

Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **23/24 (1894)**

Heft 24

PDF erstellt am: **19.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-18749>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

INHALT: Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas. — Statistik der eidgenössischen polytechnischen Schule in Zürich. — Miscellanea: Besetzung der Stelle eines zweiten Stadtbaumeisters in Zürich. Baudepartement der Stadt Basel. Emmersberg-Tunnel. — Nekrologie:

† Ferdinand de Lesseps. † Joseph Pedrolí. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender: Petition an die h. Regierung des Kantons Zürich. Festschrift. Stellenvermittlung.

Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas. *)

Nachfolgende Mitteilungen, ein fragmentarischer Auszug aus dem nicht nur für Brückenbauer, sondern auch für jeden Ingenieur höchst beachtenswerten Bericht, den Professor Ritter dem schweiz. Bundesrat erstattet hat, legen wir unsern Lesern vor, in der Absicht, ihr Interesse auf diese Arbeit hinzulenken.

Der vom Bundesrat an die Weltausstellung von Chicago entsandte Berichterstatte hat sich nicht damit begnügt, bloss Chicago und die Ausstellung zu besuchen, sondern er hat eine dreimonatliche Reise durch die Vereinigten Staaten unternommen und dabei reiche Früchte eingesammelt, die er in dem bezüglichen Bericht niedergelegt hat.

Bei all ihrer Ausdehnung und Reichhaltigkeit bot die Kolumbische Weltausstellung verhältnismässig nur wenig Auskunft über den Brückenbau in den 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 Berichterstatte 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.

Der Bericht befasst sich ausschliesslich mit den hölzernen und eisernen Brücken. Steinernen 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 Bemerkenswertes. Auffallend ist bloss, dass die Böschungsfügel ohne Ausnahme treppenförmig ausgeführt werden.

A. Hölzerne Brücken.

1. *Allgemeines.* Nach dem „Railroad and Engineering Journal“ befanden sich 1890 in den Vereinigten Staaten 4240 km hölzerne Eisenbahnbrücken. Davon sind weitaus die meisten, nämlich 3850 km, einfache Balkenbrücken mit Spannweiten unter 6 m.

Auf Spannweiten von 6—15 m treffen 56 km.

„	„	„	15—30	„	103	„
„	„	„	30—45	„	156	„
„	„	„	über 45	„	75	„

Von den bestehenden Holzbrücken sollen etwa 25% nach und nach durch Erddämme und etwa 40% durch eiserne Brücken ersetzt werden.

In den östlichen Staaten werden neue Eisenbahnbrücken nur noch in Eisen hergestellt, und die Zahl der hölzernen Brücken geht mehr und mehr zurück. So befanden sich im

Staate Massachusetts Ende 1893, nach dem Berichte des Eisenbahnamtes, 182 steinerne, 536 hölzerne und 952 eiserne Bahnbrücken. Im Westen und in dünn bevölkerten Gegenden dagegen wird bis zu 45 m Weite immer noch meistens Holz verwendet. In den Jahren 1887 und 1888 wurden in den Vereinigten Staaten über $\frac{3}{4}$ aller neuen Bahnbrücken in Holz erbaut. Ausgedehnte Wälder liefern dem Amerikaner hiezu ein vortreffliches und billiges Material.

2. *Balkenbrücken.* 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 giebt 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 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.

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.

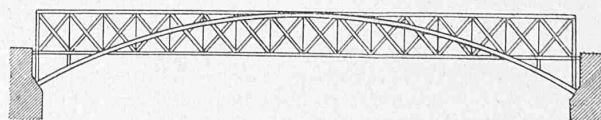
Die Gesamtlänge aller Howeschen Bahnbrücken beträgt in den Vereinigten Staaten etwa die Hälfte bis ein Drittel der Gesamtlänge aller eisernen Bahnbrücken.

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.

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.

Am häufigsten ist das „verbesserte System Howe“ vertreten, bei welchem dem Fachwerke ein Bogen beigelegt

Fig. 1.



ist (siehe Fig. 1). Die Alleghany Valley-Bahn, die Pittsburg mit Oil City verbindet, führt nicht weniger als fünfmal über solche Brücken. Pittsburg selbst besitzt eine, wenn auch alte, doch noch recht ansehnliche Strassenbrücke dieser Art. Sie übersetzt mit fünf Oeffnungen von etwa 50 m den Alleghany-Fluss, dicht oberhalb seiner Vereinigung mit dem Monongahela. (Wohl keine amerikanische

*) Auszug aus dem demnächst erscheinenden Bericht des Hrn. Prof. W. Ritter: Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Nordamerikas, mit gütiger Bewilligung des Herrn Verfassers und des schweiz. Departements des Auswärtigen.

Stadt bietet auf so engem Raume eine so grosse Mannigfaltigkeit an Brücken wie Pittsburg.)

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 = $3,8 - 4,3 \text{ t} : \text{cm}^2$; 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 $4,3 - 4,8 \text{ t} : \text{cm}^2$ 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 Gusstahl verwendet.

Es steht zu erwarten, dass das Schweisseisen, für das eine kleinste Festigkeit von durchschnittlich $3,3 \text{ t}$ 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 (Achsdrukke bis zu 18 t) zu Grunde gelegt.

Vielfach werden die bestehenden Brücken zur Zeit wie bei uns einem Erneuerungs- und Verstärkungsprozess unter-

worfen, 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 mehr 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 etwa 33 Rp. das Kilogramm. Die Jahresleistung der grösseren Brückenwerkstätten steigt in günstigen Jahren nicht selten auf 20–30,000 t 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 den 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 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 verhältnismässig 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 $1,2 - 1,4 \text{ t} : \text{cm}^2$ gerechnet, als zulässige Stauchspannung $\frac{4}{3} - \frac{3}{2}$, als zulässige Scherspannung etwa $\frac{1}{2}$ mal so viel.

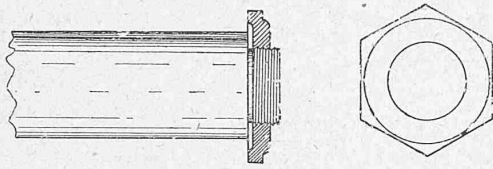
Um das Biegemoment zu verringern, werden die Stäbe vorsichtig gruppiert und unter anderem die äusseren Flachstäbe der Untergurte zuweilen bloss halb so stark gemacht wie die inneren.

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 Abhilfe 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 vereinigenden Teile. Für jeden Teil wird ca. 1 mm Spielraum zugeschlagen. Die übrigen Masse werden durch Normalien bestimmt.

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

Fig. 2.



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. (Fig. 2.)

Fig. 3.

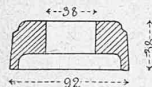
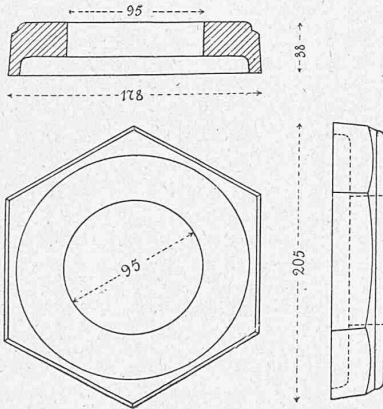


Fig. 4.



Die Schraubenmutter (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 aufruhet. Die Figuren 3 und 4 zeigen die kleinste und grösste Schraubenmutter aus den Normalien der Phoenixville Bridge Co.

Als zulässige Nietspannung schreibt Theodore Cooper $\frac{3}{4}$ der zulässigen Zugspannung desselben Materials vor, vorausgesetzt, dass die Nieten in der Werkstätte geschlagen werden. Feldniete werden ihrer geringen Zuverlässigkeit wegen nur mit $\frac{2}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ 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.

Auf Verlangen werden stählerne Stücke nach dem Lochen auch ausgeglüht.

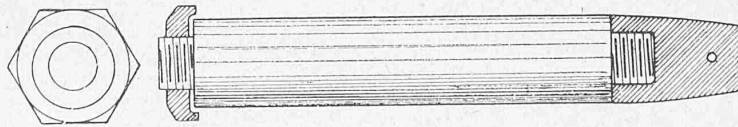
Zum Stanzen der Nietlöcher werden neben den überall üblichen Stanzmaschinen vielfach besondere Apparate verwendet. In den grösseren Werken trifft man gewöhnlich Maschinen an, mittelst deren gleichzeitig mehrere Löcher, bis zehn in einer Reihe, hergestellt werden können. Dabei lassen sich nach Belieben 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 Vor Schub auf die gewünschte Strecke zu begrenzen. Zur Bedienung 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.

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 Niet-

Fig. 5.



Bolzen von untergeordneter Bedeutung, wie die zur Befestigung der Windstreben, erhalten gewöhnlich nur auf einer Seite ein Schraubengewinde und auf der andern einen Kopf. Die Schraube wird auch zuweilen durch einen blossen Splint ersetzt.

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. 5.)

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

maschinen 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.

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

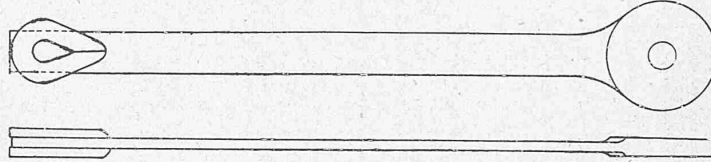
keine Kettenbrücken mehr gebaut werden, nahezu ausgestorben ist.

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. 6.)

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.

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

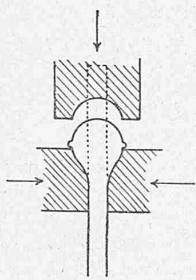
Fig. 6.



Nun wird das zum zweitenmal erhitze Stabende in eine 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 erhitze 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

Fig. 7.



Stab zum glätten zwischen zwei Walzen durchgeschoben, hierauf das Stabende ausgeglüht und schliesslich das endgültige Auge gebohrt.

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

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

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

Fig. 8.



Fig. 9.

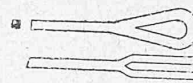
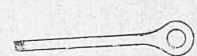


Fig. 10.



Die Augen dieser kleineren Stäbe werden von Hand geschmiedet. Die Figuren 8 zeigen die verschiedenen Stadien der Arbeit. Aus einem kurzen Stücke wird eine Schleife gebildet, und diese hierauf an den ganzen Stab angeschweisst. Ähnlich werden Rundeisen behandelt.

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

Fig. 11.

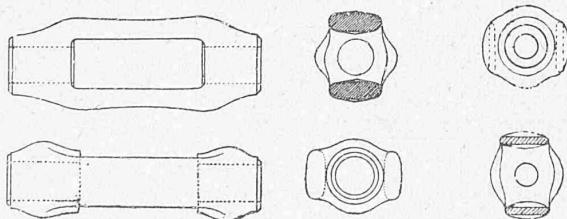
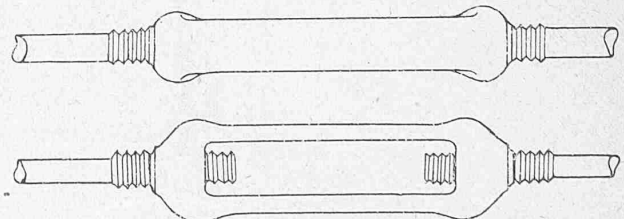


Fig. 12.



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

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. 9.)

Etwas umständlicher ist die Arbeit, wenn an einen Quadratstab ein flaches, ganz rundes Auge angeschmiedet werden muss. (Fig. 10.)

Gegen- und Windstreben werden fast immer regulierbar eingerichtet. An passender Stelle wird eine Schraubenmutter mit Rechtslinksgewinde eingefügt. Diese Schraubenmutter werden entweder offen oder geschlossen hergestellt. Die offenen sind in der Regel vorzuziehen, weil ihr Inneres sichtbar ist. Die Figuren 11 und 12 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. 13.) Die Herstellung dieser Schraubenmutter 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

den. Auch Vereinigungen von drei I- oder C-Eisen werden wenig mehr ausgeführt.

Die Figuren 16 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

Fig. 13.



Fig. 15.

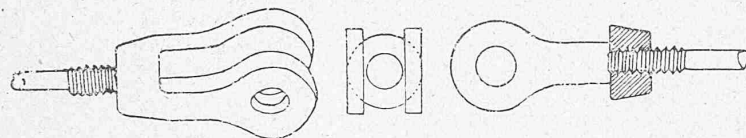
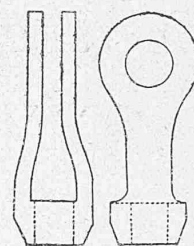


Fig. 14.



der Aussenfläche sechseckige Gestalt giebt, 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 Hämmer 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 14 und 15 zeigen zwei Formen dieser „Clevises“ genannten Klammern.

Die Herstellung derselben ist ebenfalls eine Specialität, auf die einzelne Fabrikanten eingeübt sind. Durch hydraulischen Druck wird ein glühend gemachtes kurzes Flach-eisenstück 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.

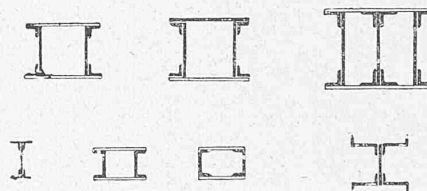
Die früher üblichen, aus vier Quadranteisen oder sechs Sextanteisen zusammengesetzten Stäbe, die sogenannten Phönix-Säulen („Phönix Columns“, weil sie von den Werken zu Phönixville eingeführt worden sind) hat man ganz aufgegeben. Ebenso sind die von den Keystone-Werken seiner Zeit bevorzugten röhrenförmigen, aus vier Quadrant- und vier C-Eisen zusammengeschraubten Stäbe verschwun-

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

Fig. 16.



gestossen ist, zuerst aus jedem Teil einzeln roh herausgestantzt. 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.

7. *Blecbalken.* Die amerikanischen Biechbalken-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. Wäh-

rend 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.

8. *Fachwerke.* Von den früher in Amerika üblichen Fachwerkformen sind eine ganze Reihe vom Schauplatz verschwunden. Träger nach Post, Kellogg, Bollmann, 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. 17.)

Bei grossen Spannweiten, wo die Länge der Fächer nach dem gewöhnlichen Pratt-System zu gross wird, greift man zum System Whipple, d. h. zum Pratt-Träger mit

Fig. 17.

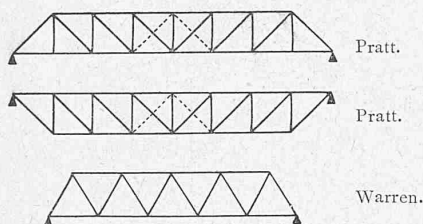
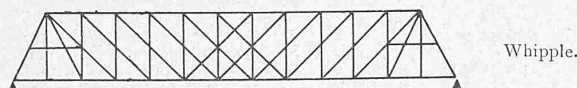


Fig. 18.

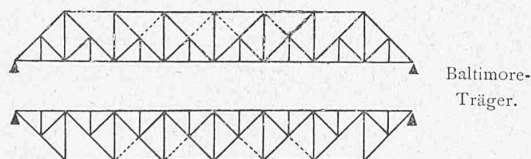


doppeltem Strebenzug. (Fig. 18.) Um die Knickfestigkeit der Endstrebe zu erhöhen, verbindet man ihre Mitte häufig mit der Mitte des zweiten Pfostens durch einen Querstab.

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. 19.) Da dieser neue Träger von der Baltimore Bridge Co. zuerst ausgeführt worden ist, wird er der Baltimore-Träger oder auch nach dem „Erfinder“ der Pettit-Träger, zuweilen auch der Subpratt-

Fig. 19.



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 Händen 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.

9. *Kontinuierliche und Cantilever-Brücken.* Eigentliche kontinuierliche Fachwerkbrücken giebt 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 Cantilever¹⁾. 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 entstanden²⁾.

Statistik

der eidgenössischen polytechnischen Schule in Zürich

(Wintersemester 1894/95).

Abteilungen der polytechnischen Schule.

I. Bauschule	umfasst gegenwärtig	3 1/2	Jahreskurse,
II. Ingenieurschule	»	3 1/2	»
III. Mechanisch-technische Schule	»	3 1/2	»
IV ^a . Chemisch-technische Schule (Technische Sektion)	»	3 1/2	»
IV ^b . Chemisch-technische Schule (Pharmaz. Sektion)	»	2	»
V ^a . Forstschule	»	3	»
V ^b . Landwirtschaftliche Schule	»	2 1/2	»
V ^c . Kulturingenieurschule	»	3 1/2	»
VI. Fachlehrer-Abteilung	»	4	3)
		3	4)

I. Lehrkörper.

Professoren	54
Honorarprofessoren und Privatdocenten	50
Hilfslehrer und Assistenten	36 ⁹

140

Von den Honorarprofessoren und Privatdocenten sind zugleich als

Hilfslehrer und Assistenten thätig	9
------------------------------------	---

Gesamtzahl des Lehrpersonals 131

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

²⁾ Ingenieur C. 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.

³⁾ Mathematische Richtung. ⁴⁾ Naturwissenschaftliche Richtung.