

II. Teil.

Geschichtliche Entwicklung des Brückenbaues*).

§. 11. Begriff, Hauptbestandteile und Einteilung der Brücken.

Jede Vorkehrung, welche dazu dient, einen Weg (Strasse, Eisenbahn, Wasserlauf) über einen anderen Weg, ein stehendes oder fließendes Gewässer oder ein Thal hinwegzuführen, kann man im allgemeinsten Sinne als Brücke bezeichnen. Je nachdem dann Landwege (Strassen, Eisenbahnen) oder Wasserwege hinüberggeführt werden, zerfallen die Brücken in Viadukte (Strom- und Kanalbrücken, Durchlässe, Ueberführungen) und Aquädukte (Brückenkanäle, Wasserleitungen).

Die Brückenkanäle findet man in Ländern wie Holland, wo das Kanalbett oft in Brückenform über die tiefer gelegene Landstrasse hinweggeführt wird, aber auch in Gebirgsgegenden, in denen die Eisenbahnlinien zuweilen gegen Ueberflutungen durch brückenartige Ueberführungen der Wasserläufe gesichert werden müssen. Die Aquädukte im engeren Sinne, die Wasserleitungen, sind Bauten, welche im Altertume dazu dienten, oft aus weiter Ferne Wasser auf einer schiefen Ebene über Berg und Thal zu den Städten und Lagern zu führen. Sie sind oft bewunderungswürdige, aber fast immer sehr kostspielige Werke, welche in moderner Zeit durch die sich dem Boden anschmiegenden, meist unterirdischen Röhrenleitungen ersetzt sind, in denen das Wasser nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren dahinströmt.

Wenn wir von den aus einem einzelnen

*) Die dem Texte eingefügten Figuren sind mit den Ziffern I, II... bezeichnet, während sich die Nummern 1, 2... auf Figuren beziehen, die sich am Schlusse der Abhandlung vorfinden.

Baumstamme, einem Brette, einer Steinplatte u. s. w. gebildeten Uebergängen absehen, so besteht fast jede Brücke (Viadukt) aus folgenden drei Hauptteilen:

1. den Pfeilern, welche den Brückenträgern die nötigen Unterstützungspunkte bieten und dabei oft neben dem Drucke derselben auch ihren Zug oder Schub in besonders konstruierten Widerlagern aufnehmen. Zugleich haben sie dem Drucke der hinterlagernden Erdmassen (bei Landpfeilern) bzw. des Stromes, der Wellen und des Eises (bei Strompfeilern) Widerstand zu leisten.

2. den Brückenträgern, die mindestens doppelt vorhanden sind und mittels Quer- und Zwischenverbindungen (Windversteifung) gegen Umfallen durch seitlichen Druck gesichert werden. Ihre Aufgabe ist es, die Fahrbahn zu tragen.

3. der Brücken- oder Fahrbahn, welche den Verkehr aufzunehmen hat und meist aus dem Streckbaum und den darauf gelagerten Balken, Bohlen, Brettern oder Platten besteht. Bei grösseren Brücken wird die Fahrbahn im engeren Sinne von einer besonderen Fahrbahnkonstruktion getragen, die sich ihrerseits auf die Brückenträger stützt.

Träger und Fahrbahn vereinigt man wohl unter der Bezeichnung Ueberbau gegenüber den Pfeilern als Unterbau.

Als das Wichtigste der ganzen Brücke betrachtet man die Brückenträger, und das Material, aus dem sie gebildet, dient zur Bezeichnung der ganzen Brücke, so dass z. B. eine Brücke, deren Pfeiler aus Stein, deren Fahrbahn aus Holz, deren Träger aber aus Eisen gebildet sind, eine eiserne Brücke genannt wird.

Bei grösseren Brücken, für deren Spannweite nicht mehr die einfache Länge eines Balkens ausreicht, wird der Träger aus horizontalen, schrägen und senkrechten Stäben, Balken oder Platten zusammengesetzt, wie Fig. 8—12 im Anhang dieses zeigt. Die horizontalen Teile nennt man die Gurte (Ober- und Untergurt), die schrägen und senkrechten Stäbe bilden den Steg (vergl. S. 9).

Man unterscheidet ferner feste und bewegliche Brücken. Zu den beweglichen gehören namentlich die Schiffbrücken und fliegenden Brücken (Ponten, Fähren), deren einfacher, billiger Aufbau und Abbruch sie besonders verkehrsarmen Gegenden oder kriegerischen Zeiten empfahl. Ferner rechnen hierher die Zug-, Dreh-, Roll- und Hubbrücken; erstere meist an Zugängen zu Verteidigungswerken, die anderen vornehmlich mit Rücksicht auf den Wasserverkehr, die Durchfahrt von Schiffen etc. konstruiert. Die einfachsten beweglichen Brücken, die auch im Kriege oder in unkultivierten Ländern zu vorübergehenden Zwecken gerne benutzt werden, sind die Flossbrücken. Ein bekanntes Beispiel bietet die nach Xenophons Erzählung von einem Griechen projektierte, aber wegen der Nähe des Feindes nicht ausgeführte Brücke über den Tigris (Anabasis III, 5) deren Träger aufgeblasene schwimmende Tierfelle sein sollten.

Die festen Brücken teilt man der Konstruktion der Brückenträger nach ein

a) in Hängebrücken (s. § 6), wenn die Brückenbahn an Drahtseilen oder Ketten aufgehängt ist und die Widerlager und Pfeiler mithin auf Druck und Zug beansprucht werden.

b) in Stützbrücken, wenn Sprengwerke (s. § 5) oder Bogen und Gewölbe (s. § 8, 9) zur Unterstützung der Fahrbahn dienen und somit auf die Widerlager sowohl ein Druck als auch ein Schub ausgeübt wird.

c) in Balkenbrücken, wenn die Brückenträger auf die Widerlager nur mit senkrechtem

Drucke wirken. Die Brückenträger können hierbei einfache gerade Balken oder geradlinige, balkenartig ausgebildete Hängewerke oder Fachwerke (Parallelwerke; s. § 3 und 4) sein. Sie können aber auch einen gekrümmten Obergurt bei geradem Untergurt (Bogensehnenträger und Halbparallelträger s. § 8 Fig. I) oder umgekehrt einen gebogenen Untergurt bei geradem Obergurt (Fischbauchträger) besitzen; oder endlich sind beide Gurtungen gekrümmt, und der Träger zeigt linsenförmige Gestalt (s. Fig. IX). Das Charakteristische für alle Balkenträger ist aber, dass der Schub im Obergurte und der Zug im Untergurte sich gegenseitig aufheben, so dass die durch den Windverband zu einem hohlen Balken vereinigten Träger an den Enden fast nur senkrechten Druck ausüben.

Die vorstehend gemachten Unterscheidungen lassen sich in der Praxis nicht überall streng durchführen, da manche Brückenkonstruktionen als Kombinationen der genannten Gattungen sich darstellen.

§ 12. Der Brückenbau im Altertum.

Die älteste Holzbrücke mit festen Pfeilern, von der uns (abgesehen von Ost-Asien) die Geschichte Kunde gibt, ist die Euphratbrücke bei Babylon mit Trägern aus beschlagenen Cedern- und Cypressenbalken, die wahrscheinlich zur Sicherung gegen nächtlichen feindlichen Ueberfall zum Teil als Zugbrücke eingerichtet war. Herodot, der die Brücke selbst gesehen, erzählt, dass die Steinpfeiler im Flussbette aufgemauert seien, nachdem dieses durch Ableitung zeitweise trocken gelegt war.

Als erste Steinbrücken des Westens haben wir die Kragsteinbrücken in Aegypten und Griechenland anzusehen, von der unsere Abbildung (Fig. 26) ein Beispiel aus Sparta (Eurotas-Fluss) bietet. An Stelle der erst später in den Brückenbau eingeführten Gewölbe finden wir hier den zu überbrückenden Zwischenraum durch überkragende Steinschichten trichterförmig

geschlossen. (Es ist dasselbe System wie bei dem Löwenthor zu Mykene). Neben diesen festen Brücken finden wir in historischer Zeit andere Brücken erwähnt, wie die Schiffbrücken des Darius und Xerxes über Bosporus und Donau bezw. über den Hellespont (Herodot IV 88, 89; VII 33—36), desgleichen Pfahlbrücken wie Pons sublicius (Liv. I 33, II 10) und die Rheinbrücken Caesars (Bell. Gall. IV 17; VI 9).

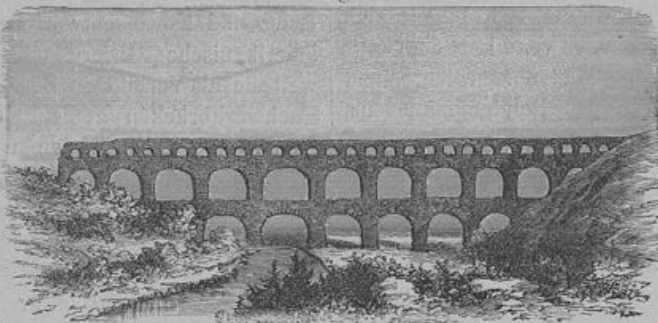
Einen mächtigen Aufschwung nahm der Brückenbau durch die namentlich bei den Römern erfolgte Einführung des Gewölbebogens*). Ihr verdankt man Steinbrücken, welche trotz ihres hohen Alters heute noch benutzt werden, wie die Aemilius-, Fabricius- (s. Fig. 27) und Aelius-(Engels)-Brücke in Rom über den Tiber und die schöne Marmorbrücke des Augustus zu Rimini, die 72 m lang mit 5 Bogen die Marecchia überspannt. Die Brücken dieser Zeit benutzen sämtlich den nach jetziger Auffassung nicht sehr günstigen Halbkreisbogen. Daher haben sie und namentlich die Pfeiler für unser Auge meist etwas Schwerfälliges, da die Spannweite gegenüber der Bogenhöhe (2:1) nur gering ist. Eines der interessantesten Baudenkmäler im Brückenbau jener Zeit ist die Donaubrücke des Trajan, erbaut von Apollodor im Dakerkriege in 18 Monaten unterhalb der Stromschnellen von Orsova. Die von Apollodor gelieferte Beschreibung ist verloren gegangen, dagegen eine, wenn auch verkürzte, Abbildung

*) Bei den Gewölben unterscheidet man die meist gekrümmten äusseren und inneren Begrenzungsflächen als äussere und innere Laibung; die an die Widerlager anschliessenden Steine des Gewölbes heissen Kämpfer, der im Scheitel befindliche ist der Schlussstein (vergl. § 5 u. 8).

auf der Trajan-Säule uns erhalten geblieben. Die riesigen Pfeiler, 160 Fuss hoch und 60 Fuss dick, wurden unter zeitweiliger Trockenlegung des Flussbettes mittels Fangdamm gegründet; sie bestehen im Inneren aus mächtigen Eichenstämmen, aussen aus Quadern und dazwischen Mörtel. Die Reste einiger sind noch jetzt erhalten. Die Bogen, hölzerne Sprengwerke, waren aus Balken mit der bedeutenden Spannweite von 110 Fuss hergestellt.

Eine sehr ausgedehnte Anwendung fand der Gewölbebogen in den zahlreichen Wasserleitungen (Aquädukten), die oft mehrere Bogenreihen über einander aufweisen. Unsere Abbildung (Fig. II) zeigt den wahrscheinlich von dem Feldherrn Agrippa (63—13 v. Chr.) errichteten Aquädukt von Nîmes (Pont du Gard), welcher als eines der kühnsten und architektonisch schönsten Bauwerke der Römer angesehen wird. Er besteht aus zwei höheren und einem niederen Stockwerk; seine grösste

Fig. II.



Bogenweite beträgt 24,4, seine grösste Höhe über der Flusssohle 48 bis 49 m.

§ 13. Bau von Holz- und Steinbrücken in Mittelalter und Neuzeit.

Mit der Zertrümmerung der abendländischen Kultur durch die Zerstörung des weströmischen Reiches verfällt auch die Baukunst und mit ihr der Brückenbau; zwar rühren von den Goten noch einige Aquädukte her, wie der durch Theoderich in Umbrien bei Spoleto erbaute, welcher sich durch eine bei seiner gewaltigen Höhe (77 m) geringe Pfeilerstärke (sie nimmt ab von 12,3 bis 9,6 m) auszeichnet und deshalb wohl mit Recht die Bezeichnung „kühn“ verdient. Ebenso wurden auch im Mittelalter in den auf-

blühenden Städten viele Gewölbe-Brücken gebaut z. B. die alte Moselbrücke bei Coblenz (1334 vollendet), die berühmte Rialto-Brücke in Venedig (1587—91 erbaut). Es ist sogar ein bedeutender Fortschritt darin zu erblicken, dass man von dem früher ausschliesslich benutzten Halbkreisbogen zu flacheren Bogen überging, deren Pfeil-Verhältnis*) wie bei der Fleischbrücke in Nürnberg selbst bis 1:8 geht, und deren Pfeiler sich durch bei weitem schlankere Gestalt auszeichnen, aber dieser Fortschritt ist doch, namentlich in Anbetracht der langen Zeit und der Weiterentwicklung der übrigen Architekturzweige, ein sehr geringer zu nennen.

Ein Aufblühen der gesamten Ingenieurwissenschaften geht von Frankreich und besonders von Colbert aus. Dort wurde 1671 die Akademie der Baukunst gegründet, 1720 bildete sich durch staatliche Massnahmen veranlasst das Corps der wissenschaftlich gebildeten Ingenieure, und 1794 bzw. 95 wurde das Polytechnikum ins Leben gerufen, dem Frankreich es verdankt, wenn es lange Zeit an der Spitze der mathematisch-technischen Entwicklung Europas stand**).

Von den vielen Brückenbauten dieser Zeit gilt als die hervorragendste Steinbrücke die 1768—74 von Peronnet bei Neuilly über die Seine erbaute (s. Fig. 28), deren fünf Korbbogengewölbe (s. § 8 u. Fig. 20) an den Ecken mit Abschrägungen, sogenannten Kuhlhörnern versehen sind. Das Pfeilverhältnis beträgt hier 1:4, bei der Brücke zu St. Maixent (1774—84) mit 3 Segmentbogen sogar 1:12. Die weiteren in

*) Unter Pfeilverhältnis versteht man das Verhältnis von Höhe des Bogenseitels über der Verbindungslinie der Widerlager zu der Länge dieser Linie.

***) Der Einfluss dieser Schule zeigt sich noch heute in Frankreich einmal in der grossen Zahl ehemaliger Schüler, die leitende Staatsämter bekleiden, und zum anderen in dem Stolz, womit diese sich *élève ancien de l'école polytechnique* (z. B. Präsident Carnot) nennen.

dieser Zeit in den übrigen europäischen Staaten gebauten Brücken müssen wir hier übergehen.— Auch die Holzbrücken zeigen von dieser Zeit an einen bedeutenden Fortschritt einmal in der Vergrösserung der Spannung bei geraden Balkenträgern (Limmat-Brücke in der Schweiz mit 118—119 Fuss Spannung) und zum anderen in der Anwendung der aus Holzbalken gebildeten Bogen als Träger der Fahrbahn. Die Abbildung (Fig. 29) zeigt als Beispiel eine hölzerne Eisenbahnbrücke, Cascade-Brücke genannt, in der Erie-Bahn (Amerika), erbaut 1848/49 von Brown. Die Anregung zu diesen hölzernen Bogenbrücken war von deutschen Ingenieuren (Wiebeking) ausgegangen.

Die wichtigste Art der Holzbrücke aber ist die Town'sche Lattenbrücke bezw., die von Long und Howe entworfene und ausgebildete amerikanische Gitter- oder Fachwerkbrücke, weil sie als Vorbild zu den eisernen Gitter- und Fachwerkbrücken gedient haben, die wir als Parallelwerke bezeichnen und die eine grosse Bedeutung im Brückenbau besessen haben und noch besitzen. Die Abbildung (Fig. 30) zeigt die Howesche Fachwerkbrücke über den Chikapöe in der Connecticutbahn. Die Träger dieser Holzgitterbrücken bestehen aus dem horizontalen Ober- und Untergurt und einem vertikalen aus geraden und schrägen nach Art des gleichschenkligen Dreiecks zusammengesetzten Stege (s. § 4).—Auch bei diesen Brücken können wir nicht lange verweilen, weil ihre Bedeutung für uns, wenn wir von ihrem historischen Werte absehen, gering ist. Für die Hauptteile definitiver Brücken in Eisenbahnlinien ist (für Deutschland wenigstens) seit dem bezüglichen Beschluss der Eisenbahn-Verwaltungen vom Jahre 1859 das Holz ausgeschlossen, und auch bei bedeutenderen Strassenbrücken wird man in Deutschland kaum noch das Holz als Brückenträger verwenden, seitdem die Technik der Eisenindustrie eine so bedeutende Höhe erreicht hat. Die Amerikaner allerdings bauen trotz der ge-

ringeren Betriebssicherheit noch fortgesetzt Holzbrücken, wo die örtlichen Umstände dadurch erhebliche Ersparnisse an den Baugeldern ermöglichen.

Die Eigenschaften der Holz-, Stein- und Eisenbrücken lassen sich im allgemeinen kurz folgendermassen charakterisieren:

Die Holzbrücken sind am schnellsten und in holzreichen Gegenden am billigsten zu bauen; aber ihre Betriebssicherheit namentlich gegen Feuersgefahr und Einbruch ist nicht sehr bedeutend.

Die Steinbrücken gewähren die grösste Sicherheit und Dauer, aber Bauzeit und Baukosten sind sehr beträchtlich.

Die Eisenbrücken vereinigen im allgemeinen die guten Eigenschaften beider, also Billigkeit und Schnelligkeit im Bau, Sicherheit und Dauer im Betrieb, und daher wendet sich der Brückenbau seit Beginn des Eisenbahnbaues in steigendem Masse dem Bau eiserner Brücken zu.

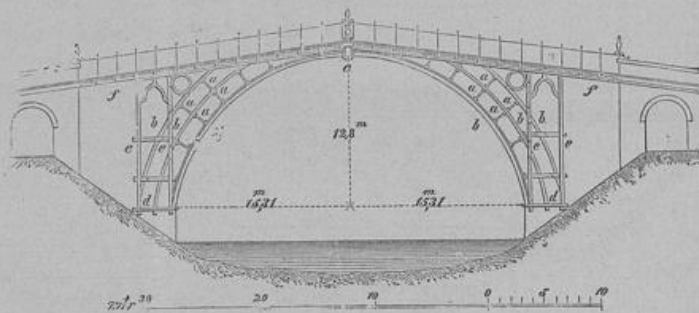
§ 14. Der Bau eiserner Brücken.

Die Entwicklung der eisernen Brücken ist aufs engste verknüpft mit der des Eisengewerbes. Solange die erzeugten Eisenmengen (und zwar war es zuerst das Schmiedeeisen, welches im Altertum und Mittelalter im sogenannten Rennverfahren^{*)} gewonnen wurde), noch gering waren, konnte man nicht daran denken, das Eisen für grössere Brücken in Anspruch zu nehmen. Erst als man ungefähr seit 1740 gelernt hatte, im Hohofenprocess unter Verwen-

^{*)} Das Rennverfahren bestand darin, dass man die Eisenerze mit Holz- oder Steinkohlen gemischt in einem Windofen erhitzte und die sich dabei bildende schwammige Masse von Schmiedeeisen ausschüttete. Dasselbe Verfahren (im wesentlichen) fand Livingstone im Innern Afrikas; es ist aber nur in kleinem Massstabe und mit reichen Erzen ausführbar.

dung von Steinkohlen grosse Mengen Roh- oder Gusseisen herzustellen, und namentlich, seitdem durch Einführung des Cylindergebläses um 1760 die Feuerungsmethode bedeutend verbessert war, waren die Vorbedingungen für den Bau eiserner Brücken geschaffen. Daher sehen wir, dass kaum 13 Jahre nachher die ersten Eisenbrücken hergestellt werden und zwar aus Gusseisen, welches für die nächsten 70 Jahre das Hauptbaumaterial der Eisenbrücken blieb. Wir können diese Periode deshalb als die Zeit der Gusseisenbrücken bezeichnen. — Der Hohofenprocess liefert im allgemeinen zwei Sorten Gusseisen,

Fig. III.



das weisse und das graue. Ersteres enthält den Kohlenstoff, der das Roheisen leichter schmelzbar macht, in chemischer Verbindung, letzteres zum Teil wenigstens nur als Beimengung (Graphit). Das weisse Gusseisen ist spröde und für die Technik wenig verwendbar, aber aus ihm kann das Schmiedeeisen hergestellt werden, welches fast reines Eisen darstellt und schwer schmelzbar ist. Das graue Gusseisen dagegen zeigt genügende Festigkeit und Elasticität, um zu technischen Zwecken Verwendung zu finden, solange die Ansprüche in dieser Beziehung mässig sind. Daher sind auch die ersten Eisenbrücken aus diesem grauen Gusseisen hergestellt.

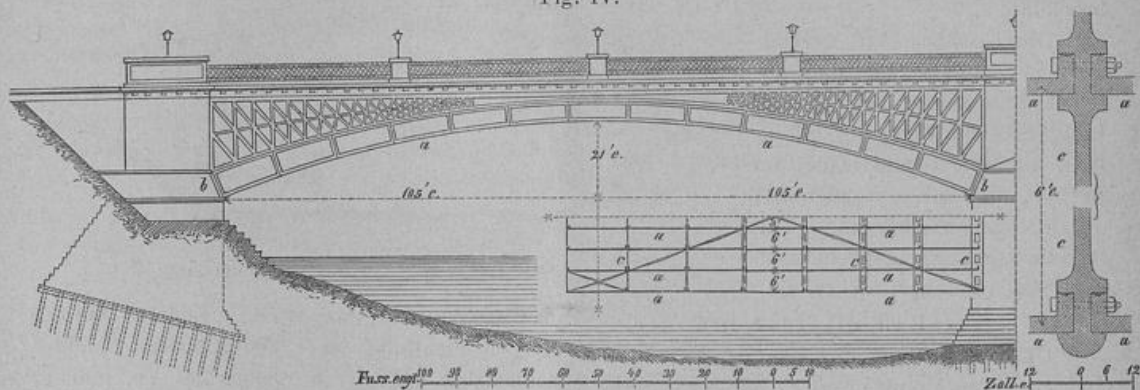
Als erste gusseiserne Brücke gilt die 1773—79 von den englischen Hüttenmeistern John Wilkinson und Abraham Darley nach eigenen Entwürfen über den Severn zu Coalbrookdale

mit 30,62 m Spannweite und 12,8 m Bogenhöhe nach dem Principe der Gewölbebrücken ausgeführt. Wie unsere Abbildung (Fig. III Seite 23) zeigt, besteht der Träger aus drei parallelen Bogen, die durch senkrecht zur Bogenfläche verlaufende Bolzen verbunden und versteift sind. Der mittelste Bogen besteht aus zwei im Scheitel zusammenschliessenden und in einem Gusse hergestellten Stücken. Die im Gusse so grosser Stücke liegende Schwierigkeit umging man später dadurch, dass man die Bogen aus einzelnen Segmentplatten zusammensetzte, die an den Enden an besondere, die Bogen senkrecht durchschneidende Gusseisenplatten angeschraubt wur-

bedeutendste Vertreterin der Gusseisenbrücken in Deutschland war die Eisenbahnbrücke über die Kinzig bei Offenburg mit 5 Bogen zu 12,66 m Spannweite und 0,12 m Pfeilhöhe. Dieselbe stürzte jedoch in Folge Unterwäsung der Fundamente im Jahre 1851 ein.

Auch in den übrigen Ländern Europas wurden zahlreiche gusseiserne Bogensprengwerkbrücken, ähnlich den vorher erwähnten, erbaut. Von diesen wollen wir nur die Louvre-, die Austerlitz- und die Carousselbrücke zu Paris anführen, da man sie wohl in Beschreibungen der französischen Hauptstadt erwähnt findet. Selbst in den Jahren 1858/59 bezw. 1860/61

Fig. IV.



den. Auf diese Weise ist die bei London über die Themse führende Southwarkbrücke gebaut, die unsere Abbildung (Fig. IV) zeigt. Die Brücke wird getragen von 8 Bogen, von denen jeder aus 13 Segmentplatten besteht. Unsere Abbildung gibt in der Hauptfigur nur einen Bogen, die beigefügten Zeichnungen zeigen aber die Verbindung der Segmentplatten (a) mit den, allen Bogen gemeinschaftlichen, Verbindungsplatten (c) sowie die Diagonal-Versteifungen der Bogen unter sich. Die erste Gusseisenbrücke auf deutschem Boden ist die über das Striegauer Wasser zu Laasen in Schlesien, welche 1794 erbaut wurde und, abgesehen von einer viel geringeren Pfeilhöhe, in der Konstruktion viel Aehnlichkeit mit der oben abgebildeten Severn-Brücke hat. Die

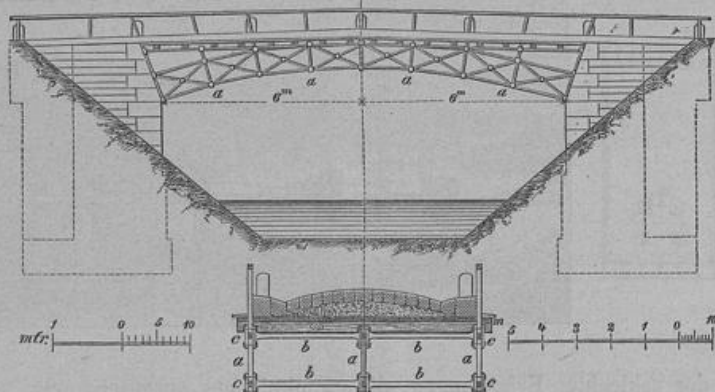
wurden in Paris noch zwei Gusseisen-Brücken, die Solferino- und St. Louis-Brücke, letztere mit 64 m Spannweite, erbaut. Neben den Bogensprengwerkbrücken finden wir aber auch zahlreiche kleinere Eisenbahnbrücken und Uebergänge, deren Träger gerade oder an der Unterseite gewölbte gusseiserne Balken sind, sowie auch Hänge- und Hängsprengwerkbrücken.

Es zeigte sich aber bald, dass das Gusseisen unter den Stössen, wie sie ein grösserer Verkehr, und namentlich der Eisenbahnverkehr mit sich bringt, eine Umwandlung in seiner Struktur erleidet, welche am meisten in den auf Zug beanspruchten Teilen, also besonders im Untergurt, die Tragfähigkeit in kurzer Zeit wesentlich vermindert. Daher ging man schon

zu Beginn der dreissiger Jahre dazu über, die auf Zug beanspruchten Teile der Brückenträger aus dem eine hohe Zugfestigkeit besitzenden Schmiedeeisen herzustellen, und würde diese Kombination von Gusseisen für die auf Druck, und von Schmiedeeisen für die auf Zug beanspruchten Brückenteile noch lange benutzt haben, wenn nicht die ungleichmässige Längenausdehnung beider Eisensorten bei Temperaturveränderungen, sowie die beim Giessen leicht auftretenden Fehler allmählich dazu gedrängt hätten, von dem Gusseisen überhaupt abzusehen und sich ganz dem Schmiedeeisen zuzuwenden. Wir können daher die Zeit der gemischteisernen Brücken — für Europa wenigstens — als eine Uebergangsperiode betrachten, während der ameri-

Frischprozess in reines Eisen (Schmiede- oder Schweisseisen) umgewandelt, indem man es wiederholt durch ein Holzkohlenfeuer niederschmelzen und dabei durch einen Windstrom hindurchtropfen liess, in dem vornehmlich die Beimengungen, besonders der Kohlenstoff, verbrannt wurden. Der Ersatz der durch den wachsenden Bedarf immer seltener werdenden Holzkohle durch Steinkohle oder Koks hatte sich bei diesem Verfahren als unthunlich erwiesen, da die eigenen Verunreinigungen der letzteren eine Reinigung des Eisens nicht zulieszen. Nachdem von Henry Cort angegebenen Verfahren erzielte man jedoch die Verbrennung der Nebenbestandteile des Roheisens und dadurch die gewünschte Bildung der Schlacke, indem man nur die Flam-

Fig. V.



kanische Brückenbau noch längere Zeit sich des besseren Gusseisens, das nur aus den reichsten und besten, z. T. im Raubbau gewonnenen Erzen erschmolzen wurde, bediente.

Den Uebergang von den gusseisernen zu den schmiedeeisernen Brücken finden wir vorbereitet in den Fortschritten, die das Eisengewerbe inzwischen durch die Ausbreitung und Verbesserung des 1784 von Henry Cort angegebenen Puddelverfahrens gemacht hatte. Nachdem das alte Rennverfahren verlassen, hatte man nämlich das Roheisen im sogenannten

mengase von Steinkohlen- oder Koks-Feuern im Puddelofen auf die geschmolzenen Roheisenmassen einwirken liess, ohne dass mangels einer direkten Berührung zwischen Feuermaterial und Eisen eine neue Verunreinigung des letzteren stattfinden konnte. Die Darstellung des Schmiedeeisens wurde dadurch viel billiger und bei dem Ueberfluss an Steinkohlen bzw. Koks konnte man jetzt beliebig grosse Mengen Schmiedeeisen darstellen.

Es war also im wesentlichen eine Verbesserung der Feuerungstechnik, welche die Her-

stellung von schmiedeeisernen Brücken und damit die zweite Periode des Baues eiserner Brücken ermöglichte.

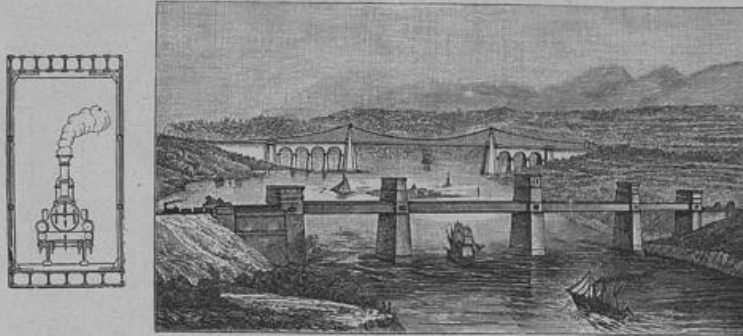
Die eigentliche Triebfeder zu diesem Uebergange aber haben wir im Eisenbahnbau und in den grossen Anforderungen zu suchen, die der Bahnbetrieb an die Technik des Brückenbaues sowohl in Bezug auf die Zahl und Grösse, als auch die Sicherheit der Brücken stellt. Zu keiner Zeit hat ja der Brückenbau einen solchen Aufschwung genommen wie bei der Ausbreitung der Eisenbahnen.

Als erste Schmiedeeisen-Brücke gilt die 1808 über den Crou bei St. Denis gebaute kleine Brücke (s. Abbildung Fig. V S. 25). Man hatte bei ihr das Gusseisen ganz ausgeschlossen, ver-

die ganz aus Kesselblech und zwar in Form einer Röhre oder eines Tunnels von rechteckigem Querschnitte auf Grund eingehender Festigkeits-Untersuchungen gebaut wurde, ist die Britannia-Brücke, und sie verdankt demselben Stephenson ihre Erbauung, dessen 1829 preisgekrönte Lokomotive das Zeitalter des Eisenbahnbaues eröffnete.

Die Brücke liegt in der Chester-Holyhead-Eisenbahn und überschreitet die die Insel Anglesey von Nordwales trennende Menai-Meerenge mit drei Strompfeilern (s. Abbild. Fig. VI), deren mittelster, auf dem Britannia-Felsen erbaut, der ganzen Brücke den Namen „Britannia-Brücke“ gegeben hat. Die auf Druck beanspruchte Decke (Obergurt) der Röhre, welche der Gefahr des

Fig. VI.

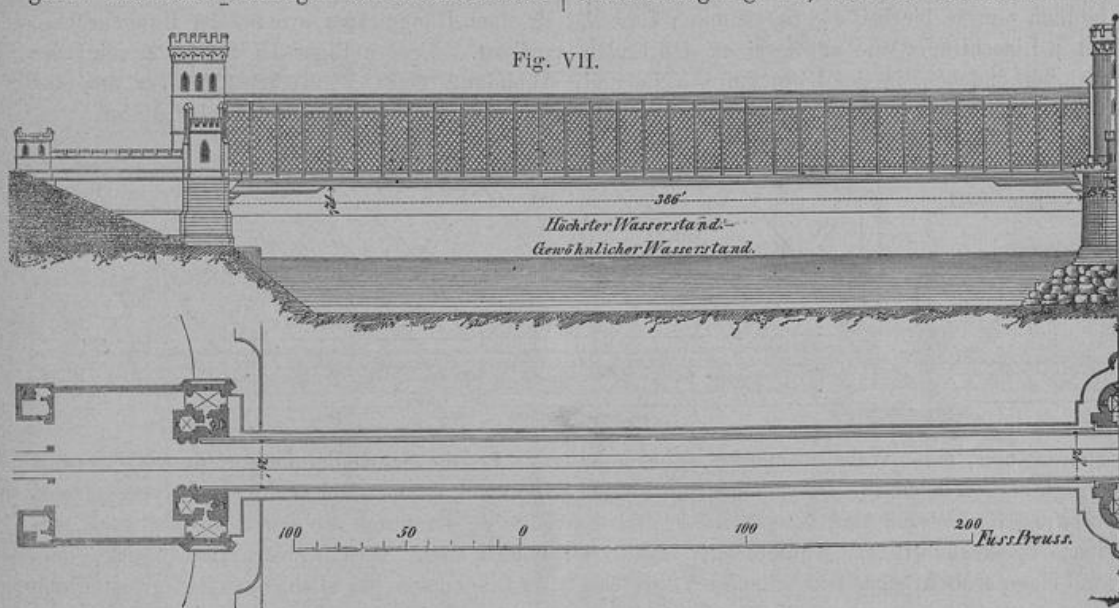


mutlich wegen der schlechten Erfahrungen, die man mit diesem beim Bau der Austerlitzbrücke durch Bruch und Senkung einiger gusseiserner Wölbstücke gemacht hatte. Dieses Beispiel blieb jedoch lange ohne Nachfolge, und erst als 1846 englische Ingenieure erklärt hatten, dass das Schmiedeeisen in der Form der Kesselbleche nicht nur mehr Sicherheit, sondern auch wegen der Materialersparnis gegenüber den grossen Gusseisenbarren in Folge der erwähnten Verbesserung der Eisentechnik grössere Billigkeit gewähre, begann man kleinere, namentlich bewegliche Eisenbahn-Uebergänge aus Kesselblech herzustellen. Die erste grosse Brücke,

Einknickens ausgesetzt war, sowie der auf Zug beanspruchte und in erster Linie durch den Eisenbahnverkehr belastete Boden (Untergurt) der Röhrenbrücke ist, wie der der Abbildung beigefügte Querschnitt zeigt, doppelt und durch vertikale Zwischenwände oben in acht, unten in sechs Röhren von annähernd quadratischem Querschnitte geteilt von einer Weite, dass ein Mann gerade hindurchkriechen kann; die Seitenbleche (Steg) wurden durch aufgenietete, die Fugen bedeckende T-Eisen gegen Einknickern gesichert. Ausserdem brachte man noch über den Pfeilern zur Versteifung gusseiserne Rahmen im Inneren der Röhre an. Die mittleren Oeff-

nungen haben eine lichte Spannweite von 139,5 m, die Seitenöffnungen von 70,5 m bei einer Höhe des Kastens von (rund) 9 und einer Breite von 4,5 m. Die Röhren wurden für jede Oeffnung am Lande erst zusammengesetzt, auf Schiffen an Ort gebracht und durch hydraulische Pressen an ihre Stelle gehoben. Um die durch Temperatureinflüsse bedingten Längenänderungen ungestört sich vollziehen zu lassen, liess man ein Ende jeder Röhre frei beweglich auf Kugeln bezw. Rollenstühlen (s. Fig. I unten S. 15) aufliegen. Die Pfeiler überragen den Brückenkasten

stäbe, welche den Tunnelbrücken gegenüber eine grosse Ersparnis an Material ermöglichten, und führte statt der Verdoppelung von Decke und Boden mit ihrer Röhreneinteilung flache Gurte und zwischen den beiderseitigen Trägern als Windversteifung horizontale Stäbe und Zugstangen ein. Nach diesem System, welches bald in eine bewusste Nachbildung der amerikanischen (Townsend) Holz-Lattenbrücke überging, wurde (1850—57) die Dirschauer Weichselbrücke (6 Oeffnungen zu 121,13 m Spannung s. Abbildung Fig. VII) als erste Gitterbrücke in



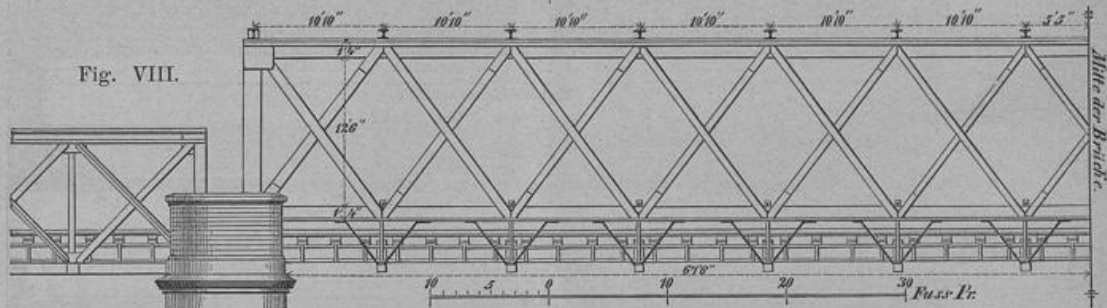
um ein Beträchtliches, da sie als Pilonen (Pfeiler) für eine Tragkette vorgesehen waren für den (nicht eingetretenen) Fall, dass die Tragfähigkeit des hohlen Balkens, denn einen solchen stellt die Röhre dar, nicht ausreichen sollte. Die Bauzeit hatte sich von April 1846 bis August 1850 erstreckt.

Diese Brücke fand, wie nicht anders zu erwarten, zahlreiche Nachahmungen, aber man ersetzte bald die vollwandigen Vertikalträger durch zahlreiche, unter sich vernietete Gitter-

Deutschland und neben mehreren anderen die Kölner Rheinbrücke mit 4 Oeffnungen zu 98,2 m Spannung gebaut. Aber der Mangel an Berechnung für die auftretenden Spannungen in dem engmaschigen Gittersystem, die Verbiegungen der unter sich vernieteten Gitterstäbe veranlasste schon in den fünfziger Jahren die Einführung der Fachwerkträger mit weiten Maschen und gekreuzten, teils winkligen (profilirten), teils flachen, unter sich wenig oder nicht verbundenen Stäben. (Näheres s. § 4.) Eine Fachwerkbrücke,

deren Stäbe nach dem System des gleichschenkligen Dreiecks zusammengestellt sind, ist die Eisenbahnbrücke über die Lahn bei Oberlahnstein (s. Abbild. Fig. VIII). Die Gitterbrücken und auch die ersten sehr zahlreichen Fachwerkbrücken sind fast ausschliesslich mit parallelen, geradlinigen Gurtungen konstruiert; bald aber ging man dazu über, die Gurte als Vielecke bzw. gekrümmte Linien zu gestalten, zumal sich durch deren Anwendung ganz bedeutende Material-Ersparnis erzielen liess. Diese beträgt z. B. bei den Parabelträgern 18—20%. Vorbildlich waren hierbei die sogenannten Laweschen Linsenträger, die aus zwei an den Enden fest verbundenen, in der Mitte durch Keile und Stäbe auseinander gehaltenen Holzbalken be-

Krümmung weicht der günstigeren Spannungs-Verhältnisse wegen etwas von der Parabelform ab. Da der nach oben gekrümmte Obergurt auf Druck beansprucht ist und deshalb einen nach aussen wirkenden Horizontalschub erzeugt, während der auf Zug beanspruchte, nach unten gekrümmte Untergurt einen nach innen wirkenden Zug bewirkt, so müssen sich beide Schubkräfte an den Kämpfern im wesentlichen aufheben. Dem Laien wird die Konstruktion wohl am leichtesten dadurch verständlich, dass er den Obergurt wie einen Bogenträger, den Untergurt als einen Hängeträger, wie bei der Hängebrücke, auffasst. Unsere Figur IX Seite 29 zeigt die Abbildung eines Paulischen Trägers aus der 1860/62 erbauten Rheinbrücke bei Mainz.



stehen und eine verhältnismässig sehr hohe Tragfähigkeit besitzen. Die am meisten hierbei verwendeten Formen sind die schon § 8 erwähnten: Fischbauchträger, Linsenträger, Parabel- und Halbparabelträger. Die bekannte Vertreterin der letzten Trägerart, die 1867/69 erbaute Leckbrücke, haben wir schon oben S. 15 erwähnt. Die dort befindliche Fig. I zeigt in ihrem unteren Teile die mittelst Rollenstuhl und Drehwalze sich auf die Pfeiler stützenden Brückenteile (Näheres S. 30).

Einige besondere Systeme der Fachwerkbrücken sind die folgenden, die nach ihren Erfindern, deutschen Ingenieuren, genannt werden:

1. Der Paulische Träger, der die Linsenform zeigt. Beide Gurte sind durch vertikale und schräge Stäbe mit einander verbunden; die

2. Der Schwedler-Träger, dessen Obergurt aus zwei symmetrisch gelegenen Hyperbeln besteht, die durch ein gerades Mittelstück verbunden sind. Diese Konstruktion bewirkt, dass die Diagonalen bei allen, auch den grössten einseitigen Belastungen stets nur auf Zug beansprucht werden und dass diese Zugkraft wohl zu Null werden, niemals aber in negativen Zug d. h. Druck übergehen kann. Die Materialersparnis beträgt bei diesem Träger 10 Procent gegenüber den Parabelträgern. Die Abbildung (Fig. X Seite 29) stellt die Weser-Brücke bei Corvey nebst ihrem Gelenk dar. (Ueber Gelenk s. S. 30.)

3. Der Loose-Träger hat Aehnlichkeit mit dem Paulischen, nur sind beide bogenförmige Gurtungen doppelt vorhanden und jeder Doppel-

gurt durch Diagonalkreuze so in sich versteift, dass beide das ganze Biegungelement aufnehmen. Hierdurch werden die Diagonalen zur Fahrbahn überflüssig, und diese hängt daher

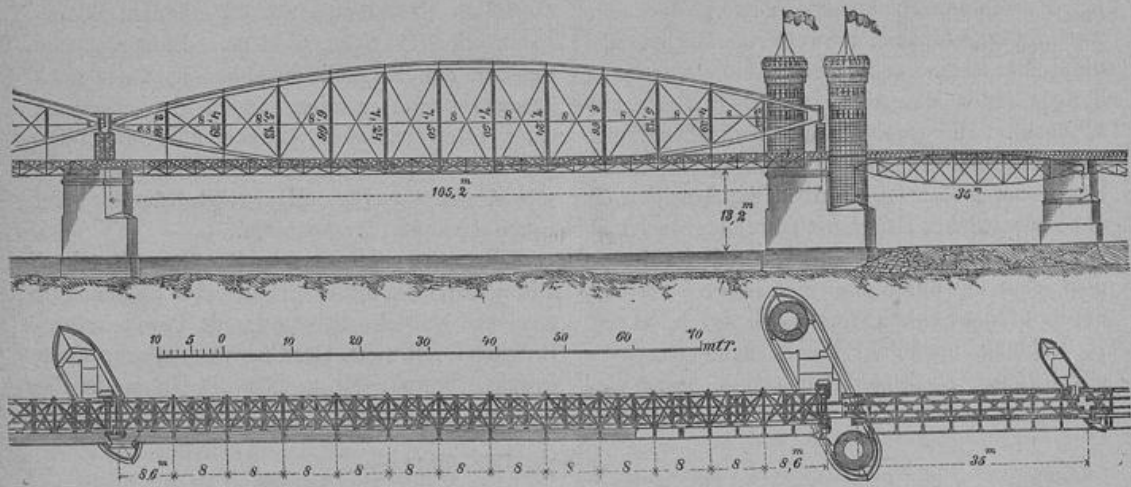
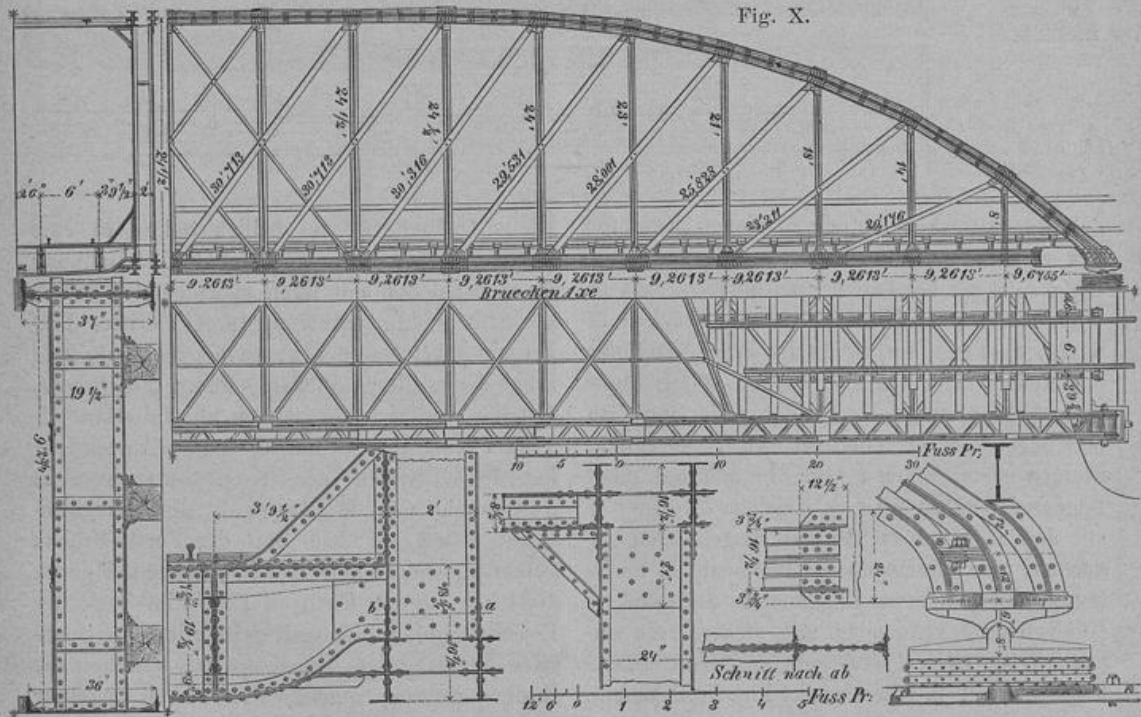


Fig. X.



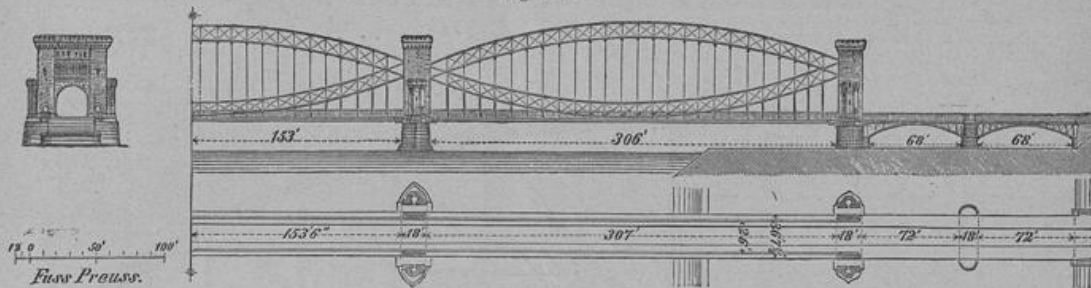
nur an vertikalen Hängeeisen. Fig. XI zeigt den Loose-Träger in der Hamburger Elbbrücke.

Früher konstruierte man gerne die Parallelträger als zusammenhängende Bauwerke über mehrere Pfeiler-Oeffnungen hinweg. Als Beispiel dient die Kölner Rheinbrücke, bei der ein einheitlicher Träger jedes Mal über zwei Oeffnungen hinübergelt. Hierdurch erzielte man einmal eine grosse Material-Ersparnis (10 bis 20 %) und konnte zum anderen Male den Aufbau der Brücke z. T. ohne eigentliches Baugerüst betreiben, aber man musste den Uebelstand dabei in den Kauf nehmen, dass die durch ungleichmässige Belastung, durch Pfeiler-Senkung und auch durch Sonnenbestrahlung bedingten Spannungen ungünstig einwirkten. Dieselben Uebelstände treten bei

Beide Einrichtungen verdanken ihre wesentliche Ausgestaltung dem deutschen Ingenieur Gerber. Die Kämpfergelenke finden sich in Deutschland zuerst an der alten, 1862/64 erbauten Bogen-Fachwerk-Brücke zu Coblenz. Entsprechende Gelenke am Scheitel, die aber jetzt nur noch wenig verwandt werden, finden sich zuerst an einer österreichischen Brücke über die Wien (1864) und an der Unterspree-Brücke (1865). Unsere Abbildung (Fig. XII) zeigt Kämpfer und Scheitelgelenke der letzteren.

Die Ausleger-, Krag- oder Cantilever-Brücken, mit denen man bisher die grössten Spannungen erreicht, wurden zuerst nur als Parallelträger-Brücken konstruiert. Das Charakteristische dieser Brücken besteht darin, dass die Träger zweier

Fig. XI.



den Bogenbrücken auf, deren Enden (Kämpfer) fest verankert sind. Daher suchte man, dem Brückenträger beweglicher zu machen, und erreichte dieses bei den Parallelträger-Brücken dadurch, dass man die Enden der Träger frei oder mit Rollen sich auf die Pfeiler stützen lässt (Fig. I unten) und dort, wo ein Pfeiler mit fortlaufendem Träger überbaut wird, bewegliche Stützen (Pendelstützen Fig. 31) anbringt. Die Bogenträger lässt man zu gleichem Zwecke sich mit den fast halbkreisförmig ausgekehrten Enden auf eine Eisenwalze stützen, die in einem ebenso ausgehöhlten Lager des Stützpunktes (Widerlagers) ruht oder mit diesem fest verbunden ist. Dieses nennt der Techniker ein Gelenk (s. Leck- u. Weserbrücke Fig. I u. X unten).

Pfeiler-Oeffnungen von beiden Seiten in eine dritte zwischen ihnen gelegene Pfeiler-Oeffnung hineinragen und mit ihren überragenden Teilen die Stützpunkte darbieten für ein drittes Trägerpaar, welches den verbleibenden Zwischenraum der mittleren Pfeiler-Oeffnung überbrückt. Letztere werden heute vielfach als Halb-Parabel-Träger konstruiert. Seine grossartigste Anwendung hat dieses System der freien Stützpunkte in Verbindung mit der Ausleger- oder Kragarm-Konstruktion bei dem Bau der Forth-Brücke gefunden, welche den an der Ostküste gelegenen 1631,5 m breiten Firth of Forth im Zuge der Eisenbahnlinie Edinburg-Dundee mit 521 m Spannung überschreitet. Die Kragarme bestehen aus riesigen Röhren, welche, wie unsere ungefähr

die Hälfte der Brückenlänge zeigende Fig. XIII lehrt, von den gemauerten Pfeilersockeln aus in leicht nach oben gewölbter Linie aufsteigen. Hierbei halten sie sich, da sie symmetrisch angeordnet und unter einander verbunden und versteift sind, gegenseitig im Gleichgewicht und bieten andererseits der Brückenbahn und dem verbindenden Halb-Parabel-Träger die nötigen Stützpunkte. Von der erwähnten Spannung der Mittelöffnungen (521 m) entfallen 107 auf den Mittelträger und 207 m auf jeden der längsten Kragarme. Für eine oberflächliche Betrachtung zeigen die Kragarmbrücken eine weitgehende Aehnlichkeit mit den Hängebrücken. Das Konstruktionssystem der freien Stützpunkte verdankt man im wesentlichen dem schon erwähnten Ingenieur Gerber.

Interessant ist es, die Baukosten einzelner hervorragender Brücken zu vergleichen; jedoch

Fig. XII.

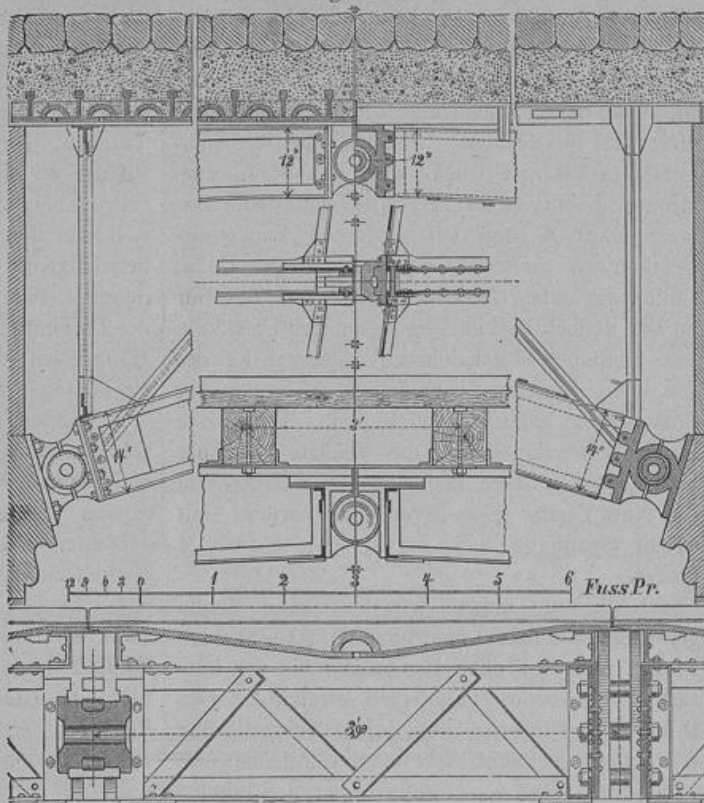
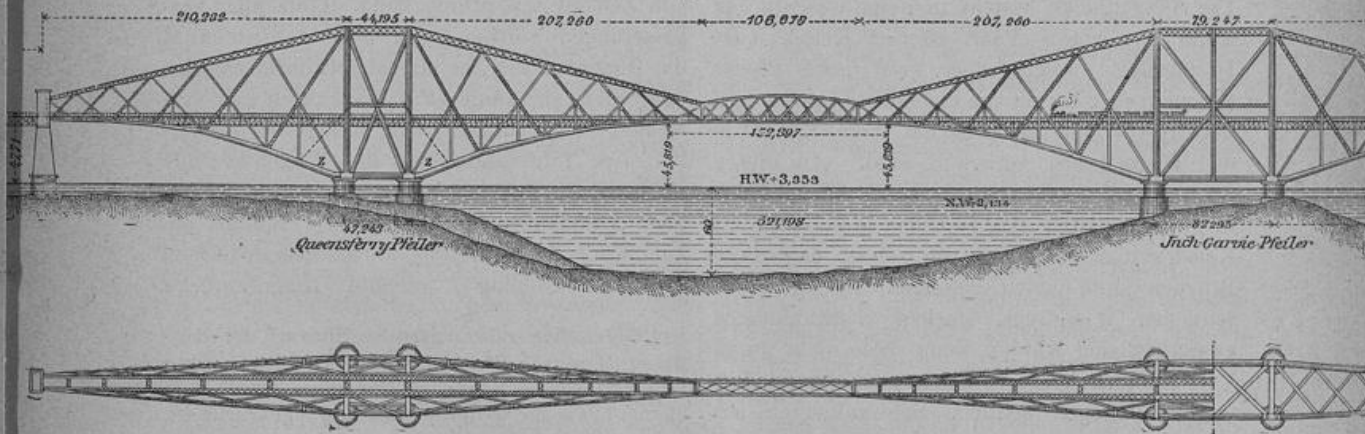


Fig. XIII.



muss man sich hüten, zu weitgehende Schlüsse aus deren Verhältnis zu ziehen, da hier zu viele Umstände mitsprechen: Die Britannia-Brücke (1. schmiedeeiserne) kostete pro laufenden Meter (d. h. die ganze Bausumme dividiert durch die Meterzahl ihrer Länge) 18 000 M, die ihr nachgebildete Viktoria-Brücke über den St. Lorenzstrom (Canada) 12 000 M; die Leekbrücke nur noch 6300 M und bei modernen Fachwerkbrücken von mittlerer Spannung (etwa 60 m) sinken die entsprechenden Kosten auf 3200 M herab. Jedoch wirken hier besondere Umstände wie Schönheits-Rücksichten, Anpassen an die Umgebung und nicht zuletzt besonders grosse Spannungen ganz erheblich ein. Das beste Beispiel hierfür bietet die soeben erwähnte Forth-Brücke, deren laufender Meter 20 000 und die New-Yorker (East-River) Hängebrücke mit 518 m Spannung, bei der er gar 35 000 M kostet.

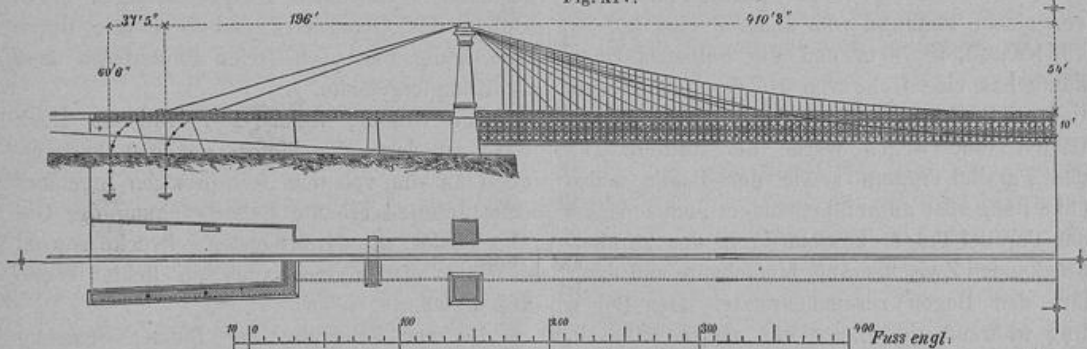
Noch kurz müssen wir der Hängebrücken gedenken, durch die man ohne stromverengende Pfeiler und fast ohne Baugerüste bis vor kurzem die grössten Spannungen erreichte. Das Princip der Hängebrücken, schon frühzeitig den Ost-Asiaten bekannt, ist im wesentlichen erst 1796 durch eine vom Findlay über den Jakobs-Kanal erbaute Brücke in Amerika und von dort aus auch in Europa in Aufnahme gekommen. Die Hängebrücke besteht in ihrem wesentlichen Teile aus einem Paar eiserner Ketten oder Drahtseilen, welche über zwei hohe Pfeiler (Pilonen) oder Türme von einem Ufer zum andern geführt sind und meistens mit ihren Enden in den Ufern selbst verankert sind. An diesen Ketten bzw. Seilen ist dann die ebene Fahrbahn aufgehängt. Es versteht sich bei dieser Konstruktion eigentlich von selbst, dass diese Brücken durch ungleichmässige Belastungen oder seitlichen Winddruck starken Schwankungen ausgesetzt sein würden, wenn diese nicht durch Versteifungen und Verankerungen vermindert würden. Gegen seitliche Schwankungen hat

man wohl einzelne Punkte der Brückenbahn und der Ufer durch annähernd horizontale, schräg geführte Drähte verbunden. Dasselbe Princip wandte man auch gegen die Längsschwankungen an, indem man ausser dem Tragseil noch dünnere Drähte von den Pilonen zu einzelnen Punkten der Brückenbahn führte. Da aber dieses Gewirre von Drähten z. B. bei der East-River-Brücke ästhetisch nicht befriedigt, so hat man dasselbe Ziel zu erreichen gestrebt, indem man die Tragkette in sich oder die Tragkettenwand (d. i. die aus der Kette, den Hängeeisen und dem Rand der Brückenbahn gebildeten Trapeze) durch Diagonalen versteifte. Als grossen Uebelstand empfand man es von jeher, dass man die Verankerungen der Drahtseil- bzw. Ketten-Enden, die vielfach eingegossen und auch noch durch mächtige Steinschichten eingemauert wurden, auf ihre Haltbarkeit nicht kontrollieren konnte. Dieser Uebelstand ist bei einer 1893 erbauten Hängebrücke zwischen Blasewitz und Löschwitz bei Dresden dadurch beseitigt worden, dass man die Kette nicht im Ufer, sondern an den Enden zweier künstlich erschwerter Seitenspannungen verankert hat, welche als Gegengewicht die Spannung der Mittelöffnung ausgleichen. Hierdurch hat man erreicht, dass man die in den Ankern am meisten gefährdete Haltbarkeit der Kette von Zeit zu Zeit prüfen kann. Trotz aller Verbesserungen vertraut man aber der Stabilität der Hängebrücken im allgemeinen nicht so sehr, dass man sie gerne zu Eisenbahnbrücken verwendet oder man hält doch wenigstens die Lokomotive fern und lässt die Wagen mittels Drahtseil hinüberziehen. Trotzdem gibt es aber auch Ausnahmen von dieser Regel und am bekanntesten ist die 1853—55 von dem deutschen Ingenieur Röbling*) erbaute Niagarabrücke

*) Von ihm rührt auch der Entwurf der East-River (New-York-Brooklyner) Hängebrücke, deren Bau von seinem Sohne weitergeführt wurde und die mit 518 m die weitgespannteste Hängebrücke ist.

(s. Abbild. Fig. XIV), die in zwei Stockwerken oben den Eisenbahn- und unten den Strassenverkehr mit einer Spannung von 250 m (rund) über den Fluss führt. Im Augenblick ist man übrigens beschäftigt, diese altberühmte Hängebrücke durch eine schon im Bau befindliche Bogenbrücke von rund 167 m Spannung zu ersetzen. Auch in Europa wurde unter Versteifung der Tragketten eine Eisenbahn-Hängebrücke über den Donaukanal geführt.

Im Stromgebiete des Rheines finden wir eine Hänge-Strassenbrücke als „eisernen Steg“ über den Main zwischen Frankfurt und Sachsenhausen, erbaut von Schmick 1868/69, die durch je ein Gelenk in den höchsten und tiefsten Punkten interessant ist.



wie Culmann, Schwedler, Mohr, Winkler und deren Nachfolger verdankt, durch die es möglich geworden ist, die einzelnen, im ganzen Bau wirksamen Kräfte in ihren Wechselwirkungen aufs genaueste zu berechnen und danach die notwendige Stärke des zu verwendenden Materials zu bestimmen. Jedoch wirkte dieser wissenschaftliche Fortschritt auch schon in der früheren Periode der Fachwerk-Balkenbrücken mit. Als neues Moment kam wieder hinzu ein bedeutender Fortschritt der Eisenindustrie, welche in dem Fluss- oder Thomaseisen und dessen Verarbeitung (s. Näheres § 17) dem Brückenbau ein bisher unerreichtes und fast einwandfreies Baumaterial darbot. Hierdurch war es möglich, die Spannungen von Bogenbrücken, die bis

Fig. XIV.

Verlassen wir nach dieser kurzen Betrachtung die Hängebrücken und wenden uns dem neuesten, ungefähr das letzte Jahrzehnt umfassenden Abschnitt des deutschen Brückenbaues zu, so können wir diesen als die Epoche der weitgespannten Bogen-Stützbrücken bezeichnen, im Gegensatz zu dem Ende der fünfziger Jahre begonnenen Abschnitt der Brücken mit Parallel- und Pauli-Schwedler-Loose-Träger, die wir im Grossen und Ganzen die Periode der Fachwerk-Balkenbrücken nennen können. Der grossartige Aufschwung, der in diesem neuesten Abschnitt des Brückenbaues zu Tage tritt, wird einmal der Entwicklung der technischen Wissenschaften, besonders der der Statik durch Männer

dahin 100 m nur wenig überschritten, bis zu 200 zu führen.

Den Reigen der weitgespannten Bogenbrücken eröffnete auf deutschem Boden die Levensauer (163,34 m) und die Grünthaler Brücke (156,5 m) über den Kaiser-Wilhelm-Kanal. Ihnen folgte die Müngstener Kaiser-Wilhelm-Brücke mit 150 m Spannweite und die noch im Bau begriffenen Strassenbrücken zu Worms (106 m), Bonn (188 m), Düsseldorf (zwei Bogen zu je 181 m) und die ebenfalls noch unvollendete Eisenbahnbrücke (117 m) zu Worms. Da der letzte Teil dieser Abhandlung sich mit der Bonner Rheinbrücke beschäftigen soll, die Wormser und Düsseldorfer Brücken (Fig. 37) im Bau

aber viel Uebereinstimmendes zeigen, so wollen wir zum Schlusse dieses Teiles noch einige Zeilen der Kaiser-Wilhelm-Brücke widmen, die nicht weit von uns bei Müngsten in der Eisenbahnlinie Solingen-Remscheid das Wupperthal überschreitet und sowohl durch ihre Höhe über der Thalsohle und die Weite ihrer mittleren Spannung, besonders aber durch den fast ohne Gerüst erfolgten Aufbau unser Interesse auf sich zieht.

Die Brücke, welche am 14. Juli 1897 feierlich dem Verkehr übergeben wurde, besteht im wesentlichen aus einem 465 m langen Parallelfachwerk, welches sich an jeder Thalseite auf 3 Fachwerk Pfeiler und in der Mitte auf den Scheitel eines Fachwerkbogens stützt (Fig. 31 im Anhang). Die lichten Spannungen von einem Thalrand zum anderen sind 30, 30, 45, 150, 45, 45, 30 m und die Schienen-Oberkante hat eine Höhe von 107,63 m über dem tiefsten Punkte der Thalsohle. Dieser bedeutenden Höhe wegen wurde der mittlere Teil des Parallel-Trägers sowie der Bogen selbst ohne Baugerüst ausgeführt, indem man zunächst den Parallel-Träger konsolartig in den zu überbrückenden Zwischenraum hineinbaute und unter ihm den Bogen zusammensetzte. Den Bogen trug während des Baues ein starkes Zugseil, welches am Obergurt des Parallel-Trägers oberhalb des inneren Pfeilers befestigt war, während ein gleiches am Lande verankertes Drahtseil

eine Verschiebung des ganzen Parallel-Trägers verhinderte. Dem durch das grosse Uebergewicht hervorgerufenen Kippmoment der inneren Thal Pfeiler wirkte man ausserdem dadurch entgegen, dass man unter Erhöhung der thalseitigen Füsse die ganzen Pfeiler und Bogenstücke etwas rückwärts legte. Hierdurch konnte man auch die Wirkung der an den freien Enden notwendig auftretenden Durchbiegungen und Senkungen ausgleichen. Nach dem Ausbau des Bogenuntergurtes beseitigte man, indem man die Pfeiler mittels hydraulischer Pressen noch weiter rückwärts legte, die den Pfeilerfüssen untergeschobenen Keile, liess dann die Bogenhälften mit den Untergurtenden zusammenschliessen, verwandelte den so entstandenen Dreigelenkbogen in einen Zweigelenkbogen durch Einbau des Obergurtes und beseitigte durch Befestigung der noch freien Pfeilerfüsse auch die Kämpfergelenke.

Die Brücke, welche $2\frac{3}{4}$ Millionen Mark (5914 pro laufenden Meter) gekostet hat, erinnert an die von dem französischen Ingenieur Eiffel 1880/84 erbaute Ueberbrückung des Garabit-Thales, die der Müngstener Brücke sowohl an Höhe (122 m) als auch an lichter Weite (165 m) überlegen ist.

Bis zur Erbauung der Bonner Strassenbrücke war die weitest gespannte Bogenbrücke die Strassenbrücke Luiz I über den Douro zu Oporto (Portugal), die 172 m Spannung besitzt.