübte Monteure, durch einfache Handarbeiter unter Aufsicht eines tüchtigen Werkführers besorgt werden.

Dies sind in Kürze die Ansichten der amerikanischen Brückeningenieure.

Es würde zu weit führen, die Polemik, die sich über diesen Punkt entsponnen hat, hier wiederzugeben. Ich beschränke mich auf das Wesentlichste derselben.

Zunächst ist es offenbar ein Irrtum zu glauben, dass durch die amerikanischen Bolzenverbindungen Nebenspannungen ausgeschlossen werden. Denn die Gelenke drehen sich nicht reibungslos, wie die Fachwerktheorie voraussetzt. Soll ein Gelenk spielen, so muss stets ein gewisser Reibungswiderstand überwunden werden. Zu diesem Zwecke muss die Stabkraft um eine gewisse Strecke aus dem Mittel-

punkte des Gelenkes heraustreten, und zwar, wie sich leicht zeigen lässt, um die Strecke $r \sin \varphi$, worin r den Halbmesser des Bolzens und φ den Reibungswinkel bedeutet. Wenn aber die Stabkraft sich verschiebt, so wirkt sie auf zusammengesetzte Festigkeit, das heisst sie erzeugt ebenfalls Nebenspannungen.

Für Flacheisenstäbe lassen sich diese Spannungen annähernd wie folgt berechnen.

Setzt man den Reibungskoeffizienten gleich $\frac{1}{6}$ und den Bolzendurchmesser im Durchschnitt gleich $\frac{3}{4}$ der Stabbreite b , so ergibt sich die Verschiebung der Stabkraft $v = 0,062 b$. Ist P die im Stabe wirkende Kraft und c dessen Dicke, so wird die grösste auftretende Spannung gleich

$$\frac{P}{bc} + \frac{P \cdot 0,062 b}{\frac{1}{6} b^2 c} = \frac{P}{bc} (1 + 0,37).$$

Mit andern Worten, die Nebenspannung beträgt 37 % der Hauptspannung oder, richtiger gesagt, das Gelenk fängt erst dann an zu spielen, wenn die Nebenspannung bis auf 37 % der Hauptspannung angewachsen ist.

So hoch steigt die Nebenspannung bei *genieteten* Fachwerken mit centrischer Befestigung der Streben selten.

Bei den mit Schleifen an die Bolzen angehängten Rund- oder Quadrasteisen stellt sich das Verhältnis noch ungünstiger. Es ist wahrscheinlich, dass sich diese Glieder überhaupt nicht drehen, sondern stets verbiegen.

Gegen diese Beweisführung lässt sich nur *ein* stichhaltiger Einwand erheben: Infolge der durch die zufälligen Lasten erzeugten Erschütterungen vollzieht sich die Drehung um die Gelenke vermutlich sprungweise, das heisst der Reibungswiderstand wird auf kurze Augenblicke unterbrochen oder abgeschwächt, so dass die Drehung stattfinden kann, ohne dass die Stabkraft sich so viel verschiebt, wie obige Rechnung ergibt. Ob und in wie weit dies der Fall ist, lässt sich nur durch Versuche feststellen. So viel ich erfahren konnte, sind derartige Versuche noch keine ausgeführt worden. Bis auf weiteres bliebe somit die Frage der Nebenspannungen bei Gelenkverbindungen noch eine offene.

Wenn von den Vorzügen der Gelenkverbindung in statischer Hinsicht die Rede ist, so darf ferner nicht übersehen werden, dass die gedrückten Gurtungen der amerikanischen Fachwerke meistens

ununterbrochen durchlaufen, somit für diese die betonte günstige Wirkung der Gelenke verloren geht.

Was sodann die gegen das Nieten erhobenen Bedenken angeht, so besitzt selbstverständlich jede Menschenarbeit ihre Unvollkommenheiten und hier wie auf allen Gebieten menschlicher Thätigkeit müssen aufmerksame Beobachtung, ernstes Bestreben und langjährige Uebung sich die Hand reichen, um diese Mängel möglichst zu mildern. Den Ausschlag gibt schliesslich der thatsächliche Erfolg, und dieser nimmt den geäusserten Bedenken den grössten Teil ihrer Bedeutung. Denn unsere Nietverbindungen haben sich bis dahin im ganzen gut bewährt.

Man kann zudem über die Frage noch streiten, ob es besser sei, zur Vereinigung zweier Bauteile ein einziges Verbindungsmittel oder deren mehrere zu verwenden. Wenn unter zehn Nieten einer seinen Dienst versagt, so bieten die verbleibenden genügenden Ersatz. Wenn aber alles an *einem* Gliede hängt, so kann mit diesem einen der ganze Bau zu Grunde gehen.

Es bleibt hiernach in der Hauptsache nur noch der Vorzug der leichteren Aufstellung bestehen, und diesen muss man den amerikanischen Brücken unbestritten lassen. Die erstaunliche Raschheit, mit der drüben durch gewöhnliche Tagelöhner eiserne Brücken aufgestellt werden, hängt nicht nur mit der grösseren Behendigkeit der amerikanischen Arbeiter und mit der ausgedehnteren Anwendung von Transport- und Hebevorrichtungen zusammen, sie rührt noch viel mehr daher, dass das Vereinigen der einzelnen Brückenglieder kein Nietenschlagen, sondern bloss das Durchstecken und Anziehen von Schraubenbolzen erfordert.

Dass aber die Amerikaner diesen Vorteil durch die immerhin teurere Gelenkverbindung erkaufen, hängt wieder mit der Grösse des Landes zusammen. Angesichts der ungeheuren Entfernungen und der oft unwirtlichen Gegenden gewinnt die bequemere Aufstellung drüben weit grösseren Wert als in dem dicht bevölkerten alten Weltteile. Diesen örtlichen Verschiedenheiten ist es ohne Zweifel in hohem Masse zuzuschreiben, dass sich der Brückenbau dies- und jenseits des Meeres ungleich entwickelt hat. Und so lange diese Verschiedenheiten bestehen, lässt sich auch kaum eine durchgreifende Wandlung auf diesem Gebiete erwarten.

Uebrigens gibt es auch in Amerika zahlreiche Brückentechniker, die über die Schatten- und Lichtseiten beider Bauweisen richtig urteilen und die Vorteile der vernieteten Knotenpunkte anerkennen.

Da und dort macht sich europäischer Einfluss geltend. In den vorzüglichen Brückenwerken von Edgemoor, Pencoyd und anderen werden kleinere Fachwerkbrücken, die sich als Ganzes verschicken lassen, gewöhnlich vollständig genietet. Die Windstreben, die sonst ebenfalls an Gelenkbolzen gehängt werden, sind bei einigen neueren Brücken durch Niete an den Tragwänden befestigt worden. Dass die Steifigkeit der Brücke dadurch gewinnt, wird zugegeben.

In den östlichen Staaten begegnet man ferner sowohl bei ältern als bei neuern Brücken nicht selten Anordnungen, die ganz europäisch aussehen. So fährt die New York Central und Hudson River-Bahn über manche vollständig genietete Fachwerkbrücken mit mehrfach (4- bis 16fach) gekreuzten Streben. Von den 952 festen eisernen Bahnbrücken, die im Staate Massachusetts Ende 1893 vorhanden waren, sind die Hauptträger bei 155 Brücken gewalzte Balken, bei 564 Blechbalken, bei 158 genietete Fachwerke und nur bei 75 verbolzte Fachwerke. Erwähnt mag schliesslich noch werden, dass am technologischen Institut zu Boston, der bedeutendsten technischen Hochschule des Landes, im Zeichnungssaale neben Fachwerken mit Gelenkverbindungen auch häufig solche mit vernieteten Knotenpunkten entworfen werden.

Dass zur Herstellung von Blechbalken und zur Vereinigung einzelner Eisenstäbe zu ganzen Brückengliedern stets Niete verwendet werden, braucht kaum hervorgehoben zu werden. Auch zur Verbindung der Schwellenträger mit den Querträgern und dieser mit den Pfosten werden stets Niete gebraucht. Dieser letztere Umstand steht einigermassen im Widerspruch mit dem zähen Festhalten an der gelenkförmigen Knotenverbindung. —

Die Gelenkbolzen (Pins) werden bei grösseren Brücken meistens aus Stahl (Soft oder Medium Steel) hergestellt, auf der Drehbank genau auf den vorgeschriebenen Durchmesser abgedreht und beidseitig oder bloss einseitig mit Schraubengewinden versehen. Die Schraubenmutter sind stets sechseckig. Ihre Höhe ist verhältnissmässig gering.

Der Durchmesser des Bolzens wird statisch berechnet und zwar wird dabei sowohl das Biegemoment als der Stauchdruck und die Scherkraft in Rücksicht gezogen. Gewöhnlich tritt unter den drei Beanspruchungsarten diejenige auf Abscheren in den Hintergrund.

Als zulässige Biegungsspannung werden bei Eisen etwa 1,0, bei Stahl 1,2 - 1,4 t : cm² gerechnet, als zulässige Stauchspannung $\frac{4}{3} - \frac{3}{2}$, als zulässige Scherspannung etwa $\frac{1}{2}$ mal so viel.

Um das Biegemoment zu verringern, werden die Stäbe vorsichtig gruppiert und unter anderem die äusseren Flachstäbe der Untergurte zuweilen bloss halb so stark gemacht wie die inneren.

Europäischerseits ist wiederholt die Befürchtung geäussert worden, dass sich die Gelenkbolzen mit der Zeit in die Lochwandung einfressen und locker werden. Bei den älteren Brücken hat man es freilich mit der Bolzenberechnung nicht immer so genau genommen, und da ist diese Befürchtung berechtigt. Bei manchen dieser Brücken steigt die Beanspruchung weit über das zulässige Mass hinaus und eine Abhülfe ist meistens schwer zu treffen. Wird jedoch nach obigen Regeln vorgegangen, so fällt jenes Bedenken, soweit die bisherige Erfahrung massgebend ist, vollständig dahin.

Die Länge des Bolzens richtet sich nach der Breite der zu verbindenden Teile. Für jeden Teil wird ca. 1 mm Spielraum zugeschlagen. Die übrigen Masse werden durch Normalien bestimmt.

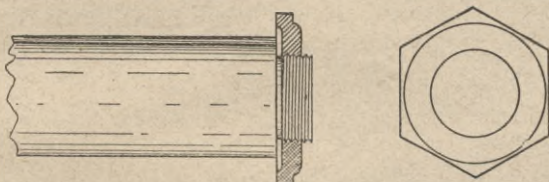


Fig. 11

Jede Brückenwerkstätte besitzt eine grössere Zahl von Bolzen zur Auswahl. So liefert die King Bridge Co. in Cleveland Bolzen von 32—178 mm Durchmesser in 44 verschiedenen Sorten und Schraubengewinde von 19—114 mm Durchmesser in 14 verschiedenen Sorten. Meistens werden Bolzendurchmesser zwischen 100 und 150 mm verwendet. Der Durchmesser der Schraubenspindel ist in der Regel kleiner als der des Bolzens; der Unterschied beträgt 35 bis 40 %. Der Durchmesser der Schraubenmutter wird etwa zweimal so gross als der der Spindel gemacht. (Textfig. 11.)

Die Schraubenmuttern (Nuts) werden aus schmiedbarem Guss hergestellt. Ihre Innenfläche ist stets hohl, damit die Mutter, falls der Bolzen etwas zu lang ist, nicht auf diesem, sondern auf den zu verbindenden Stäben aufruht. Die Figuren 12 und 13 zeigen die kleinste und grösste Schraubenmutter aus den Normalien der Phoenixville Bridge Co.

Bolzen von untergeordneter Bedeutung, wie die zur Befestigung der Windstreben, erhalten gewöhnlich nur auf einer Seite ein Schrau-

bengewinde und auf der andern einen Kopf. Die Schraube wird auch zuweilen durch einen blossen Splint ersetzt.

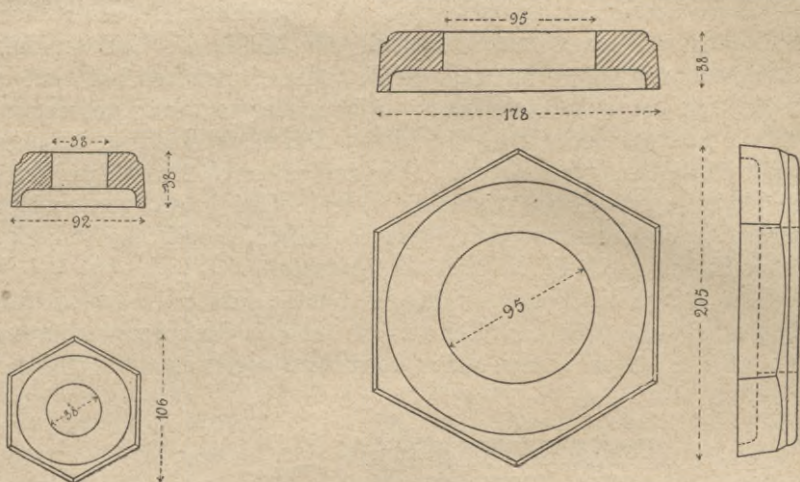


Fig. 12

Fig. 13

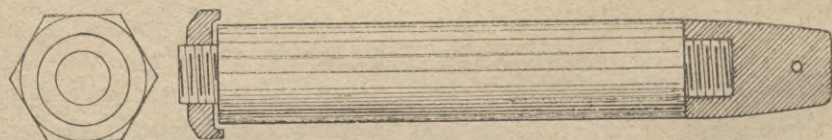


Fig. 14

Um den Bolzen beim Aufstellen der Brücke den Weg zu erleichtern und das Schraubengewinde zu schonen, werden sie häufig mit aufgeschraubten Schutzkappen (Pilot Nuts) versehen. (Fig. 14.)

3. Das Nieten.

Zu den Nieten wird in den Vereinigten Staaten stets Schweiss-eisen oder weicher Stahl verwendet, auch wenn die übrigen Teile der Brücke aus härterem Stahl bestehen sollten. Grössere Werke fabrizieren ihre Niete (Rivets) gewöhnlich selbst.

Als zulässige Nietenpannung schreibt Theodore Cooper $\frac{3}{4}$ der zulässigen Zugspannung desselben Materials vor, vorausgesetzt, dass die Niete in der Werkstätte geschlagen werden. Feldniete werden

ihrer geringern Zuverlässigkeit wegen nur mit $\frac{3}{4}$ bis $\frac{2}{3}$ ihrer Tragfähigkeit in die Rechnung eingeführt.

Zwischen Nietschaft und Nietloch wird gewöhnlich ein Spielraum bis zu 1,6 mm ($\frac{1}{16}$ Zoll) gestattet.

Zum Körnen werden allgemein Holzschablonen verwendet.

Die Nietlöcher werden mit wenig Ausnahmen *gestanzt*. Da zu den wichtigsten Verbindungen, nämlich zu den Knotenpunkten der Fachwerke Schraubenbolzen verwendet werden, fallen die Nachteile des Stanzens (Punching) weniger ins Gewicht.

Bei weichem Stahl werden die Nietlöcher nach dem Stanzen ausgerieben, bei hartem Stahl nachgebohrt. Vollständiges Bohren des Loches wird nur selten verlangt.

Bei jeder grösseren Bestellung werden übrigens hierüber bestimmte Vorschriften erlassen.

Bei der im vorigen Jahre (1893) erbauten grossen Missouri-Brücke bei Bellefontaine (siehe Tafel VII), zu der hauptsächlich Mittelstahl mit einer Festigkeit von 4,3–4,9 t : cm² verwendet wurde, mussten die Nietlöcher um 3 mm ausgerieben werden, so lange die Blechdicke kleiner als $d-3$ war (d = Nietdurchmesser), dagegen um 6 mm, wenn das Blech dicker als $d-3$ war. Bei Blechen von über $d+3$ Dicke wurde vollständiges Bohren des Nietloches verlangt. Sämtliche äussern Lochkanten mussten auf $\frac{3}{2}$ mm gebrochen werden.

Auf Verlangen werden stählerne Stücke nach dem Lochen auch ausgeglüht.

Zum Stanzen der Nietlöcher werden neben den überall üblichen Stanzmaschinen vielfach besondere Apparate verwendet. In den grösseren Werken trifft man gewöhnlich Maschinen an, mittelst deren gleichzeitig mehrere Löcher, bis zehn in einer Reihe, hergestellt werden können. Dabei lassen sich nach Belieben sämtliche oder nur einige der Stempel zur Wirkung bringen. Doch ist die Handhabung dieser Maschinen umständlich, die Verstellung der Stempel zeitraubend und das Anwendungsgebiet so beschränkt, dass dieselben nur selten in vollem Umfange gebraucht werden.

Sollen längere Stücke auf der ganzen Länge gelocht werden, so verwendet man in Verbindung mit obiger Maschine eine von W. Sellers gebaute Einrichtung, mittelst deren das Stück nach jedem Spiel des Stempels auf einer Bahn rasch und sicher um die vorgeschriebene, auf $\frac{1}{4}$ Zoll abgerundete Nietentfernung vorgeschoben wird. Das Einstellen eines Handgriffes auf eine bestimmte Marke genügt, um den Vorschub auf die gewünschte Strecke zu begrenzen. Zur Be-

dienung dieser Einrichtung, Stanzmaschine inbegriffen, sind 4—5 Arbeiter nötig. Die Zahl der in einer Stunde gestanzten Löcher steigt unter günstigen Umständen bis auf 1000.

Auch andere Einrichtungen ähnlicher Art sind in den Werkstätten anzutreffen.

Die Brückenwerkstätte von M. Lassig in Chicago besitzt eine Specialmaschine zur raschen Herstellung der bei den amerikanischen Brücken so zahlreich gebrauchten kurzen, an den Enden abgerundeten und gelochten Bandisen. Der Stempel dieser Maschine presst bei jedem Spiel die in Figur 15 schraffierte Fläche heraus. Der Vorschub des Stabes wird automatisch begrenzt.

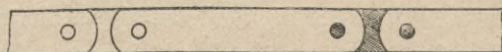


Fig. 15

Zum Ausreiben (Reaming) der Nietlöcher werden neben gewöhnlichen Bohrmaschinen vielfach kleine mit Pressluft getriebene Apparate verwendet. Sie hängen an der Decke und können von Hand leicht verschoben werden. Die Luft wird in biegsamen Schläuchen zugeführt.

Das Nieten selbst wird vielfach von Hand, wenn immer möglich aber mittelst Maschinen besorgt. Die Nietmaschinen werden bald durch Luft, bald durch Dampf, zuweilen auch durch Wasser betrieben. Bei schweren Stücken wird mit beweglichen, an Ketten hängenden, bei kleinen Stücken dagegen mit feststehenden Maschinen gearbeitet. Die treibende Kraft ist bei jenen gewöhnlich komprimierte Luft, bei diesen Dampf. Zur Bedienung sind in der Regel 4—5 Mann erforderlich.

Die Schnelligkeit, mit der die Maschinennietung vor sich geht, ist für jemand, der bloss an Handnietung gewöhnt ist, höchst überraschend.

Ueber die Ausstattung der amerikanischen Brückenwerkstätten eingehender zu berichten, würde zu weit führen. Die grosse Zahl und die oft vortreffliche Einrichtung der Arbeitsmaschinen, der Scheren, Fräsen, Sägen, der Drehbänke, Bohr- und Hobelmaschinen, der Stanz-, Niet-, Richt- und Biegemaschinen, die vielfache Anwendung elektrischer Kraftübertragung, die Verwendung von Petroleum und Naturgas in den Glühöfen und Schmiedefeuern erwecken bei den Besuchern vielfach gerechtes Erstaunen. Wie überall im Maschinenwesen, so sind auch auf dem Gebiete des Brückenbaus die Amerikaner entsprechend den hohen Arbeitslöhnen und den grösseren Bestellungen

den Europäern vielfach vorausgeeilt, namentlich was Zweckmässigkeit der Apparate und Massenfabrikation betrifft.

Zum Schluss mag noch erwähnt werden, dass für die Bezeichnung der Niete auf den Plänen in den ganzen Vereinigten Staaten ein einheitliches, von F. C. Osborn aufgestelltes Schema im Gebrauche steht.

Beide Köpfe ganz		
Innerer Kopf versenkt		
Aeusserer Kopf versenkt		
Beide Köpfe versenkt		
Innerer Kopf abgeflacht		
Aeusserer Kopf abgeflacht		
Beide Köpfe abgeflacht		

Fig. 16

Bei abgeflachten Köpfen bedeuten drei Querstriche eine Abflachung bis auf $\frac{3}{8}$ Zoll (9 mm), zwei Striche eine solche bis auf $\frac{2}{8}$ Zoll (6 mm) und ein Strich eine Abflachung bis auf $\frac{1}{8}$ Zoll (3 mm).

4. Augenstäbe.

Ein wichtiges Element der amerikanischen Brücken bilden die zu Zuggliedern verwendeten « Augenstäbe » (Eyebars). Die Fabrikation dieser Stäbe ist eine Specialität der Amerikaner, die in Europa, seitdem keine Kettenbrücken mehr gebaut werden, nahezu ausgestorben ist.

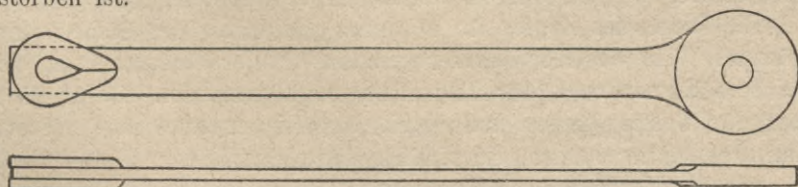


Fig. 17

Bei Schweisseisen wird das Ende des Flacheisenstabes ein- oder beidseitig mit Lappen versehen und in glühendem Zustande unter

den Dampfhammer gebracht, wobei zunächst ein unregelmässiger breiter Kopf entsteht. Diese Lappen sind gewöhnlich rechteckig. In der Werkstätte von M. Lassig in Chicago wird ihnen dagegen eine hufeisenförmige Form gegeben. (Fig. 17.)

Nun wird das zum zweitenmal erhitzte Stabende in ein Gesenk gelegt und erhält durch einen kräftigen Druck von oben den genauen kreisförmigen Kopf. Hierauf wird das Loch herausgebohrt, und zwar gewöhnlich so, dass erst ein kleineres Loch vorgebohrt oder ausgestanzt wird, das dem Hauptbohrer als Führung dient.

Bei Stahl ist das Anschweissen von Lappen nicht möglich. Hier wird die Verbreiterung des Stabes durch Stauchen unter hydraulischem Druck bewirkt. Der am Ende bis zur Rot- oder Weissglut erhitzte Stab wird in die Stauchmaschine eingeschoben. Durch Umstellen eines Hebels werden von oben und von der Seite her kräftige Backen angepresst, die den Stab hinter dem zukünftigen Halse festklemmen. Ein zweiter Hebel bewirkt, dass von vorn ein Presskolben das glühende Ende staucht und es in die Kopfform überführt. Die beiden Bärte werden nachher durch Stanzen entfernt und die Oberfläche geglättet. Dann wird das kleinere Loch herausgestanzt und der Stab zum glätten zwischen zwei Walzen durchgeschoben, hierauf das Stabende ausgeglüht und schliesslich das endgültige Auge gebohrt.

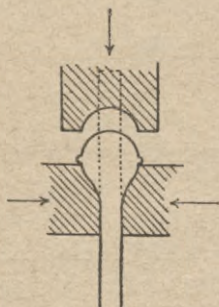


Fig. 18

Bei kleinen Stabquerschnitten gelangt der Stab zweimal in die Stauchmaschine, weil er sich sonst leicht verkrümmt.

Die früher übliche längliche Form des Kopfes ist längst verlassen worden; der Kopf wird stets kreisrund und centrisch zum Loch hergestellt. Der Hals wird mit einem Kreisbogen begrenzt, dessen Durchmesser doppelt so gross ist als der des Kopfes.

Die Dicke des Kopfes ist entweder gleich der des Stabes oder grösser. Wird der Kopf dicker gemacht als der Stab, so kann bei gleichem Stauchdruck der Bolzen um so kleiner sein. Dafür wird aber der Bolzen länger und damit das Biegemoment grösser. Man muss daher suchen, die richtige Mitte einzuhalten. Gewöhnlich erhalten die Köpfe bei den Gurtungsstäben gleiche, bei den Streben grössere Dicke als der Stab.

Der zulässige Stauchdruck wird meistens gleich $\frac{4}{3}$ der zulässigen Zugspannung gesetzt. Daraus folgt, dass der Bolzendurchmesser d

bei unverdicktem Kopfe mindestens gleich $\frac{3}{4}$ der Stabbreite b sein muss. Bei verdicktem Kopfe dagegen kann d kleiner als $\frac{3}{4} b$ sein.

Ueber die Breite des Kopfes besitzt jedes Werk seine Normalmasse, die sich nicht auf theoretische Berechnungen, sondern einfach auf Versuche stützen. Die Edgemoor-Werke zum Beispiel geben dem Kopfe eine solche Breite, dass seine Querschnittsfläche die des Stabes um 33—40 % übertrifft.

Professor A. J. Du Bois von der Yale-Universität gibt in seinem Lehrbuche über «The Strains in Framed Structures» folgende Regel: Bei unverdicktem Kopfe ($d > \frac{3}{4} b$) macht man die Kopfbreite gleich $1,25 d + 1,29 b$, bei verdicktem Kopfe ($d < \frac{3}{4} b$) gleich $d + 1,5 b$. In letzterem Falle ist zugleich die Kopfdicke, wenn δ die Stabdicke bezeichnet, gleich $\frac{3}{4} \frac{b \delta}{d}$.

Die Zahl und Stärke der Augenstäbe, die zusammen eine Gurtung oder eine Zugstrebe bilden, hängt selbstverständlich von der Grösse der wirkenden Kräfte ab. Nicht selten steigt deren Zahl bei grossen Brücken auf 10 und noch höher. Damit die zusammengehörenden Augenstäbe gleichmässig arbeiten, werden deren Löcher stets gemein-

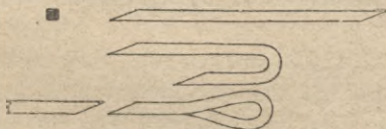


Fig. 19

schaftlich gebohrt, und zwar wenn möglich an beiden Enden gleichzeitig. Als grösster zulässiger Längenfehler wird gewöhnlich $\frac{1}{20000}$ vorgeschrieben, so dass der Spannungsunterschied höchstens 100 kg : cm^2 betragen kann.

Während für Gurtungen und Hauptstreben stets flache Stäbe gebraucht werden, verwendet man für Gegenstreben und Windstreben meistens Quadrat- oder Rundstäbe.

Die Augen dieser kleineren Stäbe werden von Hand geschmiedet. Die Figuren 19 zeigen die verschiedenen Stadien der Arbeit. Aus einem kurzen Stücke wird eine Schleife gebildet und diese hierauf an den ganzen Stab angeschweisst.

Aehnlich werden Rundeisen behandelt.

Diese Arbeit muss von geübten Schmieden ausgeführt werden, soll die Festigkeit des Ganzen nicht beeinträchtigt werden. Die Anlegefläche wird durch Feilen oder Fräsen genau abgerundet. Auf

genaue Länge braucht man gewöhnlich nicht zu achten, da diese Stäbe fast immer regulierbar eingerichtet werden.

Sollen zwei solcher Stäbe in verschiedener Richtung an demselben Bolzen angreifen, wie zum Beispiel die Gegenstreben am Mittelpfosten, so wird der eine Stab mit einer doppelten, gabelförmigen Schleife versehen. Auch diese Schleifen werden von Hand geschmiedet. (Fig. 20.)

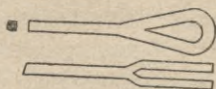


Fig. 20

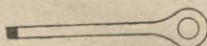


Fig. 21

Etwas umständlicher ist die Arbeit, wenn an einen Quadratstab ein flaches, ganz rundes Auge angeschmiedet werden muss. (Fig. 21.)

Gegen- und Windstreben werden fast immer regulierbar eingerichtet. An passender Stelle wird eine Schraubenmutter mit Rechtslinksgewinde eingefügt.

Diese Schraubenmuttern werden entweder offen oder geschlossen hergestellt. Die offenen sind in der Regel vorzuziehen, weil ihr Inneres sichtbar ist.

Die Figuren 22 und 23 zeigen zwei Muster von offenen Muttern; die erstere stammt aus den Werken von M. Lassig, letztere aus Edgemoor. Ebenso das nachfolgende Beispiel einer geschlossenen Mutter. (Fig. 24.)

Die Herstellung dieser Schraubenmuttern mit Rechtslinksgewinden wird nicht von jedem Werke besorgt, sondern liegt in den Händen von Spezialisten.

Zur Herstellung von geschlossenen Muttern (Sleeves) wird in Edgemoor folgender Weg eingeschlagen: Zuerst wird ein viereckiges Blech von entsprechender Grösse in glühendem Zustande zu einer Röhre zusammengebogen. Dann gelangt diese Röhre unter eine Presse, die ihr an der Aussenfläche sechseckige Gestalt gibt, während die Innenfläche durch einen Dorn rund erhalten bleibt. Hierauf wird das Stück zum drittenmal erhitzt, über einen etwas kleineren Dorn geschoben und an den Enden durch Hämmern verengt und abgerundet. Schliesslich werden beidseitig die Schraubengewinde eingeschnitten.

Die Unsicherheit, die den bloss angeschweissten Schleifen, namentlich den doppelten, anklebt, hat dazu geführt, sie durch besondere,

klammer- oder gabelförmige, mit Schraubenmutter versehene Augenstücke zu ersetzen. Die Figuren 25 und 26 zeigen zwei Formen dieser « Clevises » genannten Klammern.

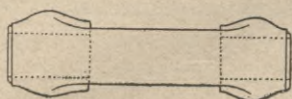
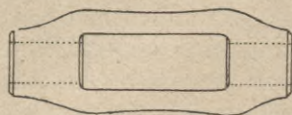


Fig. 22

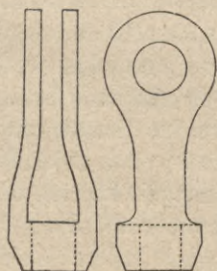


Fig. 25

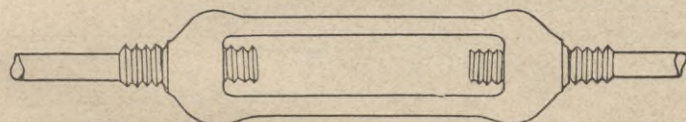
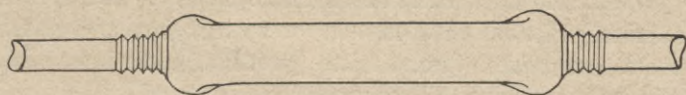


Fig. 23

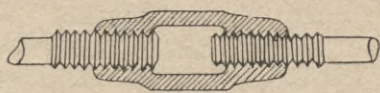
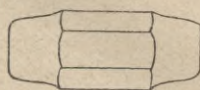


Fig. 24

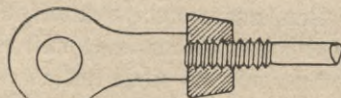
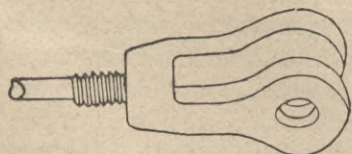


Fig. 26

Die Herstellung derselben ist ebenfalls eine Specialität, auf die einzelne Fabrikanten eingeübt sind. Durch hydraulischen Druck wird ein glühend gemachtes kurzes Flacheisenstück an den Enden mit runden Köpfen, in der Mitte mit einer Verdickung versehen. Dann werden drei Löcher gleichzeitig herausgestantzt. Schliesslich werden

die beiden Seitenteile heraufgebogen und das Schraubengewinde geschnitten.

Wie die Zugstangen der Howeschen Brücken, so werden auch die bei den eisernen Brücken verwendeten Rund- und Quadratstäbe an den Enden verdickt, wenn sie Schraubengewinde erhalten sollen. Das Verdicken erfolgt durch Stauchen unter hydraulischem Druck. Das glühende Stabende wird in eine gusseiserne Schale gelegt. Eine gleiche Schale wird von oben darauf gepresst und hält den Stab hinten am zukünftigen Halse fest. Dann schiebt sich von vorn ein Stempel hinein, der den glühenden Teil in der Längsrichtung zusammenstaucht.

5. Druckstäbe.

Für die auf Druck beanspruchten Stäbe (Obergurtungen, Druckstreben, Pfosten, Säulen etc.) werden bei amerikanischen Brücken stets gespreizte Querschnitte gewählt. Dabei ist die sogenannte Kastenform wegen ihres grossen Widerstandes gegen Knicken besonders beliebt.

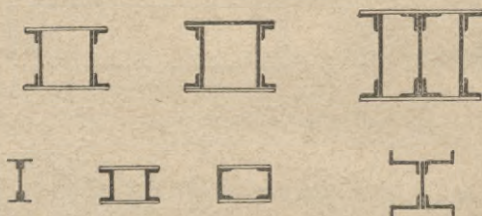


Fig. 27

Die früher üblichen, aus vier Quadranteisen oder sechs Sextanteisen zusammengesetzten Stäbe, die sogenannten Phoenix-Säulen («Phoenix Columns», weil sie von den Werken zu Phoenixville eingeführt worden sind) hat man ganz aufgegeben. Ebenso sind die von den Keystone-Werken seiner Zeit bevorzugten röhrenförmigen, aus vier Quadrant- und vier  Eisen zusammengeschraubten Stäbe verschwunden. Auch Vereinigungen von drei  oder  Eisen werden wenig mehr ausgeführt.

Die Figuren 27 zeigen die zur Zeit üblichsten Querschnittsformen für gedrückte Stäbe. Die drei ersteren werden namentlich für Gurtungen, die anderen mehr für Streben, Pfosten und Säulen verwendet. Durch Vergrösserung und Vermehrung der einzelnen Teile

lassen sich leicht Querschnittsflächen von bedeutender Grösse erzeugen. Zwei- und mehrteilige Stäbe werden stets durch Gitterstäbchen verbunden. Ebenso wird die offene Seite der oben geschlossenen Gurtungen durch solche Stäbchen abgesteift. An Stelle dieser Stäbchen tritt in der Nähe der Knotenpunkte in der Regel eine volle Platte.

Die Stösse der gedrückten Gurtungen liegen meistens genau in den Knotenpunkten oder nahe dabei. Gewöhnlich werden, um die Feldnietung möglichst einzuschränken, sämtliche Teile genau an derselben Stelle gestossen. Wo die Gurtung einen Bruchpunkt hat, werden stets sämtliche Teile unterbrochen.

Der Deckung der Stösse wird nach europäischer Ansicht nicht immer genügende Aufmerksamkeit geschenkt. Dagegen wird meistens grosses Gewicht auf genaues Passen der Endflächen gelegt. Zu diesem Zwecke werden die Endflächen am fertigen Stücke genau behobelt oder gefräst. Vielfach werden hierzu grosse stehende Kreisfräsen verwendet, auf die das Stück aufgespannt wird. Bei schiefen Endflächen kann das Stück genau nach dem vorgeschriebenen Winkel gedreht werden.

Die Bolzenlöcher werden, wenn die Gurtung am Bolzen gestossen ist, zuerst aus jedem Teil einzeln roh herausgestanzt. Dann schiebt man beide Stücke dicht zusammen, verlascht sie sorgfältig und bohrt oder fräst nun das vorgeschriebene Loch aus, und zwar häufig in beiden Stegen gleichzeitig mittelst eines genau lotrecht geführten Doppelbohrers.

6. Knotenpunkte.

Was die Knotenpunktverbindungen betrifft, so sind die früher üblichen gusseisernen Kapseln oder Muffe schon vor etwa 15 Jahren gänzlich verlassen worden. Die Druckstreben werden seitdem wie die Zugstreben unmittelbar an die Gelenkbolzen gehängt. Wenn nötig wird die Stauchfläche durch aufgenietete Platten vergrössert. Die gedrückten Gurtungen laufen oft ohne Unterbrechung durch und erhalten bloss in den Stegen etwelche Verstärkungen.

Die sechs Figuren 28—33 sind dem Normalienhefte der Edgemoor-Brückenwerke bei Wilmington (Del.) entnommen.¹

¹ Von den Edgemoor-Werken wurden unter anderem ausgeführt: Die grosse Hängebrücke zwischen New York und Brooklyn; die erste Cantilever-Brücke über den Kentucky-Fluss bei Lexington, drei Oeffnungen zu 114 m; eine zweigeleisige Bahnbrücke über den Susquehanna-Fluss, 23 Oeffnungen zu 48 m; der grosse 112 m weit gespannte Dachstuhl über der Manufakturhalle an der Ausstellung in Chicago.

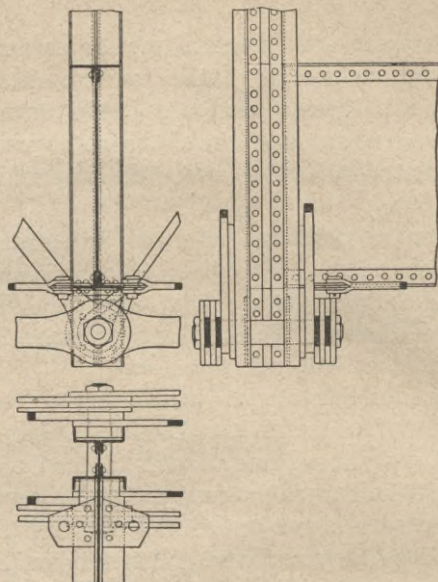


Fig. 28

Die erste Figur (28) stellt einen unteren Knotenpunkt dar. Am Gelenkbolzen greifen beidseitig je vier Gurtungsstäbe an, ferner in lotrechter Richtung der aus Mittelblech und vier Z Eisen gebildete Pfosten und in schiefer Richtung eine Haupt- und eine Gegenstrebe, erstere aus zwei Flacheisen, letztere aus zwei Quadrateisen bestehend. Der Pfosten ist am unteren Ende durch zwei Platten verstärkt, die im Verein mit den Z Eisen den Druck auf den Bolzen übertragen.

Wie der Querträger am Pfosten und die Windstreben am Querträger befestigt sind, geht aus der Zeichnung deutlich hervor.

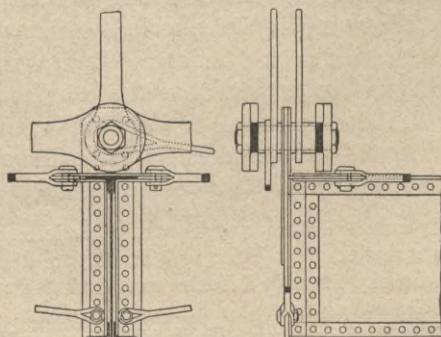


Fig. 29

Die zweite Figur (29) verdeutlicht den zweiten Knotenpunkt einer unteren Gurtung. Der Pfosten wird hier auf Zug beansprucht, besteht somit aus Augenstäben. Schiefe Streben fehlen. (Vgl. die erste der Figuren 44 auf Seite 40.) Die Gurtung besteht beidseitig nur aus zwei Augenstäben. Die Querträger sind unterhalb dem Knotenpunkte angebracht und am Gelenkbolzen durch einfache Flacheisen aufgehängt. Um sie zu versteifen, hat man ihre Fusspunkte jeweils mit den beiden benachbarten Knotenpunkten durch schiefe, flach verlaufende Quadratstangen verbunden.

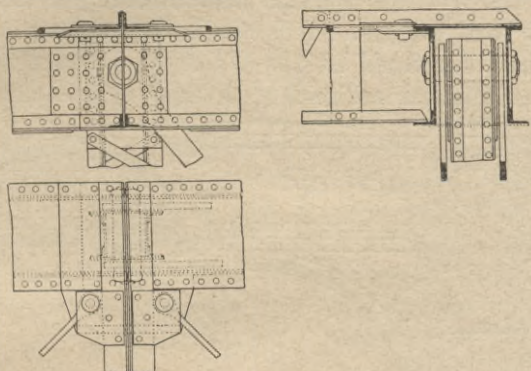


Fig. 30

Die dritte Figur (30) veranschaulicht einen oberen Knotenpunkt mit Querversteifung. Die Gurtung ist etwas links vom Bolzen gestossen. Die Stösse der drei Platten sind unvollkommen gedeckt, die

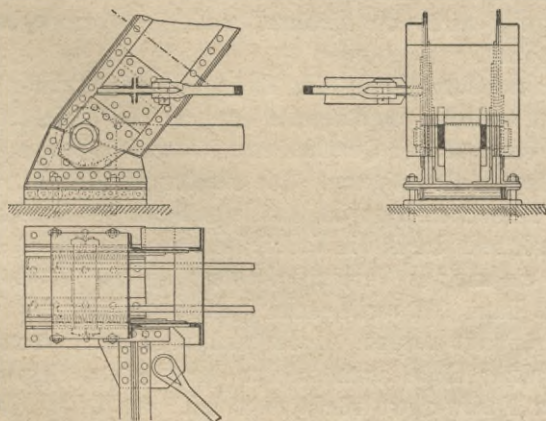


Fig. 31

der Winkeleisen gar nicht. Der aus zwei Platten und vier Winkeleisen zusammengesetzte Pfosten erhält am Ende die üblichen Verstärkungsplatten. Die Befestigung der Windstreben ist ziemlich dürftig, doch, da die Fahrbahn unten liegt, ausreichend. Der Gelenkbolzen befindet sich in der Schwerlinie der Gurtung.

Die vierte Figur (31) zeigt den untern und die fünfte Figur (32) den obern Endpunkt der schiefen Endstrebe.

Am untern Endpunkte greifen Strebe und Auflagerstuhl mit angenieteten Lappen derart übereinander, dass eine Querverschiebung verhindert, das Spiel des Gelenkes jedoch nicht gehemmt wird. Der Stauchdruck wird wie gewöhnlich durch Vermehrung der Stehbleche abgeschwächt. Der Stuhl ist aus Walzeisen zusammengesetzt. Die Rollen sind wie immer zahlreich und klein. Eine Querverschiebung

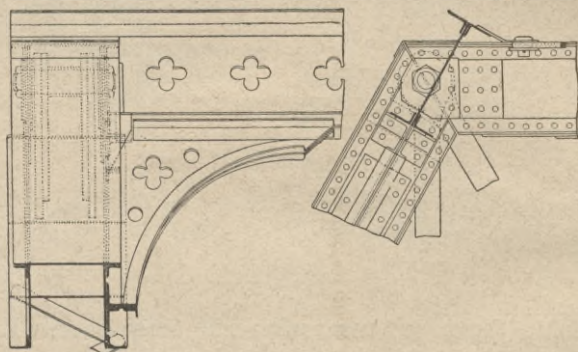


Fig. 32

des Stuhles wird durch Steinschrauben verhütet. Um jedoch die Längsbewegung nicht zu hindern, sind die obern Schraubenlöcher länglich geformt.

Auch am obern Ende der Endstrebe übergreifen sich Strebe und Gurtung mittelst angenieteter Lappen. An dieser Stelle befindet sich ferner ein kräftiger Querbalken. Die schiefe Stellung des Portals erschwert dessen Befestigung. Die Zeichnung gibt hierüber nähere Auskunft. Bemerkenswert ist, dass das Spiel des Gelenkes hier aufgehoben wird, teils durch die Verbindung des Portals mit der Gurtung, teils durch ein kleines Verbindungsblech an der äusseren Ecke.

Elegant kann die vorliegende Querversteifung der oberen Gurtung nicht genannt werden. Doch kommt sie häufig vor und lässt sich bei beschränkter Höhe auch schwer durch etwas Besseres ersetzen. Bei höheren Fachwerken rückt man mit dem Querbalken herunter und befestigt ihn einfacher und bequemer bloss an der Endstrebe.

Die sechste Figur (33) erläutert das obere Ende eines senkrechten Endpfostens. Die Fahrbahn liegt hier unten.

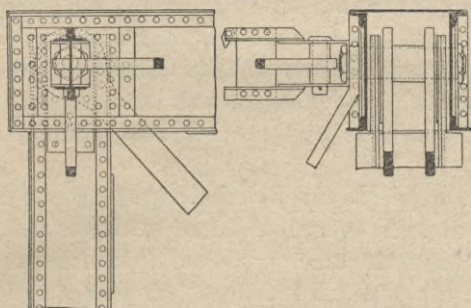


Fig. 33

Zwischen beiden Tragwänden befinden sich Versteifungskreuze aus Quadrateisen. Es ist auffallend, wie schwach und dürftig dieser Querverband im Vergleich mit europäischen Brücken gewöhnlich ausgeführt wird. Auch der Querriegel entspricht nicht den Anforderungen, die wir an solche Glieder zu stellen gewöhnt sind.

Die Windstreben werden bei den amerikanischen Fachwerken häufig an Stehblechen befestigt. Früher verwendete man hiezu

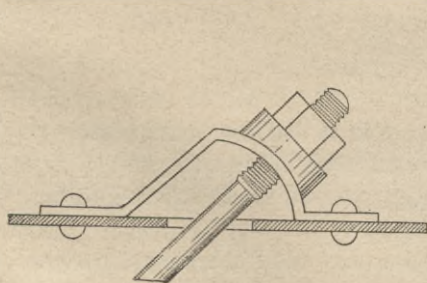


Fig. 34

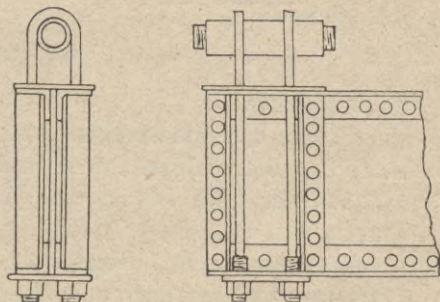


Fig. 35

gusseiserne Unterlagsklötzchen. Jetzt werden auch diese durch schmiedeiserne Unterlagen ersetzt. Figur 34 zeigt die bei der King Bridge Co. in Cleveland übliche Form derselben.

Die Figur 35 stellt eine ältere, aber noch immer nicht verlassene Aufhängungsart der Querträger dar. Der Querträger hängt an zwei über den Bolzen gelegten Bügeln von quadratischem Querschnitt.

7. Blechbalken.

Die amerikanischen Blechbalken-Brücken unterscheiden sich von den europäischen nur wenig. Der auffallendste Unterschied ist der, dass man drüben mit der Länge der Blechbalken viel weiter geht als bei uns. Während wir gewohnt sind, bei Spannweiten von 10 m bereits an Fachwerke zu denken, behält man drüben den genieteten Balken bis zu 20 m ohne weiteres bei und geht damit zuweilen bis auf 30 m.

Th. Cooper empfiehlt für Bahnbrücken folgende Einteilung: bis 5 m Weite gewalzte Träger, bis 21 m genietete Träger, bis 30 m genietete oder Gitterträger, über 30 m Bolzenfachwerke.

Als Grund für die ausgedehnte Verwendung der Blechbalken wird angegeben, dass diese Art Träger leichter zu bauen und zu berechnen sind, weniger Unterhaltung verlangen, sich gut bewähren und von den Bahngesellschaften der einfachen Form wegen bevorzugt werden. Der tiefere Grund liegt wohl darin, dass die Grenze, wo das Fachwerk anfängt billiger zu werden, durch die grösseren Kosten der Bolzenverbindung weiter hinaufgeschoben wird.

Die Höhe der amerikanischen Blechbalken beträgt durchschnittlich $\frac{1}{10}$ der Länge. Ingenieur Georg S. Morison, einer der bedeutendsten Brückenbauer der Vereinigten Staaten, pflegt die Höhe nach der Formel

$$0,28 \text{ m} + \frac{l}{12}$$

zu bestimmen.

Schon bei Spannweiten von 15—20 m beginnt man, das eine Ende der Blechbalken auf einen Rollenschuh zu legen.

Auf der Tafel IV ist eine dieser grossen Blechbalken-Brücken dargestellt.

Die Spannweite beträgt 24,4 m, die Stehblechhöhe 2,134 m. Letztere verringert sich zum Zweck grösserer Stabilität an den Auflagern bis auf 1,676 m. Die lotrechten Steifen sind an den Enden genau an die Gurtwinkel angepasst. Die Niete haben sämtlich einen Durchmesser von 22 mm. Die Auflagerstühle sind mit Gelenken versehen. Der Gelenkbolzen und die Rollen sind aus Stahl, alles übrige aus Schweisseisen. Der bewegliche Stuhl ist auch hier mit 4 Schrauben von 32 mm am Mauerwerk befestigt. Doch sind die oberen Schraubenlöcher länglich und gestatten dadurch innerhalb gewisser Grenzen eine Hin- und Herbewegung.

Weitere Erläuterungen dürften überflüssig sein. —

Nicht selten begegnet man in den Vereinigten Staaten Blechbalken-Brücken von bedeutender Länge. Es sind die «Trestle-Bridges» in Eisen übersetzt. Bei Thalüberschreitungen wird, solange die Höhe der Bahn über der Thalsole 20 m nicht übersteigt, mit Vorliebe zu fortlaufenden Blechbalken auf eisernen Pfeilern gegriffen. In der Regel werden jedoch die Balken nicht zusammenhängend ausgeführt, sondern an jedem Auflagerpunkte unterbrochen.

Ein schönes Bauwerk dieser Art ist der *Granite-Viadukt* an der nördlichen Pacific-Bahn (Tafel IV).

Die Gesamtlänge dieser Brücke beträgt 357 m. Die Einzelöffnungen betragen abwechselnd 18,59 und 9,50 m, die entsprechenden Balkenhöhen 1,80 und 1,22 m. Unter den kleineren Oeffnungen befinden sich Turmpfeiler, deren Höhe und Verstrebung, der veränderlichen Bodenhöhe folgend, sich fortwährend ändern. An der tiefsten Stelle sind die Pfeiler 29 m hoch und stehen auf 2 m hohen Steinsockeln. Um der Wärmeausdehnung zu genügen, ist jeweilen das linke Ende des grösseren Balkens gleitbar eingerichtet, während die übrigen Enden an den Pfeilern festgeschraubt sind. Die Querausdehnung der Pfeiler wird dadurch ermöglicht, dass je drei von den vier Fussplatten längliche Löcher besitzen; und zwar ist die Längsachse des Loches stets nach der festen Platte zu gerichtet, wie es im Grundriss durch Pfeile angedeutet ist.

Der rechtsseitige Pfosten des Joches 7 ist auf der Tafel IV links in grösserem Massstabe dargestellt. —

Seit einigen Jahren werden solche Brücken zuweilen auch nach dem System der Gelenkträger ausgeführt.

Hierzu gehört die gegen 260 m lange Anfahrt zu der im vorigen Jahre erbauten Missouri-Brücke bei Bellefontaine. Die Bahn ist zweigeleisig. Die vier Blechbalken ruhen auf 13 turmartigen Pfeilern. Die Breite jedes Pfeilers, in der Richtung der Bahn gemessen, beträgt 8,75 m, der Zwischenraum zwischen je zwei Pfeilern 9,75 m. Die Länge der Blechbalken ist konstant gleich 9,25 m. Die auf den Pfeilern ruhenden Balken ragen daher links und rechts um 0,25 m vor. Sie endigen in Gelenken, an denen die Zwischenbalken aufgehängt sind. Die Gelenke sind aus Bronzestahl ausgeführt und derart eingerichtet, dass sie nicht nur eine Drehung, sondern auch eine kleine Längsverschiebung gestatten. —

Ein ähnliches Bauwerk dieser Art ist die 1887—1891 erbaute *Harvard-Brücke* über den Charles River in Boston (Fig. 36—38). Sie

ist 660 m lang und trägt eine Strasse von 21 m Breite. (Fahrweg 15,5, Gehwege je 2,75 m.)

Es war vorgeschrieben, dass das Bauwerk nicht über die Fahrbahn hinausreichen dürfte. Die zur Verfügung stehende Bauhöhe betrug bloss 1,5 m. Man war daher zu kleinen Oeffnungen gezwungen.

Die Brücke wird von 23 mit Granit verkleideten, auf zahlreichen Pfählen stehenden Pfeilern getragen. In der Mitte ist eine doppelarmige Drehbrücke eingeschaltet. Die Entfernung von Pfeilerachse zu Pfeilerachse beträgt abwechselnd 32,2 und 22,95 m. In den grössern Oeffnungen befinden sich in einem gegenseitigen Abstände von 22,95 m die Gelenke. Sie bestehen aus zwei übereinander

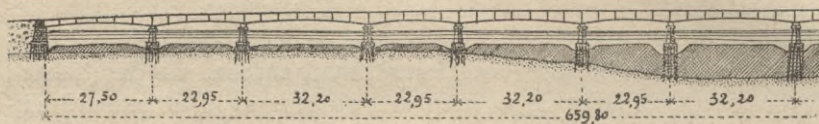


Fig. 36

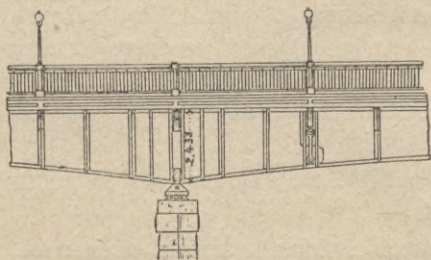


Fig. 37

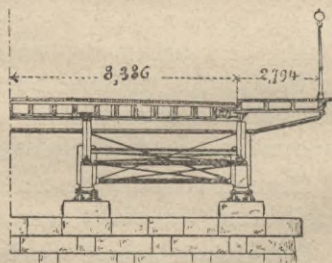


Fig. 38

liegenden Gelenkbolzen und lotrechten Augenstäben. Die Pfeilerauflager sind abwechselnd fest und beweglich, das heisst mit einem Rollenschuh versehen. Die Auflagerstühle sind ebenfalls mit Gelenkbolzen versehen. Auf diese Weise wird dem Temperatureinfluss vollständig freies Spiel gelassen.

Zur Aufstellung der Brücke wurden im Flusse selbst keine festen Gerüste errichtet. Die Blechbalken wurden paarweise am Ufer zusammengesetzt und auf Boten unter Benützung der Flutverhältnisse an ihre Stelle gebracht.

Die Gesamtkosten der Brücke betrugen 510,000 Dollar. —

Vor einigen Jahren haben einige tonangebende Bahngesellschaften, voran die New York Central und Hudson River-Bahn, begonnen,

ihre kleinen Bahnbrücken mit einem *Schotterbett* zu versehen. Die Figuren 39—41 stellen hiervon einige Beispiele dar.

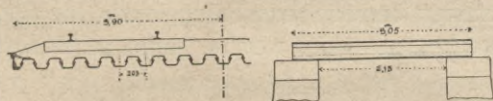


Fig. 39

Die Figur 39 zeigt Querschnitt und Ansicht für Lichtweiten von 2,1 bis 2,7 m. Die tragenden Teile sind dicht aneinander genietete schiefwinkelige $\sqsubset$ Eisen. Am Rande wird der Kies durch einen Blechträger abgeschlossen.



Fig. 40

Die Figur 40 stellt den Querschnitt einer zweigeleisigen Bahnbrücke von 6,4 m lichter Weite dar.

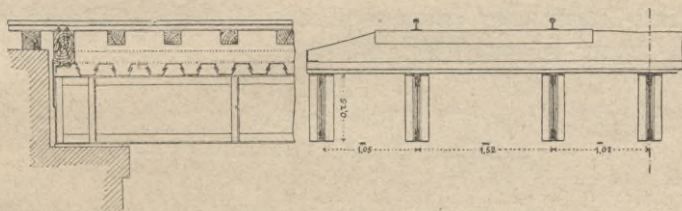


Fig. 41

Bei noch grösseren Weiten werden die $\sqsubset$ Eisen in der Quer- richtung verlegt und auf gewöhnlichen Blechträgern befestigt (Fig. 41).



Fig. 42

Eine neuere Anordnung dieser Art von eisernem Brückenbelag ist durch die Textfigur 42 veranschaulicht. Sie besitzt vor der obigen den Vorteil grösserer Tragfähigkeit bei gleicher Eisenmenge. Auch lässt sich der Belag im Grundriss wenn nötig fächerförmig legen. Um das Sickerwasser abzuleiten und das Eisen vor Rost zu schützen, wird der Belag mit einer Schichte Asphaltbeton bedeckt, dessen Oberfläche in den Rinnen ein kleines Quergefälle hat. Das Wasser sickert

nach den beiden Rändern hin und findet durch eine kleine Oeffnung an der unteren Kante des Abschlussbleches einen Ausweg.

Wie der zuerst beschriebene Belag auch für Strassenbrücken und Hochbauzwecke verwendet werden kann, zeigt Figur 43.

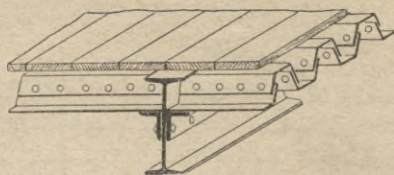


Fig. 43

8. Fachwerke.

Von den früher in Amerika üblichen Fachwerkformen sind eine ganze Reihe vom Schauplatz verschwunden. Träger nach Post, Kellogg, Bollman, Fink, ebenso Bowstring-, Lenticular-Träger und andere sind kaum mehr zu finden. Fast alle neueren Fachwerke sind Pratt-Träger oder davon abgeleitete Formen. Seltener werden Warren-Träger gebaut. (Fig. 44.)

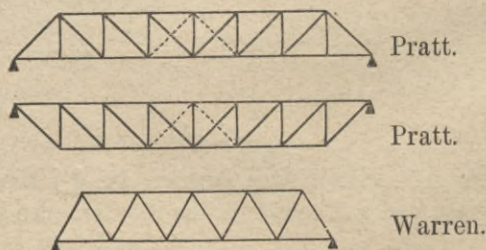


Fig. 44

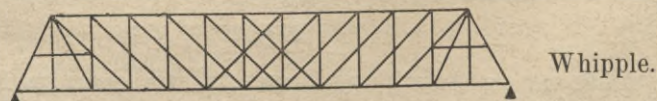


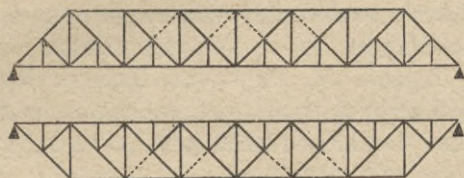
Fig. 45

Bei grossen Spannweiten, wo die Länge der Fächer nach dem gewöhnlichen Pratt-System zu gross wird, greift man zum System Whipple, das heisst zum Pratt-Träger mit doppeltem Strebenzug. (Fig. 45.) Um die Knickfestigkeit der Endstrebe zu erhöhen, ver-

bindet man ihre Mitte häufig mit der Mitte des zweiten Pfostens durch einen Querstab.

Nach diesem System sind in den achtziger Jahren eine Reihe von Brücken mit Spannweiten bis zu 150 m und mehr ausgeführt worden.

Mehr und mehr drängt sich jedoch bei grossen Weiten eine andere Trägerform in den Vordergrund. Sie entsteht aus dem Pratt-Träger dadurch, dass halbe oder Zwischenstreben eingefügt werden. (Fig. 46.) Da dieser neue Träger von der Baltimore Bridge Co.



Baltimore-
Träger.

Fig. 46

zuerst ausgeführt worden ist, wird er der Baltimore-Träger oder auch nach dem «Erfinder» der Pettit-Träger, zuweilen auch der Subpratt-Träger genannt. Die obere Gurtung wird bei unten liegender Fahrbahn und grosser Spannweite häufig in gekrümmter Linie ausgeführt. Die Zwischenstreben werden bald an die obere, bald an die untere Gurtung angeschlossen; im einen Falle sind sie gezogen, im andern gedrückt.

Dem Whipple-Träger wird mit Recht vorgeworfen, dass seine statische Berechnung auf Unsicherheiten stosse und es unmöglich sei, beide Strebenzüge zum gleichförmigen Tragen zu bringen. Das Bestreben, diese Unsicherheit zu beseitigen, hat zu der neuen Trägerform geführt.

Es ist auffallend, mit welchem Eifer der amerikanische Brückenbauer darauf ausgeht, statisch unbestimmte Fachwerke zu vermeiden. Kontinuierliche Fachwerke sind drüben geradezu verpönt; an ihrer Stelle werden Cantilever- oder Gelenk-Träger gebaut, und nur gezwungen wird bei Drehbrücken zu den Formeln gegriffen, die zur Berechnung von Trägern mit drei Stützpunkten dienen. In den Brückenvorschriften und Regeln, die die Keystone-Brückenbaugesellschaft zum Gebrauche ihrer Ingenieure und zu Handen ihrer Kunden zusammengestellt hat, steht als erster Paragraph zu lesen: «Die Trägerform ist so einzurichten, dass die in den einzelnen Gliedern wirkenden Kräfte genau berechnet werden können.»

So lobenswert dieses Bestreben ist, so darf man doch nicht vergessen, dass eine strenge Durchführung dieses Grundsatzes da und dort auf Schwierigkeiten stösst, und dass zuweilen trotz aller vermeintlichen Vorsicht die statische Unbestimmtheit sich wieder durch eine Hinterthüre einschleicht. So besteht sie offenbar bei den Gegenstreben fort. Denn damit diese nicht schlaff werden, spannt man sie stets mittelst Schrauben an und führt dadurch Zusatzkräfte ein, die, weil sie von der Hand des Arbeiters abhängen, geradezu unberechenbar sind.

Gut ausgeführte Fachwerke erhalten in der Regel entweder durch ungleiche Längen der oberen und unteren Gurtungen oder durch ungleiche Längen der Zug- und Druckstreben eine Ueberhöhung, die so berechnet wird, dass sie unter dem Einfluss des Eigengewichtes und der halben zufälligen Last verschwindet.

a) *Bahnbrücken.*

Eine charakteristische neuere Fachwerkbrücke ist durch die Tafeln V und VI verdeutlicht. Sie führt etwa 30 km oberhalb St. Louis bei der Stadt *Alton* eine zweigeleisige Verbindungsbahn über den *Mississippi*. Sie wurde von Ingenieur George S. Morison projektiert und im vorigen Jahre (1893) ausgeführt.

Die Brücke besitzt sechs Oeffnungen von 64 m, eine von 109,7 m und eine Drehbrücke von 137 m Länge. Das gesamte Eisengewicht beträgt $6 \cdot 315 + 720 + 970 = 3580$ Tonnen, also 5,7 Tonnen auf den Längenmeter.

Die Figuren der Tafeln V und VI stellen die Ansicht und mehrere Knotenpunkte der kleineren Oeffnung von 64 m dar. Um der Fahrbahn eine schwache Ueberhöhung zu geben, führte man die obern Gurtstäbe etwas länger aus als die untern. Die schief ansteigende Endstrebe ist der Knickgefahr wegen in der Mitte gefasst und an den zweiten Knotenpunkt der unteren Gurtung angebunden. In den zwei ersten Feldern besitzt die untere Gurtung steifen Querschnitt, damit sie bei starkem Winde, sowie bei plötzlicher Bremsung, wo die Beanspruchung in Druck übergehen kann, nicht knicke. Der erste Pfosten ist, da er bloss auf Zug in Anspruch genommen wird, aus zwei Augengliedern zusammengesetzt. Um aber den Querträger an ihm befestigen zu können, führte man ihn am untern Ende durch Vermittlung eines Gelenkbolzens in ein kräftiges Flacheisen über. Die übrigen Pfosten bestehen aus je zwei unter sich verstreuten **E**isen.

zwischen Platten und Kern gelegt. Kern und Walzen werden aus geschmiedetem Stahl, die Platten aus Gussstahl hergestellt.

Die Textfigur 47 gibt eine Ansicht der grössern Oeffnung der Brücke bei Alton. (Spannweite = 109,7 m.) Die obere Gurtung ist hier polygonal geformt. In den mittleren Feldern ist in halber Höhe ein steifer Querstab eingefügt; er hat den Zweck, die Knicksicherheit der langen Pfosten zu vermehren. Ihren Halt finden diese Querstäbe in den Kreuzungspunkten der Haupt- und Gegenstreben. An diesen Kreuzungspunkten mussten deshalb Gelenke angebracht werden.

Im übrigen ist die Bauart dieser Brücke nicht wesentlich von der der vorigen verschieden. —

Unweit der Brücke über den Mississippi bei Alton befindet sich an derselben Bahnlinie die ebenfalls von G. S. Morison projektierte *Brücke über den Missouri bei Bellefontaine*. (Tafel VII.) Sie besitzt ausser der schon früher (S. 38) erwähnten Blechbalkenanfahrt vier Oeffnungen von 134,1 m Weite.

Um den Schiffsverkehr nicht zu stören, ruhen die Fachwerke auf hohen, 30 m über das Mittelwasser sich erhebenden Pfeilern.

Zu dieser Brücke wurde hauptsächlich «Medium-Stahl» verwendet. Das Gewicht einer Oeffnung beträgt 1260 Tonnen, das macht 9,4 Tonnen auf den Längenmeter. Das Gewicht der einzelnen Brückenglieder, wie sie aus der Werkstätte kamen, steigt bis auf 20 Tonnen und höher. Die schwersten Augenstäbe wiegen über 2 Tonnen.

Die obere Figur der Tafel VII zeigt die allgemeine Anordnung der Tragwände, die untern Figuren stellen einzelne Knotenpunkte dar. Die ursprünglichen 8 Felder sind durch Zwischenstreben nach dem Baltimore-System halbiert worden, so dass die freie Weite der Schwellenträger bloss 8,38 m beträgt. Die Zwischenstreben sind an die oberen Gurtungen angebunden, werden somit auf Zug in Anspruch genommen. Die obere Gurtung besteht aus 4 getrennten Stehblechen, 8 Winkeleisen, 4 Flacheisen und 1 Kopfplatte. Gegen die Mitte kommen noch 4 weitere Stehbleche hinzu. Die Zahl der Augenstäbe in der untern Gurtung beträgt anfänglich 4 und geht am Knotenpunkte B auf 8 über. Um die Symmetrie der unteren Gurtung zu wahren, sind am mittelsten Knotenpunkte drei Gelenkbolzen angeordnet.

An dieser Brücke sind zwei Neuerungen angebracht, die Beachtung verdienen.

Einmal sind Gegenstreben gänzlich vermieden worden. Das Fachwerk ist somit im höheren Sinne des Wortes statisch bestimmt. Die Streben der Mittelfelder, die bei einseitiger Belastung auf Druck beansprucht werden, mussten infolgedessen gespreizte Querschnitte erhalten, während die übrigen wie immer aus Augenstäben bestehen.

Ob diese Neuerung bei den amerikanischen Brückenbauern viel Anklang finden wird, bleibt abzuwarten. Mann kann sich nicht verhehlen, dass die Bolzenverbindung einer Doppelwirkung der Streben ungünstig ist. Da der Bolzen das Auge niemals mathematisch genau ausfüllt, so muss in den Mittelfeldern bei jedem über die Brücke fahrenden Zuge ein kleiner Stoss eintreten, der möglicherweise mit der Zeit nachteilig wirkt, ein Uebelstand, der freilich bei so grossen und schweren Brücken wie die vorliegende nicht so schwer ins Gewicht fällt.

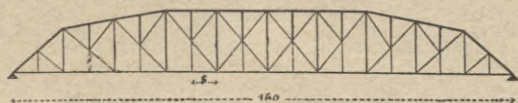


Fig. 48

Die andere Neuerung besteht darin, dass die die Brücke versteifenden Windstreben oben und unten an Knotenbleche *angienietet* sind. Die Verschraubungen sind hiemit auf die Gelenkbolzen der Tragwände und die kleinen Windstreben der Schwellenträger beschränkt. Dadurch wird zwar eine grosse Zahl von «Feldnieten» nötig. Allein der Vorteil einer kräftigeren Versteifung der Brücke ist in den Augen des Projektverfassers so gross, dass er den Nachteil und die Mehrkosten der Feldnietung gerne dafür in den Kauf nahm.

Es bleibt abzuwarten, ob die Mehrzahl der amerikanischen Brückeningenieure dem Beispiele eines ihrer hervorragendsten Vertreter folgen wird. Für die europäischen Fachmänner dient es jedenfalls zur Genugthuung, dass wenigstens auf diesem Gebiete eine der bestehenden Schranken durchbrochen worden ist. —

Ebenfalls nach dem Baltimore-System sind die Tragwände zweier bedeutender Brücken über den *Ohio-Fluss* ausgeführt worden.

Die eine befindet sich etwas unterhalb Pittsburg. Das Projekt rührt von Ingenieur C. L. Strobel her. Die Ausführung wurde der Keystone-Bridge Co. in Pittsburg übertragen. Die ganze Brücke besitzt eine Gesamtlänge von etwa 1300 m. Sie setzt sich aus zwei

Hauptöffnungen von 160 und 130 m und zahlreichen kleinern Fachwerken von 40—50 m Weite zusammen.

Die Textfigur 48 stellt die Ansicht der grössern der beiden Hauptöffnungen dar. Die Zwischenstreben sind wie bei der Bellefontaine-Brücke an die obere Gurtung angeschlossen. Die obere Gurtung ist polygonal geführt.

Die Fahrbahn der Brücke liegt der Schifffahrt wegen etwa 24 m über dem Mittelwasser. Die beiden Hauptöffnungen wurden, um den Schiffsverkehr nicht zu stören, am Ufer auf einem hölzernen Gerüste zusammengefügt. Dann wurden mit Wasser gefüllte Kohlenbarken unter das Gerüst geschoben, das Wasser ausgepumpt und das Gerüst samt der Brücke zum Schwimmen gebracht. Nachdem das Ganze zwischen die Pfeiler bugsiert war, wurden die Barken wieder mit Wasser gefüllt und die Eisenkonstruktion zum Aufliegen gebracht. Diese Arbeit nahm zwei Tage in Anspruch. Gewicht des Eisens ca. 900 Tonnen. Gewicht des Gerüstes ungefähr ebenso viel. —

Die zweite der genannten Brücken überschreitet den *Ohio-Fluss* in *Cincinnati* mit drei Oeffnungen, von denen die mittlere 167 m, die beiden äusseren 149 m messen. Sie ist in ihren Hauptzügen auf der Tafel VIII dargestellt.

Die Brücke wurde im Jahre 1888 von den Phoenixville Brückenwerken ausgeführt. Sie führt zwei Bahngleise, zwei Fahrwege und zwei Gehwege über den Fluss. Fahr- und Gehwege sind auf Konsolen gelagert. Die untere Gurtung besteht durchgehends aus Augenstäben, deren Zahl zwischen 10 und 18 schwankt. Die obere Gurtung besteht aus 3 Stehblechen, 8 Winkeleisen und einer Kopfplatte. Die Pfosten und Streben bestehen, je nachdem sie auf Zug oder auf Druck in Anspruch genommen sind, bald aus Augenstäben, bald aus Platten und Winkeleisen. Der Unterschied ist in der Ansicht durch dickere und dünnere Linien deutlich gemacht. Die gedrückten Pfosten sind alle in der Mitte durch Querstäbe gefasst und dadurch gegen Knicken gesichert. Die beiden untern Figuren zeigen den Querschnitt der Fahrbahn und den Knotenpunkt B. Wegen geringer verfügbarer Bauhöhe mussten die Querträger möglichst tief verlegt werden, was ihre Befestigung nicht wenig erschwerte. Soweit die Querträger an gezogenen Pfosten hängen, befindet sich über der Befestigungsstelle jeweilen ein Gelenk, an dem die Augenstäbe in einen Kastenstab übergehen (Knotenpunkt B). Kleine Spannstangen dienen dazu, diese Gelenke in genauer Lage zu erhalten.

Die Figur A stellt den obern Endpunkt der Endstrebe mit der Krönung des Portals dar. Da der Raum für die 12 hier zusammenlaufenden Augenstäbe beengt war, wurden diese Stäbe mittelst zweier besonderer Gelenkbolzen an Knotenbleche gehängt.

Die obern Windstreben bestehen aus je zwei Winkeleisen und sind ebenfalls an den Gurtungen in europäischer Weise angenietet. (Siehe Grundriss von A.)

Der grossartige Gesamteindruck, den die Brücke auf den Beschauer ausübt, wird durch einige Einzelheiten abgeschwächt. So dient die langweilige Holzwand, mit der der Fahrweg gegen die Geleise hin abgesperrt ist, nicht zur Verschönerung des Bauwerks. Auch die schiefe Stellung der Portalkrönung wird unangenehm empfunden.

Für die vorstehende Brücke war von Ingenieur G. Bouscaren in Cincinnati ursprünglich eine Cantileverbrücke ähnlich der später (Tafel X) beschriebenen projektiert worden. Die Hauptöffnung hätte in diesem Falle ohne festes Gerüst ausgeführt werden können. Da jedoch dieses Projekt 30,000 Dollar mehr kostete als das von den Phoenixville Werken vorgelegte, so wurde letzteres vorgezogen. Während des Baues stellte sich ein grosses Hochwasser mit Eisgang ein, das das feste Baugerüst unterspülte und wegriss, trotzdem die Pfähle 5—6 m tief im Flussgrunde steckten. Die Baugesellschaft erlitt hierdurch einen Schaden, der das Dreifache der erzielten Ersparnis ausmachte. Sie errichtete ohne Zaudern ein neues, festeres Gerüst, das zwei weitere Hochwasser erfolgreich aushielt, und führte den Bau ohne grosse Verspätung zu Ende, eine Arbeit, die von der grossen Leistungsfähigkeit dieses Brückenwerkes beredtes Zeugnis ablegt. —

Bei allen bisher besprochenen Brücken, wie übrigens bei der Mehrzahl der grössern amerikanischen Brücken, liegt die Fahrbahn unten. Bei *oben* liegender Fahrbahn gestaltet sich die Bauart in der Regel einfacher. Die Querträger werden meistens kurzweg oben auf die Gurtungen gesetzt.

Ob bei diesen Brücken das Auflager in der Höhe der obern oder in der Höhe der untern Gurtung angebracht wird, hängt von den Kosten ab. Bei teurem Mauerwerk wird letzteres vorgezogen.

Die linkseitigen Figuren der Tafel IX geben eine Brücke dieser Art wieder. Es ist eine Brücke über den Mississippi an der Northern Pacific-Bahn. Spannweite = 75,4 m. Der Auflagerstuhl besitzt zwei Gelenkbolzen; auf den einen stützt sich die Endstrebe, auf den

andern der senkrechte Pfosten. Die ziemlich langen Zugstreben wurden der bequemerer Herstellung wegen halbiert und die Halbierungsgelenke zur Vermeidung grösserer Schwankungen im zweiten und dritten Felde durch Spannstrangen mit den oberen Knotenpunkten verbunden. In den übrigen Feldern wird diese Aufgabe von den Gegenstreben übernommen.

Die Figuren A und B stellen die Endpunkte und die Mitte des ersten gedrückten Pfostens dar. Man erkennt aus ihnen die Art der Querträgerlagerung und der Windstrebenanordnung. Im übrigen bietet die Brücke keine bemerkenswerten Neuerungen.

b. Strassenbrücken.

Bei den meisten amerikanischen Strassenbrücken bestehen die Fahr- und Gehwege aus Bohlenbelag. Beim Fahrweg liegen die Bohlen gewöhnlich in doppelter Schichte. Bekieste Fahrwege trifft man selten an. Dann und wann wird Holzpflaster, ausnahmsweise auch Asphalt verwendet.

Die Tafel XI zeigt die Anordnung der Fahrbahn bei der Broadway-Brücke in St. Paul. Die untere der beiden Figuren ist ein Schnitt am Pfosten, die obere Figur ein Schnitt in der Mitte zwischen zwei Pfosten. Die Brücke selbst ist nach dem Cantilever-System gebaut und später eingehender beschrieben. Besonders Auffallendes bietet die Anordnung der Fahrbahn nicht.

Eine Strassen-Brücke eigener Art ist durch die Textfiguren 49 bis 51 dargestellt. Sie führt in *Boston* die *Boylston-Strasse* über die im Einschnitt laufende Boston-Albany-Bahn und wurde in den Jahren 1886—1888 gebaut.

Der Winkel, den die Achsen von Strasse und Bahn miteinander bilden, ist so spitz, dass, während die fünf Bahngeleise eine Breite von 18,3 m einnehmen, die Spannweite der Brücke 65,8 m beträgt. Die Figuren geben das Wesentlichste dieses Bauwerkes wieder.

Die Fachwerkträger sind — eine Seltenheit in Amerika — Halbparabelträger mit einseitig geneigten Streben. Da die Höhe der Träger zu gering war, um einen oberen Querverband zu gestatten, so wurde die Quersteifigkeit dadurch erzielt, dass man auf jeder Seite des Fahrweges *zwei*, 1,83 m voneinander abstehende Tragwände anbrachte und unter sich gut versteifte. Damit sich aber die Last der Querträger gleichmässig auf beide Tragwände verteile, wurden die Querträger mittelst *Gelenken* aufgelagert, die, in der Mitte zwischen beiden Wänden gelegen, die Last auf kurze Verbindungsträger übertragen.

Das Nähere ist aus der Zeichnung unschwer zu ersehen.

Die obere Gurtung, die Endpfosten und alle Augenstäbe von 10 cm Breite und darüber, sowie die Gelenkbolzen der Tragwände und die Rollen des Auflagerstuhles wurden aus Stahl von 4,3—4,9 t Festigkeit und 22 % Dehnung, alle übrigen Teile aus Schweisseisen angefertigt. Die Stahlstäbe wurden in Pittsburg in den Carnegie-



Fig. 49

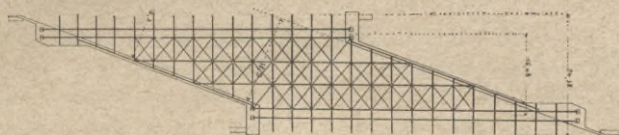


Fig. 50

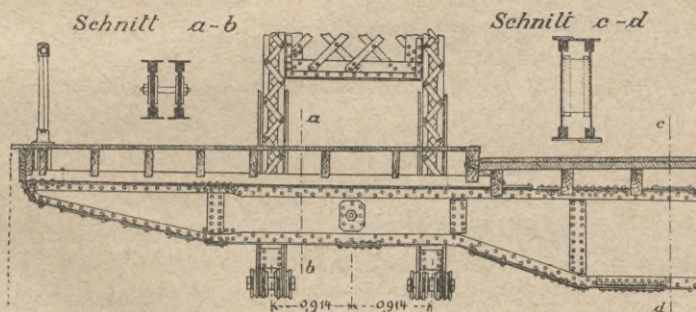


Fig. 51

Werken gewalzt; die Anfertigung der Augenstäbe besorgten die Edgemoor-Werke. Den Bau der Brücke hatten die Bostoner Brückenwerke für 46,500 Dollar übernommen.

Die Aufstellung der Brücke bot, da der Bahnverkehr möglichst wenig gestört werden sollte, Schwierigkeiten. Die doppelten Tragwände nebst Verbindungsteilen wurden am Rande der Bahn auf Holzgerüsten zusammengesetzt und hierauf an zwei Vormittagen in ihre Lage hinübergedreht. Dabei drehte sich das festbleibende Ende um den Kolben einer hydraulischen Presse wie um einen Drehzapfen. Das andere Ende wurde auf einen fahrbaren hölzernen Bock gestützt, der auf hölzernen Walzen über die Schienen rollte. Zwischen Bock

und Tragwand waren eiserne Walzen angebracht, über die hinweg die Tragwand, nachdem der Bock am Widerlager angelangt und in die richtige Höhe gestellt war, auf das Mauerwerk hinübergeschoben wurde. Diese Arbeit nahm, da sie durch vorbeifahrende Züge mehrmals unterbrochen wurde, je 4 Stunden in Anspruch.

Nachdem das Hinüberschieben beider Brückenträger vollendet war, konnte die Befestigung der Querträger ohne weitere Störung des Bahnbetriebes erfolgen. —

Eine der bedeutendsten neueren Strassenbrücken ist die vor zwei Jahren in *Pittsburg* über den *Alleghany-Fluss* erbaute «Sechste Strassen-Brücke».

Die Tafel IX gibt von diesem Bauwerk eine Ansicht und einen Querschnitt, sowie einen untern und einen obern Knotenpunkt. Das Projekt der Brücke wurde von Th. Cooper in New York entworfen.

Die Tragwände sind nach dem Baltimore-System angeordnet, und zwar mit unteren, somit auf Druck beanspruchten Zwischenstreben. In den Mittelfeldern befinden sich Gegenstreben.



Fig. 52 a

Das gute Aussehen der Brücke wird durch das in der Mitte eingefügte kleine Strebenkreuz etwas beeinträchtigt. Der Verfasser des Projektes wünschte die untere Gurtung genau symmetrisch auszuführen, was bei gerader Fachzahl nicht ohne weiteres möglich ist. Er zerlegte deshalb das mittlere Hauptfach anstatt in zwei, in drei Teile. Daraus entsprang die Notwendigkeit, den mittleren Teil noch besonders zu verstreben.

Die Pfosten sind hier nicht durch Querstäbe, sondern durch Fischbauchform gegen Knicken gesichert.

Der obere Windverband hört am letzten Pfosten auf. Dafür sind die Endstreben, mit anderen Worten die ersten oberen Gurtstäbe wie üblich durch gitterförmige Querverbindungen zu einem kräftigen, schief liegenden Portal verbunden.

Der Fahrweg ist mit Holzpflaster belegt, die Gehwege sind asphaltiert. Als Belageisen sind quadratische Buckelplatten von 1,1 m Seitenlänge verwendet worden, über denen eine Schichte Beton liegt. —

Nicht nur Bahnbrücken, sondern auch Strassenbrücken wurden in den Vereinigten Staaten mehrfach als lange und hohe Viadukte ausgeführt, bei denen zuweilen je nach den Höhen- und Wasserverhältnissen kleine und grosse Spannweiten, Blechbalken und Fachwerke auf eisernen und steinernen Pfeilern in bunter Reihenfolge abwechseln.

Eines der bedeutendsten Bauwerke dieser Art ist die « High-Bridge » über das Thal des Mississippi in St. Paul, 1888—1889 ausgeführt von der Keystone-Brückenbaugesellschaft.

Die Textfigur 52 gibt von diesem Bauwerke ein Uebersichtsbild. Seine Gesamtlänge beträgt 844 m, die grösste Höhe der eisernen Joche gegen 40 m. Das gesamte Eisengewicht beläuft sich auf 2620 Tonnen, also durchschnittlich auf 3,1 Tonnen für jeden Längenmeter.

Die Strasse hat eine Gesamtbreite von 12 m. Die Tragwände sind 6,7 m von einander entfernt. Die Querträger sind Blechbalken; sie liegen unmittelbar auf den oberen Gurtungen und ragen auf beiden Seiten konsolartig darüber hinaus. Die Fahrbahn liegt in einer Steigung von 4 ‰.

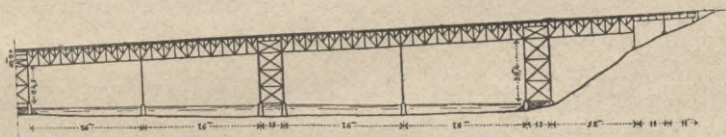


Fig. 52 b

Die grösseren Fachwerkträger sind mit Zwischenstreben und Zwischenpfosten ausgestattet.

Sämtliche Pfeiler haben quer zur Brückenachse einen Anlauf von 1:8. Für die Wärmeausdehnung ist wie folgt gesorgt:

Von den 4 Pfeilerfüssen der Haupt- oder Turmpfeiler sind je zwei am Mauersockel festgeschraubt; die beiden gegenüberliegenden sind beweglich eingerichtet und zwar bei den stark belasteten Pfeilern mittelst Rollenschuhen, bei den weniger stark belasteten mittelst Gleitplatten. Am oberen Ende sind die Turmpfeiler mit den Tragwänden fest verbunden.

Die schmalen Zwischenpfeiler sind pendelförmig ausgeführt. Sie besitzen am Fusse ein Gelenk, beziehungsweise eine abgerundete Lagerplatte. Am Kopfe sind sie in den beiden grossen Oeffnungen je mit der linken Tragwand fest verbunden, während die andere Tragwand auf Rollen gleiten kann. In den kleineren Oeffnungen ist die Gleitung der Tragwände durch Gleitplatten ermöglicht, und zwar

jeweilen über dem rechten der beiden Zwischenpfeiler. Auf diese Weise wird der Einfluss der Wärmeschwankungen fast vollständig aufgehoben.

Die Fahrbahnlangsträger sind bei sämtlichen Gleitstellen unterbrochen und auf der einen Seite ebenfalls beweglich gelagert. Auch der hölzerne Belag ist unterbrochen und die Fuge mit einer Eisenplatte überdeckt.

Das Bauwerk macht trotz seiner aussergewöhnlichen Grösse einen ziemlich nüchternen Eindruck; es lässt erkennen, dass ästhetische Forderungen vor dem Nützlichkeitsprincipe ganz zurücktreten mussten.

9. Kontinuierliche und Cantilever-Brücken.

Eigentliche kontinuierliche Fachwerkbrücken gibt es in den Vereinigten Staaten verhältnismässig sehr wenig. Man geht ihnen als statisch unbestimmten Bauwerken gerne aus dem Wege und ersetzt sie durch Einzelöffnungen oder, wenn diese der Rüstungen wegen zu teuer werden, durch Gelenk- oder Cantilever-Träger. Manche Brücke, die aus der Ferne betrachtet wie eine kontinuierliche Brücke aussieht, entpuppt sich in der Nähe als ein Cantilever.¹ Die Gelenkstellen werden meistens verdeckt.

Ob die Entstehung dieses Trägers mehr theoretischen Betrachtungen oder Rücksichten auf die leichtere Aufstellung zu verdanken ist, mag dahin gestellt bleiben. Allem Anschein nach ist indessen das System der Gelenkträger in Amerika unabhängig von den in Deutschland, namentlich von Gerber ausgegangenen Bestrebungen entstanden.²

Auf der Tafel X ist die in den Jahren 1890—1891 von der King Bridge Co. in Cleveland ausgeführte *Cantilever-Strassenbrücke* über den *Ohio* in *Cincinnati* dargestellt.

Die beiden Figuren unterhalb der Gesamtansicht (A und B) erläutern die Gleitstellen, die Figuren C—F einige der interessanteren Knotenpunkte.

Die Gesamtlänge dieses Bauwerks beträgt etwa 900 m, die Länge der mittleren Oeffnung $158\frac{1}{2}$ m, die Breite der Fahrbahn 7,3 +

¹ Auch « Cantiliver »; die Etymologie des Wortes ist unsicher.

² Ingenieur G. Bouscaren in Cincinnati, der eine der ersten Cantilever-Brücken in Amerika projektiert hat, erklärte mir selbst, wie ihn die Betrachtung der Momentenfläche eines kontinuierlichen Trägers auf den Gedanken geführt habe, das Biegemoment an den Minimalstellen durch Gelenke auf Null zurückzuführen.

$2 \cdot 2,15 = 11,6$ m. Das Projekt wurde von Ingenieur G. Bouscaren entworfen. Die gesamten Baukosten beliefen sich auf $2\frac{1}{2}$ Millionen. Das gesamte Eisengewicht beträgt 1936 Tonnen, was im Durchschnitt 2,15 Tonnen auf den Längenmeter ausmacht. Auf die eigentliche Cantilever-Brücke treffen 1174 Tonnen im ganzen oder 3,75 Tonnen pro Meter. Als Material wurde für die Tragwände weicher Stahl, für die Fahrbahnteile und Querverbände Schweisseisen verwendet. Für die Feldniete war Schweisseisen Vorschrift.

Die Fahrbahn steigt nach der Mitte beidseitig mit 3,04 % an. Der einfacheren Ausführung zu lieb wurden sämtliche Pfosten der Tragwände nicht lotrecht, sondern senkrecht zur Fahrbahn gestellt. Das Aussehen der Brücke wird dadurch kaum beeinträchtigt. (In der Zeichnung sind die Pfosten des Cantilevers irrtümlicherweise lotrecht gestellt.)

Gegenüber der Hauptöffnung sind die beiden Seitenöffnungen so klein, dass bei voller Belastung der ersteren der Auflagerdruck an den Endpunkten in Zug übergeht. Die Rechnung ergibt eine Zugkraft von 61 t. Der Auflagerstuhl musste daher im Mauerwerk verankert werden (Punkt F).

Die obere Gurtung der Seitenöffnungen hat auf dem grössten Teil ihrer Länge sowohl Zug- als Druckkräfte aufzunehmen. Es hätte sich hieraus die Notwendigkeit ergeben, die Stösse der Gurtungen sorgfältig zu decken. Da dies aber der gekrümmten Form wegen nicht leicht möglich war, so zog man vor, neben der auf den Druck berechneten Kastengurtung Augenstäbe anzubringen, die den Zug aufzunehmen haben (Figur C). Damit aber die Kastengurtung keinen Zug aufnehme, machte man deren Bolzenlöcher etwas länglich und verlaschte die einzelnen Stücke bloss lose.

Die untere Gurtung hat einfache Kastenform. Da sie geradlinig verläuft, verursachte die sorgfältige Deckung der Stösse keine Schwierigkeiten (Figuren D, E und F).

Im übrigen sind alle bloss auf Zug beanspruchten Teile wie üblich ausschliesslich aus Augenstäben gebildet.

Die Gelenk- oder Gleitstellen des Cantilevers befinden sich bei A und bei B. Rechts von A sowie rechts von B sind die Gurtungen so eingerichtet, dass sie sich ohne Widerstand verlängern und verkürzen können. Das einzelne ist aus den Figuren zu ersehen. Die Längsträger der Fahrbahn bewegen sich am Knotenpunkte rechts von B auf Gleitlagern.

An den Endpunkten der grossen Hauptöffnung sind die Tragwände fest gelagert. An den Endpunkten der Seitenöffnungen sind Pendelstützen angebracht (Figur F), eine Einrichtung, die dem Rollenslager stets vorgezogen wird, wenn Verankerung nötig oder wünschbar ist. Diese Lagerung, zusammen mit den Gleitstellen bei A und B hat zur Folge, dass die Tragwand vollkommen statisch bestimmt ist.

Während der Aufstellung waren an den Bolzen B' und B'' kreisrunde Scheiben von 60 cm Durchmesser und 30 cm Breite angebracht, zwischen die von oben her mittelst einer Schraubenstange ein Keil gepresst werden konnte. Die nämliche Einrichtung war bei A' und A'' vorhanden. Der Bolzen A'' war mit dem Bolzen A überdies durch kurze Augenstäbe verbunden. Mittelst dieser Einrichtung konnte der Mittelteil der Brücke schwebend montiert und nach Länge und

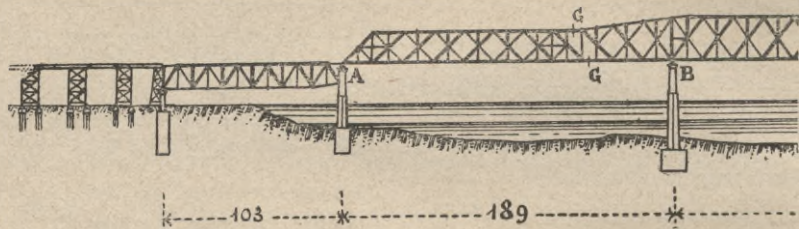


Fig. 53 a

Höhenlage genau richtig gestellt werden. Nachdem dieser Teil vollständig zusammengeschraubt war, wurden die Keile und ihre Unterstützungen, die Kreisscheiben und die genannten kurzen Augenstäbe entfernt. In den Figuren sind die Kreisscheiben punktiert angegeben. —

Die bedeutendste Kragträgerbrücke der Vereinigten Staaten ist die von George S. Morison projektierte, im Jahre 1891 vollendete *Eisenbahnbrücke über den Mississippi bei Memphis* (Textfigur 53).

Die Staaten-Regierung verlangte, dass die Brücke der Schifffahrt wegen eine Hauptöffnung von mindestens 700 Fuss und, soweit der Fluss Schifffahrt zulässt, keine kleinere Oeffnung als 600 Fuss enthalten soll. Auf Grund dieser Forderung entstand die durch die Figur 53 dargestellte unsymmetrische Anordnung, nach welcher die Hauptöffnung auf der rechten Seite über dem Stromstrich liegt.

Die Tragwände sind in A, B und D festgelagert. In C befindet sich ein Rollenschuh, in E eine Pendelstütze mit kräftiger Verankerung. An den Punkten G sind Gleitungen eingerichtet.

Sämtliche Felder der Brücke haben gleiche Länge, nämlich 17,2 m, was die Anordnung der Einzelheiten und die statische Berechnung

wesentlich erleichterte. Die Felder wurden alle halbiert, so dass sich für die Querträger eine Entfernung von 8,6 m ergab.

An den Knotenpunkten, an denen sich keine bis oben durchlaufende Pfosten befinden, sind zur Befestigung der Querträger ganz kurze, nur wenig über die untere Gurtung hinausragende Pföstchen vorhanden.

Der Abstand zwischen den Tragwänden beträgt 9,14 m, die Höhe der Tragwände in der Mittelöffnung 23,7 m, in den Seitenöffnungen 17,2 m.

Die Brücke trägt bloss *ein* Bahngeleise, ist aber nebenbei auch für Strassenverkehr bestimmt und eingerichtet.

Der Umstand, dass in den Gurtungen mehrfach Zug- und Druckkräfte auftreten können, sowie die Art der freischwebenden Auf

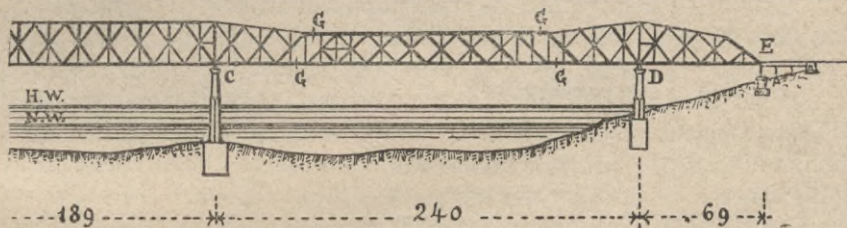


Fig. 53 b

stellung brachten es mit sich, dass die untere Gurtung durchgehends und die obere Gurtung zur grösseren Hälfte kastenförmig ausgeführt wurde. Die Streben und Pfosten sind je nach der Kraftwirkung bald steif, bald aus Augenstäben gebildet.

Die Brücke besitzt ausser den Windstreben keine regulierbaren Stäbe; die Wahl der Warren-Form für die Tragwände machte Gegenstreben unnötig, und die Querverstrebenungen sind alle genietet.

Sämtliche gedrückten Streben sind oberhalb des Lichtraums kräftig versteift.

Zu dieser Brücke wurde ausschliesslich (auch für die Nieten) Stahl verwendet. Das gesamte Gewicht derselben beträgt, abgesehen von den Blechbalkenanfahrten, über 7000 Tonnen. —

Die auf der Tafel XI dargestellte Brücke überschreitet den *Mississippi* in *St. Paul*. Sie sieht wie eine kontinuierliche Brücke aus, hat aber ebenfalls ihre Gleitstellen. Daneben besitzt sie eine Eigentümlichkeit, die ich bei keiner andern Fachwerkbrücke vorgefunden habe: Die gedrückten Gurtungen sind meistens an den Knotenpunkten unterbrochen und *ohne* Deckplatten, wie die Druckstreben

an die Gelenkbolzen gehängt. Der Grund dieser Anordnung ist leicht zu erkennen: Die Gurtungen haben bald Zug, bald Druck aufzunehmen. Eine zuverlässige Stossdeckung war der gekrümmten Form wegen nicht leicht möglich. Man entschloss sich daher zu einer vollständigen Trennung der Stäbe und zu einer Befestigungsweise, die mit Zuverlässigkeit sowohl Zug- als Druckkräfte auf den Bolzen übertragen kann.

Die Figuren links unten erläutern die Art, wie die Stäbe beim Punkte A vereinigt sind. Eine Beschreibung dürfte kaum nötig sein. Bezüglich der Nietenbezeichnung vergleiche man Seite 25. Die Nietköpfe sind bald ein-, bald beidseitig versenkt, teils um eine Berührung der Gurtungsstehbleche, teils um ein dichtes Anliegen der Streben zu ermöglichen.

Durch die Figuren rechts wird der Knotenpunkt B dargestellt, an dem die Gleitung stattfindet. Man erkennt, dass der rechts anschliessende Gurtstab ein längliches Loch besitzt.

Eine Gleitstelle in der unteren Gurtung anzubringen war, da Pfosten fehlen, nicht nur nicht nötig, sondern unstatthaft. Das Fachwerk besitzt 72 Knotenpunkte und, wenn man die beiden punktiert gezeichneten Gleitstäbe weglässt, 140 Stäbe. Rechnet man die 4 Auflagerpunkte zu 5 Auflagerbahnen, so beträgt die doppelte Zahl der Knotenpunkte 144, die Summe der Stäbe und Auflagerbahnen 145. Das Fachwerk hat somit bloss *einen* Stab zu viel.

Auffallend ist, dass von je zwei sich kreuzenden Streben die eine durchgehends aus Augenstäben besteht. Es ist kaum anzunehmen, dass bei einseitigen Belastungen die Zugstreben in der Mitte der Oeffnungen nicht auf Druck in Anspruch genommen werden.

Wie die Fahrbahn der Brücke eingerichtet ist, zeigen die beiden mittleren Figuren. Die Querträger sind an Knotenplatten angenietet, die an den Druckstreben ihren Halt finden (Figur A). —

Die im Jahre 1883 vollendete, durch die Textfigur 54 skizzierte Cantilever-Brücke am Niagarafall ist durch die Litteratur in deutschen Kreisen bereits bekannt geworden.¹ Sie führt etwa 80 m oberhalb der alten Eisenbahnhängebrücke eine zweigeleisige Bahn über den Fluss und hat als eine der ersten Kragträgerbrücken für Eisenbahnverkehr viel von sich reden gemacht.

Weniger bekannt ist die vor acht Jahren (1886) gebaute Strassenbrücke über den Licking River bei Cincinnati (Figur 55). Die eigen-

¹ Handbuch des Brückenbaus, 2. Aufl., Tafel XIX.

tümliche Form der Mittelloffnung rührt von der Art der Aufstellung her. Die Brücke sollte Ersatz für eine an derselben Stelle befindliche Drahtseil-Hängebrücke bilden. Um im Flusse keine festen Gerüste aufstellen zu müssen, benützte der Erbauer das Drahtseil als Aufstellungsgerüst und passte die untere Gurtung der krummen Linie an. Die Breite der Brücke beträgt 10,7 m. Das Projekt wurde von den Herren Ingenieuren G. Bouscaren und C. L. Strobel verfasst, die Ausführung übernahm die Keystone Brückenbaugesellschaft.

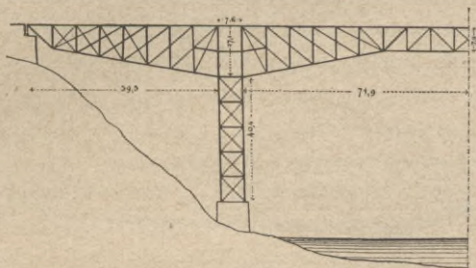


Fig. 54

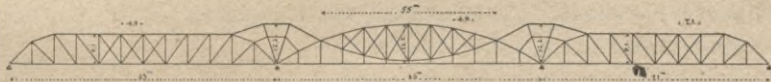


Fig. 55

10. Bogen-Brücken.

Die Abneigung der Amerikaner gegen statisch unbestimmte Bauwerke, ihr mehr auf das Nützliche als auf das Schöne gerichteter Sinn machen es begreiflich, dass Bogenbrücken in den Vereinigten Staaten nicht oft gebaut werden.

Die Anfang der siebziger Jahre (1873) von der Keystone Brückenbaugesellschaft nach den Plänen von Jas. B. Eads erbaute grosse Bogenbrücke über den Mississippi bei St. Louis, gewöhnlich die «Eads-Brücke» genannt, hat in der deutschen Litteratur eingehende Berücksichtigung gefunden. Sie besitzt drei Oeffnungen von 153, 158 und 153 m Weite, trägt am Scheitel der oberen Gurtung eine Strasse, im Scheitel der unteren eine zweigeleisige Bahn und ist bekanntlich aus hartem Stahl hergestellt worden. (Vgl. S. 14.)

Die an dieser Brücke gemachten Erfahrungen, die Schwierigkeiten, die sich bei der Aufstellung ergaben, die Unerfahrenheit in der Bearbeitung des Baustoffes, die grossen Baukosten (rund

10 Millionen Dollar), das unaufhörliche, auffallend rasche Wandern der Eisenbahnschienen auf der Brücke sind Umstände, die nicht zur Wiederholung solcher Experimente ermunterten. So viel mir bekannt, ist das Bogensystem seither nur noch bei Strassenbrücken zur Anwendung gelangt.

Eine einheitliche Bauweise ist bei den amerikanischen Bogenbrücken ebenso wenig als bei den europäischen zu finden. Bald wird der Träger vollwandig, bald fachwerkförmig ausgeführt. Bald werden drei, bald zwei oder gar keine Gelenke angebracht.

Eine der bedeutendsten neueren Bogenbrücken ist die *Washington-Brücke* über den *Harlem River* im Norden von New York. (Textfigur 56.)

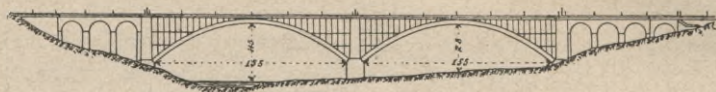


Fig. 56

Sie wurde 1886—90 von der Passaic Rolling Mill Co. in Paterson, New Jersey, erbaut. Als Baustoff wurde weicher Stahl gewählt. Die Baukosten betrugen 2,7 Millionen.

Die Brücke besitzt zwei Bogenöffnungen von 155 m Weite und lange steinerne Anfahrten. Die Gesamtlänge beträgt 730 m. Die Fahrbahn liegt 45 m über der Thalsole. Der Fahrweg ist 14, die Gehwege sind je 5 m breit. In die Gesamtbreite teilen sich 6 je 4 m von einander entfernte vollwandige Bogenträger mit Kämpfergelenken. Die Gelenke sind jedoch versteckt. Der Träger besitzt am Auflager seine volle Breite, so dass er flach aufzuliegen scheint.

Die Fahrbahn wird von zahlreichen, 4,5 m von einander entfernten lotrechten Pfosten getragen, die wie üblich aus zwei Eisen mit verbindenden Gitterstäbchen bestehen. Bei der grossen Pfeilhöhe verleiht diese Anordnung der Brücke ein unruhiges, nüchternes Aussehen. Das gusseiserne Geländer ist ausserordentlich schwer und üppig ausgestattet und passt auch nicht recht zum Ganzen.

Die Fahrbahn ist durchgehends asphaltiert, was zu einem Uebelstande geführt hat, den man wohl hätte voraussehen können. Um den eisernen Fahrbahnteilen ungehinderte Ausdehnung durch die Wärme zu ermöglichen, sind sie über den Kämpfern des Bogens unterbrochen und mit Gleitlagern versehen worden. Dem hierdurch ermöglichten Spiel der eisernen Längsträger kann jedoch der Asphalt

nicht folgen. Er reisst bei kaltem und staut sich bei warmem Wetter. Thatsächlich besitzt die Fahrbahn über jedem Kämpfer einen breiten Querstreifen, in dem der Asphalt wie mit einem Stock herumgerührt aussieht. Bei Bekiesung tritt dieser Uebelstand bekanntlich ebenfalls auf, doch nicht in so unangenehm auffallender Weise.

Eine ähnliche, aber kleinere Brücke ist 1888 von der Keystone Brückenbaugesellschaft in Minneapolis ausgeführt worden. Die Figur 57 gibt von diesem Bauwerk eine Vorstellung. Die Spannweite beträgt 79 m, die Fahrbahnbreite 12,2 m. Die Zahl der Tragwände ist ebenfalls gleich sechs. Die Brücke wurde an der Stelle einer Drahtseil-Hängebrücke gebaut. Um den Verkehr nicht zu unterbrechen, wurden von den 6 Trägern zunächst nur 3 aufgestellt, der Verkehr

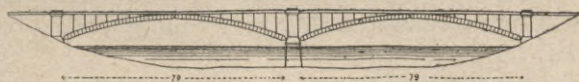


Fig. 57

auf diese übergeleitet, die alte Brücke abgebrochen und hierauf die neue ergänzt. Den drei ersten Trägern gab man drei Gelenke und deckte die Fahrbahn mit Holzpflaster ab. Da jedoch die Brücke in diesem Zustande auffallend stark schwankte, erhielten die drei folgenden Träger bloss zwei Gelenke und eine steifere Fahrbahn, nämlich Buckelplatten mit Beton. Die Schwankungen wurden hierauf wesentlich schwächer.

11. Hängebrücken.

Die Hängebrücken haben im Laufe der Jahre auch in Amerika bedeutend an Wert verloren und werden dort zur Zeit kaum häufiger ausgeführt als in Europa. Namentlich gilt dies von den Drahtseil-Hängebrücken. Noch legen manche Bauwerke dieser Art von der Kunstfertigkeit der beiden Røbling, Vater und Sohn, Zeugnis ab. Aber sie fallen mehr und mehr festeren Bauwerken zum Opfer, und seitdem die grosse Hängebrücke zwischen New York und Brooklyn gebaut worden ist, sind nur sehr wenige ähnliche Bauwerke nachgefolgt.

Es gilt drüben so gut wie bei uns als ausgemacht, dass das System der Drahtseilbrücken nur noch bei ganz aussergewöhnlich grossen Spannweiten Berechtigung hat.

Weit eher greift der Amerikaner zur fachwerkförmig gegliederten Hängebrücke. Er setzt sie wie seine Fachwerke aus zwei Gurtungen, Zug- und Druckstreben zusammen und schafft auf diese Weise Bauwerke, die steifer sind als Drahtseilbrücken und gefälliger als gewöhnliche Fachwerke.

Unter den Brücken dieser Art nimmt die von Ingenieur Edw. Hemberle 1877 projektierte Point-Brücke in Pittsburg mit ihrer lichten Weite von 240 m immer noch eine hervorragende Stellung ein. Sie gleicht einem umgekehrten Bogen mit drei Gelenken, dessen eine Gurtung parabolisch verläuft, während die andere Kämpfer- und Scheitelgelenk geradlinig verbindet. Konstruktiv mag diese Anordnung zweckmässig sein; für das Auge haben die geraden Linien etwas Befremdendes.¹

Weit befriedigender in ihrer Wirkung auf den Beschauer ist die ebenfalls von einem Deutschen, Ingenieur Lindenthal, projektierte



Fig. 58

«North Side-Brücke» in Pittsburg. (Figur 58.) Der in den Gurtungen herrschende Zug geht durch Vermittlung eines angeschlossenen Parallelträgers auf eine im Widerlager angebrachte Verankerung über. Die Gurtungen werden, wenn nicht ausschliesslich, doch vorwiegend auf Zug in Anspruch genommen und bestehen deshalb durchgehends aus Augenstäben. Die Streben sind ebenfalls aus je zwei Augenstäben gebildet, aber durch angenietete Winkeleisen und Gitterstäbchen gegen Druck wirksam gemacht. Die Hängeeisen, an denen die Fahrbahn hängt, bestehen wiederum aus Flacheisen mit ganz leichter innerer Versteifung. —

Ein neueres Bauwerk dieser Art bildet die im Jahre 1889 in St. Louis aus weichem Stahl erbaute «Grand Avenue-Brücke». (Tafel XII.) Sie wurde vom städtischen Ingenieur Gayler, einem Württemberger, projektiert und von der King Bridge Co. in Cleveland ausgeführt.

Im Scheitel der oberen Gurtung ist hier ein Gelenk eingeschaltet, das heisst der gegenüberliegende Stab der unteren Gurtung fehlt.

¹ Handbuch des Brückenbaues, erste Auflage. Tafel XXXVII.

Ferner ist das oberste Glied der unteren Gurtung gleitbar eingerichtet. Infolge dessen wird die obere Gurtung ausschliesslich auf Zug, die untere dagegen bald auf Zug, bald auf Druck in Anspruch genommen. Letztere musste somit einen steifen Querschnitt erhalten.

Eine nähere Beschreibung der einzelnen Abbildungen dürfte überflüssig sein. Die Türme sind oberhalb der Fahrbahn ganz aus Eisen hergestellt. —

Die einzige Hängebrücke, über welche von Lokomotiven gezogene Eisenbahnzüge verkehren, ist die bereits 1855 vollendete Drahtseilbrücke über den Niagara, etwa 3 km unterhalb der grossen Fälle. Das berühmt gewordene Bauwerk sieht noch immer so aus, wie wir es aus der Litteratur kennen gelernt haben. Noch immer führen die Züge die Reisenden hinüber ans kanadische Ufer, und unterhalb des Schienengeleises drängen sich auf der bloss 5,6 m

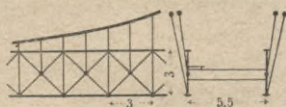


Fig. 59

breiten Fahrbahn Wagen und Menschen. Aber näher besehen hat sich die Brücke wesentlich verändert. Die hölzernen Quer- und Längsträger, die die Schienen trugen, sind verschwunden und durch eiserne Balken ersetzt. Auch an Stelle der unteren hölzernen Querbalken sind eiserne getreten. Das alte, 5 m hohe Versteifungsfachwerk ist ebenfalls modern geworden; nicht nur die Streben, auch die Gurtungen und Pfosten bestehen jetzt aus Eisen. Selbst die steinernen Pilonen sind abgetragen und durch eiserne Türme ersetzt worden.

So ist von der ehemaligen Brücke kaum mehr übrig geblieben als die vier gewaltigen Drahtseile.

2 $\frac{1}{2}$ Kilometer weiter oben, dicht unterhalb des amerikanischen Falles, ist vor einigen Jahren eine neue Drahtseilbrücke für Strassenverkehr gebaut worden. Die Figur 59 gibt von der Anordnung der Fahrbahn ein ungefähres Bild. Die Entfernung der beiden, sehr schön aus Eisen erbauten Türme beträgt gegen 400 m. Von der Turmspitze laufen die 4 etwa 20 cm starken Drahtseile nach hinten in gerader Linie hinunter, lösen sich in der Nähe des Erdbodens in je 5 Stränge auf und gehen, kurz bevor sie verschwinden, in Kettenglieder über, eine Anordnung, die bekanntlich in Amerika schon längst allgemein üblich ist. Zwei unterhalb der

Fahrbahn wagrecht gespannte, 7—8 cm starke Seile, sowie zahlreiche 3 cm starke, schief hinunter geführte und im felsigen Ufer verankerte Seile sichern die Brücke vor dem Einflusse des Windes. —

Auch die grosse, 1870—83 von John und Washington Roebling erbaute Hängebrücke über den East River zwischen New York und Brooklyn, die grösste der Welt, ist europäischen Lesern in der Hauptsache zur Genüge bekannt. Sie besitzt eine Hauptöffnung von 487 m und zwei Seitenöffnungen von je 283 m und ist mit Inbegriff der langen An- oder Auffahrten im ganzen 1825 m lang.

Die Brücke trägt bei einer Gesamtbreite von 26 m zwei Kabelbahnen, zwei Fahrstrassen und in der Mitte einen erhöhten Fusssteg. Die grossen Tragsaile, 4 an der Zahl, haben 0,4 m Durchmesser. Die Baukosten betrugen 15 Millionen. Der Verkehr, den die Brücke bewältigt, ist ausserordentlich gross; er beträgt täglich im Durchschnitt über 100,000 Personen.

Weniger bekannt dürfte sein, dass man die Versteifungsfachwerke dieser Brücke nicht auf der ganzen Länge starr ausgeführt, sondern je in der Mitte der drei Oeffnungen unterbrochen hat. Die eine Gurtung endigt an diesen Stellen in zwei starken Stehblechen, die von der andern Gurtung laschenförmig gefasst werden. So können sich die beiden Gurtungen in der Längsrichtung gegeneinander verschieben. Das Spiel dieser Gleitstellen ist bei jedem über die Brücke fahrenden Kabelzuge deutlich wahrnehmbar. Durch diese Einrichtung wird bekanntlich die Beanspruchung des Versteifungsfachwerkes verringert, dafür freilich auch dessen Wirkung etwas abgeschwächt.

Auch an der 685 m langen, von Roebling erbauten Drahtseilbrücke über den Ohio-Fluss in Cincinnati befinden sich in den Gurtungen des versteifenden Fachwerkes solche Gleitstellen, sogar in Entfernungen von bloss 8—9 m. —

Der unbestrittene Erfolg der Brooklyn'schen Hängebrücke, die grosse Bequemlichkeit, die für die Bevölkerung in der festen Verbindung New Yorks mit der östlich gelegenen Schwesterstadt besteht, haben längst schon den lebhaften Wunsch nach einer gleichen Verbindung mit der westlich gelegenen Jersey City wachgerufen. Alle von Westen und Südwesten her in New York mündenden Züge müssen jenseits des Hudson-Flusses Halt machen, und obgleich der Verkehr über den Fluss durch zahlreiche Dampffähren in vortrefflicher Weise aufgenommen wird, mehrt sich das Bedürfnis nach einer festen Brücke von Jahr zu Jahr. Der Hudson ist an jener Stelle etwa tausend Meter breit, der Schiffsverkehr ein ausserordentlich lebhafter; nur

eine Brücke von riesigen Dimensionen kann daher dem vorhandenen Bedürfnisse vollkommen entsprechen.

Für die Ueberbrückung des Hudson oder «North» River sind bereits von verschiedenen Seiten Anläufe gemacht worden. Die meiste Aussicht auf Verwirklichung bietet zur Zeit ein Konsortium, das den bereits genannten Ingenieur Lindenthal mit der Ausarbeitung von Projekten betraut hat. Sobald die Konzessionen einiger ähnlicher Vereinigungen angekauft sind, soll mit der Finanzierung des Unternehmens begonnen werden.

Die von Lindenthal entworfene Brücke ist in der Figur 60 in Perspektive dargestellt. Sie übertrifft, was die Weite der Mittelöffnung betrifft, alles bis dahin Geleistete. (Pesther Kettenbrücke 380 m, Brooklyn Drahtseilbrücke 487 m, Firth of Fourth-Brücke 518 m, Hudson-Brücke 945 m.) Die Brücke soll nicht weniger als 14 Bahngleise in zwei oder drei Stockwerken tragen. Der Umstand,



Fig. 60

dass von diesen Geleisen voraussichtlich niemals mehr als 4—5 gleichzeitig belastet sein werden, und dass höchst selten ein Zug die ganze Oeffnung bedecken wird, macht es möglich, die statischen Anforderungen stark einzuschränken. Die Kosten der Brücke, auf den laufenden Meter Einzelgeleis berechnet, ergeben sich infolge dessen weit geringer als bei andern grossen Bahnbrücken.

Die Entfernung der zwei übereinander liegenden Kabel beträgt 15 m. Auf den Türmen sollen die Kabel, um nicht ungleich belastet zu werden, durch ein doppeltes Gelenkviereck verbunden und auf zwei Rollenstühle gelagert werden. Je in der Mitte der beiden, 550 m langen Seitenöffnungen wird das Versteifungsfachwerk durch ein eisernes Joch unterstützt, das, ebenfalls der statischen Bestimmtheit zu lieb, am Fusse mit Kniegelenken und einem Gegengewicht derart eingerichtet werden soll, dass seine Tragkraft stets unverändert bleibt.

Zum Drahte soll ein möglichst festes Material, vielleicht Nickelstahl mit $12\text{—}12\frac{1}{2}$ t : cm^2 Festigkeit in Anwendung kommen. Die Kabel will Lindenthal in ganz anderer Weise als bisher herstellen. An Stelle der parallel zu einander laufenden Drähte sollen schleifen-

förmige Drahtbündel treten, die, in der Werkstätte mit aller Sorgfalt hergestellt, am Bauplatz bloss mittelst Gelenkbolzen aneinander gehängt zu werden brauchen. Den grösseren Aufwand an Draht hofft er durch billigere und zuverlässigere Herstellung, durch die Möglichkeit, jedes Bündel zu probieren und durch die einfachere und raschere Montierung reichlich aufzuwiegen.

Der Querschnitt eines Kabels wird 20—25 einzelne Bündel umfassen, die an fünf übereinander liegenden Querbolzen hängen. Die gegenseitige Entfernung dieser Bolzen wird durch senkrechte Stäbe, in welche die Bolzen eingezapft werden, gesichert. Das Ganze wird, um dem Winde möglichst wenig Widerstand zu bieten, in einen röhrenförmigen Blechmantel von etwa 2 m Durchmesser gehüllt. Ausserhalb dieses Mantels greifen am mittelsten Querbolzen die Hängeisen an.

Vor dem Verankerungsmauerwerk sollen die Seile wie üblich in Kettenglieder übergehen.

Die Gesamtkosten des kühnen Bauwerkes werden auf rund 100 Millionen Dollar veranschlagt, wovon jedoch nur etwa der vierte Teil auf die Brücke selbst, das übrige auf Landerwerb, Anfahrten, Administration etc. entfällt.

12. Bewegliche Brücken.

Dass in einem Lande mit so mächtigen Flüssen und so zahlreichen Hafenstädten auch die beweglichen Brücken eine grosse Rolle spielen, ist selbstverständlich. Weitaus am häufigsten sind sowohl bei Strassen wie bei Eisenbahnen die Drehbrücken vertreten; nur ganz vereinzelt findet man Zug-, Hub- oder Rollbrücken.¹

Viel Besonderes ist über diese Brücken nicht zu berichten. Sie sind, abgesehen von der Anordnung der Tragwände, von den europäischen Brücken kaum verschieden.

Fast ohne Ausnahme sind die amerikanischen Drehbrücken symmetrisch, mit einem Drehpfeiler in der Mitte gebaut. Die kleineren und namentlich die älteren Brücken zeichnen sich fast alle dadurch aus, dass ihnen eine Vorrichtung zum Heben und Senken der Endstützen vollständig fehlt. Die Brückenträger laufen beim Schliessen auf einige am Widerlager angebrachte Rollen (bei hölzernen Brücken zuweilen auch nur auf einen hölzernen Gleitbalken) auf, werden

¹ Vgl. die in der Schweiz. Bauzeitung, Band XXII, Seite 86, beschriebene Faltenzugbrücke in Chicago.

durch einen Anschlag zum Stillstand gebracht und hierauf festgeriegelt. Bei grösseren und neueren Brücken wird indessen auch der Endstützung grössere Aufmerksamkeit gewidmet, in der Regel derart, dass vom Mittelpunkte der Brücke aus, wo sich der Wärter befindet, Keile, Pendel oder Kniehebel angezogen werden. Bei Bahnbrücken sind an diesen Mechanismus stets weitere Hebel angeschlossen, die, gleichzeitig mit der Lösung der Stützen, die Schienen abheben. Auch Signalvorrichtungen sind zuweilen damit verbunden.

Die Einrichtungen zum Drehen zeigen von den in Europa üblichen keine Abweichung. Meistens dreht sich die Brücke auf einem Kranze von gusseisernen oder stählernen Rollen, seltener auf Rädern. Das Gewicht der Brücke ruht bald auf den Rollen, bald auf dem Drehzapfen, bald auf beiden zugleich.

Als treibende Kraft wird bei kleineren Brücken Menschenhand, bei grösseren meistens Dampf, in neuerer Zeit auch Elektrizität verwendet. Nur ausnahmsweise kommt Wasserkraft zur Verwendung.

Einer eingehenden Beschreibung möge nur eine einzige der neueren Drehbrücken unterzogen werden.

In den Jahren 1890—91 wurde in Milwaukee, an der Chicago und Northwestern-Bahn, eine zweigeleisige Drehbrücke gebaut, die sich dadurch auszeichnet, dass sie durch einen Gasmotor in Bewegung gesetzt wird. Sie soll die einzige dieser Art in Amerika sein.

Die Brücke ist 73 m lang und symmetrisch gebaut. Die Fahrbahn liegt unten. Die untere Gurtung ist geradlinig, die obere gekrümmt.

Das Wärterhäuschen mit dem Motor steht im Mittelpunkte der Brücke hoch oben auf der oberen Gurtung. Der Motor setzt zwei lotrechte, an den Tragwänden befestigte Wellen in Bewegung, die unten mit Zahnrädchen in die am Pfeiler angebrachte runde Zahnstange greifen. Für den Fall, dass der Motor seinen Dienst versagt, ist eine dritte Welle vorhanden, die von der Fahrbahn aus mit der Hand gedreht werden kann. Bevor die Brücke geöffnet werden kann, müssen zunächst vom Wärterhäuschen aus an den Widerlagern befindliche Riegel zurückgezogen und die Schienen von ihren Lagern abgehoben werden. Mit den hiezu dienenden Mechanismen waren ursprünglich auch Haltsignale automatisch verbunden. Doch erwies sich die Handhabung dieser Einrichtung als zu schwerfällig. Die Signale werden jetzt von Bahnwärtern mittelst roter Fahnen gegeben, und der Maschinist hat die Aufgabe, sich jedesmal zu überzeugen, dass alles in Ordnung ist. Bevor die Brücke ganz offen, beziehungsweise geschlossen ist, wird der Motor abgestellt und die Bewegung

mittelst der Bremse geregelt, was namentlich beim Schliessen einige Uebung erfordert.

Eine besondere Stützvorrichtung ist nicht vorhanden. Beim Schliessen läuft die Brücke an jedem Widerlager glatt und ohne Stoss auf acht fest gelagerte Rollen auf. Die Zapfenlager dieser Rollen können durch Einlegen und Entfernen von Blechstücken in der Höhenlage reguliert werden. Doch soll sich das Bedürfnis hier-nach nur im Frühling und Herbst, das heisst bei stärkeren und anhaltenden Temperaturänderungen zeigen.

Das Gas wird durch eine Leitung zugeführt, die vor dem jedes-maligen Oeffnen der Brücke durch einen Hahn abgeschlossen und rasch gelöst wird. Auf der Brücke selbst befindet sich ein kleiner Gasbehälter von 8—9 m³ Inhalt, der im Notfalle für mehrere Dre-hungen ausreicht.

Die Brücke wird stark benützt. Die tägliche Zahl der Drehungen soll im Jahresdurchschnitt 51, im Maximum 104 betragen. Die Zeit zum einmaligen Drehen beträgt eine Minute. Die Kosten für das Gas sollen sich für eine Drehung auf bloss 1 Cent = 5 Rappen belaufen.



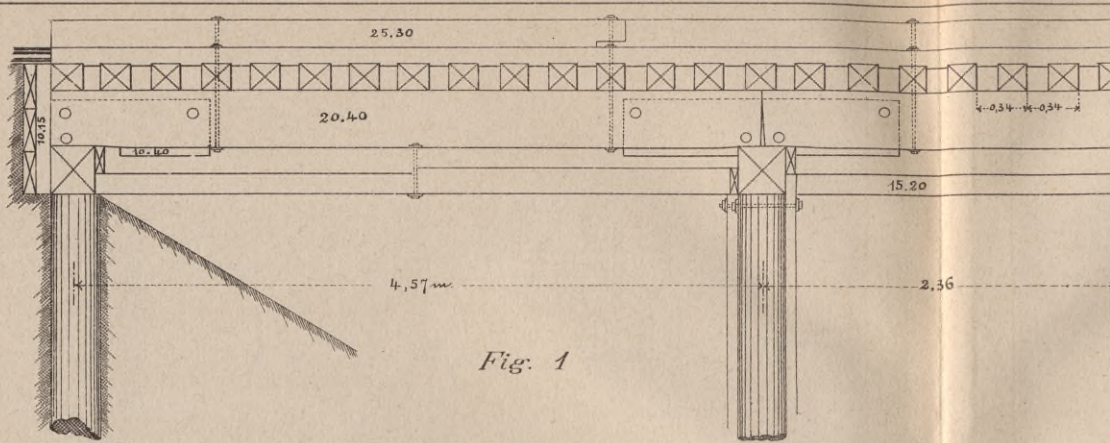


Fig. 1

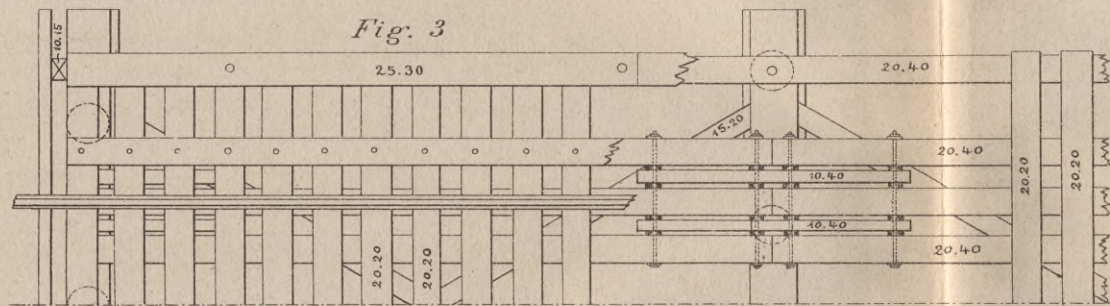


Fig. 3

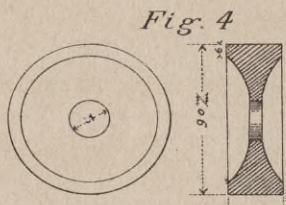


Fig. 4

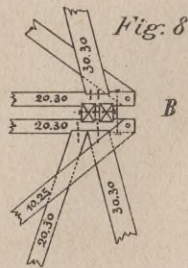


Fig. 8

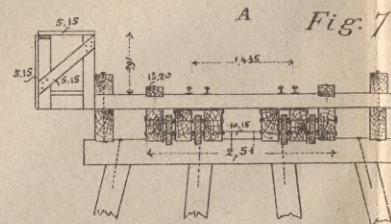


Fig. 7

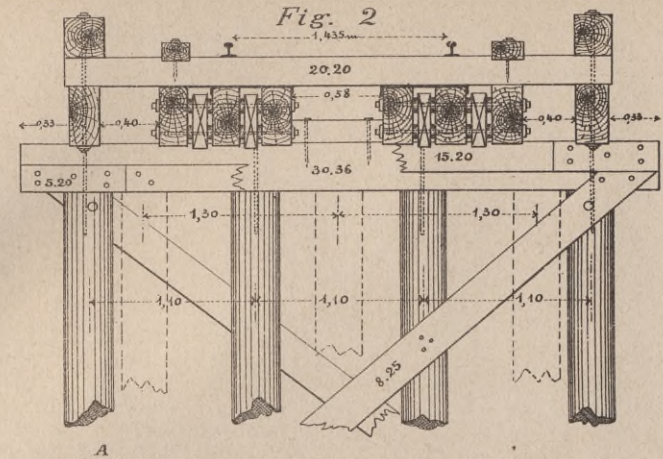


Fig. 2

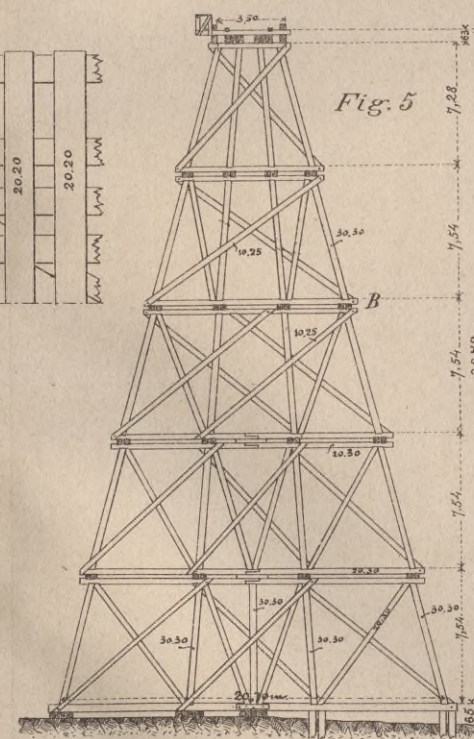


Fig. 5

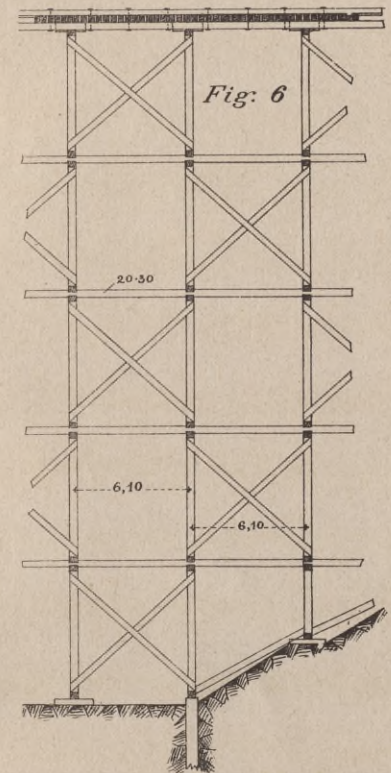
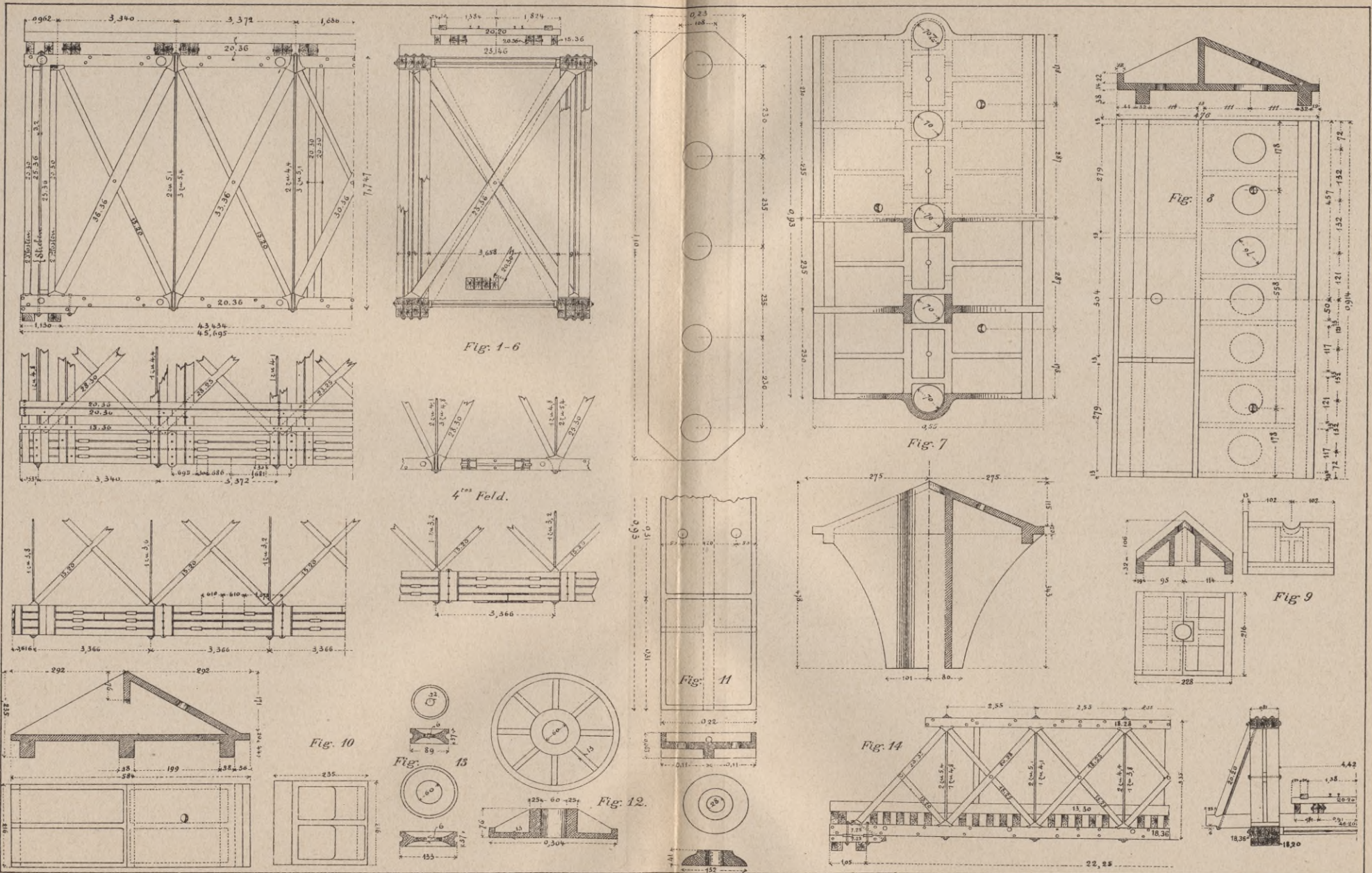
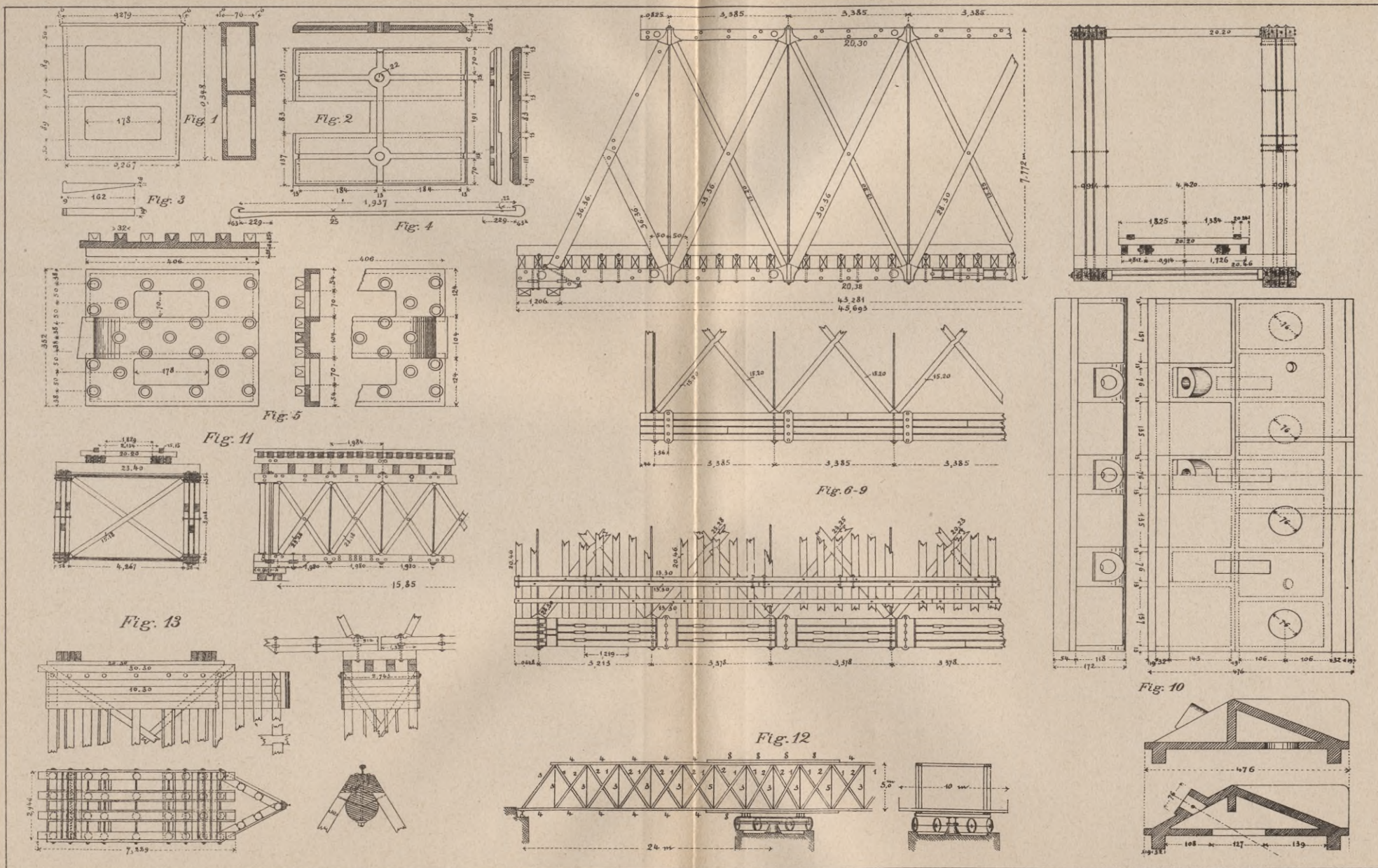
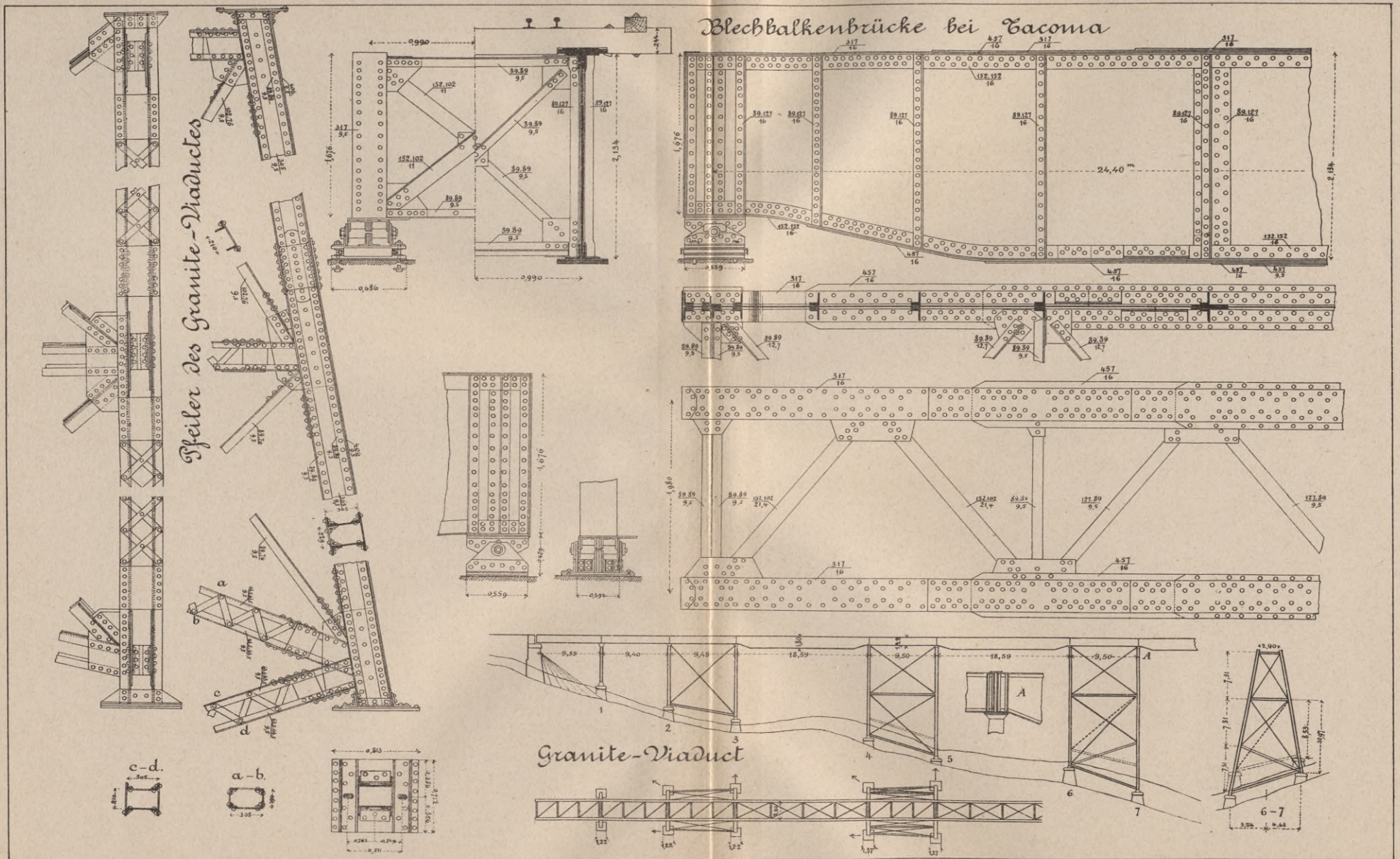
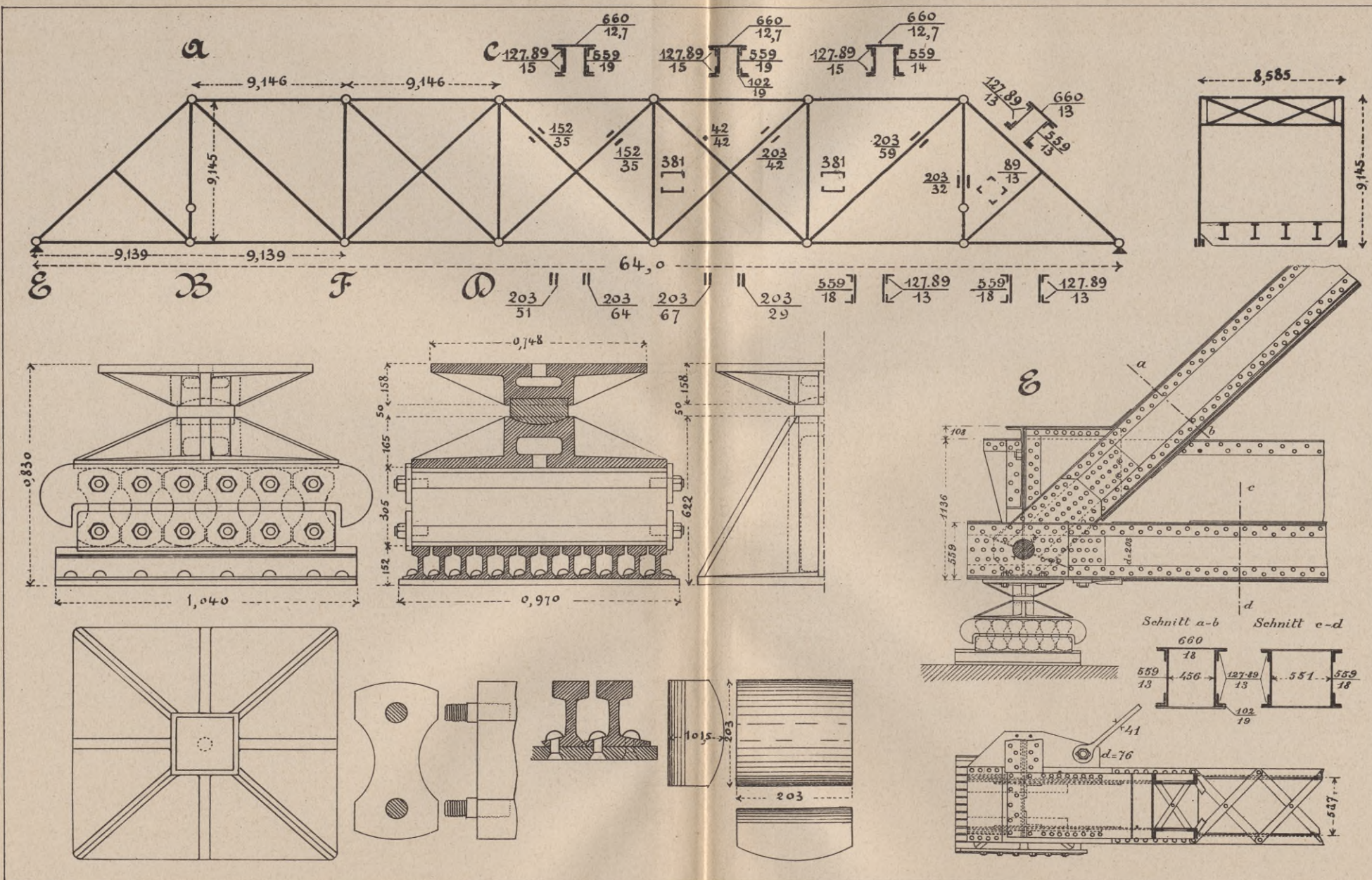


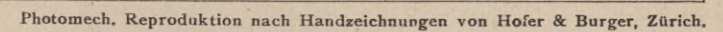
Fig. 6

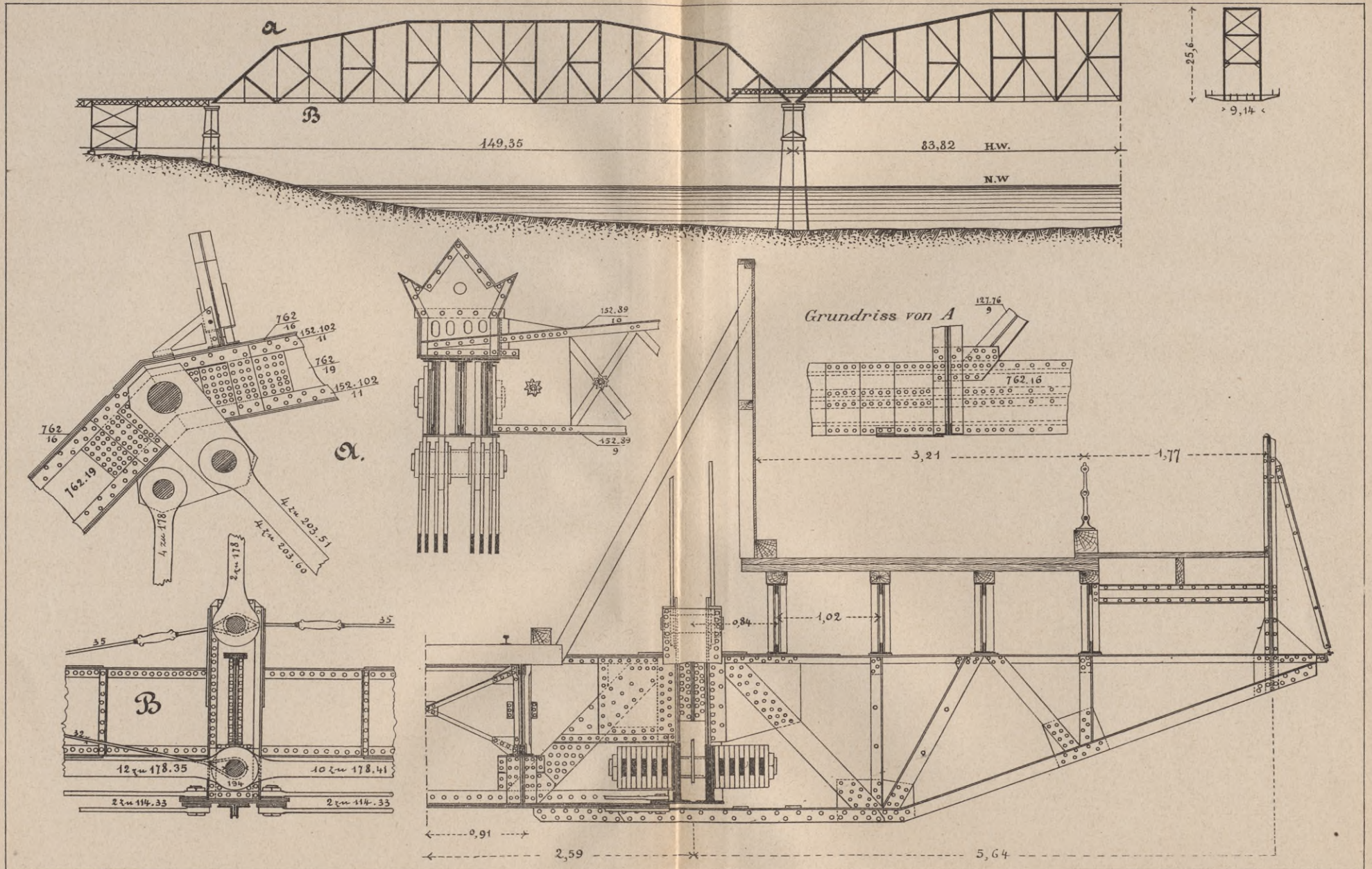


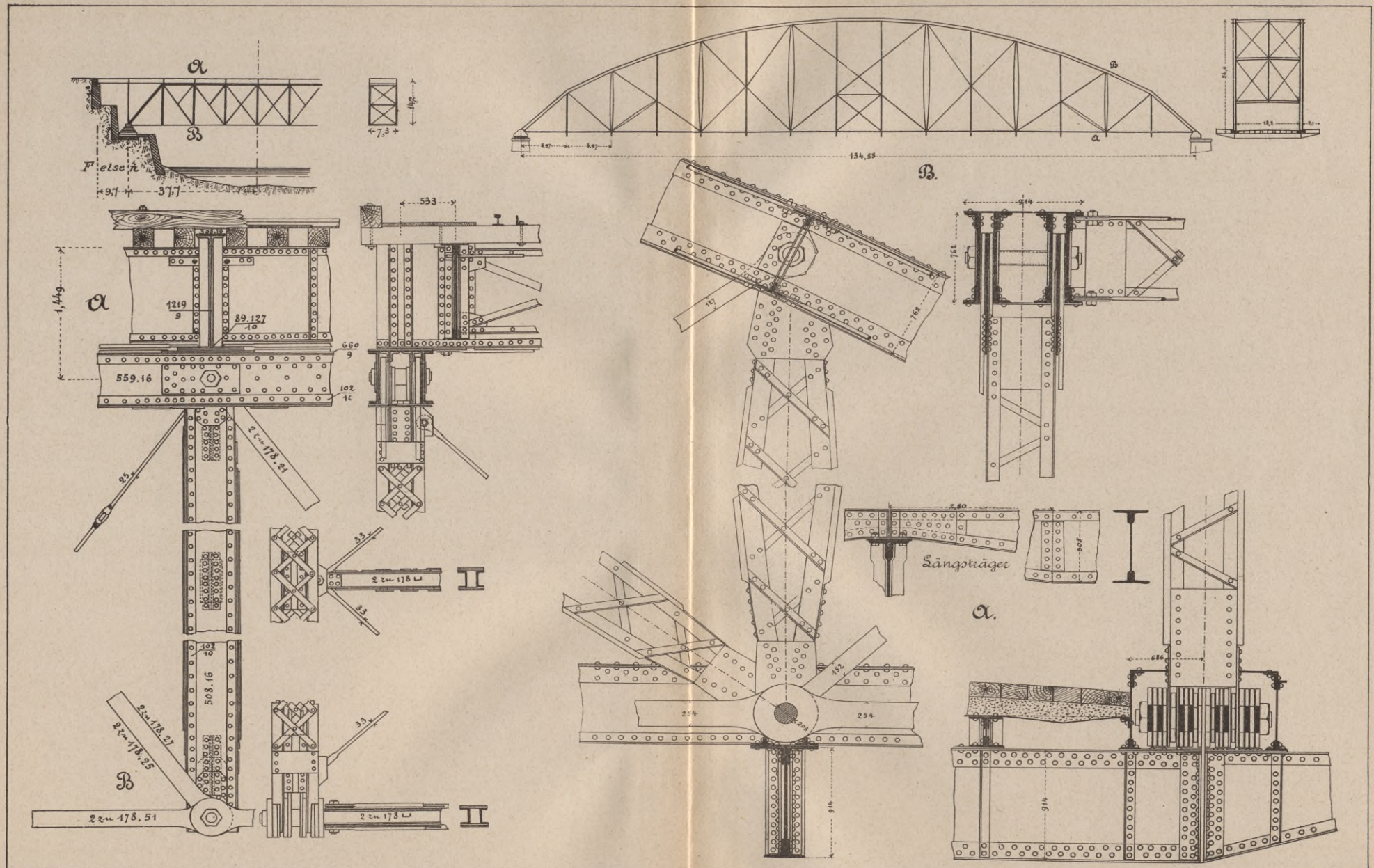




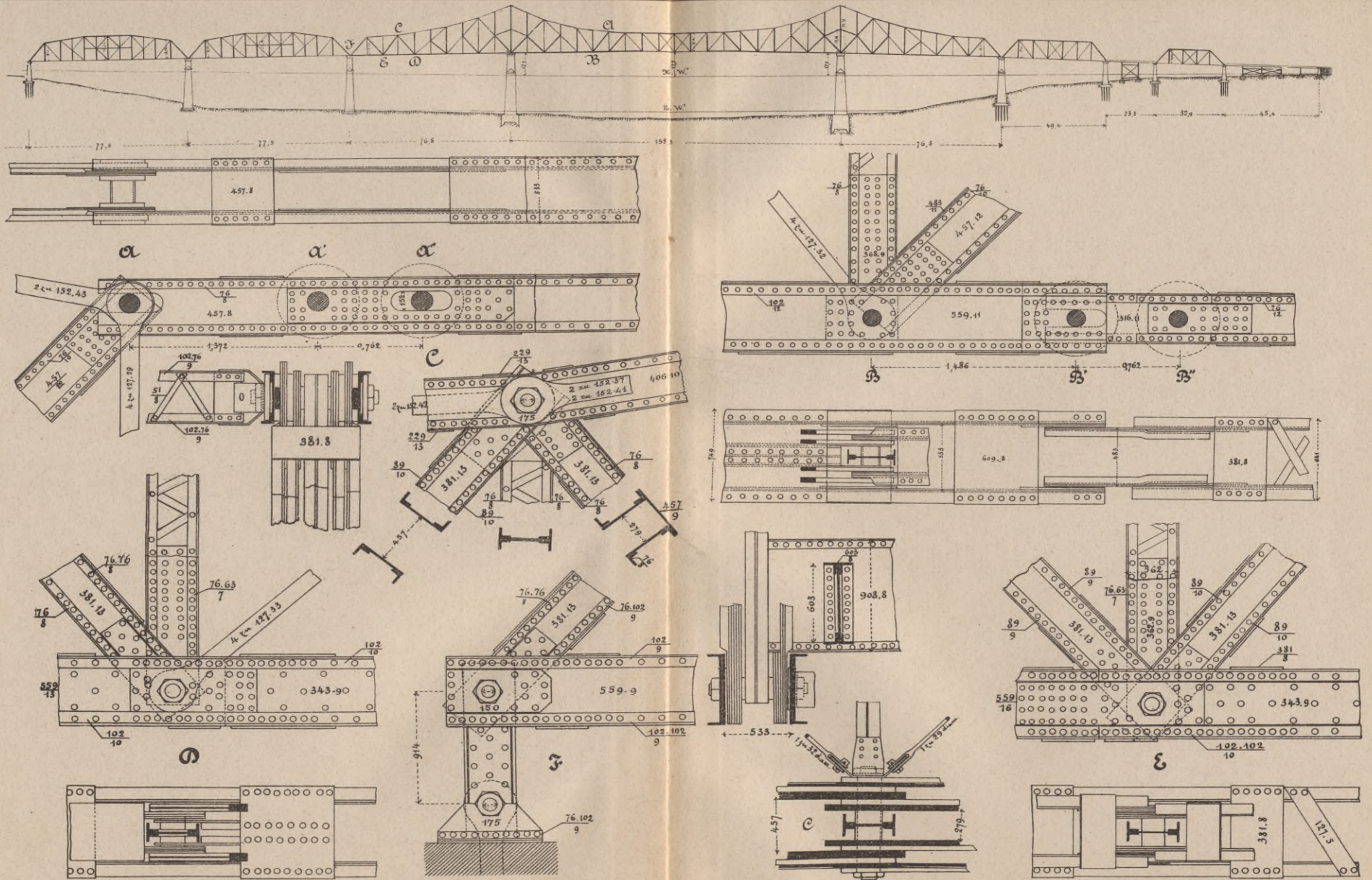


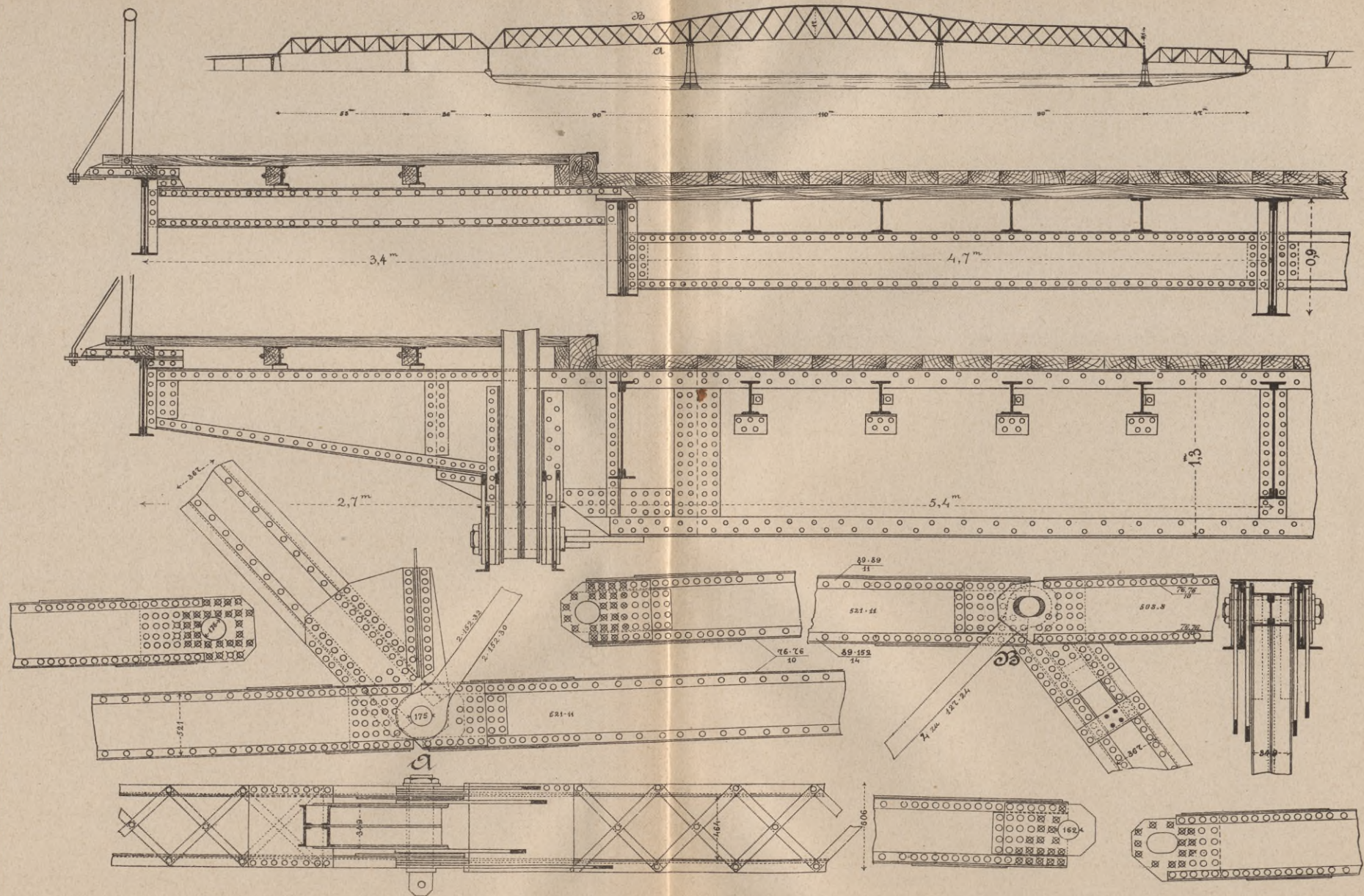


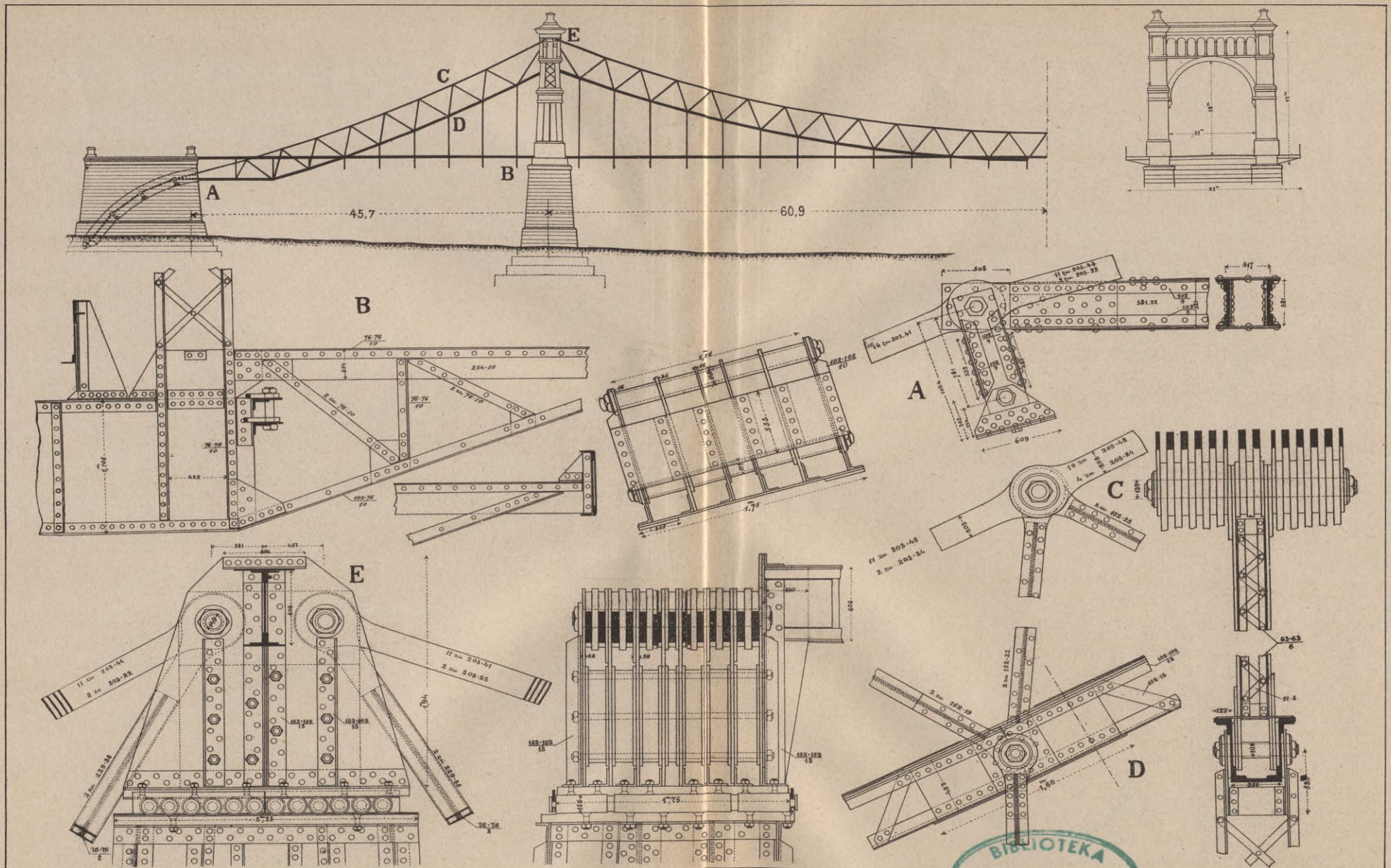




Cantilever-Brücke über den Ohio in Cincinnati.







S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

7810

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299580