



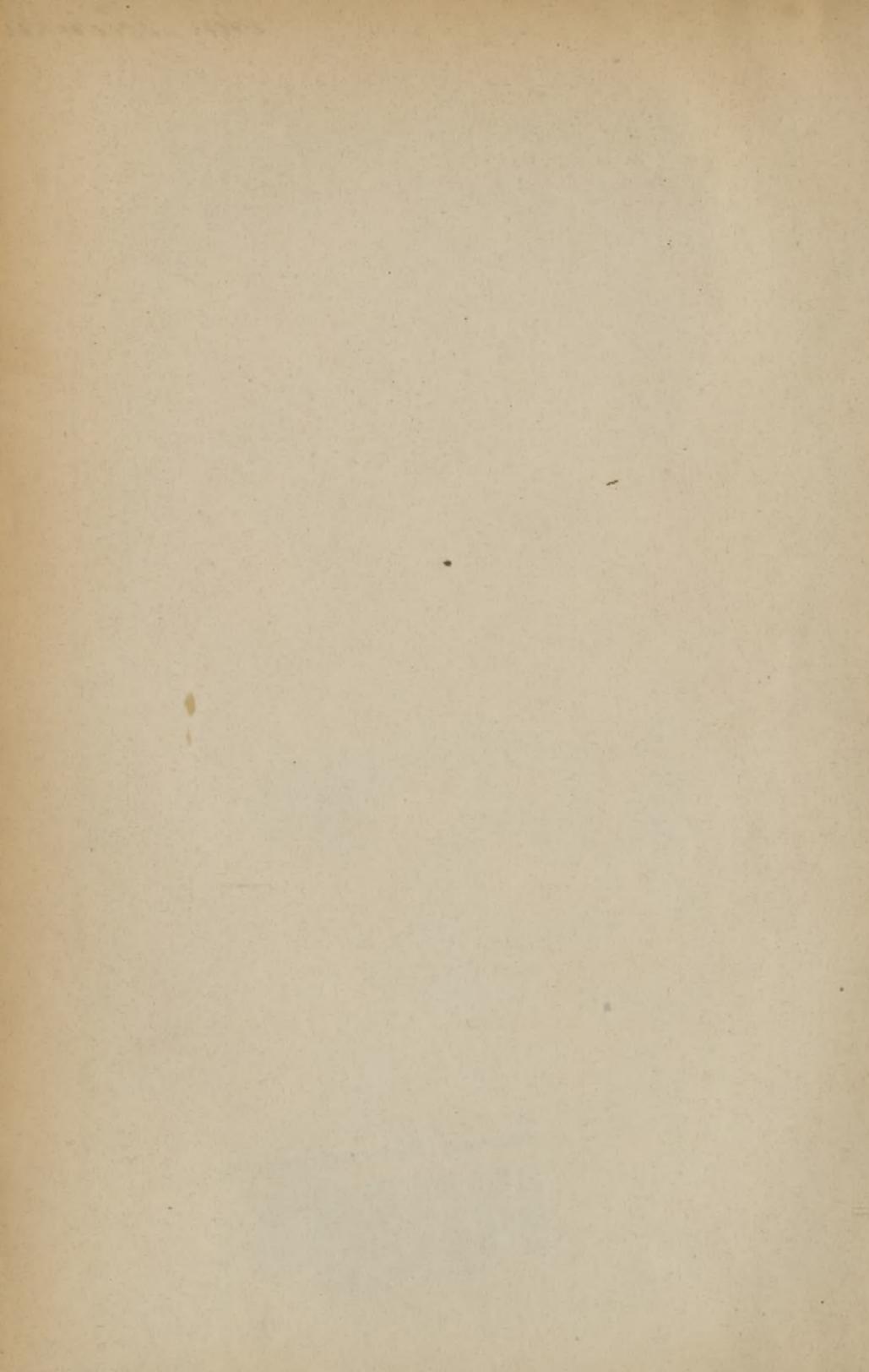
5315692

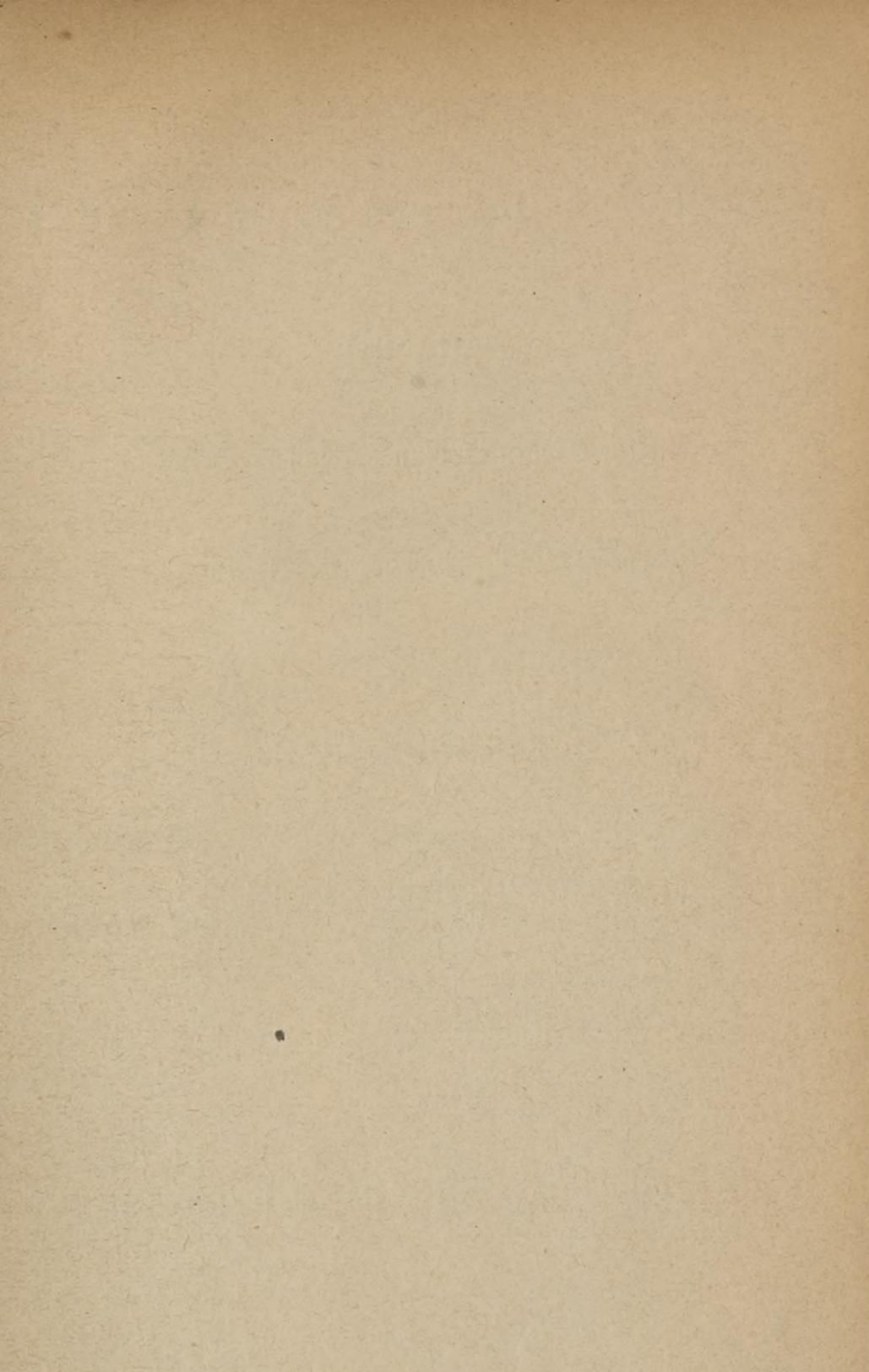
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296951

Chr. Boeckler





Die
Schule der Baukunst.

Handbuch

für

Architekten, Ingenieure und technische Schulen,

sowie zum

Selbstunterricht für Bautechniker, Bauhandwerker und Bauunternehmer.

Zweiter Band.

In fünf Abtheilungen.

Enthaltend:

1. Abtheilung: Die Schule des Zimmermanns. Zwei Theile.
2. Abtheilung: Die Schule des Maurers.
3. Abtheilung: Die Schule des Steinmehers.
4. Abtheilung: Die Brücken in Eisen.
5. Abtheilung: Der Hochbau in Eisen.

Mit zahlreichen, in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig.

Verlag von Otto Spamer.

1870.

Die
Brücken in Eisen.

Baumaterial,
technische Entwicklung, Konstruktion und statische Berechnung
der eisernen Brücken.

Für
Ingenieure, Eisenbautechniker und technische Lehranstalten

bearbeitet von

Dr. F. Heinzerling,

Ingenieur und ordentlichem Professor der Bau- und Ingenieur-Wissenschaften an der Universität Gießen,
vormaligem Sektionsingenieur der Hessischen Ludwigs-Eisenbahngesellschaft.

Mit über Tausend Abbildungen, nach den Zeichnungen des Verfassers in Holz geschnitten
durch die Artistische Anstalt von Otto Spamer in Leipzig.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.

1870.

9. 58
23



I 25167

Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Akc. Nr. 5188/51

Vorrede.

Die Anwendung des Eisens zum Brückenbau gehört zwar nur der neueren und neuesten Zeit an, hat aber in diesem verhältnißmäßig kurzen Zeitabschnitt, gedrängt durch das Bedürfniß der Gegenwart nach einem ausgedehnten Straßen- und Eisenbahnetz und gefördert durch die gewaltigen Fortschritte der technischen Darstellung und mechanischen Verarbeitung des Eisens, eine so ungeahnte Ausdehnung und Vervollkommnung erfahren, daß nach dem Verlaufe von kaum 80 Jahren eine fast unübersehbare Reihe von Brückenkonstruktionen vor uns liegt, deren Anfangsglieder hinsichtlich der Materialverwendung, des Konstruktionswerthes und der statischen Sicherheit noch als Schöpfungen der rein empirischen Praxis zu betrachten sind, während deren Endglieder bereits als Muster gründlicher Materialkenntniß, konstruktiver Gewandtheit und statischer Sicherheit vor unseren Augen stehen. Bei der großen Zahl dieser Ausführungen und der darüber in die Fachblätter gelangten Mittheilungen ist nicht nur ein reicher Schatz theoretischer Kenntniß entwickelt und praktischer Erfahrung gesammelt, sondern zugleich das Material zu der technischen Entwicklungsgeschichte der eisernen Brücken darin niedergelegt worden. Wenn das Studium ihrer Entwicklung im großen Ganzen zugleich das Studium ihrer Fortschritte bildet, welche für die Gegenwart und Zukunft zu konstatiren und auszubeuten sind, so erscheint ihre geschichtliche Betrachtung als der Führer, durch welchen wir mit den Mängeln der älteren Konstruktionen bekannt, uns der gemachten Fortschritte bewußt, mit dem Standpunkte der Gegenwart vertraut und auf die Richtung und das Ziel des Baues eiserner Brücken in der Zukunft hingelenkt werden. Das auf diese Weise gesammelte theoretisch-praktische Material enthält zugleich die Anhaltspunkte für die Auswahl der tauglichsten Materialgattung, des den jeweiligen örtlichen Verhältnissen entsprechendsten Konstruktionsystems und der diesem zukommenden, zweckmäßigsten Detailkonstruktion und bedurfte, um für den ausführenden und studirenden Techniker möglichst ausgiebig zu werden, nur derjenigen Ordnung und systematischen Bearbeitung, welche eine leichte Uebersicht gewährt, den Vergleich der Konstruktionen erleichtert und die statische Berechnung der gewählten Konstruktionen ermöglicht.

Wenn sich der Verfasser in dem vorliegenden Werke nach der unerlässlichen Bearbeitung der Baumaterialien in ihrer besonderen Beziehung zum Bau eiserner Brücken die Aufgabe einer geschichtlichen Darstellung

ihrer technischen Entwicklung gestellt hat, so war er sich des Umfangs und der Schwierigkeit derselben wohl bewußt. Diese Schwierigkeit wurde nicht vermindert durch die Rücksicht auf das Gesamtwerk der „Schule der Baukunst“, wovon der vorliegende Band einen Theil bildet, welches ihm gleichzeitig die Bedingung einer populären Fassung, eines mäßigen Umfangs und eines für die erforderlichen Abbildungen, besonders weitgespannter Brücken, sehr beschränkten Formats stellte. Gleichwol glaubte er der freundschaftlichen und ehrenden Aufforderung seiner Mitarbeiter und Freunde, sowie seines Verlegers, zur Bearbeitung der Eisenkonstruktionen des Brücken- und Hochbaues sich nicht entziehen zu sollen, um sowol die in Aussicht genommene nothwendige Erweiterung jenes zeitgemäßen Werkes auch seinerseits nach Kräften zu fördern, als auch durch eine, wenn nicht erschöpfende und vollendete, so doch innerhalb der ihm gesteckten Grenzen möglichst klare, vollständige und zusammenhängende chronologische Darstellung des Baues eiserner Brücken zugleich eine Lücke in der Fachliteratur auszufüllen. Wenn er sich in dieser Ansicht durch das Interesse bestärkt fand, womit sein in dem 33. Jahrgang der Wiener Bauzeitung enthaltener Aufsatz: „Historische Uebersicht über die Anwendung des Eisens zu Brückenbauten und deren Ergebnisse für die Wahl ihres Konstruktionsystems und Eisenmaterials“ von den Fachgenossen aufgenommen wurde, so suchte er, unter Beibehaltung der in demselben aufgestellten historischen Gesichtspunkte, jenes Interesse sowol durch die weitere Ausführung dieser, als durch den Zusatz figürlicher Darstellungen und technischer Beschreibungen der einzelnen, integrirende Bestandtheile jener Entwicklungsgeschichte bildenden, zum Theil noch nicht veröffentlichten Bauwerke möglichst zu erhöhen. Der in dieser Weise bearbeitete Theil des Werkes stellt daher einen Leitfaden zur Verfolgung der Fortschritte des Baues eiserner Brücken an der Hand der Geschichte dar, der durch das beigegebene Quellenverzeichnis auf die, besonders dem größten Theile der deutschen Fachgenossen leicht zugängliche, technische Literatur verweist und hierdurch zugleich dem Spezialstudium der einschlägigen Originalmittheilungen zur Richtschnur dient.

Auch die Bearbeitung der Konstruktion und statischen Berechnung der eisernen Brücken durfte unter den gegebenen Verhältnissen nur in einen engen Rahmen gefaßt und in ein populäres Gewand gekleidet werden, weshalb sich der Verfasser auf die Behandlung der wichtigeren Konstruktionen beschränken mußte. Eine besondere Schwierigkeit bot die Ungleichartigkeit der für die verschiedenen Konstruktionsysteme aufgestellten und mitgetheilten Theorien, welche er im Sinne und auf Grund seiner, als Beitrag zur Begründung einer allgemeinen Theorie und Systemkunde der Baukonstruktionen im 14. Bande der neuen Folge des „Civilingenieur“ veröffentlichten, Abhandlung: „Grundzüge der konstruktiven Anordnung und statischen Berechnung der Brücken- und Hochbaukonstruktionen“ einer möglichst homogenen Behandlung zu unterwerfen versuchte.

Von den drei Abtheilungen, in welche das Werk zerfällt, beschäftigt sich die erste mit der Betrachtung der zum Bau eiserner Brücken erforder-

lichen Baumaterialien, insbesondere des Eisens, indem sie dessen Vorkommen und Gewinnung, dessen Verarbeitung und Verarbeitungsformen, dessen Eigenschaften und Prüfung, sowie die Mittel zu seiner Erhaltung behandelt und hierbei das in andern technischen Werken Enthaltene und allgemeiner Bekannte des Zusammenhanges wegen nur berührt und auf die zu speziellen Studien hierüber geeigneten Werke verweist, dagegen auf das weniger Bekannte und speziell für den Bau eiserner Brücken Wichtige näher eingeht. In diesem Abschnitt wurde die Verarbeitung des Schmiedeeisens zum Brückenbau durch Walzen und Ziehen, wozu unter Anderem ein, in dem 13. Bande der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover enthaltener, später auch als Separatabdruck erschienener, auf Grundlage einer Arbeit des Maschinen-Verwalters Lichtenberg in Geestemünde bearbeiteter Aufsatz: „Ueber das zu Brücken-Konstruktionen zu verwendende Schmiedeeisen, Blech- und Façoneisen“ vom Maschinen-Ingenieur Kock in Göttingen werthvolle Anhaltspunkte bot, einer ausführlicheren Besprechung unterworfen, die Elastizität und Festigkeit des Eisens, Stahls und Holzes durch graphische Darstellungen erläutert und durch tabellarische Werthangaben festgestellt, sowie die Mittel zu der Erhaltung dieser Materialien bezeichnet.

Die zweite, der Natur der Sache nach umfangreichste Abtheilung behandelt, den drei Haupttheilen der Brücken entsprechend, in drei Abschnitten die Träger, Pfeiler und Fundamente der eisernen Brücken: eine Trennung, welche das Interessante eines jeden dieser Theile gesondert zu besprechen und in einen übersichtlichen Zusammenhang zu bringen gestattete. Unter den Trägern der eisernen Brücken wurden, dem geschichtlichen Entwicklungsgang entsprechend, im ersten Kapitel die gußeisernen, im zweiten Kapitel die aus Guß- und Schmiedeeisen zusammengesetzten gemischteisernen, im dritten Kapitel die schmiedeeisernen und unter diesen wieder, ihrer zeitlichen Entstehung gemäß, zuerst die Hängebrücken, darauf die Balkenbrücken und zuletzt die Bogenbrücken bis zu ihren dermalen bekannten neuesten und vollkommensten Repräsentanten besprochen und dargestellt. Wenn hierbei auf den historischen Entwicklungsgang ein Hauptgewicht gelegt erscheint, so ist bezüglich der Darstellung der einzelnen Bauwerke der Erfahrung Rechnung getragen, daß deren Abbildung mit den wichtigsten eingeschriebenen Maßen und beigelegten Maßstäben deren Form vollständiger erklärt, als dies eine, selbst ausführliche Beschreibung vermag und deshalb eine verhältnißmäßig große Anzahl möglichst vollständiger und exakter Figuren beigegeben, dagegen die Beschreibung im Texte auf das geringste Maß beschränkt worden, wobei jedoch den, für die Entwicklungsgeschichte und Konstruktion interessanteren und technisch vollendeteren Brücken eine eingehendere Besprechung gewidmet wurde. Am Ende jedes Abschnitts und jeder Abtheilung wurden die geschichtlichen Ergebnisse der vorangegangenen Darstellung und Beschreibung zusammengestellt und auf Grund der vorliegenden Anhaltspunkte die Schlüsse für die Praxis gezogen.

Die dritte Abtheilung stellt in einem ersten Abschnitte die, bei der statischen Berechnung der eisernen Brücken in Betracht kommenden, angreifenden oder äußeren Kräfte zusammen und geht hiernach, gestützt auf die in der ersten Abtheilung gegebenen Werthe der widerstehenden oder inneren Kräfte, zu der Konstruktion und statischen Berechnung der eisernen Brücken über, wobei, jener in der zweiten Abtheilung festgehaltenen Eintheilung entsprechend, wieder in drei getrennten Abschnitten deren Träger, Pfeiler und Fundamente abgehandelt werden.

Für die Maßangaben im Text ist durchgehends der Meter mit seinen Unterabtheilungen zu Grunde gelegt und die runden, landesüblichen Maße in Klammern beigelegt worden, während die Gewichte, wo nichts Andres bemerkt ist, in Kilogrammen angegeben sind.

In der zeitraubenden und mühsamen Anfertigung der zahlreichen Holzzeichnungen ist der Verfasser durch mehrere seiner Zuhörer, die Herren Bräuler, Heberling und Keyher, in dankenswerther Weise unterstützt worden, sowie er seinem verehrten Mitarbeiter und Freunde, Herrn Kommerzienrath Fink, für die Ueberlassung einiger, von ihm früher gezeichneter Holzstöcke, besonders der Brückenkonstruktionen seines Veters Albert Fink in der Baltimore=Dhio=Bahn, hiermit seinen Dank ausspricht. Die Holzzeichnungen der gegenwärtig noch im Bau begriffenen, bis jetzt unveröffentlichten versteiften Charnierhängebrücke über den Main in Frankfurt sind von dem Verfasser den Konstruktionsblättern dieser interessanten Brücke entnommen worden, für deren gefällige, zeitweise Ueberlassung er deren Konstrukteur, Herrn Ingenieur Schmick, zu Dank verpflichtet ist. Ein besonderes Wort des Dankes gebührt auch dem Herrn Verleger, welcher die große Zahl der zum Schnitt eingesendeten Figuren mit anerkennenswerther Korrektheit ausführen, überhaupt dem Werke eine ihm entsprechende Ausstattung zu Theil werden ließ.

Indem sich sonach die Bestrebungen der Verlagsbuchhandlung mit denen des Verfassers vereint haben, um den Fachgenossen, insbesondere den Ingenieuren, Eisenbautechnikern und Studirenden des Ingenieurwesens, ein wohlausgestattetes, dem heutigen Standpunkte des Baues eiserner Brücken entsprechendes, möglichst vollständiges und doch kompendiöses Hand- und Nachschlagebuch zum Gebrauch beim Studium, Entwurf und Berechnen eiserner Brücken mit den erforderlichen Quellenachweisen zum Zweck etwa beabsichtigter weiterer Detailstudien zu bieten, möge das Werk allen Fachgenossen und Freunden des Ingenieurwesens, um deren nachsichtige Beurtheilung wir ersuchen und für deren Beiträge zu seiner Verbesserung und Vervollständigung wir stets empfänglich und dankbar sein werden, freundlich empfohlen sein.

Gießen, im August 1869.

Dr. F. Heinzerling.

Einleitung.

Begriff und Arten der Brücken.

Der Brückenbau im weitesten Sinne, im Gegensatz zu dem kunstloferen Erdbau auch Kunstbau genannt, bildet einen besonderen Theil des Wege-, Straßen-, Eisenbahn- und Wasserbaus.

Wo eine zu bauende Weglinie *aa*, Fig. 1, eine zweite vorhandene Weglinie *bb* schneidet, wird *a* bei *c* entweder

1. in gleichem Niveau mit *b*,
2. über *b* oder
3. unter *b*

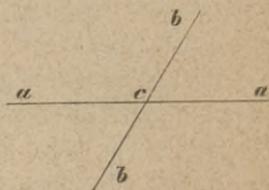


fig. 1.

fortgeführt. Hierdurch entsteht beziehungsweise ein Planübergang, eine Wegüberführung oder eine Wegunterführung. Eine Wegüber- oder Wegunterführung heißt Viadukt (viae ductus d. i. Wegleitung). Wo eine Weglinie *a* einen Wasserlauf *b*, Fig. 1, schneidet und der Wasserlauf nicht einfach über den Weg fließen soll, ist eine Unter- oder Ueberführung nöthig. Die Unterführung eines Wasserlaufs unter einem Weg heißt Durchlaß bei kleineren und Brücke im engeren Sinne (althochdeutsch: brucea, d. i. über einen Fluß, Graben oder eine Schlucht gebauter Weg) bei größeren Wasserbreiten, die Ueberführung eines Wasserlaufs über einen Weg oder nur trocknes Terrain heißt Aquadukt (aquae ductus d. i. Wasserleitung). Die Ueberführung eines Wasserlaufs über einen Wasserlauf heißt Aquaduktbrücke oder Kanalbrücke. Die Herstellung von Viadukten, Durchlässen und Brücken, Aquadukten und Aquaduktbrücken bildet die Aufgabe des Brückenbaus im weitesten Sinne.

Nach den verschiedenen Gattungen der Landverkehrslinien können die Viadukte, Durchlässe und Brücken solche für Wege, Straßen oder Eisenbahnen sein.

Je nachdem die Ase der Brücke die zweite Verkehrslinie unter einem rechten oder spitzen Winkel schneidet, unterscheidet man eine gerade oder schiefe Brücke. Die drei Hauptbestandtheile einer Brücke sind:

1. die Brückenträger,
2. die Brückenstützen,
3. die Brückenfundamente.

Hinsichtlich der Wahl des Baumaterials unterscheidet man

1. Hölzerne Brücken, mit hölzernen Stützen und Trägern,
2. Steinerne Brücken, mit steinernen " " "
3. Eisernerne Brücken, mit eisernen " " "

Bei Anwendung von gemischtem Material unterscheidet man ferner

4. Brücken mit steinernen Stützen und hölzernen Trägern
5. " " " " " eisernen "

welche letztere ebenfalls schlechtweg eiserne Brücken genannt werden. Auch die Haupttheile einer Brücke können aus gemischtem Material bestehen und zwar die Träger aus Eisen und Holz oder aus Eisen und Stein; die Stützen aus Stein und Holz oder aus Stein und Eisen; die Fundamente aus Stein und Holz oder aus Stein und Eisen. Das Eisen ist hierbei entweder Gußeisen oder Schmiedeeisen.

Mit Holz überspannt man Brückenöffnungen bis zu 118,88 Meter. Diese Spannweite besaß die i. J. 1799 von den Franzosen abgebrannte Brücke über die Limmat bei der Abtei Wettingen in der Schweiz.

Mit Stein überspannt man Brückenöffnungen bis zu 62 Meter. Diese Spannweite besitzt die Brücke über den Dee bei Chester in England.

Mit Gußeisen überspannt man Brückenöffnungen bis zu 73,15 Meter. Diese Spannweite besitzt die Southwark-Brücke über die Themse in London.

Mit Schmiedeeisen überspannt man Brückenöffnungen von 322,16 Meter. Diese Spannweite besitzt die Drahthängebrücke über den Ohio bei Cincinnati in den Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Mit Holz und Schmiedeeisen überspannt man Brückenöffnungen bis zu 250,53 Meter. Diese Spannweite besitzt die Drahthängebrücke über den Niagara zur Verbindung der New-York-Central-Eisenbahn und der großen Westbahn in Canada.

Hiernach ist das Schmiedeeisen als dasjenige Brückenbaumaterial anzusehen, mit welchem man die größten Brückenöffnungen bis jetzt überspannt hat und voraussichtlich überspannen wird.

Die hölzernen und eisernen Brücken können entweder feste oder bewegliche und im letzteren Falle: Zug-, Roll-, Dreh-, Hub-, Schiff- und fliegende Brücken sein.

Erste Abtheilung.

Die Baumaterialien der eisernen Brücken.

Erster Abschnitt.

Das Eisen als Baumaterial der eisernen Brücken.

Die eisernen Brücken bestehen nie ganz aus Eisen. Zur Herstellung ihrer Verkehrsbahnen wird außerdem Holz oder Holz und Stein, zur Herstellung ihrer Stützen Stein oder Eisen und Stein, zur Herstellung ihrer Fundamente Eisen, Stein und Holz oder Eisen und Stein verwendet. Wir betrachten daher die Stein- und Holz-, zunächst aber die Eisen-Materialien in ihrer besonderen Beziehung zum Bau eiserner Brücken.

Das Eisen ist zwar schon seit den frühesten Zeiten bekannt, verdankt aber seine Anwendung zum Brückenbau erst der Bervollkommnung, welche dasselbe in der neueren und neuesten Zeit hinsichtlich seiner inneren Beschaffenheit und äußeren Formgebung erfahren hat. Unter die Völker des Alterthums, welche frühe mit dem Eisen bekannt waren, gehören die Aegyptier, die sich schon mehrere Jahrhunderte vor Christus eiserner Werkzeuge bei Ausführung ihrer großartigen Bauten bedienten und zu Moses' Zeit bereits mit der Eisenschmelzerei vertraut waren. Bei den Griechen war besonders das Eisen aus dem Lande der Chalyber an der Südostseite des Schwarzen Meeres, sowie das aus Indien stammende ferische und parthenische, bei den Römern außer dem indischen Eisen das von Elba, Spanien und Noricum berühmt. Beide Völker wußten zwar, daß das Eisen beim Ausschmelzen dünnflüssig werde, kannten aber kein Gußeisen, sondern nur verschiedene Sorten von Schmiedeeisen und Stahl, welche sie durch Eintauchen in Wasser oder Del nach dem Glühen zu härten verstanden. Die Schmelzapparate, deren sich die alten Völker bedienten, scheinen Herde oder mit niedrigen Mauern umgebene Gruben und schwache durch Menschenhand getriebene Gebläse gewesen zu sein. Mit so einfachen Apparaten ließ sich zwar ein gutes mehr oder minder stahlartiges Produkt herstellen, aber keine größere Masse erzeugen. Erst in den, aus den sogenannten Rennherden und den niedrigen, etwa mannhohen Bauer- oder Blaseöfen entstandenen, 10 bis 15 Fuß hohen Stück- oder Wolfsöfen ließ sich ein größerer stahlartiger Klumpen herstellen, der aus der Vorderwand herausgebrochen werden mußte.

Durch noch weitere Erhöhung der Ofenschächte gelangte man endlich zu den Blau- und Hochöfen, mit deren Benutzung eine neue Periode in der Eisengewinnung beginnt, indem hierdurch ein ununterbrochener Betrieb möglich und zugleich Roheisen erhalten wurde, woraus bereits im Jahre 1543 in England eiserne Kanonen gegossen wurden. Da die gesteigerte Eisenproduktion Englands die Wälder immer mehr lichte und zu einem fühlbaren Holzmangel führte, so wurde um das Jahr 1560 die Verwendung der Holzkohle zur Eisenproduktion gesetzlich beschränkt, was zur Eisengewinnung mittels Coaks Veranlassung gab. Im Jahre 1651 erhielt Jeremias Buc ein Patent auf Verhüttung der Eisenerze mittels Steinkohle. Hierdurch, sowie durch die Anwendung der Holzkohlen zum Schmelzen der Eisenerze in Hochöfen waren die Grundlagen der heutigen Roheisenerzeugung gegeben, mit welcher die Verwendung des Roheisens zum Gießen oder die Fabrikation des Gußeisens Hand in Hand ging. Um das Jahr 1667 stellte Reynolds von Coalbrookdale zuerst gußeiserne Schienen her und im Jahre 1779 bauten die englischen Hüttenmeister Wilkinson und Darnley die erste eiserne Brücke über die Saverne zu Coalbrookdale aus gewaltigen gußeisernen Bogenstücken¹⁾. Zu den Erfindungen der neueren Zeit gehört die Anwendung der erhitzten Gebläseluft zum Hochofenbetrieb durch Neilson 1829 und die Benutzung der Gichtgase zu Heizzwecken durch Aubertot 1814 und Faber du Faur 1837²⁾.

Mit der großartigen Roheisenerzeugung und dem Bedürfnis nach schmiedbarem Eisen bildet sich neben der ursprünglichen Fabrikation des Schmiedeeisens unmittelbar aus den Erzen, der Luppenfrischarbeit, die Operation des Frischens oder der Darstellung des Schmiedeeisens aus dem Roheisen aus. Das erste Verfrischen des Roheisens wurde auf Herden mit offenen Feuern vorgenommen. Das Frischen in Flammöfen mit Steinkohlen, der Puddlingsprozeß, wurde im Jahre 1784 von Henry Cort erfunden und durch Parnell im Jahre 1787 wesentlich verbessert. Die von Beiden erworbenen Patente erstreckten sich zugleich auf eine wichtige Verbesserung in den mechanischen Operationen zur Pressung und Formgebung des erhaltenen Eisensfabrikats, auf das Walzen, an welche sich später die Einführung des Nasmyth'schen Dampfhammers anschloß. Erst durch diese Operationen war es möglich, dem Eisen diejenige Gleichmäßigkeit des Gefüges und der Form zu geben, welche es zum Konstruktionsmaterial schmiedeeiserner Brücken befähigte. Erfindungen der neueren Zeit sind die Einführung der Gasgeneratoren und des Gaspuddelns, sowie die Anwendung von Wasserdämpfen zur Entfernung von Schwefel und Phosphor aus dem Eisen beim Puddeln v. Nasmyth.

Die dritte Hauptgattung des Eisens, der Stahl, ist zum Brückenbau bis jetzt am wenigsten verwendet worden. Die erste Stahlbrücke, eine Hänge-

brücke, ist in Wien von Mitis erbaut und im Jahre 1829 beschrieben worden. Unter den Fortschritten, welche die Stahlbereitung in der neueren Zeit gemacht hat, ist die Vervollkommnung der Gußstahlfabrikation durch Krupp in Essen und Mayer in Bochum, das Stahlpuddeln von Pohage und endlich die im Jahre 1856 gemachte Entdeckung Bessemer's, aus flüssigem Roheisen durch Einblasen von Luft Stabeisen und Stahl zu erzeugen, zu rechnen. Kleinere Brücken aus Gußstahl wurden in Holland bereits ausgeführt, größere derartige Brücken sind projektirt. Wol die größte der bis jetzt ausgeführten Stahlbrücken ist die im Jahre 1866 in der Nähe von Trollhatta³⁾ aus Puddelstahl hergestellte 42 Meter weite Brücke über den Götha-Elf auf der Zweigbahn der Gothenburg-Stockholmer Bahn nach Uddawella.

Da das Eisen das Hauptbaumaterial der eisernen Brücken bildet und das Bestehen dieser Brücken wesentlich auf den Eigenschaften und Formen des Eisens beruht, diese Eigenschaften aber wieder davon abhängen, wo und wie das Eisen gewonnen, wie und wozu es verarbeitet wurde, so betrachten wir nachstehend dessen Vorkommen und Gewinnung, dessen Verarbeitung und Verarbeitungsformen, dessen Eigenschaften und Prüfung, sowie die Mittel zu seiner Erhaltung, wobei wir das allgemeiner Bekannte nur berühren, dagegen auf das weniger Bekannte und speziell Wichtige näher eingehen werden.

Erstes Kapitel.

Vorkommen des Eisens.

Das Eisen kommt sehr selten gediegen und dann gewöhnlich in den Meteorsteinen, desto häufiger aber in Verbindung mit anderen Mineralien vor. Mit Vortheil können nur die Sauerstoffverbindungen des Eisens zu seiner Darstellung im Großen verwandt werden.

Ihrem Werth nach theilt man die häufigeren Eisenerze in vier Klassen:

1. den Magneteisenstein (Eisenoxyduloxyd) mit gegen 72% Eisen
2. die Eisenoxyde:

| | | | | |
|---|---|---|-----|---|
| a. Blutstein oder Glaskopf | „ | „ | 68% | „ |
| b. Rotheisenstein oder Eisenglanz | „ | „ | 57% | „ |
| c. Rother Thoneisenstein | „ | „ | 41% | „ |
3. die Eisenoxydhydrate:

| | | | | |
|--|---|---|-----|---|
| a. Brauneisenstein | „ | „ | 59% | „ |
| b. Gelbeisenstein | „ | „ | 57% | „ |
| c. Bohnerz | „ | „ | 45% | „ |
| d. Raseneisenstein (Wiesenerz) | „ | „ | 30% | „ |

4. die kohlenfauren Eisenoxydule:

| | |
|---------------------------------|----------------------|
| a. Spatheisenstein (Eisenspath) | mit gegen 45 % Eisen |
| b. Kohleneisenstein (Blackband) | „ „ 43 % „ |
| c. Thoniger Sphärosiderit | „ „ 41 % „ |

Der Magneteisenstein ist allgemein verbreitet und findet sich besonders in Schweden im krystallinischen Schiefergebirge, wo man das berühmte schwedische Eisen, z. B. das von Danemora, aus ihm herstellt. Beimengungen von Schwefel, wie im Schwefelkies, Bleiglanz und Kupferkies, vermindern seine Brauchbarkeit als Eisenerz.

Der Glaskopf kommt im Uebergangsgebirge vor. Der Rotheisenstein findet sich in Gängen und Lagern im älteren Gebirge, auch eingesprengt in Granit, Gneuß u. s. w. Der rothe Thoneisenstein ist ein mit Thon gemengter Rotheisenstein und hiernach von sehr verschiedenem Eisengehalt. Die verschiedenen Varietäten dieser Oxyde bilden das Hauptmaterial der Eisengewinnung in Sachsen, auf dem Harz und in Nassau.

Der Brauneisenstein ist häufig durch kohlenfaure Kalkerde, Kieselsäure u. s. w., der Gelbeisenstein durch Thon verunreinigt. Die Bohnerze, so genannt von ihrer kugeligen Gestalt, mit konzentrisch schaliger Absonderung kommen häufig im südwestlichen Deutschland und in Frankreich in der Juraformation vor. Der Raseneisenstein entsteht durch die Einwirkung von kohlenensäurehaltigem, Eisenoxydul enthaltendem, Wasser auf Vegetabilien und findet sich in den norddeutschen Ebenen und im südlichen Schweden in Torfmooren und unter dem Rasen der Wiesen. Das hieraus gewonnene Eisen wird theils mit Vortheil zum Gießen benutzt, wozu es sich wegen seiner Dünnflüssigkeit besonders eignet, theils zu Stabeisen verarbeitet, welches jedoch seines Phosphorgehalts wegen brüchig ist.

Der Spatheisenstein, in seinen mit Thon verunreinigten, kugeligen oder nierenförmigen Varietäten thoniger Sphärosiderit genannt, liefert wegen seiner Reinheit von Schwefel und Phosphor ein ganz vorzügliches Material zur Gewinnung von Eisen und Stahl. Ersterer kommt in Steiermark, Kärnthen, Freiberg, Clausthal u. s. w., letzterer sehr häufig im Steinkohlengebirge vorzüglich in England vor. Der Kohleneisenstein findet sich meist in den untersten Schichten der Steinkohlenformation und bildet nicht nur einen Hauptreichthum Schottlands, sondern auch das wichtigste Erz Westfalens. Er enthält meist so viel Kalk, daß derselbe zur Schlackenbildung im Hochofen hinreicht, liefert aber, obwol leicht auszubringen, nicht eben das vorzüglichste Eisen.

Zweites Kapitel.

Gewinnung des Eisens.

I. Die Gewinnung des Roheisens.

Hinsichtlich der Gewinnung des Eisens aus den Erzen theilt man dieselben in leicht und schwer schmelzbare.

Zu den ersteren gehören die, welche bei der Vorbereitung, dem sogenannten Röstn der Erze eine so poröse Beschaffenheit annehmen, daß die Hochofengase sie leicht schmelzen können, wie der Spatheisenstein, welcher beim Röstn Kohlenäure, und der Brauneisenstein, welcher dabei Wasser verliert. Schwer schmelzbare Eisenerze sind Rotheisenstein und Magneteisenstein.

Die Gewinnung des Eisens selbst gründet sich vorzugsweise darauf, daß

1. reines oder fast reines Eisen, welches im Hochofen so gut als unerschmelzbar ist, bei starker Rothglühhitze zu größeren Massen zusammenklebt oder zusammenschweißt und
2. bei hoher Temperatur mit Kohlenstoff eine leicht schmelzbare Verbindung, das Kohlen-, Koh- oder Gußeisen, bildet

und zerfällt in die Vorbereitungsarbeiten: der Handscheidung, des Verwitterns, des Röstns und Zerkleinerns oder Pochens und in das Zugutmachen.

Die Handscheidung besteht in einem Zerschlagen der Erze und Auslesen ihrer brauchbaren Theile.

Die Verwitterung bewirkt eine Lockerung thonhaltiger Erze durch Frost oder auch chemische Veränderungen gewisser Eisenerze, wodurch sie gleichfalls gelockert werden.

Das Röstn der Eisenerze bezweckt die Entfernung gewisser Substanzen, wie Kohlenäure und Wasser, oder die Ueberführung des etwa vorhandenen Eisenoxydul in Eisenoxyd, um die Masse dadurch poröser und leichter schmelzbar zu machen, und besteht entweder darin, daß man das Erz im Freien oder, um die Wärme besser zusammenzuhalten, in sogenannten Röstherden oder Stadeln, von 3 bis 4 Mauern umgebenen Räumen mit festgestampftem oder gepflastertem Boden, mit Brennmaterial auf Haufen schichtet oder zweckmäßiger darin, daß man hierzu Defen von ähnlicher Einrichtung wie die Kalköfen mit flammendem Brennmaterial verwendet.

Die gerösteten Erze werden hierauf durch Pochen mit Stempeln, Häm mern oder Quetschwalzen zerkleinert und die an Eisen reicheren Erze mit den ärmeren in demjenigen Verhältniß gemischt oder „gattirt“, welches erfahrungsgemäß die größte Ausbeute ergiebt.

Zur Erhöhung der Schmelzbarkeit versetzt man die Erze mit leicht schmelzbaren schlackenbildenden Zusätzen, sogenannten Zuschlägen oder Flüssern, zu welchen man Silicate von Kalk und Thonerde, gewöhnlich Quarz, Kalkstein, Thonmergel u. dergl. verwendet. Die durch sie bei der Schmelzung gebildete Schlacke dient dazu, die in den Erzen enthaltenen fremden, der Qualität des Eisens zum Theil schädlichen, Bestandtheile zu entfernen, das Zusammenfließen

der geschmolzenen Eisentheilechen zu bewirken und das bereits gebildete Eisen vor der oxydirenden Wirkung der Gebläseluft zu schützen. Die mit den Zuschlägen versehenen gattirten Erze (Gattirung) nennt man die Beschiebung, welche nicht über 50 % Eisen enthalten darf.

Aus den so vorbereiteten Erzen gewinnt man das Eisen durch Schmelzung in Hochöfen als Guß- oder Roheisen.

Die Hochöfen sind 40 bis 60 Fuß hohe unmauerte hohle Räume von der Form zweier mit der Basis aufeinander stehender abgestufter Kegels, deren oberer a, f. Fig. 2, der Schacht, deren unterer b die Kasse, deren relativ weiteste Vereinigungsstelle c der Kohlen sack heißt, und einem untersten cylindrischen Hohlraum d, dem Gestell, in welchen mittels Düsen bei e Gebläseluft eingeführt werden kann. Der Vorgang der Schmelzung ist folgender.

Man füllt den angewärmten Ofen von dem Zufuhrwege i aus durch die obere Oeffnung oder Gicht f abwechselnd mit Schichten von Kohlen und Erzbeschiebung und verstärkt den Gebläsewind bis zur größten Pressung. Während

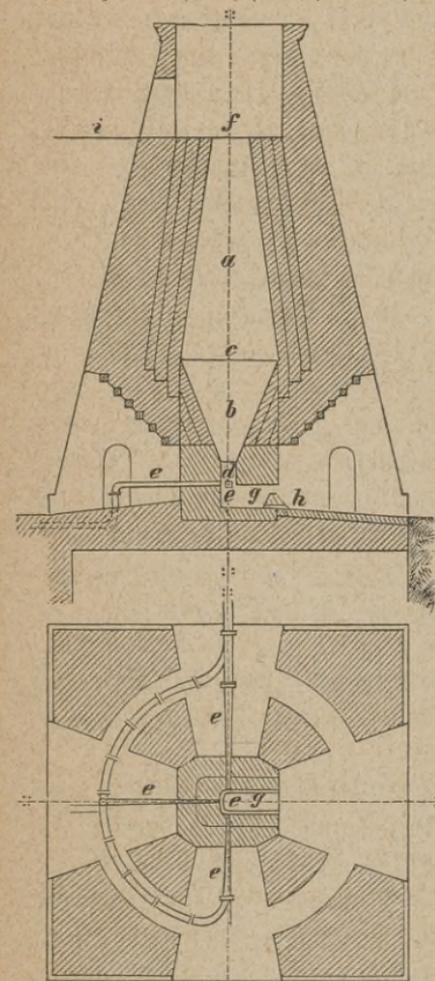


Fig. 2. Hochofen.

die Beschiebung zwischen den Kohlenschichten langsam durch den Ofenschacht herabrutscht, wird dieselbe von Wasser und Kohlen säure befreit. Im unteren Theile des Schachtes angekommen, wird das Eisenoxyd durch die zugeführte Luft, welche in dem Feuerraum unter Einwirkung der Kohle zu Kohlen säure und unter weiterer Einwirkung der Kohle zu Kohlenoxyd wird, durch dieses letztere vom Sauerstoff befreit oder „reduzirt“. Erst in der Gegend der ein-

strömenden Gebläseluft, welche die größte Hitze erzeugt, findet die Einwirkung der Zuschläge auf die Erze statt und die Schmelzung erfolgt. Die hierbei entstehenden Schlacken bedecken als die spezifisch leichteren Stoffe das flüssige Erz und bewirken hierdurch die oben erwähnte Verhinderung der Oxydation des Eisens an der Luft. Sie werden von Zeit zu Zeit von demselben abgezogen und, mit Wasser abgekühlt, bei Seite geschafft. Sie sollen beim guten Gang des Ofens kein Eisen und keine Kohle mehr chemisch gebunden enthalten und das etwa mechanisch noch eingesprengte Eisen wird, falls sich dies lohnt, durch Pochen und Auswaschen der Schlacke als Wascheisen wiedergewonnen. Das durch die Schmelzung erzeugte Kohlenstoffeisen sinkt allmählig flüssig in die Tiefe des Gestells, auf den Herd g, herab und wird bei hinreichender Füllung desselben entweder durch die Abstichöffnung bei h, die während des Ganges des Ofens mittels eines Gemenges von feuerfestem Thon, Quarzsand u. dergl. verstopft ist, durch Rinnen in Vertiefungen abgelassen, wodurch es die Gestalt von muldenförmigen Stücken oder Flossen, Barren oder Gängen, Platten oder Blatteln erhält, oder aus dem vorderen Theile des Herdes, dem sogenannten Vorherd i mittels gußeiserner, mit Lehm bestrichener Kessel, der Gießkellen, in ähnliche wie die vorbezeichneten Formen geschöpft. Je nach der Größe des Hochofens, sowie nach der Beschaffenheit der Erze und des Schmelzverfahrens beträgt der tägliche Abstich eines Hochofens 50 bis 250 Ctr. Die Zeitdauer des Hochofenbetriebs, welche nur durch die von Zeit zu Zeit erforderliche Reparatur des Ofens unterbrochen wird, heißt *Campagne*.

Das Brennmaterial, zur Gewinnung des Roheisens im Hochofenprozeß, besteht entweder in Holzkohlen oder Coaks, wonach man unterscheidet

- a. mit Holzkohlen erblasenes Roheisen und
- b. mit Coaks erblasenes Roheisen;

das erstere, welches zu mancher weiteren Verarbeitung des Roheisens geeigneter ist, hält man im Allgemeinen für die bessere Qualität des Roheisens.

Die Gebläseluft, welche man in den Hochofen führt, hat entweder die Temperatur der umgebenden Luft oder wird durch besondere Vorrichtungen vor dem Eintritt in den Ofen auf 125° bis 335° C. erhitzt, wonach man

- a. kalt erblasenes Roheisen und
- b. heiß erblasenes Roheisen;

unterscheidet und das erstere, wenigstens für solche Zwecke, höher schätzt, bei welchen es hauptsächlich auf die Festigkeit des Eisens ankommt. Aus diesem Grunde, und weil die heiße Gebläseluft nicht nur leicht zu Störungen im regelmäßigen Gange des Ofens Veranlassung giebt, sondern auch weil die durch sie entstehende übermäßig hohe Hitze die innere, aus feuerfesten Steinen bestehende, Bekleidung des Gestells zu sehr angreift, ist man auf den meisten Eisenwerken von deren Anwendung zurückgekommen.

Die Beschaffenheit des Roheisens hängt außer von diesen Umständen auch wesentlich von der Leitung des Schmelz- und Reduktionsprozesses ab. Man unterscheidet :

a. den guten oder garen Gang des Ofens, wenn sich das Eisen vollkommen aus den Erzen abscheidet und die beabsichtigten Eigenschaften hat ;

b. den rohen, übersetzten oder scharfen Gang des Ofens, wenn infolge eines unrichtigen Verhältnisses der Zuschläge zum Erze oder wegen unrichtiger Beschaffenheit der Zuschläge oder wegen einer zu geringen Menge Kohlen das Eisen sich nicht vollkommen aus den Erzen abscheidet, sondern in chemischer Verbindung mit den Schlacken bleibt oder „in die Schlacken geht“ ;

c. den heißen oder hitzigen Gang des Ofens, wenn das Eisen — sei es durch zu langes Verbleiben im Schmelzraum, sei es durch eine zu große Strengflüssigkeit der Zuschläge, welche behufs Ausscheidung der Erze eine zu große Hitze bedingen, sei es durch ein Uebermaß von Kohlen — einer zu hohen Temperatur ausgesetzt wird ;

d. den kalten Gang des Ofens, wenn das Gegentheil des hitzigen Ganges eintritt, also die Temperatur des Ofens nicht hoch genug ist, um ein vollkommenes Ausscheiden des Eisens zu bewirken. — Den Gang des Ofens erkennt man theils an der Farbe des Glühens in der Nähe der Düsen, theils an der Beschaffenheit und Bildungsweise der Schlacken.

Das durch den Hochofenprozeß erhaltene Roheisen ist ein Kohleneisen und kommt in sehr verschiedenen Mischungsverhältnissen des Eisens mit dem Kohlenstoff vor, welche zum Theil als chemische Verbindungen, zum Theil als mechanische Beimengungen anzusehen sind, und hiernach in zwei Hauptarten unterschieden werden,

a. das weiße Roheisen und b. das graue Roheisen.

Die verschiedenen Arten des weißen Roheisens sind chemische Verbindungen von Eisen und Kohlenstoff und eignen sich besonders zur Schmiedeisensfabrikation, dagegen nicht zur Gießerei von Bauthellen, die einer weiteren Bearbeitung bedürfen, da es hart, spröde und weit dickflüssiger ist, als das graue Roheisen. Die Farbe des weißen Roheisens ist hell, oft silberweiß und zeigt einen stark glänzenden Bruch. Die wichtigsten Unterarten desselben sind :

1. das Spiegeleisen (dickgrelles Eisen, Spiegelfloß, Hartfloß), die kohlenstoffreichste und weißeste chemische Verbindung des Eisens, da es vorzugsweise zur Darstellung des Stahls benutzt wird, auch Kohstahleisen genannt ;
2. das weißgare Roheisen von geringerem Kohlenstoffgehalt und minder weißem Ansehen ;

3. das blumige Roheisen oder blumige Floß von noch geringerem Kohlenstoffgehalt und einem strahlig-faserigen, bläulichgrauen Bruch;
4. das grelle Roheisen oder Weißeisen mit minder weißem und etwas porösem Bruch;
5. das lückige Eisen oder das lückige Floß mit noch weniger weißem, bläulichem, zackigem und sehr porösem Bruch.

Die verschiedenen Arten des grauen Roheisens entstehen im Hochofen aus dem weißen Roheisen durch Entmischung von Kohlenstoff und erscheinen daher als Eisenkohlenstoffverbindungen von geringerem Kohlenstoffgehalt mit mechanisch beigemengtem Kohlenstoff. Sie eignen sich besonders zur Gießerei von Baukonstruktionstheilen, da sie weicher und leichter zu bearbeiten sind. Die Farbe des grauen Roheisens ist mit zunehmendem freien Kohlenstoff hellgrau bis schwarz, während sein Gefüge aus dem körnigen ins Dichte übergeht und im Allgemeinen weniger krystallinisch ist, als dasjenige des weißen Roheisens.

Ein Gemenge von weißem und grauem Roheisen nennt man halbirtes Roheisen.

Die für die weitere Verarbeitung des Roheisens zu Gußwaaren und zu Schmiedeeisen wichtigsten unterscheidenden Merkmale des weißen und grauen Roheisens sind ⁴⁾:

Weißes Roheisen

oxydirt leichter, verändert sich früher, indem es körnig, grau und stahlartig wird, besonders wenn es vor dem Zutritt der Luft geschützt ist;

wird unter Zutritt der Luft, jedoch nicht bis zum Schmelzpunkt erhitzt, leicht schmiedbar;

schmilzt bei geringerer Temperatur, wird bei hoher Temperatur geschmolzen und schnell abgeschreckt, sehr spröde;

geht, bei hoher Temperatur geschmolzen und langsam abgekühlt, in graues Roheisen über;

ist im geschmolzenen Zustande dickflüssiger und zähe, dehnt sich aber beim Erstarren weniger aus.

Graues Roheisen

oxydirt weniger leicht; verändert sich weniger früh aber vollständiger, besonders wenn es vor dem Zutritt der Luft geschützt ist;

wird unter Zutritt der Luft, jedoch nicht bis zum Schmelzpunkt erhitzt, weniger leicht schmiedbar;

schmilzt erst bei höherer Temperatur, geht, bei hoher Temperatur geschmolzen und schnell abgeschreckt, in weißes Roheisen über;

bleibt, bei hoher Temperatur geschmolzen und langsam abgekühlt, unverändert oder wird weicher;

ist im geschmolzenen Zustand dünnflüssiger, dehnt sich aber beim Erstarren mehr aus.

Außer den vorstehend genannten Verbindungen von Kohlenstoff und Eisen enthält das Roheisen meist noch eine Menge anderer Stoffe, wie Mangan, Titan, Schwefel, Phosphor, Kieselsäure, Calcium, Magnesium

si um u., von welchen einige, wie Mangan und Titan als unschädliche, Schwefel, Phosphor und Kiesel dagegen als schädliche, durch Umschmelzen möglichst zu beseitigende, Beimengungen des Eisens zu betrachten sind.

II. Die Gewinnung des Schmied- oder Stabeisens.

Das Schmiedeseisen kann direkt aus den Erzen, ein Verfahren, welches jedoch jetzt aufgegeben ist, oder aus dem Roheisen gewonnen werden. Um das Roheisen, welches $3\frac{1}{2}$ —5% Kohlenstoff enthält und infolge hiervon nicht dehnbar ist, zu Schmiedeseisen, d. h. schmiedbar oder dehnbar zu machen, muß man ihm bis zu $\frac{2}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ % feines Kohlenstoffgehalts entziehen. Derjenige Prozeß, wodurch das Roheisen in Schmiedeseisen verwandelt wird, heißt der Frischprozeß und beruht hauptsächlich auf der Entfernung der entsprechenden Menge Kohlenstoff und der übrigen fremden Bestandtheile des Roheisens durch Oxydation. Bei diesem Verfahren oxydirt sich das Eisen an der Oberfläche zu Eisenoxydul, welches mit der Kieselsäure der Asche eine Schlacke bildet. Beim Durcharbeiten der Masse verbindet sich der Sauerstoff des Eisenoxyduls mit dem Kohlenstoff des noch vorhandenen Roheisens zu Kohlenoxyd, welches an der Oberfläche zu Kohlenäure verbrennt, während sich sowohl das in dem Eisenoxydul, als auch in dem Roheisen enthaltene Eisen ausscheidet. Man verwendet zum Frischen nur weißes und zwar möglichst kohlenstoffarmes Roheisen, weil es vor dem Schmelzen erweicht, lange dünnflüssig bleibt und daher den oxydierenden Stoffen eine größere Oberfläche darbietet, ferner, weil der in ihm chemisch gebundene Kohlenstoff leichter verbrennt, als der mechanisch beigemengte des grauen Roheisens. Graues Roheisen sucht man daher vor dem Verfrischen in weißes umzuwandeln. Dies geschieht durch

1. Das Weißmachen oder Weißen.

Diese Umwandlung beruht darauf, daß man dem aus dem Hochofen gewonnenen oder auf besonderen Herden umgeschmolzenen Roheisen nicht Zeit läßt, seinen Kohlenstoff mechanisch auszuscheiden und erfolgt entweder

a. durch bloßes Abschrecken des aus dem Hochofen in die Form abgelassenen Roheisens, indem man es in noch glühendem Zustande mit Wasser begießt, wobei indeß vorzugsweise nur die Oberfläche umgewandelt wird;

b. durch das Scheibenreißen oder Blattelheben, wobei das Roheisen aus dem Hochofen in eine tiefe Grube von ovalem Querschnitt geleitet und in glühendem Zustande mit Wasser begossen wird. Die Oberfläche erstarrt und bildet eine feste Scheibe, welche man von dem darunter befindlichen noch flüssigen Eisen abhebt. Auf letzteres gießt man wieder Wasser und erhält so eine zweite Scheibe, die man gleichfalls abhebt u. s. f., bis sämmtliches Roheisen in Gestalt von 25 bis 50 Pfund schweren Blatteln abgehoben ist, die man durch mäßiges Glühen unter Zutritt der Luft in besonderen Herden, sogenannten Bratherden, ihres Kohlenstoffgehalts noch mehr beraubt;

c. durch das **Granuliren** oder **Körnen**, wobei man das flüssige Roheisen aus dem Hochofen in einem dünnen Strahle in durch Unrühren stark bewegtes Wasserfließen läßt, worin das Eisen zu Körnern von weißem Roheisen erstarrt;

d. durch das **Hartzerrennen** und darauf folgendes **Scheibenreißen**, wobei das Roheisen unter Zutritt der Luft in einen besonderen Ofen, dem **Hartzerrenherd**, namentlich zur Entfernung des Kiesel- und Mangan-gehalts umgeschmolzen und hierauf wie bei Nr. 2 in Blatteln verwandelt und so abgehoben wird;

e. durch das **Affiniren**, **Feinmachen** oder **Raffiniren**, wobei man das Eisen unter Anwendung eines Luftstroms in besonderen Oefen, den sogenannten **Affinir- oder Feineisen-Feuern**, umschmilzt, um den mechanisch beigemengten Kohlenstoff zu verbrennen und das Eisen in chemische Kohleneisenverbindungen oder weißes Roheisen von möglichst geringem Kohlenstoffgehalt umzuwandeln.

2. Der Frischprozeß oder das Frischen

geschieht entweder

- auf Herden (Herdfrischung oder deutscher Frischprozeß) oder
- in Flammöfen (Puddlingsprozeß oder englischer Frischprozeß) oder
- durch Einblasen von Luft in das geschmolzene Roheisen (Bessemerprozeß).

a. Das **Herdfrischen** ist unter den genannten das älteste Verfahren und liefert im Allgemeinen ein vorzüglicheres Eisen als das Puddeln. Bei dem Herdfrischen wird das weiße oder in weißes übergeführtes graues Roheisen in Platten von 60—80 Zoll Länge, 9—10 Zoll Breite und 2—3 Zoll Dicke in dem vertieften vierseitigen, mit eisernen Platten oder Zaken ausgelegten, Feuerraum oder **Trümpel a**, s. Fig. 3, des Herdes **b** so eingeschmolzen, daß das schmelzende Roheisen erst im flüssigen Zustande dem durch die **Düse c** zugeführten Winde des Gebläses ausgesetzt wird. Zu diesem Zweck füllt man den Feuerraum mit glühenden Holzkohlen, läßt das Gebläse an, bringt das Roheisen in jenen Platten auf den **Herd b** und schiebt dasselbe gegen die Herdvertiefung in dem Maße vor, als es an der vorderen, dem Feuer ausgesetzten, Seite abschmilzt. Durch die Gebläseluft wird fortwährend ein Theil des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffs zu Kohlenäure verbrannt und das Eisen nach und nach entkohlt. Bei fortgesetzter Erhitzung bildet das

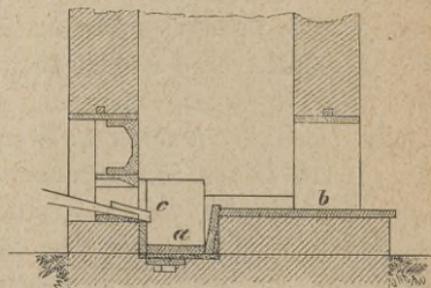


Fig. 3. Frischherd.

geschmolzene Metall eine teigartige Masse von kohlehaltigem und oxydirtem Eisen. Die Beschaffenheit oder *Gare* dieser Masse untersucht der Arbeiter, indem er mit einem Eisenstab in die Masse stößt. Ist dieselbe von breiartiger Beschaffenheit oder in gutem *garem* Gange und die Entkohlung hinreichend vorgeschritten, so räumt der Arbeiter die Schlacken und Kohlen von ihrer Oberfläche weg, hebt den Eisenklumpen mit einer Stange in die Höhe und zertheilt ihn in mehrere Stücke, die er unter häufigem Umwenden dem Winde des Gebläses aussetzt, eine Operation, welche das *Kohaufbrechen* heißt und so lange wiederholt wird, bis das Eisen *gar* ist. Hierauf nimmt der Frischer das *Garaufbrechen* vor, welches darin besteht, die ganze Eisenmasse durch verstärkte Hitze halbflüssig zu machen, um die Schlacke auszuscheiden. Nach beendigtem *Gareinschmelzen* hebt man die gefrischte Eisenmasse, die sogenannte *Luppe* heraus und bringt sie noch glühend unter den *Aufwerfhammer*, um sie zu zängen, d. h. die in ihrem Innern befindliche Schlacke herauszuquetschen und die Eisentheile innig zusammenzuschweißen. Erfolgt dieses Ausquetschen nicht vollständig, so bleiben im Eisen unganze Stellen zurück. Die Luppe wird hierauf in Stücke, sogenannte *Schirbel*, zerschnitten und diese werden dann zu Stäben ausgeschmiedet. Ist der Frischprozeß nicht richtig geleitet worden, so enthält das gefrischte Eisen an einzelnen Stellen mehr Kohlenstoff als an anderen und ist daselbst von härterer oft stahlartiger Beschaffenheit, eine Ungleichheit, welche für die Verwendung des Eisens nachtheilig ist und die spätere Bearbeitung desselben erschwert. Aus 100 Theilen Roheisen erhält man in der Regel 70—75 Theile Stabeisen.

Da das Frischen in offenen Feuern mit Holzkohlen geschieht, so ist es theurer und geht bedeutend langsamer von statten als das Puddeln unter Anwendung von Steinkohlen. Dies ist der Grund, warum das Frischen auf Herden, trotz der hierdurch erzeugten besseren Eisensorte, von dem Frischen in Flammöfen immer mehr verdrängt wird.

b. **Das Frischen in Flammöfen oder das Puddeln.** Die Flammöfen oder Puddlingsöfen, wovon die Figuren 4 und 5 einen Längendurchschnitt und Grundriß zeigen, werden zur Entkohlung des Eisens deshalb angewendet, damit die Hitze des Brennmaterials besser ausgenutzt wird und die schwefelhaltigen Steinkohlen nicht in unmittelbare Berührung mit dem Eisen kommen. In den Figuren bezeichnet a den *Kost*, b den *Puddlingsherd* mit den leicht zu öffnenden und zu schließenden *Arbeitsöffnungen* c und d, e den *Kanal*, durch welchen die Gase in den *Schornstein* gelangen, f die *Ablafsöffnung* für die beim Puddeln gebildete Schlacke. Der *Puddlingsherd* b besteht aus einem viereckigen eisernen Kasten, in welchen atmosphärische Luft ungehindert durch den *Kost* a eintreten kann. Auf diesen Herd bringt man eine Decke von *Frischschlacken* mit einem Zusatz von *Hammer-*

schlag und erhitzt die Masse, bis ihre Oberfläche weich geworden ist. Hierauf wird das zu entkohlende, am besten weißes oder in weißes übergeführtes graues, Roheisen kalt, oder auch in einem besonderen Ofen vorgewärmt, in einzelnen 15—30 Pfund schweren Stücken bis zu einer Quantität von 250—350 Pfund an den Wänden bis fast zur Decke eingesetzt. Nachdem das Arbeitsloch geschlossen ist, wird durch Aufgeben von Steinkohlen auf den Koft und Deffnen der an der Mündung des Schornsteins angebrachten Zugklappe der Ofen durch die hindurchstreichende Flamme des Steinkohlenfeuers in volle Glut gesetzt, bis das Eisen weißglühend wird und an den Wänden zu schmelzen anfängt. Sobald dieser Zeitpunkt eingetreten ist, steckt der Puddler durch eine besondere, in der Einsetzthür angebrachte, Deffnung eine hakenförmige Stange und wendet damit zur Beförderung der Oxydation beziehungsweise der Entkohlung das Eisen so lange, bis es ohne zu schmelzen eine möglichst teigartige Beschaffenheit angenommen hat. Die Hitze wird nun ermäßigt, damit das Eisen nicht in Fluß kommt und dieses unter beständigem Durcharbeiten möglichst mit der Luft in Berührung gebracht, wobei es durch die Entwicklung von Kohlenoxydgas aufschwillt, welches, nachdem es das Eisen durchbrochen, in blauen Flämmchen abbrennt. Durch diese Entziehung des Kohlenstoffs wird das Eisen trocken und nimmt eine sandige Beschaffenheit an, welche die Umwandlung des Roheisens in Schmiedeeisen anzeigt. Es handelt sich jetzt nur noch darum, die einzelnen trocknen Theilchen zusammenzuschweißen. Zu dem Ende verstärkt der Puddler die Hitze plötzlich wieder, wodurch das Eisen eine zähe, klebrige Beschaffenheit annimmt, und vereinigt die Eisentheilchen durch Hin- und Herrollen zu Ballen oder Luppen von beiläufig $\frac{1}{2}$ Centner Schwere. Diese, zur Bewirkung einer vollkommenen Schweißung bei verschlossener Thüre nochmals einer hohen Hitze ausgesetzt, werden dann einzeln mittels einer großen Zange aus dem Ofen gezogen und unter

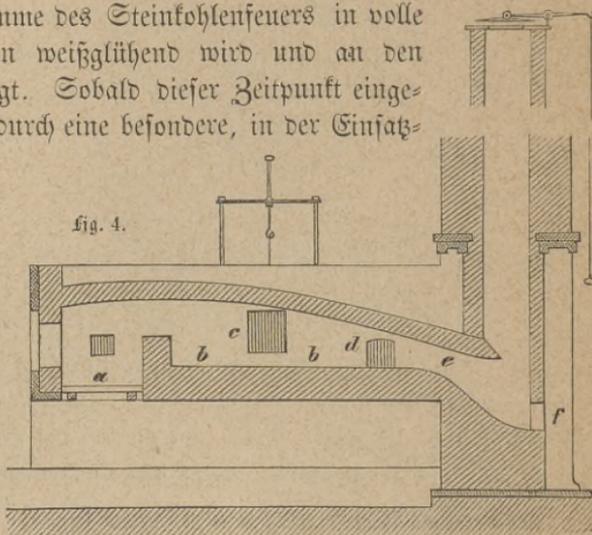


fig. 4.

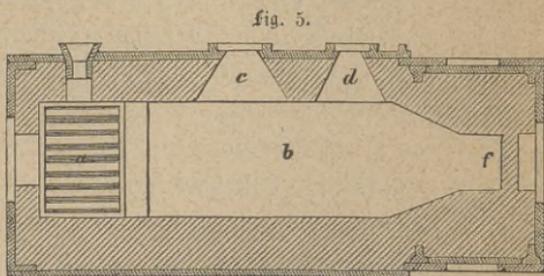


fig. 5.

fig. 4 u. 5. Puddelofen.

einem Stirnhammer oder Quetschwerk von Schlacke befreit oder gezängt, wodurch die Eisentheilchen noch inniger und fester zusammenschweißen. Die Quetschwerke arbeiten schneller und billiger als Hämmer, entfernen aber die Schlacke bei Weitem nicht so vollständig wie diese und liefern daher ein schlechteres Produkt.

Wo graues oder halbirtes Roheisen zum Puddeln verwendet werden muß, wird dasselbe vor dem eigentlichen Puddeln durch Einschmelzen in eigenen Defen oder Herden, den sogenannten Affinirfeuern, und plötzliches Abkühlen in weißes Roheisen, sogenanntes Feineisen, umgewandelt.

Das gewöhnliche Brennmaterial zur Erhitzung des Flammofens und des eingefesteten Eisens sind Steinkohlen, jedoch wendet man auch Braunkohlen, Torf und Holz an. Geschieht die Heizung durch Gasfeuerung, so vertritt ein unmittelbar neben dem Herd oder auch getrennt befindlicher Generator die Stelle des gewöhnlichen Feuerraums und die sich hier entwickelnden Gase werden mit einem Strome stark erhitzter atmosphärischer Luft gemischt, in den Puddelofen geleitet, ein Verfahren, welches man das Gasfrischen oder Gaspuddeln nennt.

Zur Entfernung von Schwefel und Phosphor haben Nasmyth, Parry und Andere beim Puddeln und Feinmachen auch die Anwendung von Wasserdämpfen versucht. Man läßt hierbei die Masse des flüssigen Roheisens eine gewisse Zeit vom Wasserdampf mit einem bestimmten Druck durchströmen, wobei eine Zerlegung des Wasserdampfs in Wasserstoff und Sauerstoff stattfindet, wovon der erstere sich begierig mit dem vorhandenen Schwefel und Phosphor des Eisens zu Schwefel- und Phosphor-Wasserstoff verbindet, welche in Gasform ausscheiden, während der Sauerstoff einen Theil des Kohlenstoffs oxydirt und als Kohlenoxyd verbrennt.

Mit dem Herdfrisch- oder Puddlings-Prozeß ist der chemische Prozeß der Stabeisensfabrikation vollendet, aber das hierdurch erzeugte Fabrikat ist noch ziemlich unvollkommen und wird deshalb noch einigen mechanischen Manipulationen ausgesetzt, bevor es zu den im Handel vorkommenden Schmiedeisensorten verarbeitet wird. Dieselben bestehen in einem Ausrecken und Zertheilen der Luppe in kleinere Stücke, einem Zusammenschweißen der aus diesen Stücken gebildeten Pakete und einem abermaligen oder mehrmaligen Ausrecken dieser geschweißten Pakete.

Das in den Herden gefrischte Eisen wird mittels des Schrotmeißels in Schirbel zertheilt, worauf diese in besonderen Schweißherden zusammenschweißst und dann unter Hämmern weiter ausgeschmiedet werden.

Das in den Puddelöfen hergestellte und gehörig gezängte Eisen wird meist unter Walzwerken mittels der Präparirwalzen in flache, 0,1 Meter breite und 0,01 bis 0,02 Meter dicke Stäbe von 4 bis 5 Meter Länge, die

sogenannten mill-bars Nr. 1, ausgewalzt, welche noch ein grobes Gefüge und bröcklige Ränder haben und deshalb zur unmittelbaren Verwendung noch nicht geeignet sind. Die mill-bars Nr. 1 werden daher mittels einer durch Dampf oder Wasserkraft bewegten großen Schere in 0,5 bis 1 Meter lange Stücke geschnitten, 6 bis 8 dieser Stücke mittels Draht oder Bandeseisen zu Paketen vereinigt, im Schweißofen umgeschweißt und unter Hämmern oder Walzen zu mill-bars Nr. 2 ausgereckt. Auch diese Sorte ist noch nicht gleichmäßig genug und wird durch abermaliges Zerschneiden, Zusammenschweißen und Ausrecken in mill-bars Nr. 3 verwandelt, welches schon zu den meisten Verarbeitungen geeignetes Schmiedeseisen darstellt. Je öfter das Eisen in dieser Weise behandelt wird, desto geeigneter ist es zu Brückentheilen, und man pflegt das zu Stäben und Blechen bestimmte Eisen bisweilen einer fünfmaligen derartigen Behandlung zu unterwerfen, indem man beim Schmieden oder Auswalzen und bei der Bildung der Pakete bereits auf die Gestalt und den Zweck der schließlich darzustellenden Gegenstände Rücksicht nimmt.

c. **Die Gewinnung des Stabeisens durch den Bessmerprozeß.** Wiewol sich gegenwärtig noch nicht absehen läßt, inwieweit das durch Einblasen von Luft in das flüssige Roheisen erzeugte sogenannte Bessmermetall beim Brückenbau Anwendung finden kann, so läßt doch die große Ausbreitung, welche dieser Prozeß in der letzten Zeit erfahren hat, sowie das durch ihn schon jetzt ermöglichte treffliche Fabrikat vermuthen, daß dasselbe nach hinreichender Prüfung und Feststellung seiner Eigenschaften, auch zur Herstellung von Brücken dienen wird. Nimmt man an, daß diese Eigenschaften unbeschadet anderer beim Brückenbau in Betracht kommender Umstände in einer größeren Festigkeit gegen Zug und Druck bestehen, als diese das bis jetzt verwendete, durch Herdrütschen oder Puddeln gewonnene, Schmiedeseisen besitzt, während die Herstellungskosten des Bessmer Eisens dieselben bleiben, so werden Brückenkonstruktionen von der gleichen Festigkeit mit geringerem Material- und folglich Kostenaufwand oder, bei gleichen Herstellungskosten, von einem höheren Sicherheitsgrade möglich, Umstände, welche nicht wenig in die Waagschaale fallen. Da durch das Bessmerverfahren das Roheisen ebensowol in Stahl als Schmiedeseisen verwandelt werden kann, so sprechen die bereits bekannte größere Festigkeit des Stahls, sowie die relativ geringere Neigung zur Oxydation zu Gunsten der Anwendung des Bessmerstahls, weshalb wir das Bessmerverfahren unter der Herstellung des Stahls behandeln werden.

d. **Auswahl des zum Brückenbau tauglichen Schmiedeseisens.** Die zum Brückenbau vorzugsweise verwendeten Schmiedeseisensorten sind:

1. Das sogenannte sehnige Eisen mit im Querbruch hellgrauer Farbe und mattem Glanze, sowie mit im Längsbruch silberfarbig hellem Glanz und feinem glatten Faden.

2. Das sogenannte Feinkorneisen, eine Zwischenstufe zwischen sehnigem Eisen, das es an Härte und Festigkeit, nicht aber an Zähigkeit übertrifft, und Puddelstahl, mit silberhell glänzendem, feinem und gleichmäßigem Korn.

Vom sehnigen Eisen, welches fast ausschließlich zur Herstellung von Façon-eisen verwendet wird, unterscheiden die Hütten mehrere Sorten von verschiedener Güte. Feinkorneisen ist theurer als sehniges Eisen, weil es zur Herstellung reineres Rohmaterial erfordert und beim Schweißen und Auswalzen sorgfältiger behandelt werden muß, indem es eine so hohe Temperatur wie das sehnige Eisen nicht verträgt, mithin wegen des kälteren Zustandes, worin es gewalzt werden muß, stärkere Walzen erheischt.

Im Allgemeinen hängt der Preis gangbarer Eisensorten von der Anzahl der zum Packetiren, Aus Schmieden und Walzen nöthigen Schweißhitzen ab, insbesondere wegen des dabei erfolgten Abbrandes und des dazu verwendeten Brennmaterials; ferner von dem Gewicht größerer, schwer zu handhabender und anzuwärmender Pakete, von theuren und selten gebrauchten Einrichtungen, schwierig zu walzenden und leicht Walzenbruch bewirkenden, sowie im Verhältniß zur erforderlichen Arbeit nicht ins Gewicht fallenden Abmessungen und Kalibern.

Für eine gewisse Reihe von Formen und deren Abmessungen, deren Anfertigung für die Hüttenwerke am billigsten ist, wird ein den jedesmaligen Konjunkturen entsprechender Grundpreis per Gewichtseinheit angesetzt, während der Preis für schwierigere Formen und Abmessungen aus dem Grundpreise und einem entsprechenden Zuschlags- oder Ueberpreise per Gewichtseinheit zusammengesetzt wird.

III. Die Gewinnung des Stahls.

Der Stahl ist zwar bis jetzt weniger als das Guß- und Schmiedeeisen zum Brückenbau verwendet worden. Insbesondere ist seine Anwendung zu ganzen Brückenträgern auf verhältnißmäßig wenige, darunter auf die im Anfang dieses ersten Abschnitts aufgeführten, Brücken, beschränkt geblieben. Dagegen werden gerade sehr wichtige, einem starken Druck auf die Quadrateinheit ausgesetzte, Theile übrigens schmiedeiserner Brücken, wie die stumpfen Auflagerschneiden und die durch Temperaturveränderungen bedingten Auflagerwalzen balkenartiger und aufgehängter Träger, die Widerlags- und Scheitelbolzen der Charnierbrücken u. gegenwärtig meist von Stahl hergestellt. Die Betrachtung der Gewinnung und Verarbeitung des Stahls ist daher hier um so weniger zu umgehen, als bei der großen Vervollkommnung desselben in Bezug auf die Qualität und die Preiserniedrigung des Produkts für den Ingenieur ein Grund liegt, dem mit so großer Leistungsfähigkeit begabten Stahl, insbesondere dem Puddel- und Gußstahl als Konstruktionsmaterial von Brückentheilen und ganzen Brückenträgern künftig seine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Da der Stahl $\frac{2}{3}$ bis 2% Kohlenstoff fenthält, während das Roheisen $3\frac{1}{2}$ bis 5 und Schmiedeeisen $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ % Kohlenstoff besitzen, so bildet der Stahl eine Mittelstufe zwischen Roh- und Schmiedeeisen und kann daher gewonnen werden:

- A. indem man dem Roheisen Kohlenstoff entzieht,
- B. indem man dem Schmiedeeisen Kohlenstoff hinzufügt,
- C. indem man Roheisen und Schmiedeeisen derart vereinigt, daß das Produkt den dem Stahl entsprechenden Kohlenstoffgehalt besitzt.

Der auf einem dieser drei Wege gewonnene Stahl ist noch von roher Beschaffenheit, weshalb er Rohstahl heißt und muß durch Ausrecken und Ausschmieden, das sogenannte Gärben oder Raffiniren des Stahls, oder durch Umschmelzen und Ausrecken zu Gußstahl verfeinert und verbessert werden.

1. Die Gewinnung des Rohstahls.

A. Die Gewinnung des Rohstahls aus dem Roheisen. Da die Gewinnung des Stahls aus Roheisen darauf beruht, dem Roheisen einen Theil seines Kohlenstoffs zu entziehen, so lassen sich dieselben Verfahren anwenden, welche zur Darstellung des Schmiedeeisens aus dem Roheisen dienen, wenn man nur den Prozeß der Kohlenentziehung früher unterbricht. Wir haben daher a. das Stahlfrischen in Herden, b. das Stahlfrischen in Flammöfen oder das Stahlpuddeln und c. die Bessemer'sche Stahlbereitung zu betrachten.

a. Das Stahlfrischen in Herden. Das Stahlfrischen in Herden ist die älteste bekannte Methode, Rohstahl aus Roheisen zu gewinnen. Wie zum Stabeisenfrischen verwendet man auch zum Stahlfrischen am besten mit Holzkohlen erblasenes weißes Roheisen und hierunter wieder Spiegeleisen, welches zu mit Kerben versehenen Barren, sogenannten Stahlkuchen, gegossen ist, sodaß man Stücke von 30—50 Pfund, sogenannte Heizen, leicht abbrechen kann. Solche Heizen werden allmählig und nach dem Fortschritt, welchen der Frischprozeß macht, in das Feuer der Herde eingesetzt. Das Verfahren des Frischens selbst hat die größte Aehnlichkeit mit dem früher beschriebenen Frischprozeß und erfordert nur größere Vorsicht, besonders in der Leitung des Windes, damit nicht mehr Kohlenstoff verbrennt, als dem Roheisen entzogen werden muß, um zu Stahl zu werden. Die fertig gefrischte Luppe heißt der Stahlschrei, welcher unter dem Hammer gezängt und in 6—8 Schirbel zer schlagen wird, worauf die einzelnen Schirbel zu $\frac{3}{4}$ zölligen Stäben ausgereckt werden. Der auf diese Weise gewonnene rohe Stahl, auch wol Schmelzstahl genannt, wird meist durch Gärben, seltener durch Umschmelzen verbessert.

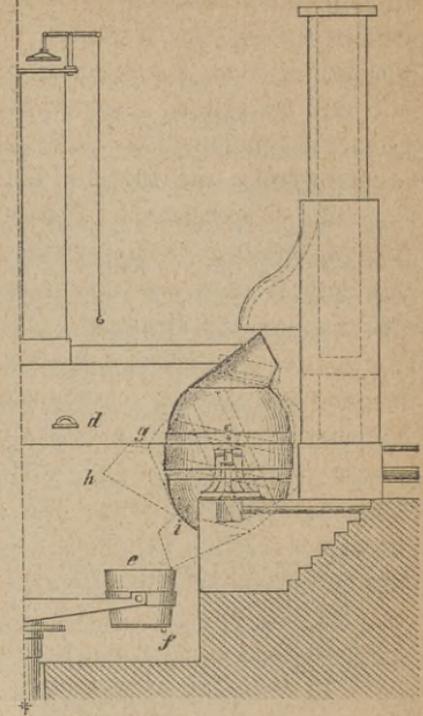
b. **Das Stahlfrischen in Flammöfen oder das Stahlpuddeln.** Das erst seit 14—15 Jahren im Großen betriebene Stahlpuddeln gewährt dem Stahlfrischen in Herden gegenüber alle diejenigen Vortheile, welche der Puddlingsprozeß dem Herdfrischprozeß gegenüber darbietet und welche in der billigeren Herstellung durch Anwendung der Steinkohlen statt der Holzkohlen, besseren Ausnutzung der Hitze, schnelleren Produktion und der Möglichkeit, größere Massen auf einmal zu bearbeiten, besteht.

Die Flammöfen zum Stahlpuddeln sind den Eisenpuddelöfen ganz ähnlich. Ihre Herdsohlen werden durch eine Wassercirculation kühl gehalten, welche sich durch Hähne reguliren und absperren läßt. Auch zum Stahlpuddeln eignet sich, wie zum Eisenpuddeln, ganz besonders weißes Rohestahleisen und Spiegeleisen. Von besonderer Wichtigkeit sind die zuzusetzenden, die Entkohlung befördernden, sogenannten garenden Mittel, welche diese Eigenschaft hier wegen des relativ größeren Kohlenstoffgehalts des Stahls, in geringerem Grade besitzen müssen und in Rohschlacke, Braunstein und Kochsalz bestehen. Das Verfahren des Stahlpuddelns besteht auch hier in dem Einsetzen und Einschmelzen, dem Schlackenzusatz, dem eigentlichen Entkohlen oder Garen der Masse und dem Luppenmachen. Besondere Vorsicht erfordert das Garen, damit die Masse weder in Schmiedeeisen übergeht, in welchem Falle die Hitze zu steigern und Hammerschlag zuzusetzen ist, noch sich ganz oxydirt und verschlackt, in welchem Falle die Hitze gemindert und nachträglich noch Schlacke aufgegeben werden muß. Sind die Rohstahluppen geformt, so werden sie herausgezogen und unter einem Dampfhammer gezängt, worauf man sie entweder sogleich in den Schweißofen bringt oder sie zur Erhaltung ihrer Hitze vorher unter einer Schicht Kohlenlösch aufhebt. In dem Schweißofen werden die Luppen mit Kohlenklein bedeckt, um sie einer zu starken Einwirkung der Gebläseluft zu entziehen, wenn sie gehörige Schweißhitze erlangt haben, unter Hämmern zu Stäben von 1 bis 1½ Meter ausgereckt und zum Härten in kaltes Wasser geworfen. Diese Stäbe werden entweder als die geringste Qualität sofort verwendet, oder mit Handhämmern zerschlagen, wobei die leicht springenden die erste, die leicht brechenden die zweite Sorte bilden, und hierauf entweder zu Gußstahl umgeschmolzen oder durch Gärben verbessert.

c. **Die Gewinnung des Stahls durch den Bessemerprozeß.** Bei Behandlung der Schmiedeeisenfabrikation wurde bereits auf die Wichtigkeit dieses Prozeßes hingewiesen, welcher darin besteht, daß man reines Roheisen in flüssigem Zustande in einem eisernen, mit feuerfestem Sandstein, dem in Sheffield unter der Kohle vorkommenden sogenannten Ganister, ausgefütterten Ofen bringt und so lange Gebläseluft durchleitet, bis sich der Kohlenstoffgehalt des Roheisens durch Verbrennen desselben entweder zu dem des Stahls verringert hat, in welchem Augenblicke man den Stahl ausgießt

(schwedisches Verfahren), oder bis sich derselbe gänzlich verloren hat, worauf man die dem Kohlenstoffgehalt des Stahls entsprechende Menge flüssiges Spiegeleisen zusetzt (englisches Verfahren). Durch die Verbrennung des Kohlenstoffs entwickelt sich bei hinreichender Eisenquantität, welche nicht unter 17 Centner betragen darf, so viel Wärme, daß diese das Eisen auch dann flüssig erhält, wenn man ungeschmolzenes Eisen zusetzt. Das Roheisen wird hierdurch ohne allen Aufwand von Brennstoff und Handarbeit in 10 Minuten in vorzüglichem Gußstahl verwandelt.

Der Bessmerofen ⁵⁾, s. Fig. 6 und 6a, wegen seiner Gestalt auch wol Bessmerbirne genannt, hat die Form einer Retorte und ruht auf Ständern mittels zweier Zapfen a, um die er zum Zweck des Ausgießens mittels der Kuppelung k gedreht werden kann. Am Boden befindet sich ein Windkasten b, in welchen durch das mit dem Ventil v versehene Zuleitungsrohr o Luft eingeblasen wird, die sich von da durch zahlreiche Düsen c von feuerfestem Thon durch das Eisen vertheilt und durch einen stärkeren Gegendruck als das Gewicht der Eisenmasse diese am Ausfließen in den Windkasten verhindern muß. Die Luft wirkt nicht nur chemisch durch Oxydation des Kohleneisens, sondern auch mechanisch durch die innige Mischung des schon oxydirten und noch unentkohlten Eisens zu einer vollkommen gleichartigen Masse. Bei Gegenwart von Schwefel und Phosphor



100 50 0 1 2 4 4 5 mtr.

Fig. 6. Bessmerofen.

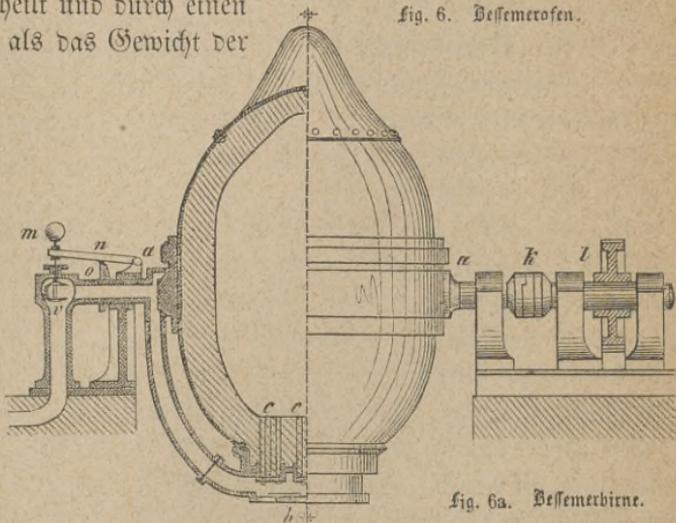


Fig. 6a. Bessmerbirne.

im Eisen und um diese schädlichen Beimengungen zu entfernen, bläst man statt atmosphärischer Luft überhitzten Wasserdampf ein, welcher in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt wird, wovon der erstere das Kohleneisen oxydirt, der letztere sich mit dem Schwefel und Phosphor verbindet und als Schwefel- und Phosphorwasserstoff entweicht.

Zur Ausführung des Processes wird das Innere der Birne durch stark angeblasenes Coaksfeuer zum Weißglühen gebracht, worauf das Brennmaterial durch Umdrehen des Gefäßes ausgestürzt und nach dem Zurückdrehen in die Lage g h i durch eine Rinne mit dem, aus dem naheliegenden Schmelzofen d abgelassenen, flüssigen Roheisen gefüllt wird. Hierauf wird noch 10—15 Minuten lang Luft eingeblasen, währenddeß die Entfohlung des Eisens unter lebhaftem Funkensprühen und Aufschäumen vor sich geht. Der Fortgang der Entfohlung läßt sich einigermaßen aus den entweichenden Gasen und durch Einstoßen von Brechstangen beurtheilen. Bei dem englischen Verfahren wird das in einem anderen Ofen geschmolzene und zugesetzte weiße Roheisen durch Hin- und Herschaufeln der Birne mit deren Inhalt möglichst innig gemengt, worauf man die Masse durch Umdrehen der Birne in einen Kessel e, dessen Boden mit einem Pfropfen f versehen ist, stürzt, von wo die flüssige Stahlmasse durch Ausziehen jenes Pfropfens in eine gußeiserne Form abgelassen wird.

Das weiße, dem Schmiedeeisen entsprechende Bessermetall kommt dünnflüssig aus dem Ofen und eignet sich, da es unter allen weißen Eisensorten am reinsten von Schlackentheilen ist, besonders für Kesselblech und Draht, während das vorzugsweise dargestellte härtere Bessermetall bis jetzt zwar nicht alle Eigenschaften des besten Stahls besitzt, aber für sehr viele Zwecke den Stahl ersetzen kann.

B. Die Gewinnung des rohen Stahls aus dem Stabeisen. Die hierzu erforderliche Vermehrung des Kohlenstoffs im Schmiedeeisen erfolgt im Allgemeinen durch Glühen des Stabeisens mit Kohlenpulver unter Ausschluß des Luftzutritts, wodurch der sogenannte Brenn- oder Cementstahl erhalten wird.

Um einen guten Cementstahl zu erhalten, ist es nothwendig, reines, aus mit Holzkohlen erblasenem Roheisen dargestelltes, Stabeisen anzuwenden, wie es Schweden und der Ural liefert. Das schwedische, aus Magneteisenstein und Roheisenstein dargestellte Schmiedeeisen wird in großen Quantitäten von England und Frankreich bezogen, um dort in Cementstahl verwandelt zu werden, da selbst das beste englische Stabeisen nur zu gewöhnlichen Stahlorten zu verwenden ist. Dieser Cementstahl, sowie der in neuester Zeit hergestellte Bessermetallstahl, bilden das Hauptmaterial der englischen Gußstahlfabrikation, die ihren Sitz in Sheffield hat.

Das zur Cementstahlfabrikation benutzte Schmiedeeisen verwendet man in

flachen Stäben von $1\frac{1}{2}$ —3 Zoll Breite und nicht über $\frac{3}{8}$ Zoll Dicke, wenn der Cementstahl später gegärbt und bis zu $\frac{3}{4}$ Zoll, wenn der Cementstahl später zu Gußstahl umgeschmolzen werden soll. Diese Stäbe werden in gemauerte Kästen aus feuerfestem Thon oder Stein von $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Meter Breite, 2—4 Meter Länge und bis $\frac{1}{2}$ Meter Höhe hochkantig eingepackt, sodas zwischen den Stäben überall ein Zwischenraum von $\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Centimeter bleibt, der mit Holzkohlenklein, dem bisweilen Holzasche mit Kochsalz, Potasche mit Kochsalz etc. zugesetzt wird, dem sogenannten Cementirpulver ausgefüllt wird, und die Kästen nach dem Einsetzen des Eisens vermauert, mit Thondeckeln geschlossen und dicht verschmiert. Zwei bis acht solcher Kästen mit einem Eisengehalt von 50 bis 300 Ctr. stehen in einem Ofen, in welchem sie unten und an den Seiten vom Feuer umspielt werden können. Die Hitze des Ofens wird binnen 2—4 Tagen bis zur Weißglühhitze des Eisens gesteigert und 5—8 Tage gleichmäßig erhalten, worauf man den Ofen abkühlen läßt und die cementirten Stäbe herausnimmt. Um den Gang des Ofens oder die Fortschritte der Cementation beurtheilen zu können, legt man beim Einpacken einige Probestäbe so ein, daß sie von außen herausgezogen werden können. Die Stäbe, bei welchen die Cementation von außen nach innen vorgeedrungen ist, zeigen an ihrer Oberfläche kleinere oder größere Blasen, weshalb der Cementstahl auch Blasenstahl genannt wird, und im Innern ein aus dem Sehnigen ins Körnige übergegangenes Gefüge. Der so gewonnene Blasenstahl wird theils durch Gärben, theils durch Umschmelzen verbessert.

C. Die Gewinnung des Stahls durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Schmiedeseisen. Der Erfolg der soeben betrachteten Methoden der Stahlbereitung, sowol durch Entziehung des Kohlenstoffs aus dem Roheisen als durch Zuführung von Kohlenstoff zu dem Schmiedeseisen hängt größtentheils von der Uebung und Geschicklichkeit des Arbeiters ab und ist, da dieser den Kohlenstoffgehalt des Stahls nie genau bestimmen kann, mehr oder minder unsicher. Auf diesen Mißstand hat zuerst Karsten hingewiesen und die Produktion eines Stahls von bestimmtem Kohlenstoffgehalt durch Zusammenschmelzen eines Roh- und Stabeisens von gleichfalls bestimmtem Kohlenstoffgehalt veranlaßt. Man verarbeitet hierzu ein aus reinem Spath- und Brauneisenstein dargestelltes weißes Roheisen von 5—5,6 % Kohlenstoff und ein aus denselben Erzen hergestelltes reines oder schwedisches Stabeisen von 2,5 % Kohlenstoffgehalt, welche Materialien in den erforderlichen Gewichtsverhältnissen in feuerfesten Tiegeln in einem Ofen, unter Abschluß der Luft, zusammengeschmolzen werden, wobei das leichtflüssigere Roheisen zuerst in Fluß kommt und hierdurch das schwerflüssigere Stabeisen ebenfalls zum Schmelzen bringt. Der hierdurch gebildete Gußstahl wird, nachdem innerhalb des Ofens die Deckel der Tiegel geöffnet und die Schlacken abgeschöpft worden

sind, rasch in gußeiserne Formen abgelassen und zum Erkalten gebracht, worauf die erkalteten Gußstahlstücke gleichmäßig in Flammöfen erhitzt und ausgeschmiedet oder gewalzt werden.

2. Die Verbesserung des rohen Stahls.

Das durch die vorbeschriebenen drei Hauptmethoden der Stahlerzeugung erhaltene Produkt ist wegen unganzer Stellen oder wegen ungleich vorgeschrittener Entziehung oder Zuführung von Kohlenstoff noch ziemlich ungleichförmig und wird, um ihm die nöthige gleichmäßige Beschaffenheit zu geben, wie auf S. 21 bereits angedeutet, durch das sogenannte Gärben oder Raffiniren ausgereckt und ausgeschmiedet oder durch Umschmelzen und Ausrecken in Gußstahl verwandelt.

A. Das Gärben oder Raffiniren des Stahls. Das Gärben des Stahls besteht in einem Ausrecken desselben unter Schwanzhämmern, wobei die Stahlstäbe zu etwa 0,6 Meter (2 Fuß) langen, 4 Centimeter ($1\frac{1}{2}$ Zoll) breiten, 2—3 Millimeter ($1—1\frac{1}{2}$ Linien) dicken Schienen ausgeschmiedet werden, eine Operation, die man das Plätten nennt. Werden solcher Schienen sechs und mehr zu einem Packete oder einer Garbe zusammengelegt, zusammengeschweißt und zu einem quadratischen Stücke ausgeschmiedet, so erhält man den einmal gegärbten Stahl. Wird diese Stange in der Mitte zerhauen, die beiden Hälften nochmals aufeinander geschweißt und ausgereckt, so entsteht zweimal gegärbter Stahl, eine Operation, welche man zum dritten Mal oder noch öfter wiederholt, wodurch der Stahl zwar stets besser wird, aber bei jedem Gärben 6—12 % durch Abbrand verliert.

B. Das Umschmelzen des rohen Stahls zu Gußstahl. Die Verbesserung des Rohstahls durch Umschmelzen wurde zuerst von Huntsmann in England im Großen ausgeführt, woher sein Fabrikat auch den Namen Huntsmannstahl erhielt, und ist jetzt wegen des besseren Produkts viel mehr verbreitet, als die Verbesserung des Stahls durch das Gärben. Der unzuschmelzende Rohstahl (Frisch- oder Puddelstahl), Bessemerstahl oder Cementstahl wird hierbei in Brocken zertheilt und in mit Deckeln verschlossenen Schmelztiegeln aus dem besten feuerfesten Thon in, durch natürlichen Luftzug mittels Coaks oder Steinkohlen geheizten, Schmelzöfen innerhalb 4—5 Stunden geschmolzen, worauf die Tiegel aus dem Ofen genommen werden und der geschmolzene Stahl in gußeiserne Formen gegossen wird. Aus diesen Formen, welche aus je zwei miteinander verankerten Hälften bestehen, wird das gegossene Stahlstück herausgenommen und unter starken Dampfschlämmern oder Walzen in die beabsichtigte Form ausgeschmiedet oder ausgewalzt. Der so erhaltene Gußstahl besitzt desto mehr Schweißbarkeit, je geringer sein

Kohlenstoffgehalt ist, desto größere Hitze erfordert er aber auch zur Schmelzung und desto geringer ist die Härte, welche er annehmen kann.

C. Auswahl der zum Brückenbau tauglichen Stahlorten. Der zum Brückenbau verwendete Stahl ist hauptsächlich entweder :

1. Puddelstahl mit im Bruche silberhell glänzendem und gleichmäßigem Korn, welches feiner ist als beim Feinkorneisen und sich wie jeder Stahl härten läßt, oder
2. Gußstahl, der jetzt in größeren Quantitäten wol meist durch Bessernern aus sehr reinem Roheisen hergestellt wird und im Bruche an Feinheit und Gleichmäßigkeit des Korns den Puddelstahl übertrifft.

Der Puddelstahl ist wegen des zu seiner Darstellung erforderlichen reineren Rohmaterials und der beim Schweißen und Auswalzen nöthigen sorgfältigeren Behandlung schon theurer als sehniges Eisen, durch Schmelzen von Puddelstahl hergestellter Gußstahl ist natürlich theurer als ersterer. Der gegenwärtig noch verhältnißmäßig hohe Preis des Bessemerstahls liegt zunächst an der großen erforderlichen Reinheit des Roheisens, dann aber auch in den großen Kosten der ersten Anlage und in dem Mangel an Konkurrenz.

Die Preise der einzelnen Stahlorten, hinsichtlich ihrer Formen und Abmessungen, hängen zum größten Theil von den erwähnten, für die Auswahl der zum Brückenbau tauglichen Schmiedeeisensorten maßgebenden Umständen ab.

Drittes Kapitel.

Verarbeitung und Bearbeitungsformen des Eisens.

Die Verarbeitung des Eisens zu Brückentheilen oder Bautheilen überhaupt zerfällt in die Herstellung der roheren Formen und in die feinere Ausarbeitung der so erhaltenen Eisensfabrikate. Die Darstellung der rohen Formen beruht theils auf der Schmelzbarkeit, theils auf der Dehnbarkeit des Eisens und zerfällt hiernach in die Eisengießerei und in die Ausredungsarbeiten des Eisens durch mechanisches Schmieden, Walzen und Ziehen zu Stäben, Blech und Draht.

Die feinere Ausarbeitung der so erhaltenen Fabrikate geschieht entweder in warmem Zustande des Eisens durch die Handschmiede oder in kaltem Zustande und hier entweder durch Handarbeit, die Bauhloßerei, oder durch Maschinenarbeit, die mechanische Schlosserei, in mechanischen Werkstätten.

Alle diese Bearbeitungsweisen des Eisens von der rohen bis zu der ausgebil-

deſten Form ſind bei der Herſtellung von Brückentheilen mehr oder minder erforderlich. Wir betrachten daher und zwar nach dem Grade dieſer Betheiligung:

- I. Die Verarbeitung des Eisens durch Gießen oder die Eiſengießerei;
- II. Die grobe Verarbeitung des Eisens durch mechanische Arbeit;
- III. Die feinere Verarbeitung des Eisens im warmen Zuſtande durch Handarbeit;
- IV. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zuſtande durch Handarbeit;
- V. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zuſtande durch mechanische Arbeit. —

I. Die Verarbeitung des Eisens durch Gießen oder die Eiſengießerei.

Die zu baulichen Zwecken dienenden Gießereien beſchäftigen ſich mit der Herſtellung von Konſtruktionstheilen aus Roheiſen oder Gußſtahl und ſind für den Bau eiſerner Brücken von großer Wichtigkeit, indem nicht nur einzelne wichtige Beſtandtheile derſelben, ſondern ganze Brückenträger in einem oder mehreren Stücken, Brückenpfeiler, ja weſentliche Theile von Brückenfundamenten durch Gießen hergeſtellt werden. Die erſte eiſerne Brücke, welche im Jahre 1779 zu Coalbrookdale über die Saverne erbaut wurde, beſteht ganz aus Gußeiſen, ebenſo eine große Anzahl balkenartiger und geſtützter Brücken, wovon die erſteren wegen der beſſeren Qualität der ſchmiedeiſernen Balkenträger zwar mehr und mehr abkommen, aber die letzteren bis in die neueſte Zeit ausgeführt werden. Eine nicht unbedeutende Anwendung findet das Gußeiſen auch noch jetzt zur Herſtellung derjenigen Theile gemiſchteiſerner Brücken, welche nur einem Druck ausgeſetzt ſind, während die auf Zug beanspruchten aus Schmiedeiſen beſtehen. Eine faſt excluſive Anwendung von Gußeiſen oder Gußſtahl wird aber zu allen denjenigen Theilen eiſerner Brücken gemacht, welche deren Trägern zur feſten oder beweglichen Unterlage dienen, wie zu den Widerlagsplatten der geſtützten und den Unterlagsplatten der aufgehängten und balkenartigen Träger.

Bei den Pfeilerkonſtruktionen der Brücken tritt das Gußeiſen entweder in der Form von Cylindern auf, welche aneinander geſchraubt und mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt werden oder in der Form von Platten und Stäben, die, gleichfalls untereinander verſchraubt, Wandungen oder Rippen jener eiſernen Pfeiler bilden, welche die Brückenträger aufnehmen.

Wo das Gußeiſen zu Brückenfundamenten verwendet wird, dient es entweder in Stab- und Plattenform zu Spundwänden oder in Stab- oder Röhrenform zu Koſtpfählen, welche mit gußeiſernen Platten überdeckt und unter ſich verbunden werden.

Auch bei Herſtellung von Eisbrechern hat das Gußeiſen Anwendung gefunden.

Zur Anfertigung von Gußstücken bedarf man der sogenannten Form, eines von Wandungen umschlossenen Hohlraums von der jenen entsprechenden Gestalt, welcher mit dem geschmolzenen Metall gefüllt werden soll. Zur Ausparung dieses Hohlraums wird ein Modell des zu gießenden Gegenstandes aus Gips, Holz oder auch Eisen hergestellt, in einem plastischen Material abgedrückt und wieder herausgenommen, worauf jener Hohlraum zurückbleibt. Die Form wird nun mit geschmolzenem Metall ausgegossen, nach dem Erstarren des Metalls das Gußstück herausgenommen und von dem anhängenden Material der Form und des Metalls gereinigt.

Die Arbeiten des Gießens zerfallen hiernach in

1. die Anfertigung der Modelle,
2. die Bildung der Formen,
3. das Schmelzen des einzugießenden Metalls,
4. das Gießen des Metalls in die Form,
5. das Ausheben und Reinigen des Gußstückes.

1. Die Anfertigung der Gußmodelle. Gipsmodelle werden wegen ihrer Zerbrechlichkeit und Modelle aus Metall, z. B. Gußeisen und Bronze, wegen ihrer Kostspieligkeit nur selten und letztere hauptsächlich da angewendet, wo voraussichtlich nach und nach viele Abgüsse zu machen sind. Zu den am meisten gebrauchten Holzmodellen wählt man am besten trocknes geradspaltiges Erlen-, Kiefern- oder Kastanienholz sowol wegen seiner Weichheit und Leichtigkeit, als auch deshalb, weil diese unter allen inländischen Holzarten am wenigsten dem Schwinden nach der Quere ausgesetzt sind. Um diese Modelle gegen die Folgen der Feuchtigkeit, wie Werfen und Reißen, möglichst zu schützen und sie leichter aus der Form ausheben zu können, werden sie am besten polirt, d. h. mit einer Lösung von Schellack in Weingeist abgerieben. — Die Herstellung eines Modells erfordert nun, daß:

- a. es sich formen lasse,
- b. es sich aus der Form heben lasse, ohne sie zu beschädigen,
- c. der zu gießende Gegenstand die beabsichtigte Gestalt und Größe erhalte.

Bei Unterschneidungen zerlegt man deshalb das Modell in einzelne Theile, formt diese einzeln und setzt nachher die Form zusammen. Alle Höhlungen und Durchbohrungen, welche ein Gußstück erhalten soll, werden durch massive Körper aus Sand oder Lehm, sogenannte Kerne gebildet, welche die Gestalt der Höhlung haben und an den entsprechenden Stellen eingesetzt werden. Um das Ausheben ohne Beschädigung der Form bewirken zu können, fertigt man Modelle von prismatischer Form etwas verjüngt an oder theilt dieselben oder rundet alle einspringenden oder vorspringenden Kanten ab u. s. w. Weil das Gußeisen beim Erstarren sich zusammenzieht, müssen

die Modelle etwas größer gemacht d. h. deren Abmessung nach dem sogenannten Schwindmaßstab vergrößert hergestellt werden. Nach den verschiedenen in Bezug hierauf zu untersuchenden Eisensorten zieht sich das Eisen $\frac{1}{98}$ — $\frac{1}{95}$, im Durchschnitt $\frac{1}{97}$ zusammen, weshalb alle Längendimensionen des Modells um diese Bruchtheile zu verlängern sind.

Die Anfertigung der hölzernen Gußmodelle im Großen geschieht in Modellirwerkstätten oder Schreinereien unter Anwendung von Hobelbänken, Drehbänken mit sämmtlichen zugehörigen Werkzeugen und solchen Maschinen, welche, wie Kreis Sägen, Raderschneidmaschinen u. s. w. die Anfertigung von Modellen erleichtern. Die Gestalt der Brückenträger oder ihrer Modelle ist von großem Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit ihres Materials und muß so beschaffen sein, daß das flüssige Eisen sich in der Form leicht und rasch vertheilt und beim Erkalten überall gleichmäßig zusammenzieht. Hindernisse, welche das Gießen erschweren und ein gleichmäßiges Schwinden verhindern, erzeugen äußere Formveränderungen oder ungleiche Spannungen im Innern der Gußstücke, welche ihre Festigkeit vermindern. Unter solche Hindernisse gehören:

1. Querrippen, Ansätze und Durchbrechungen gußeiserner Balken oder Wölbstücke.
2. Löcher in den Gußstücken zu deren Verbindung durch Bolzen, welche außerdem die der Beschaffenheit des Eisens nachtheiligen Gußblasen befördern.
3. Einseitige Verstärkungsrippen oder Verzierungen, welche man gewöhnlich nur bei den weniger belasteten Stirnrippen der Brücken anbringt.
4. Ungleiche Stärke der einzelnen Theile des Gußstücks, z. B. der Stehrippe und Flantschen von doppelt T-förmigen Brückenbalken.
5. Uebermäßige Größe oder zu geringe Stärke der Gußstücke, welche beide das rasche Ausfüllen der Form mit dem flüssigen Eisen erschweren.

Die besten Modelle zu Brückenträgern sind daher solche, welche von mittlerer Abmessung, symmetrisch, möglichst homogen und von gleichmäßiger Stärke ihrer einzelnen Theile gebildet werden, und es kann nicht befremden, wenn die Widerstandsfähigkeit des Gußeisens bei gewissen Brückenträgern bisweilen nicht genügend befunden und infolge dessen seine Anwendung überhaupt beanstandet wird, wenn von dem Ingenieur die Anordnung der Gußstücke nicht der Operation des Gießens und der Natur des Gußeisens entsprechend getroffen wurde.

2. Die Bildung der Gießformen. Unter der Gießform versteht man den von Wänden aus plastischem oder starrem Material umschlossenen, auszugießenden Hohlraum. Die zur Herstellung dieser Wände verwendeten plastischen Materialien sind Sand, Masse oder Lehm. Sie liefern Formen, welche nur einen Guß aushalten und die deshalb verlorene Formen heißen. Die starren Materialien sind Metalle oder Metalllegirungen

und liefern Formen, welche mehrere Güsse aushalten und Schalen heißen. Man unterscheidet hiernach das Gießen in verlorenen Formen und das Gießen in Schalen oder den Schalenguß. Die Sand- und Massformen werden meistens durch Abdruck der Modelle und durch Einsetzen der entsprechenden Kerne oder Kernstücke, entweder auf dem Boden oder dem Herd des Gießhauses oder in sogenannten Formkästen hergestellt, wonach man beziehungsweise die Herdformerei und die Kastenformerei unterscheidet. Die Massformerei ist jederzeit eine Kastenformerei, die Lehmformen werden dagegen unmittelbar, d. h. ohne Modell hergestellt.

Von besonderer Wichtigkeit für das Bauwesen überhaupt und den Bau eiserner Brücken insbesondere sind die Herd- und Kastenformerei.

A. Die Herdformerei. Sie dient zur Darstellung großer, grober Gußstücke, wie Fundamentplatten, Balken, Brückenbrüstungen u. s. w. Derjenige Theil der Sohle des Hüttengebäudes, welcher den Herd bildet, besteht bis zu einer Tiefe von 0,4—0,5 Meter ($1\frac{1}{4}$ —2 Fuß) aus mehr oder minder reinem Formsand, in welchem das Modell mit Hilfe der Setzwage wagerecht und scharf abgedrückt wird. Soll die Oberfläche eben werden, so läßt man das eingegossene Material sich von selbst ins Niveau stellen, in welchem Falle man offene Herdformerei betreibt; soll jene Oberfläche eine bestimmte nicht ebene Gestalt erhalten, so deckt man über die offene Form einen dieser Gestalt entsprechenden Deckel nach Art der Formkästen, in welchem Falle man sich der verdeckten Herdformerei bedient.

B. Die Kastenformerei. Sie dient zur Herstellung der kleineren und feineren Gußtheile der Brücken- und Hochbau-Konstruktionen und erfordert hölzerne oder eiserne Kästen ohne Boden, die sogenannten Formkästen, welche mindestens aus zwei aufeinander passenden Hälften, dem Ober- und Unterkasten bestehen, die durch Zapfen und diesen entsprechende Löcher unverschieblich auf einander gesetzt und durch Schraubzwingen zusammengehalten werden können. Die kleineren Kästen erhalten Handgriffe, die größeren Zapfen, mittels deren sie an den Ketten des im Gießhaus befindlichen Krähens aufgehängt und versetzt werden können. Die Formen werden mit sogenannten Gießlöchern, d. h. mit besonderen Eingüssen oder abschüssigen Kanälen versehen, welche das flüssige Metall aufnehmen und über die Form vertheilen. Damit die in der Form enthaltene atmosphärische Luft beim Eingießen entweichen könne, muß der Umfang der Eingüsse hinreichend weit, und das Formmaterial porös sein, ja es müssen bisweilen besondere Luftkanäle, sogenannte Windpfeifen angebracht werden. Damit das flüssige Metall in den Formen sich nicht zu schnell abkühlt, soll die Form ein möglichst schlechter Wärmeleiter sein oder selbst vor dem Gießen vorgewärmt werden.

Das am häufigsten gebrauchte Formmaterial ist Formsand, ein feiner

mit etwas Thonerde gemengter Sand, der oft mit Holzkohlen oder Coakspulver versetzt wird. Die Thonerde giebt dem Sande die Bildsamkeit, die Kohle die Porosität und eine geringere Wärmeleitfähigkeit.

Unter Masse versteht man einen so thonhaltigen Formsand, daß er bei einer Temperatur von 200—300° hart wird. Zur Vermeidung des Festbrennens des Gußstücks an der Form und zur Erzielung einer größeren Porosität der Masse setzt man ihm eine geringe Quantität Holzkohlenpulver zu. Die Masseformerei unterscheidet sich nun von der Sandformerei hauptsächlich dadurch, daß die Form in der Trockenkammer scharf getrocknet wird, um eine Entwicklung von Wasserdämpfen beim Gießen möglichst zu vermeiden. Der Formsand kann hierbei viel fester eingestampft und daher jeder Theil der Form viel fester und haltbarer gemacht werden, als bei der Anwendung von Formsand.

C. Die Lehmformerei. Man wendet sie meist nur bei Herstellung großer einfach geformter und hohler Gegenstände z. B. Cylinder oder Cylinderstücke an, um kostspielige Holzmodelle zu ersparen und bedient sich hierzu des Formlehms, eines guten kalkfreien Töpferthones mit etwas gebrauchtem Formsand und zur Vermehrung des inneren Zusammenhanges mit $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ seines Volumens an Kuhhaaren oder Pferdemit. Das Verfahren der Lehmformerei besteht in der Darstellung

- a. des Kernes,
- b. des eigentlichen Modells oder Hemdes,
- c. des Mantels.

Der Kern besteht entweder aus einer mit Lehm überzogenen oder mit Strohseilen unwickelten und dann mit Lehm überzogenen durchlöchernten gußeisernen oder schmiedeeisernen „Seele“, bei größeren Abmessungen des Gußstückes selbst aus nur mit Lehm überzogenem Mauerkörper. Die Lehm-schichten werden in beiden Fällen mittels einer an der Seele drehbar befestigten Schablone abgedreht.

Das Hemd ist eine Lehmschicht von der Dicke des Gußstückes, welches auf den Kern aufgetragen und nach Herstellung des Mantels wieder entfernt wird, sodaß ein ihm entsprechender Hohlraum zurückbleibt. Um das Ablösen des Mantels von dem Hemd und des Hemds von dem Kern zu erleichtern, werden sowol der Kern als das Hemd mit Sand bestreut.

Der Mantel wird durch Auftragen einer Lehmschicht auf den Kern gebildet, welche mit einem festen, zur Erhöhung der Festigkeit bisweilen noch mit Gips übergossenen, Mauerkörper umgeben wird. Das Abheben des Mantels geschieht entweder im Ganzen und dann von oben mittels eines Krahns oder in zwei Hälften von der Seite. Nachdem der Mantel abgehoben und das Hemd abgenommen ist, muß das Modell sorgfältig wieder an dieselbe

Stelle gebracht werden, die es vorher eingenommen hat, weshalb man die Stellung des Mantels gegen den Kern durch Marken oder feststehende Stifte bezeichnet.

3. Das Schmelzen der Metalle zum Gießen. Zum Zweck des Gießens werden die Metalle in Tiegel-, Schacht- oder Flammöfen geschmolzen. Das Schmelzen des Stahls geschieht ausschließlich in Tiegelöfen, während das Schmelzen des Roheisens zur Herstellung baulicher Gußstücke, fast allgemein in Flammöfen oder in Schachtöfen erfolgt, die in diesem Falle Kupolöfen heißen.

Die Kupolöfen sind 2,5 Meter (8 Fuß) bis 7,5 Meter (24 Fuß) hohe, aus gußeisernen Platten zusammengeschraubte Defen, die mit feuerfesten Steinen oder Chamotte ausgefüttert und mit Löchern *a*, Fig. 7 zum Einführen der Düsen eines Gebläses versehen sind. Die Abstichöffnung *b* derselben liegt so hoch, daß man eine Pfanne zum Auffangen des flüssigen Eisens unterstellen kann.

Die Einrichtung der Flammöfen, welche den beim Puddeln angewendeten ähnlich sind, bietet nichts Besonderes dar, nur muß der Herd zur Aufnahme einer großen Menge Eisen die gehörige Weite und Tiefe haben.

Zum Gießen eignet sich besonders das graue Roheisen, welches dünnflüssiger als das weiße Roheisen ist und sich auch zum Zweck weiterer Ausarbeitung wegen seiner geringeren Härte vortrefflich feilen, bohren, drehen und hobeln läßt. Uebrigens wird in den meisten Fällen nicht eine Sorte Roheisen allein und zwar mit Coaks verschmolzen, sondern man setzt die sogenannten Eisengichten aus verschiedenen Sorten, namentlich aus grauem, weißem oder halbirttem Roheisen und aus Brucheisen von alten Gußeisenstücken in bestimmten Gewichtsverhältnissen so zusammen, daß die zur Herstellung der jedesmaligen Gußwaaren erforderliche Eigenschaft des Eisens erhalten wird.

4. Das Gießen des Metalls in die Form. Das Gießen selbst geschieht entweder *a.* durch unmittelbares Ausgießen der Tiegel in die Form oder *b.* durch unmittelbares Ablassenlassen des geschmolzenen Metalls in die Form oder *c.* durch Ausschöpfen desselben mittels besonderer gußeiserner oder schmiedeiserner Gefäße von kleinerem Inhalt, der Gießkellen, oder von größerem Inhalt, der Gießpfannen, und hierauf Ausgießen derselben in die Formen.

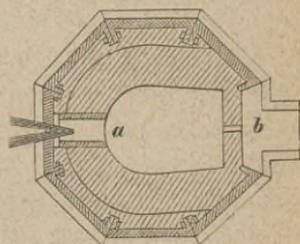
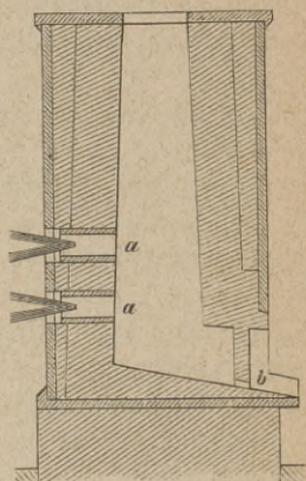


Fig. 7. Kupolofen.

Die mit Stiel versehenen Gießfellen werden von einem, die Gießpfannen von drei bis fünf Mann an einem gabelförmigen Stiel getragen, mittels dessen auch das Umkippen der Pfannen geschieht.

Beim Gießen ist darauf zu achten, daß das Metall die richtige Temperatur besitzt, indem dasselbe zwar um so dünnflüssiger ist und um so leichter die Form ausfüllt, je höher seine Temperatur ist, aber in diesem Falle auch die Form am meisten angreift. Um die bei Berührung des geschmolzenen Metalls mit der Form sich entwickelnden Gase: Wasserdampf, Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas rasch zu beseitigen, werden dieselben durch Anzünden von Stroh oder Hobelspänen an den Eingüssen oder Fugen der Formkasten verbrannt.

5. Das Ausheben und Reinigen des Gußstücks. Nachdem das Gußstück erkaltet ist, wird dasselbe aus der Form gehoben, von den anhängenden Theilen des Formstücks befreit und die Kerne aus den Höhlungen des Gußstücks herausgenommen, Operationen, welche man das Putzen des Gußstücks nennt. Zum Schutze des Gußstücks vor Oxydation werden die kleineren derselben häufig mit Leinölfirniß, die größeren derselben mit heißem Steinkohlentheer bestrichen.

II. Die gröbere Verarbeitung des Eisens durch mechanische Arbeit. Der Bau schmiedeeiserner Brücken erfordert als die gröbere Vorarbeit ein Ausrecken des Eisens zu Stäben, zu Blechen oder zu Draht. Die Herstellung der Stäbe und Bleche aus den Luppen wird durch Hämmer oder Walzen, die Herstellung des Drahts durch Ziehen bewirkt.

1. Schmieden der Eisen- und Stahlstäbe. Das Ausschmieden des Eisens oder Stahls zu Stäben bildet die unmittelbare Fortsetzung des Frischens, indem die durch den Frischprozeß erhaltene Luppe, deren Gewicht $\frac{1}{4}$ —3 Ctr. beträgt, zu diesem Zweck mittels eines Setzeisens unter dem Hammer in mehrere Stücke oder Schirbel zerschlagen wird.

Die Hämmer, welche diese Schirbel ausschmieden, sind entweder, gewöhnlich durch Wasserkraft getriebene, Stirnhämmer, Aufwerfer, Schwanzhämmer oder durch Dampfkraft getriebene Fallhämmer, sogenannte Dampfhämmer.

Die Stirnhämmer, deren Drehachse am einen und deren Angriffspunkt für die Hebedaumen am anderen Ende des Helms außerhalb des Hammerkopfs liegt, erhalten bis zu 100 Ctr. Gewicht eine Hubhöhe von 0,15—0,45 Meter (6—18 Zoll) und machen 60—100 Schläge in der Minute. Die Aufwerfer, bei welchen der Angriffspunkt der Hebedaumen zwischen dem Drehpunkt und Hammerkopf liegt, besitzen gewöhnlich nur ein Gewicht von 3—12 Ctr. bei einer Hubhöhe von 0,4—0,5 Meter (16—20 Zoll) und schlagen 80—160mal in der Minute. Die Schwanzhämmer, welche den Drehpunkt zwischen dem Hammerkopf und dem Angriffspunkt der Hebedaumen haben,

wiegen nur 80—800 Pfund, haben eine Hubhöhe von 0,13—0,6 Meter (5—24 Zoll) und schlagen 100—400mal in der Minute.

Bei den Dampfhämmern, in neuerer Zeit wegen ihrer Billigkeit und leichten Handhabung vielfach eingeführt, wirkt der Dampf verikal hebend, indem der Hammer am unteren Ende der Kolbenstange eines Dampfcylinders angebracht ist. Diese Stange trägt am oberen Ende den Kolben und geht durch eine am unteren Ende des Cylinders befindliche Stopfbüchse heraus. Die Hebung des Hammers erfolgt durch Einleitung des Dampfes in den unter dem Kolben befindlichen Raum des Cylinders und zwar innerhalb der Länge des Cylinders bis zu beliebiger Höhe, nämlich bis zu dem Augenblick der Dampfabspernung. In demselben Augenblick öffnet sich dem Dampf ein Ausgang in die Atmosphäre und der Hammer fällt mit der vollen Kraft seines Gewichts herab.

Die stärkeren Stäbe werden sogleich auf den Frischhütten, die dünnsten Gattungen auf besonderen Hütten durch weiteres Ausrecken der dickeren Stäbe dargestellt, wozu man sich leichter und schnellgehender Schwanzhämmer von geringer Hubhöhe, der sogenannten Kerk-, Band- oder Zainhämmer bedient, je nachdem dieselben Quadratstäbe bis zu $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke, Band- eisenstäbe oder gekerbte Stäbe, sogenannte Zain- oder Krauseisen darstellen. Das Glühen des Eisens geschieht in einer großen Esse, worin 5 oder 6 Stäbe stets zugleich durch Holzfohlen- oder Steinkohlenfeuer erhitzt werden. Eine Verbesserung des Fabrikats wird durch wiederholtes Schweißen und Schmieden erreicht, wodurch das Eisen gleichförmiger und zäher wird.

2. Schmieden der Eisenbleche. Unter dem Hammer geschmiedetes oder sogenanntes geschlagenes Blech wird von dem gewalzten Blech oder Walzblech mehr und mehr verdrängt, da es keine so ebene Oberfläche und gleichmäßige Beschaffenheit als das letztere annehmen kann. Wo Blechhämmer noch im Gebrauch sind, werden sie von Wasser oder Dampf in Bewegung gesetzt und sind Schwanzhämmer von 500—600 Pfd. Gewicht je nach der Härte des auszutreibenden Eisens und von derselben Einrichtung, wie sie zum Aus Schmieden feiner Eisenstäbe angewendet werden.

3. Walzen der Eisen- und Stahlstäbe. Während das Schmieden ein Ausrecken der Stäbe durch den Schlag von Hämmern, bewirkt das Walzen ein solches Ausrecken durch den Druck je zweier Walzen, zwischen welchen man die Eisenstücke durchlaufen läßt. Man kann nach ihrer verschiedenen Bestimmung drei Arten von Walzen unterscheiden. Die Zängewalzen, die dazu dienen, das durch den Hammer begonnene Auspressen der Schlacke und die Schweißung des Eisens weiter fortzusetzen, die Präparirwalzen, welche den vorhergehenden ähnlich, zum weiteren Auswalzen bestimmt sind, und die Kerkwalzen, durch welche man ein Zusammenschweißen und Auswalzen der

nach dem Präpariren mit der Dampföhre zerschnittenen, bündelweise zusammengelegten und im Schweißofen erhitzten Stangen bewirkt.

Bei jedem Walzwerk liegen je zwei der vorgenannten Walzen in gußeisernen oder schmiedeisernen Ständern wagrecht so übereinander, daß die unteren drehbar befestigt sind, die oberen durch Gewinde gehoben und gesenkt werden können. Die Bewegung erfolgt durch Wasser- oder Dampfkraft mittels zweier ineinander greifender Zahnräder, welche die Verlängerung der Walzen bilden. Die Furchen oder Kannelüren der Walzen, durch welche das zwischen sie gesteckte Eisen mitgenommen und hindurch gezwängt wird, sind bei den Zängewalzen abnehmend oval oder kreisförmig, bei den Präparirwalzen gewöhnlich ebenfalls abnehmend rechteckig, während die Reckwalzen jene verschiedenen Formen erhalten, in welchen das Eisen in den Handel kommen oder zu einem bestimmten Zweck verwendet werden soll. In der Höhe der Kannelüren sind auf jeder oder auf nur einer Seite Unterlagsplatten angebracht, welche den Stäben während des Auswalzens zur Unterlage dienen und zugleich die Eisenabfälle aufnehmen. Man giebt den Walzen für dickere Stäbe, den Grobeisenwalzen $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Meter (10—20 Zoll), jenen für dünnere Eisensorten, den Feineisenwalzen $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$ Meter (8—10 Zoll) Durchmesser und läßt erstere 70—120, letztere 100—250 Umläufe in der Minute machen.

Die erste Operation des Walzens besteht darin, daß das zuerst mittels der ovalen Kannelüren gezängte und hierdurch in kurze dicke Stangen verwandelte Eisen noch in derselben Hitze zwischen den Präparirwalzen zu flachen, etwa 0,1 Meter (4 Zoll) breiten, 0,015 Meter ($\frac{1}{2}$ Zoll) dicken Stangen von 3—3,5 Meter (12—14 Fuß), sogenannte mill-bars, ausgewalzt wird. An der einen Seite der Walzen stehende Arbeiter fassen die durchgelaufene Stange mit Zangen und schieben sie sogleich über die oberen Walzen den jenseits stehenden Arbeitern zu, welche sie sofort wieder zwischen die Walzen bringen. In wenigen Sekunden muß der ganze Vorgang vollendet sein, damit das Eisen die Präparirwalze noch in stark rothglühendem Zustande passiert. Bei Anwendung von drei statt zwei übereinander liegenden Walzen läuft der Eisenstab hin- und rückwärts durch Walzen und das erwähnte Hinüberheben wird unnöthig.

Das auf diese Weise erhaltene Eisen, gewöhnlich mit mill-bars Nr. 1 bezeichnet, ist wegen zu großen Schlackengehalts und deshalb unvollkommener Schweißung und innerer Kohäsion zu bautechnischen Zwecken noch nicht brauchbar und erfordert ein wiederholtes Umschweißen und Auswalzen.

Bei der zweiten Operation des Walzens werden die Eisenbarren nach dem Erkalten mittels einer kräftigen durch Dampf bewegten Schere, der Dampföhre, in Stücke von $\frac{1}{2}$ —1 Meter (2—4 Fuß) Länge zerschnitten, von diesen fünf bis sechs in ein Bündel gepackt, in einem besonderen Flamm-

ofen, dem Schweißofen, zum Weißglühen gebracht und zwischen den Reckwalzen zu mill-bars Nr. 2 ausgewalzt. Zu den meisten hautechnischen Verwendungen immer noch zu schlecht, werden letztere nochmals im Stücke zerschnitten, diese in Paketen geschweißt und ausgewalzt, wodurch das zu den genannten Zwecken taugliche Eisen Nr. 3 erhalten wird.

Die Pakete bestehen aus einzelnen Schichten, in welchen die aus den Luppen ausgewalzten Stäbe der Breite nach nebeneinander, niemals aber der Länge nach voreinander liegen, sodaß die Pakete niemals länger als die Luppenstäbe sind.

Die Pakete mancher Walzeisensorten, worin einige Schichten größere Zähigkeit erhalten müssen, werden nicht aus einfachen Luppenstäben, sondern aus schon zusammengeschweißten, breiteren und dickeren Stücken gebildet. Zur Herstellung dieser letzteren bildet man aus guten Luppenstäben ein rechteckiges Paket, welches in einem Schweißofen bis zum Weißglühen erhitzt und unter einem schweren Hammer von 80—100 Ctr. Gewicht zusammengeschweißt und ausgeschmiedet wird. Dies Schmiedestück erhält wieder eine Schweißhitze, wird bis zu dem erforderlichen Querschnitt ausgewalzt und in noch warmem Zustande unter einer Schere zerschnitten. Die auf diese Weise erhaltenen Brammen werden an gewissen Stellen in die Pakete eingelegt.

Die oberste und unterste Lage wird bei den meisten Paketen aus einer zusammengeschweißten Platte gebildet, welche jedoch nur bei größerer Dicke unter dem Hammer, andernfalls unter Walzen geschweißt wird, in welchem letzterem Fall diese Stücke Schweißdeckel heißen.

Die zusammengelegten Pakete, welche mittels Draht umwunden und zusammengehalten werden, gelangen so in die Schweißöfen, jedoch ist ihre Form nach den einzelnen Walzeisensorten verschieden.

Die dünnsten Stäbe des quadratischen und flachen Eisens werden durch sogenannte Schneidwalzen aus 0,075—0,12 Meter (3—5 Zoll) breiten und 7,5—10 Meter (30—40 Fuß) langen gewalzten Schienen, sogenannte Platinen, in glühendem Zustande durch Zerschneiden oder Zerspalten hergestellt. Die auf jeder Walze in entsprechenden Abständen vertheilten Schneidescheiben wirken wie die Blätter einer Schere und zerlegen die Platine in so viele Theile, als Schneidescheiben vorhanden sind.

Nach den Querschnittsformen theilt man das im Handel vorkommende Stabeisen von meist geringerem Querschnitt in ⁶⁾:

- | | |
|------------------|----------------|
| a. Rundeisen, | c. Flacheisen, |
| b. Quadrateisen, | d. Façoneisen |

und das letztere hauptsächlich in die Eck- oder Winkeleisen (L), Kreuzeisen (+), T-Eisen (T), L-Eisen (L), Doppel-T- oder H-Eisen (H), und mannichfache andre Formen.

Unter dem gepuddelten und gewalzten Stabeisen ist das beste bis jetzt immer noch das englische und darunter die Eisenforten von Staffordshire, nämlich:

- a. Rundeisen von $\frac{1}{8}$ —7 Zoll Durchmesser,
- b. Quadrateisen, höchstens 4 bis 5 Zoll Seite,
- c. Flacheisen von $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke bei $\frac{1}{2}$ —6 Zoll Breite,
bis $1\frac{1}{2}$ " " " 3—10 " "

Das deutsche Walzeisen von im Allgemeinen schwächeren Dimensionen zerfällt in:

- a. Rundeisen bis etwa 5 Zoll Durchmesser,
- b. Quadrateisen bis etwa 3 Zoll Seite,
- c. Flacheisen meist von geringeren Abmessungen als das englische.

Das französische Walzeisen zerfällt in acht Klassen von ganz bestimmten, in Frankreich eingeführten, Dimensionen, nämlich:

- a. Rundeisen von 5—180 Millimeter Durchmesser,
- b. Quadrateisen von 6—135 Millimeter Seite,
- c. Flacheisen von 20 Millimeter Breite bei $\frac{3}{4}$ Millimeter Dicke,
bis 162 " " " 11 " "

Die beim Bau eiserner Brücken verwendeten Stäbe größerer Querschnitte sind hauptsächlich: a. Flacheisen, b. Winkelleisen, c. T-Eisen, d. H-Eisen, e. U-Eisen und f. halbcylinderförmige Stäbe.

a. **Packtirung und Auswalzen der Flacheisen.** Auf die zum Auswalzen in Flacheisen bestimmten Pakete wird oft nicht die genügende Sorgfalt, auch bisweilen hierzu altes und häufig ungleichförmiges Material verwendet. Für Flacheisen, welche auf die Dauer einem starken Zuge widerstehen sollen, ist aber die Auswahl und Anwendung von gleichmäßigem und zähem Materiale unerlässlich. In diesem Falle bildet man die Pakete aus mehreren Lagen zäher Luppenstäbe

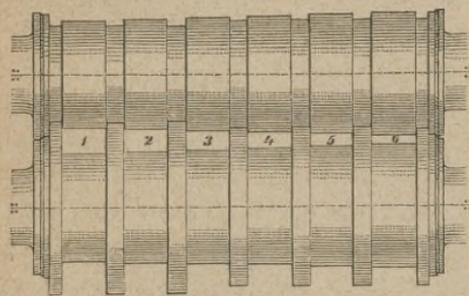


Fig. 8. Kaliberwalzen.

mit versetzten Fugen, welche man ohne vorheriges Schmieden auswalzt.

Das Auswalzen⁷⁾ derselben geschieht entweder auf sogenannten Kaliberwalzen, s. Fig. 8, deren Kaliber wegen der Anfangs noch größeren Hitze des Pakets, besonders im Anfang stark an Höhe ab- und dafür jedesmal an Breite etwas zunehmen oder auf den vom Oberingenieur

Daalen in Hörde erfundenen Universalwalzwerken, die aus je vier cylindrischen, durch Zahnräder in Eingriff stehenden Walzen bestehen, wovon je zwei horizontal liegen und gegeneinander verstellbar sind, und je zwei vertikal

stehen und ebenfalls verstellbar sind, sodaß sich hiermit Flacheisen von verschiedener Breite und Dicke auswalzen lassen.

Stäbe von weniger als 12 Centimeter Breite, besonders wenn größere Quantitäten erforderlich sind, werden gewöhnlich auf Kaliberwalzen hergestellt, während sich auf Universalwalzwerken Flacheisen von 5—60 Centimeter Breite mit, bei größerer Breite, nicht unter 4 Centimeter Dicke auswalzen lassen. Breite, nicht ganz gerade ausgefallene Flacheisen müssen auf Richteplatten, abgehobelten mit einem festen und beweglichen Rand versehenen Platten, s. Fig. 9, mittels mehrerer Schrauben gerichtet werden, worauf sie beinahe bis zum Erkalten verbleiben. Flacheisen von über 9 Meter Länge gehören schon zu den Seltenheiten.

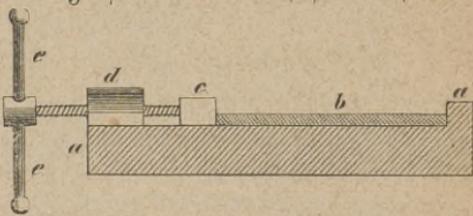


Fig. 9. Richteplatte.

Flacheisen werden um so theurer, je breiter oder je schwerer sie sind, weil im ersten Fall sich leicht Blasen bilden, die Eisen schwerer zu richten sind und schwerere Schweißdeckel erfordern, im letzteren Fall die Schwierigkeit der Handhabung wächst.

b. **Paketirung und Auswalzen der Winkleisen.** Die Pakete zu größeren und wichtigeren Winkleisen bildet man rechteckig aus Lagen von Luppenstäben mit oben und unten gut ausgewalzten Deckplatten, dagegen werden kleinere, weniger wichtige Winkleisen aus Paketen gebildet, die man aus alten Façoneisen und Schienenabschnitten zusammensetzt, s. Fig. 10, und die, ehe sie auf die Winkleisenwalze kommen, auf einem Universal- oder Brammenwalzwerk eine gehörige rechteckige Querschnittsform erhalten.

Das Auswalzen der Winkleisen geschieht auf Winkleisen-Kaliberwalzen von verschiedener Form. Die ältere Form, s. Fig. 11, bewirkt eine allmähliche Ueberführung des Pakets von der ebenen in die rechteckig gekrümmte Gestalt und die Fertigwalze bewirkt die letzte Verdünnung der Schenkel und deren Abrundung an den Enden.

Je länger und schwächer die Schenkel der Winkleisen werden sollen, desto schwieriger sind sie herzustellen, weil alsdann die Umfangsgeschwindigkeit der mit gleicher Winkelgeschwindigkeit bewegten Ober- und Unterwalze, an den Schenkelenden zu

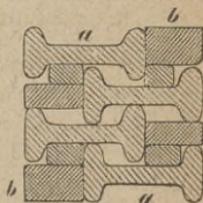
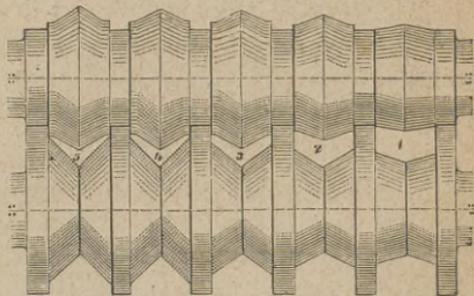
Fig. 10.
Paket zu Winkleisen.

Fig. 11. Kaliberwalzen für Winkleisen.

elgeschwindigkeit bewegten Ober- und Unterwalze, an den Schenkelenden zu

ungleich wird und leicht ein Reißen jener Schenkel bewirkt. Obwol dieser Mißstand durch die Verlegung der, in der Mitte zwischen den geometrischen Achsen der Walzen gelegenen, sogenannten Mittellinie der Walzen durch die Mittel *b a* der beiden Winkelseisenschenkel, s. Fig. 12, möglichst vermindert wird, so bedient man sich doch infolge eines, zwar nicht gelungenen Versuchs, Umversalwinkleisenwalzen zur Herstellung von Winkelseisen anzuwenden, gegenwärtig zur Herstellung von Winkelseisen mit langen und dünnen Schenkeln der Kaliberwalzen neuerer Form. Das erste Kaliber dieser Walzen hat untenstehende Gestalt, s. Fig. 13, während in den folgenden Kalibern der rechte Winkel bei *a*

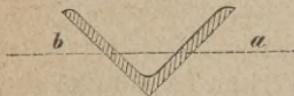


fig. 12.



fig. 13.



fig. 14.

allmählig vollständig so ausgebildet wird, daß die Schenkel, um nicht zu ungleichen Umfangsgeschwindigkeiten der Walzen ausgesetzt zu werden, noch eine möglichst flach gewölbte Form behalten. Das vorletzte Kaliber hat die Gestalt Fig. 14 und giebt den Schenkeln die ihnen zukommende Stärke, worauf im letzten Kaliber nur das Geradbiegen der Schenkel erfolgt.

c. **Packelirung und Auswalzen der T-Eisen.** Die Packete für größere T-Eisen erhalten meist einen quadratischen Querschnitt, s. Fig. 15, werden gewöhnlich aus 5—6 Lagen 8—10 Centimeter breiten Luppenstäben *b* mit einem oberen und unteren Deckel *a* gebildet und vorgeschmiedet, worauf das Packet so ausgewalzt wird, daß die Lagen der Stäbe mit dem Stege des T-Eisens parallel laufen.

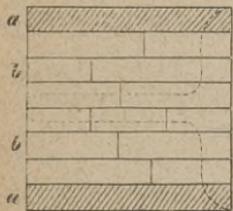


fig. 15. Packet zu T-Eisen.

Da zwischen den Walzen hauptsächlich die horizontal liegenden Theile Druck erhalten, so wird das Packet zwischen jedem Kaliber abwechselnd um 90° gedreht, wodurch Steg und Fuß abwechselnd in die horizontale Lage kommen. Diese abwechselnde Drehung des Packets erfordert, daß der Fuß oder Steg je zweier aufeinander folgender Kaliber gleiche Dicke hat, indem sonst der vertikale Theil nicht zwischen die Walzen eingeführt werden könnte. Eine große Veränderung der Schenkellängen findet dagegen beim Walzen nicht statt.

Die Schwierigkeit des Auswalzens der T-Eisen nimmt mit der Höhe des Stegs bedeutend zu, indem hohe und dünne Stege leicht reißen, weshalb man T-Eisen von höchstens 14 Centimeter Breite des Fußes bei 12 Centimeter Höhe des Stegs bis zu einer Länge von 9 Meter herstellt. Durch Auseinanderstellen der Walzen vor dem Durchgange der Stäbe durch das letzte Kaliber läßt sich entweder die Dicke des Fußes und Breite des Stegs oder die Dicke des Stegs und Breite des Fußes etwas vergrößern.

d. **Packtirung und Auswalzen der H-Eisen.** Die für H-Eisen angewendeten Pakete haben gewöhnlich die Form Fig. 16, wobei die Deckel a auf besonderen Walzen hergestellt und an den Enden mittels einer Schere zugespitzt werden, um leichter zwischen die Walzen eingeführt werden zu können. Die H-Eisen gehören zu den am schwierigsten auszuwalzenden Façoneisen und müssen deshalb von dem zähesten, sehnigen Eisen gebildet und zur Herstellung einer vollkommenen Schweißung bei einer nicht zu trocknen, „saftigen“ Schweißhitze ausgewalzt werden.

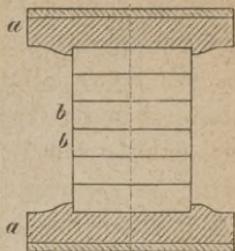


Fig. 16. Paket für H-Eisen.

Das Paket in Fig. 16 wird nicht weiter vorgeschmiedet, sondern direkt und zwar in zwei Hitze zwischen den in Fig. 17 und 18 dargestellten Walzenpaaren ausgewalzt. Nur auf einigen Eisenwerken, bei Jacobi, Saniel

Fig. 17.

Fig. 18.

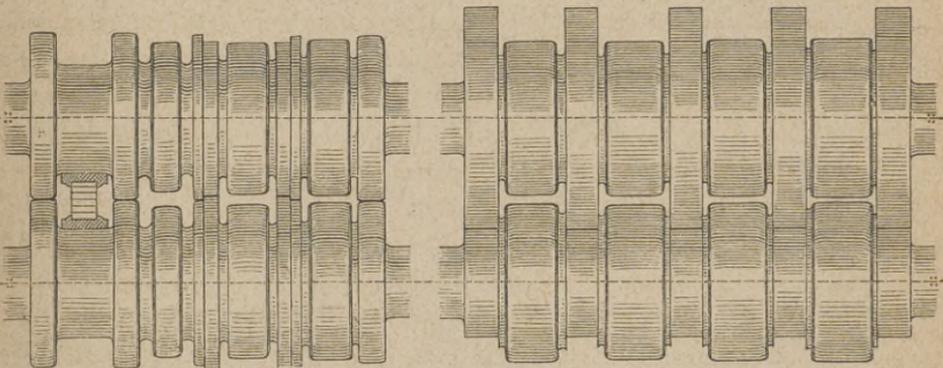


Fig. 17 und 18. Kaliberwalzen für H-Eisen.

und Huyssen in Oberhausen und Andern wird durch die in Fig. 19 und 20 dargestellte Anordnung das schwierige Ueberheben und die dabei eintretende Abkühlung der Pakete vermieden und selbst größere T-Eisen in einer Hitze ausgewalzt.

Das größte auf diese Weise in Kaliberwalzen hergestellte Doppel-T-Eisen hat eine Höhe von ca. 50 Centimeter. Einer vortheilhaften Fabrikation größerer Dimensionen in Kaliberwalzen stellen sich durch die großen Kosten für die Herstellung einer Menge Walzen für ein einziges

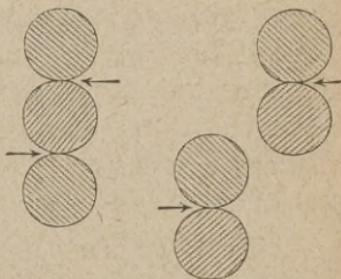


Fig. 19.

Fig. 20.

Profil bedeutende Schwierigkeiten entgegen. Aus diesem Grunde haben die Herren Petin, Gaudet und Comp. in Rive-de-Gier das Universalwalzwerk⁸⁾ auch für diesen Zweig der Fabrikation mit Erfolg in Anwendung gebracht. Die beiden Horizontalwalzen A, s. Fig. 21, können daselbst durch die

auf die oberen derselben wirkenden Schrauben a gegeneinander verstellt werden, während die seitlichen, sich lose um ihre vertikale Achse drehenden, Walzen B mittels der Schrauben b ebenfalls gegeneinander verstellt werden können. Eine hinter den

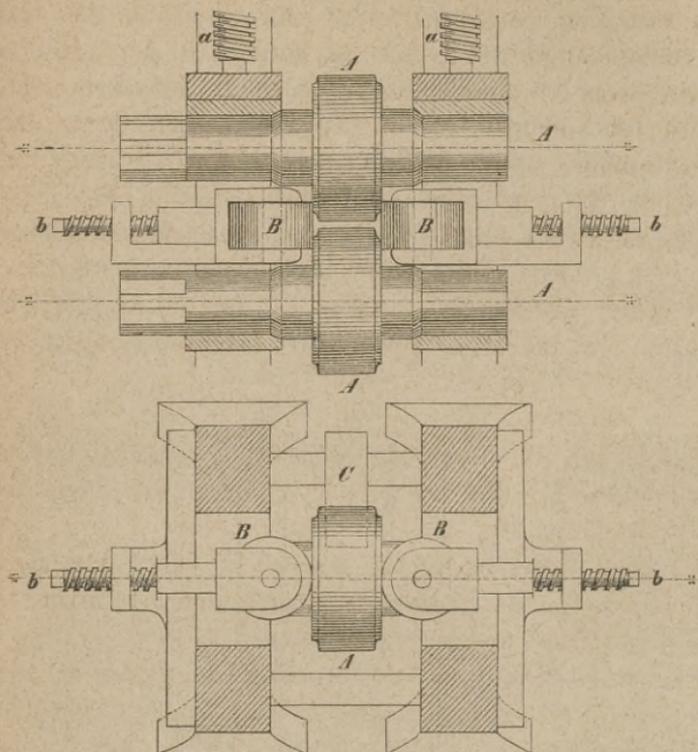


Fig. 21. Universalwalzwerk für H-Eisen.

folgenden, auf demselben Universalwalzwerk hergestellten, H-Eisen beigegeben waren⁹⁾:

| | | | | | | | | | | |
|---|--------|----|------------|-------|------------------|-------|-------|------|---------|--------|
| 1 | Träger | 80 | Centimeter | hoch, | 13 | Meter | lang, | 2300 | Kilogr. | schwer |
| 1 | " | 60 | " | " | 16 | " | " | 2300 | " | " |
| 1 | " | 50 | " | " | 19 | " | " | 2250 | " | " |
| 1 | " | 40 | " | " | 21 $\frac{1}{2}$ | " | " | 2270 | " | " |
| 1 | " | 35 | " | " | 26 $\frac{1}{2}$ | " | " | 2300 | " | " |
| 1 | " | 28 | " | " | 32 | " | " | 1350 | " | " |

Die H-Eisenfabrikate der deutschen Walzwerke, worunter das Saarbrücker Eisenwerk zu Burbach, das vom Hörder Bergwerks- und Hüttenverein in Hörde neuerdings erbaute große Walzwerk, verbunden mit einem kolossalen Universalwalzwerk, sowie das Werk der Gesellschaft Phönix in Eschweiler und Ruhrort hervorzuheben sind, haben bis jetzt bei aller Vortrefflichkeit ihrer Produkte die Dimensionen der französischen Fabrikate

Walzenpaaren angebrachte Platte c dient dazu, die gewalzten Eisenstäbe bei ihrem Austritt aus dem Walzwerk gerade zu halten. Mittels dieses Walzwerks ist das auf der Pariser Ausstellung vom Jahre 1867 ausgestellt, von den Fachmännern bewunderte, H-Eisen von 1 Meter Höhe, ca. 10 Meter Länge und 2500 Kilogramm Gewicht hergestellt worden, welchem außerdem noch die

nicht erreicht, was indeß wol nur als die Folge mangelnder Bestellungen größerer Abmessungen anzusehen ist.

e. **Packtirung und Auswalzen der U-Eisen.** Anstatt des komplizirten Packets, welches man früher zur Herstellung der U-Eisen verwandte und dem Packet für H-Eisen ähnlich bildete und auswalzte, walzt man jetzt nach dem Vorgang und der Bewährung der neueren Winkelleisen-Kaliberwalzen ein rechteckiges Packet zu einer fast dem Umfang des U-Eisens gleichen Breite, bei einer Dicke von 4—5 Centimeter, aus. Hiernach wird dieses wieder erhitzt und dann in vier Kalibern, s. Fig. 22, auf die Dicke des U-Eisens so ausgewalzt, daß bei dem vierten Kaliber an den eingeknickten Stellen schon fast rechte Winkel



fig. 22.

fig. 23.

entstehen, worauf im fünften und letzten Kaliber ohne quantitative Veränderung der Querschnittsfläche das Geradbiegen der gebogenen drei Theile des U-Eisens nach Fig. 23 erfolgt.

Zur Herstellung guter, nicht eingerissener U-Eisen ist, wie zu derjenigen der H-Eisen, die Anwendung guten, zähen Eisens nöthig und man walzt dieselben bis zu 30 Centimeter Höhe und 9—12 Meter Länge.

f. **Packtirung und Auswalzen der Halbcylinder-Eisen.** Die Pakete für diese Eisen sind einfach rechteckig, bestehen aus wagrechten Lagen zäher Luppenstäbe mit oberer und unterer Deckplatte. Das Auswalzen ist demjenigen der U-Eisen ganz ähnlich, indem die ersten Kaliber sehr flach sind und im letzten Kaliber aus der nebenstehenden Form, s. Fig. 24, plötzlich die Halbcylinderform entsteht.



fig. 24.

4. **Das Walzen der Eisen- und Stahlbleche.** Das Auswalzen der dünneren Eisenbleche geschieht auf Walzwerken mit cylindrischen glatten Walzen, von welchen gewöhnlich die obere mittelst Stellschraube der unteren, nach Erforderniß der herzustellenden Dicke des Blechs oder nach der im Verlauf des Walzens nothwendig zunehmenden Verdünnung des Blechs, genähert werden kann.

Man wendet zu Blech möglichst weiches und zähes Eisen und dieses in Gestalt breiter, nicht zu dicker Stäbe an, die mittels einer großen von Wasser oder Dampf bewegten Schere oder mittels eines Schrotmeißels in Stücke von angemessener Länge, sogenannte Stürze, zertheilt werden. Die Stürze werden glühend zwischen die Walzen gesteckt, sodaß die Bewegungsrichtung ihrer ursprünglichen Breite entspricht, welche letztere später zur Länge der Blechtafeln wird. Bei Herstellung dünnerer Blechsorten biegt man die Tafeln mit dem Hammer

in der Mitte zusammen, taucht sie in Lehmwasser, steckt mehrere dergleichen ineinander und walzt sie, das Glühen nach Bedarf erneuernd, nach und nach vollkommen aus, wobei die Biegung oder der Saum zuerst zwischen die Walzen gegeben wird.

Um lange Walzen durch dickes Eisen nicht zu sehr in Anspruch zu nehmen oder dem Zerbrechen auszusetzen, bedient man sich zur ersten Bearbeitung der Stürze eines sogenannten Sturzwalzwerks mit kurzen und zur Vollendung der schon breiter gewordenen Bleche eines sogenannten Schlichtwalzwerks mit längeren Walzen. Die fertig gewalzten und beschnittenen Bleche werden nochmals gegläht und hierauf, um die durch das Walzen entstandene Krümmung vollkommen zu entfernen, gepreßt.

Die Fabrikation der dünneren Stahlbleche stimmt mit derjenigen der dünneren Eisenbleche im Wesentlichen überein.

Die Dicke der für Brückenbauten herzustellenden Bleche variiert innerhalb gewisser Grenzen. Die stärksten, im Handel vorkommenden Bleche haben eine Dicke von 0,75—1,5 Centimeter (3—6 Linien). Bei Blechstärken bis zu 0,7 Centimeter ($3\frac{1}{2}$ Linie) wird deren Dicke nach 3 und 1,5 Millimetern ($\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{16}$ Zollen) gemessen. Für geringere Stärken bestimmt man deren Dicke nach einer Blechlehre. Die in England gebräuchliche Birmingham'sche Blechlehre besitzt 26 Einschnitte von 7,5—0,5 Millimeter ($3\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$ Linie) Weite. Die Länge und Breite der Bleche richtet sich nach deren Verwendung¹⁰⁾ und sie zerfallen hiernach mit abnehmender Stärke in

- a. Kesselbleche,
- b. Sturzbleche,
- c. Dünneisen (Kleineisen, Faßblech).

Die sogenannten Kesselbleche sind die einzigen zu Konstruktionstheilen der eisernen Brücken verwendeten Bleche. Die im Handel vorkommenden gewalzten eisernen Kesselplatten von Staffordshire haben

von $\frac{5}{8}$ Zoll Dicke bei 30"/60", 36"/72" und 48"/48" Breite und Länge bis $\frac{1}{20}$ " " " 24"/48", 36"/72" Breite und Länge.

Die schweren im Handel vorkommenden Bleche sind nicht über 1,25 Meter (5 Fuß) lang. Längen von 1,5—1,8 Meter (6—7,2 Fuß) kommen nur bei Kesselblechen von 0,15 Meter ($\frac{5}{8}$ Zoll) Stärke vor. Bleche von größerer Länge, wie z. B. die zur Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Dirschau verwendeten, 8 Fuß rhl. langen, müssen besonders bestellt werden und werden in größeren Quantitäten zu mäßigen Preisen geliefert.

Die Sturzbleche, worunter man die schwächeren und kleineren Sorten des unverzinnten Eisenblechs versteht, finden beim Brückenbau nur in zweiter Linie, z. B. als Schutzbleche von Eisen- und Holztheilen, Anwendung. Sie werden nicht mehr nach Nummern gemessen, sondern man giebt an, wie

viel die Quadrateinheit wiegt oder wie viel Tafeln auf den Centner gehen. Die Pakete von je 1 Ctr. Gewicht, in welche sie verpackt werden, enthalten 2—75 Tafeln. Hinsichtlich der Länge und Breite kommt das Sturzblech als einfaches Blech oder Schloßblech in Tafeln von 18"/24" oder als doppeltes Blech oder Doppelblech in Tafeln von 18"/30" vor.

Das Dünneisen oder die zur Weißblechfabrikation bestimmten kleinsten Blechtafeln zerfallen wieder in mehrere Sorten, welche jedoch hauptsächlich im Hochbau ihre Anwendung finden.

Bei Herstellung der Fahrhahntafeln von Eisenbahn- und Straßenbrücken kommt mehrfach wellenförmiges Eisenblech, beziehungsweise als Bedeckung der Querschwellen zwischen den Schienen oder als Unterlage der Beschotterung, zur Verwendung. Zu dem letzteren Zwecke bedient man sich in neuester Zeit, besonders in England, auch gewölbter Bleche, der von ihrem Erfinder Mallet so genannten, auch im Jahre 1867 in Paris ausgestellten, Buckelplatten.

Die dickeren zum Brückenbau dienenden Eisenbleche oder sogenannten Kesselbleche werden zwar auch aus Feinkorneisen, Puddelstahl und Gußstahl hergestellt, jedoch ist sehniges Eisen das dazu am meisten verwendete Material. Die Pakete derselben erhalten im Grundriß meist eine quadratische Form und werden aus regelmäßig abgelängten, scharfkantig ausgewalzten und gerade gerichteten Luppenstäben von 8—12 Centimeter Breite auf 2—3 Centimeter Stärke gebildet. Die Längenrichtung der Luppenstäbe wird bei je zwei aufeinander folgenden Schichten rechtwinklig gegeneinander versetzt, s. Fig. 25, in welchem Fall die „Würfelpakete“ entstehen. Trotz dieser Anordnung haben die fertigen Bleche längs der Walzrichtung eine größere Festigkeit als quer zu denselben, weil das Paket unter den Walzen sich wenig nach der Breite ausdehnt. Um dem Bleche eine glattere Oberfläche zu geben, werden die beiden äußersten und wol auch noch die darauf folgenden Lagen der Stäbe aus bereits ausgeschweiftem und daher zäherem Eisen genommen. Die früher erwähnten „Schweißdeckel“ erfüllen diesen Zweck und verdecken auch jede Schweißnaht, beschränken aber den Austritt der Schlacke, weshalb Luppenstäbe, welche die Schlacke durch ihre Fugen austreten lassen und dabei ebenfalls eine glatte Oberfläche liefern, zur Vermeidung innerer Fehler den Schweißdeckeln vorzuziehen sind.

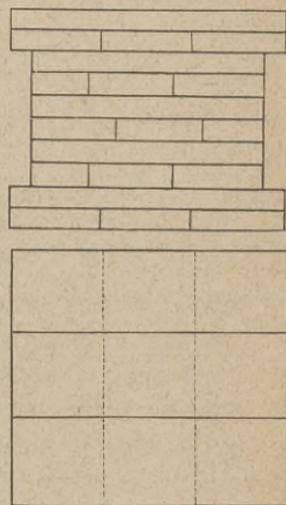


Fig. 25. Würfelpaket zu Eisenblech.

Von großer Wichtigkeit ist zur Herstellung einer durchgängig guten Schweißung das Ausschmieden des so gebildeten Pakets unter dem Hammer,

weshalb eine Fabrikation, bei welcher man einer billigen Herstellung halber das Hämmern unterläßt und den Blechen durch Anwendung von Schweißdeckeln äußerlich ein gutes Ansehen giebt, zu verwerfen und deren Fabrikat wenigstens zu wichtigen Konstruktionstheilen nicht zu verwenden ist. Damit beim Ausschmieden der mittlere Theil des Pakets sich nicht ausbaucht, werden die mittleren Lagen, wie die Figur zeigt, etwas schmaler gemacht. Beim Ausschmieden sucht man das Paket so lang oder breit zu machen als die Blechbreite.

Nach dem Ausschmieden wird das Paket nochmals im Schweißofen erhitzt und hierauf in einer Hitze ausgewalzt. Bei mangelhafter Entfernung der Schlacke durch das Ausschmieden, besonders dicht unter der Oberfläche, bilden sich hier Blasen, welche, um den Austritt der Schlacke zu bewirken, vor dem Auswalzen aufgestoßen werden müssen.

Hat das Paket durch das Ausschmieden die Blechbreite nicht erreicht, so läßt man das Paket zuerst in der Breitenrichtung durch die Walzen gehen, bis es nach dieser genügend gestreckt ist, und dreht es dann um 90° .

Nach dem Walzen und in noch schwach glühendem Zustande werden die Bleche zum Geradrichten auf eine, aus gußeisernen Platten gebildete, Ebene gelegt, worauf man dünne Bleche mit breiten hölzernen Schlägeln, stärkere Bleche durch das Darüberhinrollen einer schweren eisernen Walze glättet.

Beträgt die Dicke der Bleche unter 2,5 Centimeter, so werden sie durch Scheren beschnitten, welche entweder mit einem, in Führung gehenden Schlitten, an welchen die Bleche befestigt werden, verbunden sind, oder die Bleche werden in sogenannten „Schweben“ der Schere zugeführt. Da man in beiden Fällen auf eine gerade Schnittfläche nicht mit Sicherheit rechnen kann, so werden die Bleche 3—6 Millimeter breiter angefertigt. Blechen von über 2,5 Centimeter Dicke giebt man durch Hebel- oder Stoßmaschinen die verlangte Größe.

Da die Blechwalzen gewöhnlich eine Breite von 1,75—2,25 Meter haben, so kann man Bleche von 1,5—2 Meter Breite erhalten, welche übrigens wegen der üblichen Einrichtung der Schweißöfen und der Schwierigkeit der Handhabung der Pakete ein Gewicht von 600 Kilogr. nicht überschreiten.

Nur wenige deutsche Werke, wie die erwähnten zu Burbach und Hörde, sind auf die Herstellung auch schwerer Bleche eingerichtet, dagegen liefern die Walzwerke Englands und Frankreichs sehr schwere Bleche. Das schon erwähnte Walzwerk der Herren Petin, Gaudet und Comp. hatte auf der Ausstellung in Paris vom Jahre 1867 ein Blech von 1,57 Meter Breite, 19,20 Meter Länge und 2860 Kilogr. Gewicht ausgestellt.

Bei Herstellung der Bleche wächst die Anspruchnahme der Walzen bedeutend mit der Breite und infolge der allmählig eintretenden Abkühlung auch mit der Länge der Platten. Es ist daher für den Konstrukteur einer Blechbrücke

von Werth, zu wissen, daß ein Blech bei gleichem Gewicht um so leichter zu walzen ist, je dicker es ist.

Da die größeren Blechpakete zu ihrer Schweißung relativ mehr Zeit und Brennmaterial erfordern, schwieriger anzuschmieden sind und deshalb leicht Blasen erhalten, ferner nicht vortheilhaft zu betreibende Schweißöfen sowie mechanische Vorrichtungen zur Vermeidung des Ueberhebens der Pakete über die Walzen erfordern, so steigt im Allgemeinen mit deren Gewicht ihr Zuschlagspreis. Der Preis dünner Bleche muß schon wieder höher sein, als derjenige mittlerer Bleche, weil sie öfter die Walzen zu passiren haben, welche besonders bei großer Blechlänge und während der letzten Durchgänge sehr in Anspruch genommen werden, und ein besseres Material zu ihrer Herstellung verlangen.

5. Das Ziehen des Eisendrahts. Vermöge seiner großen Dehnbarkeit läßt sich Eisen in sehr feine Fäden ausziehen und gewinnt hierbei noch bedeutend an Zähigkeit und Zugfestigkeit. Diesem Umstande verdankt der Draht hauptsächlich seine Anwendung im Brückenbau, insbesondere zur Herstellung der Drahtseile der Hängebrückenträger. Der hierzu angewendete Eisendraht hat kreisrunden Querschnitt und wird sowol aus gepuddeltem als gefrischtem Eisen gezogen.

Die Hauptstadien der Drahtfabrikation sind:

- a. Herstellung der Stäbe, woraus der Draht gezogen werden soll, durch Schmieden, Walzen oder Spalten.
- b. Herstellung der größten Drahtsorten bis zu einem Durchmesser von 1 Centimeter (3,7 Linien) durch Walzen.
- c. Ausziehen der feineren Drahtnummern aus den gröbereren Sorten auf der Drahtleier.

Die Herstellung der Stäbe geschieht durch Schmieden, Walzen oder Spalten, wovon das Walzen das gebräuchlichste ist. Die zur Drahtfabrikation zu verwendenden Stäbe sind quadratisch von 2—2,5 Centimeter ($\frac{3}{4}$ —1 Zoll) Seite, werden kalt mittels einer durch Wasser- oder Dampfkraft bewegten Schere in Längen von etwa $\frac{1}{2}$ Meter (2 Fuß) geschnitten und weißglühend weiter verarbeitet.

Um diese Eisenstäbe in Draht der größten Sorte zu verwandeln werden sie in dem Drahtwalzwerke, welches meist drei übereinander liegende Walzen hat, zwischen der obersten und mittleren Walze hin und zwischen der mittleren und untersten Walze zurück gezogen. Die Rippen oder Rinnellinien der Walzen sind so, daß die korrespondirenden Einschnitte je zweier Walzen stufenweise enger werdende Oeffnungen bilden. Die ersten und größten Oeffnungen sind quadratisch, die vorletzten und kleineren elliptisch und die letzten und kleinsten kreisrund.

Die Walzen haben 0,5—0,6 Meter (20—24 Zoll) Länge, 0,2—0,25 Meter (8—9 Zoll) Durchmesser und nehmen den Draht in einer

Geschwindigkeit von etwa 2,5 Meter (10 Fuß) in der Sekunde mit, sodaß die Operation in nahezu einer Minute vollendet wird. Nach dem Auswalzen wird dieser grobe Draht noch rothglühend auf einen Haspel gewickelt und nach dem Erkalten blank gebeizt.

Die so vorbereiteten groben Drähte werden durch Drahtziehen zu feinen Drähten ausgezogen. Man unterscheidet Zangenzug und Scheibenzug oder Zug auf Drahtleiern, welcher letztere die fast ausschließliche gebräuchliche Darstellung des Drahts ist.

Der wesentlichste Bestandtheil einer Drahtleier ist das Zieheisen, welches sich zwischen dem Hut und der Scheibe oder Rolle befindet. —

Das Zieheisen ist eine Stahlplatte mit oft 60—100 nach außen erweiterten Oeffnungen von abnehmender Größe, welche zwischen zwei Paar aufrecht stehende Stifte des Werkbuchs von oben eingelegt wird und zum Durchziehen des zu verfeinernden Drahts dient. Der letztere wird als Drahttring auf den Hut gesteckt, eine kegelförmige, aus hölzernen oder eisernen Stäben bestehende, sich um einen vertikalen Dorn drehende Welle, von welchem er sich abwickeln läßt. Die auf der anderen Seite des Zieheisens befindliche Drahtscheibe oder Rolle ist ein vertikal stehender, niedriger, drehbarer Cylinder, welcher durch Wasser- oder Dampfkraft in Bewegung gesetzt werden kann, sobald er mit einer vertikalen Welle gekuppelt ist und auf welcher der durchgezogene Draht aufgewunden wird. Die Operation des Drahtziehens ist nun sehr einfach. An der Rolle hängt an einer Kette eine beim Anziehen der Kette sich immer fester schließende Zange, womit man das zugespitzte, durch das Zieheisen gesteckte Drahtende faßt. Hierauf wird die Welle in Bewegung gesetzt, wodurch sich der Draht vom Hut abwickelt, im Zieheisen verjüngt und auf die Rolle aufwindet. Um das Abstreifen des fertigen Drahttrings zu erleichtern, ist der aufgespaltene Cylinder der Drahtscheibe während des Ziehens durch einen Keil auseinander gehalten, welcher letztere nach beendigter Operation gelöst wird. Damit die Drähte, welche durch das Ziehen hart und spröde werden, ihre frühere Weichheit und Dehnbarkeit wieder erhalten, müssen sie in dem geeigneten Zwischenraum ausgeglüht werden, wobei jedesmal der an der Oberfläche entstehende Glühspan zu entfernen ist.

Die Drahtscheiben, welche Draht bis zu 2,5 Millimeter (1 Linie) Dike ausziehen, heißen Grobscheiben oder Grobzügerbänke, diejenigen, welche feinere Sorten ausziehen, Feinscheiben oder Feinzügerbänke.

Die Dike der im Handel vorkommenden Drahtsorten wird mit der Drahtklinke, einem der Blechlehre ähnlichen Instrument, gemessen. Von Nr. 1 der Drahtklinke, welche einem Durchmesser von 0,8 Centimeter ($3\frac{1}{5}$ Linien) entspricht, aufwärts wird das Eisen als rundes Stabeisen behandelt, von da abwärts hat man Drahtsorten von 0,125 Millimeter ($\frac{1}{200}$ Zoll)

und darunter. Der zu Hängebrückenträgern bestimmte Draht wird auf besondere Bestellung gezogen und zu Kabeln verbunden.

Der feinere Draht kommt in Ringen in den Handel. Ein ganzer Ring Draht wiegt immer 10 Pfd., doch giebt es auch halbe Ringe zu 5 Pfd. Die Ringe der feineren Drähte sind durch Bindedraht zusammengebunden und je nachdem der Draht von 2 Millimeter ($\frac{1}{2}$ Linie) abwärts an Durchmesser abnimmt, werden ein, zwei oder mehrere solcher Bindedrähte angewandt, in welchen Fällen der Draht „Einband“, „Zweiband“ u. s. w. heißt. Diese feineren Drahtsorten sind indeß mehr zu dem Hochbau als zum Brückenbau im Gebrauche.

III. Die weitere Verarbeitung des Eisens im warmen Zustande in den Schmiedewerkstätten. Nachdem das Eisen durch die bei seiner Fabrikation angewendeten mechanischen Hämmer oder durch die mechanische Schmiede oder auch durch die Walzwerke vorgearbeitet ist, bezweckt das Schmieden mit der Hand oder die Handschmiede die Umformung des Eisens durch Hämmer, wobei es entweder ausgereckt, gestreckt, oder zusammengedrückt, gestauch, gebogen, gedreht oder gespalten wird. Die Erwärmung des Eisens erleichtert diese Operationen und erfolgt in den Schmiedefeuern oder Schmiedeeffsen. In großen Schmiedewerkstätten bedient man sich zu dieser Erwärmung besondrer, den Flammöfen ähnlicher, Glüh- oder Schweißöfen.

Die Schmiedefeuer oder Schmiedeeffen sind, wo das Ausschmieden größerer Eisenstücke unter mechanischen Hämmern erfolgt, offene Herde mit Schornsteinen und mit einem, zwei oder mehreren Feuern. Jedes dieser Feuer erfordert im Allgemeinen eine in der Herdfläche angebrachte Feuergrube mit Windzuleitung, wobei der zum Anschauen des Feuers nöthige Wind durch Blasbälge erzeugt wird, bei welchen man wieder Spitz- und Parallelbälge unterscheidet, einen Löschtrug mit Wasser zum Abkühlen der gebrauchten Werkzeuge und zum Härten, einen Wedel zum Besprengen des Feuers und einen Kohlen- und Schlackenbehälter. Nur in größeren, über mechanische Kräfte verfügenden, Werkstätten wendet man statt der Blasbälge Ventilatoren oder Kasten- oder Rastengebläse an.

Die Schmiedewerkzeuge sind theils Unterlagen für die zu bearbeitenden Eisenstücke, theils Hämmer, als die Hauptwerkzeuge zum Schmieden, theils Werkzeuge zur Herstellung von Formen, welche durch Hammer und Amboss allein nicht zu erhalten sind, theils Werkzeuge zum Fassen und Festhalten, theils Hülfswerkzeuge zur Ausführung der Schmiedearbeiten.

1. Unterlagen für die zu schmiedenden Eisenstücke. Zu den Unterlagen gehört der Amboss und das Sperrhorn. Der deutsche Amboss besitzt eine

ebene Oberfläche oder Bahn zum Flachschmieden, das Sperrhorn zwei wagrechte Ansätze, wovon der eine vierkantig pyramidenförmig, der andre kegelförmig ist und zum Rundschmieden dient. Der englische, in den meisten deutschen Schmiedewerkstätten eingeführte, Amboss hat ein Horn, der französische zwei Hörner, wie das Sperrhorn.

2. Die Schmiedehämmer. Die Handhämmer der Schmiede haben auf der einen Seite eine entweder ebene oder etwas konvexe, rechteckige, achteckige oder runde Bahn, auf der andern Seite eine stumpfe, zur Stielrichtung entweder parallele oder senkrechte Schneide, die Finne. Die Finne dient zum Ausrecken, die Bahn zum Glätten des auszufschmiedenden Stabes. Nach der Größe der Hämmer heißen sie Handhämmer, welche ein Gewicht von $1\frac{1}{2}$ —4 Pfund, oder Zuschlagehämmer, welche ein solches von 6—20 Pfund besitzen. Unter Setzhämmern versteht man Hämmer, welche man auf die zu bearbeitende Stelle setzt und auf deren Kopf alsdann mit dem Zuschlagehammer geschlagen wird. Die Finnen derselben sind von verschiedener, der zu bearbeitenden Stelle entsprechender, Form.

Mittels der Hämmer und Setzhämmer, sowie des Ambosses und Sperrhorns kann der Schmied:

a. ausstrecken, wobei wieder die Finne zum Ausrecken, die Bahn zum Glätten dient.

b. stauchen, wobei der Querschnitt des Eisenstabs durch Schläge mit der Hammerbahn nach dessen Längenrichtung oder durch Stoß des zu stauchenden Eisenstabs selbst gegen den Amboss vergrößert wird.

c. versehen, wobei der Eisenstab, gewöhnlich unter Anwendung des Setzhammers, mit einem scharfen Absatz versehen wird.

d. biegen, was gewöhnlich mit Hilfe des Horns am Amboss, des Sperrhorns, oder auch bei schiefen Biegungen mittels des Dorns, eines konischen Eisenstücks, geschieht, und wobei rechteckige Biegungen am schwersten herzustellen sind, weil das Eisen an den Biegungsstellen seinen Querschnitt ändert und leicht Risse bekommt. Größere Eisenstücke werden mittels Biegemaschinen oder Hämmern über besonderen Schablonen oder mittels Schraubepressen gebogen.

e. schweißen, d. h. je zwei Stücke Stabeisen oder Stahl in sehr hoher Temperatur durch Hämmern, indem er sie gewissermaßen zusammenknetet, miteinander vereinigen. Damit irgend ein Metall schweißbar sei, muß dasselbe:

1. lange vor dem Schweißpunkte, bei der sogenannten Schweißhitze, erweichen, ohne flüssig zu werden,
2. bei dieser Erweichung plastisch und streckbar bleiben,

3. bei der Erwärmung bis zur Schweißhitze nicht oxydiren, überhaupt seine chemische Beschaffenheit an der Oberfläche oder im Innern nicht ändern.

Jede der beiden erstgenannten Bedingungen findet beim Stabeisen und Stahl vollkommen, die dritte alsdann statt, wenn man während des Erhitzens die Luft durch eine Kohlendecke oder durch eine Umhüllung von Boraxpulver abhält, den gebildeten Glühspan mittels Hammerschlägen von der Schweißstelle absprengt und dadurch diese reinigt, oder endlich den Glühspan reduziert oder in Gegenwart von Kieselsäure in eine leicht flüssige Schlacke verwandelt, welche unter den ersten leichten Hammerschlägen aus der Schweißfuge ausfließt.

Was das Verfahren des Schweißens betrifft, so werden die zu schweißenden Stücke oft stumpf zusammengestoßen, indem man einen eisernen Zapfen in dem einen Theile befestigt, den andern Theil darüber schiebt und hierauf beide Stücke durch Stauchen miteinander vereinigt. Alle runde, flache oder quadratische Stäbe von geringen Dimensionen werden gewöhnlich mit schräger Schweißfuge verbunden. Stahl- und Eisenstäbe werden mittels Spalts in einen und keilsförmigen Zapfens in andern Stücke geschweißt, bei rechtwinklig zu schweißenden Stäben wird der eine aufgespalten, der andere umgebogen und in diesen Spalt gesteckt; Ringe werden mittels schräger Fuge geschweißt. Große, schwere Eisenstücke, für welche die Handhämmer nicht mehr ausreichen, werden mit Hilfe von mechanischen Hämmern zusammengeschweißt.

3. Hülfswerkzeuge zum Formen der Eisenstücke. Die wichtigsten Werkzeuge¹¹⁾ zur Bildung von Formen, welche sich mit alleiniger Hilfe von Hammer und Amboß schwierig oder gar nicht darstellen lassen, sind die Gesenke, die Meißel und Abschrote, der Durchschlag und Lochring, die Nagel-eisen und Stempel.

a. Die Gesenke sind hohle Formen für plastisch, hier in Eisen darzustellende Körperformen, aus Schmiedeeisen mit verstärkten Bahnen. Die Gesenke sind entweder eintheilige, wie die zum Schmieden der sechseckigen Schraubenmuttern oder die zum Schmieden verschiedener prismatischer, z. B. rechteckiger, dreiseitiger oder runder Körperformen dienenden Gesenkstöcke, Eisenblöcke, welche mit den diesen Formen entsprechenden Vertiefungen versehen sind, oder zweitheilige, welche aus einem, mittels Zapfen in ein entsprechendes Loch am Amboß eingesteckten Untergesenke und einem, nach Art der Satzhammer mit einem Stiel versehenen Obergesenke.

b. Die Schrotmeißel und Abschrote dienen zum Abhauen von Eisenstangen. Der Abschrot bildet eine meißelartige, mit Zapfen versehene Unterlage, welche in ein entsprechendes Loch des Amboßes gesteckt wird, während der Schrotmeißel ein mit der Hand direkt zu haltender Meißel oder ein mit Schneide ver-

sehener Setzhammer ist. Mittels des Schrotmeißels läßt sich auch ein Eisenstab durchlochen, d. h. zuerst aufhauen und mittels eines cylindrischen Stabes von gehärtetem Stahl, eines Dorns, erweitern, ein Verfahren, welches keine Verschwächung des Materialquerschnitts zur Folge hat.

c. Durchschlag und Lochring. Der Durchschlag ist ein Schrotmeißel mit einer stumpfen Fläche statt der Schneide und wird, wie dieser, entweder mit der Hand gehalten oder, wie der Setzhammer, mit Stiel versehen. Das Lochen selbst geschieht entweder über einem entsprechenden Loch des Amboszes oder über einem besonderen Lochring von 3,75—7,5 Centimeter ($1\frac{1}{2}$ —3 Zoll) Höhe, 0,6—2,5 Centimeter ($\frac{1}{4}$ —1 Zoll) Wandstärke und 5—10 Centimeter (2—4 Zoll) Durchmesser, worauf man das zu durchlochende Eisenstück hohl legt, während man den Durchschlag aufsetzt und mittels Hammerschlägen einen Putzen Eisen heraufstreibt. Das Lochen bewirkt eine Schwächung des Materialquerschnitts. Eine Erweiterung und die Regelmäßigkeit des Lochs bewirkt man durch einen Dorn von der entsprechenden Gestalt des Lochs. Das Durchlochen von Eisenstangen im weißglühenden Zustande mittels Schwefelstangen von dem entsprechenden Querschnitt, indem das gebildete Schwefelisen abfließt, ist praktisch von geringem Werth, da die Löcher rauh und zum Kosten sehr geneigt werden, wenn man sie nicht sorgfältig mit der Feile ausräumt.

d. Nagelisen, Stempel und Schellhammer dienen zum Anschmieden von Köpfen an Nägel, Niete und Bolzen. Die Nagelisen sind mit Oeffnungen versehene Stahlstücke, durch welche aufgestauchte Eisenstücke gesteckt werden, aus deren hervorragendem, aufgestauchtem Theil man mit Hülfe des Hammers die Gestalt des Nagelkopfes heraus schmiedet. Bisweilen wird ein solcher Kopf mit einem besonderen Obergesenk ausgeschmiedet. Wird dasselbe mit dem Finger aufgehalten, so heißt es Stempel, erhält es die Form eines Setzhammers, so heißt es Schellhammer. Von besondrer Wichtigkeit für den Bau schmiedeeiserner Brücken ist die Anwendung der Schellhammer bei Anfertigung der Niete, welche entweder durch Handschmiedearbeit, mittels eines Fallhammers und Gesenkes, oder mit Hülfe von Nietmaschinen bewirkt wird. Die Nietmaschinen werden unter der Bearbeitung des Eisens durch mechanische Arbeit betrachtet werden, die Anfertigung der Niete durch die Handschmiedearbeit geschieht wie folgt. Aus dem zu den Nieten erforderlichen Rundeisen von der entsprechenden Dicke, wozu man stets das zähste wählt, schneidet man zunächst mittels einer Schere, durch deren unteren, mit Oeffnungen von verschiedenem Durchmesser versehenen, Schenkel man das Rundeisen bis zu einer, hinter der Schere befindlichen, festen Platte durchsteckt, Stücke von der hierdurch bestimmten nöthigen Länge. Hierauf werden die Stücke in einer Esse rothwarm gemacht und

mittels eines Schellhammers in einem Nageleisen mit den sogenannten Setzköpfen versehen. Zur Beschleunigung des Heraushebens der so gebildeten Niete aus dem Nageleisen läßt sich ein zweiarziger, um ein Scharnier drehbarer, Hebel anwenden, dessen kürzer Arm mit einem von unten ins Nagelloch greifenden Stift versehen ist und demnach den Niet herausschnellt, wenn auf den längern Hebelarm geschlagen wird. Um den zweiten, sogenannten Schließkopf an die Niete anzuschmieden, werden sie vorher, je nachdem die Vernietung in der Werkstätte oder auf der Baustelle erfolgt, entweder in einem feststehenden oder transportablen Schmiedefeuer angewärmt, durch die vorgebohrten Löcher der zu verbindenden Theile gesteckt und dann, während eine schmiedeiserne Keule oder ein schwerer Hammer wider den Setzkopf gehalten wird, der Schließkopf entweder ganz aus freier Hand oder gewöhnlich zuerst aus freier Hand und zuletzt mittels des Schellhammers angeschmiedet. Da die im Brückenbau angewendeten Niete meist runde Köpfe erhalten, so sind auch die bei Herstellung des Setz- und Schließkopfs angewendeten Schellhämmer mit halbkugelförmigen Vertiefungen versehen.

4. Werkzeuge zum Fassen und Festhalten der Eisenstücke sind entweder die Zangen von verschiedener Form des Mauls und der Schenkel oder der Schraubstock. Die ersteren finden hauptsächlich bei den Schmiedearbeiten, die letzteren bei den Schlosserarbeiten Anwendung. Besondere Erwähnung verdient die zum Festhalten von Eisenstücken, welche zu Schraubemuttern ausgeschmiedet werden sollen, bestimmte sogenannte Mutternzange, deren Maul an den Enden umgekröpft ist.

5. Hülfswerkzeuge zur Ausführung der Schmiedearbeiten. Außer den vorstehend angeführten Werkzeugen zum Schmieden werden noch einige Hülfswerkzeuge erforderlich, worunter die Kohlenschaukeln zur Unterhaltung des Feuers, Kohlenhaken zum Schüren des Feuers, der Lössspieß mit Wedel zum Benetzen der Kohlen behufs Steigerung der Hitze, Feilen zum Reinigen der Metalloberflächen beim Schweißen u. s. w. gehören.

IV. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch Handarbeit. Die feinere Verarbeitung der durch Schmieden und Walzen, Gießen und Ziehen hergestellten größeren Eisenstücke in kaltem Zustande durch Handarbeit erfolgt in den, meist baulichen Zwecken dienenden, Handschlosserwerkstätten und erfordert theils Werkzeuge zum Festhalten der Arbeitsstücke, theils Werkzeuge zur eigentlichen Bearbeitung derselben in kaltem Zustande, theils einige Hülfswerkzeuge, welche in dem dritten Bande der Schule der Baukunst¹²⁾ abgebildet und beschrieben sind, und deshalb, insoweit sie beim Bau eiserner Brücken in Betracht kommen, zur Vervollständigung dieser Uebersicht nur angedeutet werden sollen.

1. **Werkzeuge zum Festhalten der Arbeitsstücke.** Hierher gehört vorzugsweise der **Schraubstock** als das gewöhnlichste Mittel zum Festhalten der Arbeitsstücke während der Bearbeitung durch Feilen, Bohren, Sägen u. s. w. Der Schraubstock besteht aus einem festen und einem beweglichen Theil, welche an ihrem obern Ende gegeneinander gebogen sind und so das zum Fassen und Festhalten der Gegenstände bestimmte **Maul** bilden, dessen innere Flächen zu diesem Zweck meist noch feilenartig rauh gemacht oder gerauht sind. Das gegenseitige Annähern und Entfernen der das Maul bildenden Theile wird durch eine mit einem **Knebel** versehene Schraubenspindel bewirkt, wobei der bewegliche Theil sich am untern Ende um ein **Scharnier** dreht. Modifikationen des gewöhnlichen Schraubstocks sind der **Parallelschraubstock** mit oder ohne **Kugelbewegung**, der **Feilkloben** oder **Handkloben**, die **Kluppe** und der **Schneidstock**.

2. **Werkzeuge zur Bearbeitung des Eisens.** Zu den Bearbeitungswerkzeugen des Eisens im kalten Zustande durch Handarbeit gehören die **Meißel**, die **Sägen**, die **Blechscheren**, die **Lochscheiben** und **Durchschläge**, die **Feilen**, die **Bohrer** und **Bohrwerkzeuge**, die **Reibahlen**, die **Schraubenschneidwerkzeuge** und die **Drehwerkzeuge**.

a. Die **Meißel** gebraucht man theils zum Fortthauen der größten Theile der zu bearbeitenden Flächen, theils zum Ausarbeiten von Einschnitten, Einkerbungen, Nuthen und Oeffnungen, gewöhnlich Vorarbeiten zur Behandlung mit der Feile. Die Meißel werden mit dem Hammer getrieben, während das zu bearbeitende Stück entweder im Schraubstock befestigt ist oder schon durch sein Gewicht fest genug aufliegt. Zum Unterschiede von den beim Schmieden gebrauchten **Schrotmeißeln** heißen sie **Bankmeißel** oder **Kaltmeißel**, und wenn sie aus Gußstahl bestehen, an der Schneide sehr hart, am Kopf aber ungehärtet sind, **Hartmeißel**. Ist die Schneide so breit oder breiter wie der Griff, etwa bis zu 3,75 Centimeter ($1\frac{1}{2}$ Zoll), so hat man einen gewöhnlichen oder geraden **Kaltmeißel**, ist dagegen die Schneide schmaler als der Stiel, etwa bis zu 1,25 Centimeter ($\frac{1}{2}$ Zoll), so hat man den **Kreuzmeißel**. Die Länge des Meißels beträgt 6—10 Centimeter ($2\frac{1}{2}$ —4 Zoll), in besondern Fällen 20—22,5 Centimeter (8—9 Zoll). Meißel mit runder aber flacher Schneide nennt man **Rundmeißel**, solche mit konkaver Schneide **Hohlmeißel**.

b. Die **Sägen** zum Durch- oder Einschneiden von Eisenblechen oder von massiven Metallstücken im kalten Zustande erfordern ein hartes, strohgelb angelassenes Blatt, und feine nicht ausgefetzte Zähne, wovon 15 bis 25 auf 2,5 Centimeter (1 Zoll) gehn. Das Sägestell besteht meist aus geschmiedetem Eisen und ist mit einem hölzernen Griff zum Anfassen versehen. Die Spannung des Blatts erfolgt durch Anziehen einer Flügelsschraube oder

des Griffs, welcher alsdann die Mutter, während die Sägeblattfassung die Spindel bildet.

c. Die Handblechscheren dienen zum Beschneiden dünner Eisenbleche und sind entweder gewöhnliche Scheren von starker Konstruktion oder Hebelscheren, welche aus einer, mit längerem Hebelarm versehenen, oberen und einer, mittels zweier Klappen auf einem Bock befestigten, unteren Schneide bestehen. Sind die Schneiden dieser Hebelscheren geradlinig, so ändert sich der Scherenwinkel fortwährend, soll derselbe konstant bleiben, so müssen sie nach einer logarithmischen Spirale gekrümmt sein. Der Winkel der Schneiden ist gewöhnlich nicht spitz, sondern beträgt etwa 80° .

d. Die Lochscheiben und Durchschläge werden beim Durchschlagen runder und viereckiger Löcher in die Eisenbleche gebraucht und erfordern die, den Löchern der Scheibe entsprechenden, Erhöhungen oder Durchschläge. Um den Durchschlag genau auf die Oeffnung der Lochscheibe aufsetzen zu können, versteht man die Lochscheibe zweckmäßig mit einer Klappe, welche genau dieselbe Oeffnung an derselben Stelle hat. Wird alsdann das zu durchlochende Stück zwischen die Lochscheibe und die Klappe gesteckt, so läßt sich der Durchschlag genau über der entsprechenden Oeffnung der Lochscheibe aufsetzen. Eine andere Vorrichtung zum Lochen besteht aus zwei gleichlangen, etwas gebogenen, am einen Ende mittels Scharnier verbundenen Armen, deren oberer einen eingeschraubten Durchschlag oder Mönch, deren unterer die Oeffnung oder die Nonne enthält. Indem man das zu durchlochende Blech zwischen Mönch und Nonne legt und auf den im oberen Arm unmittelbar über dem Durchschlag eingeschraubten Kopf den Schlag mit dem Hammer führt, erfolgt die Durchlochung des Blechs.

e. Die Feilen finden bei der feineren Bearbeitung des Eisens vielfach Anwendung und kommen in sehr vielen Gattungen in den Handel. Man unterscheidet und benennt sie nach ihrer Länge, Querschnittsform, Seitenansichtsform und Art der Schärfung oder des Hiebs.

Die Länge der Feilen wechselt zwar zwischen 2,5—60 Centimeter (1—24 Zoll), die gewöhnlichsten besitzen aber eine Länge von 20—50 Centimeter (8—20 Zoll). Feilen von quadratischer, rechteckiger, kreisförmiger, halbrunder und dreieckiger Querschnittsform nennt man beziehungsweise Armfeilen, Flach- oder Handfeilen, Rundfeilen oder Rattenschwänze, Halbrundfeilen und dreikantige Feilen. Auch Feilen mit trapezförmiger, rhomboidischer und elliptischer Querschnittsform kommen vor.

Nach der Form der Seitenansicht unterscheidet man parallele Feilen mit parallelen Langseiten, verjüngte Feilen mit konvergirenden geraden oder schwach gekrümmten Langseiten, Spitzfeilen mit sich schneidenden Langseiten.

Nach der Art der Schärfung unterscheidet man Feilen mit einfachem Hieb, zweifachem Hieb und Raspeln. Die Feilen mit einfachem Hieb haben meist parallele, mittels Meißel eingehauene, zur Mittellinie der Feile rechtwinklige oder geneigte Zähne und werden wie die Raspeln, deren Zähne aus einzelnen, mittels eines spitzen Meißels aufgehauenen, Spitzen bestehen, nur zum Feilen weicher Metalle oder zur Bearbeitung des Holzes verwendet. Die Feilen mit doppeltem Hieb, dem sogenannten Ober- und Unterhieb, dienen zur Bearbeitung der härteren Metalle. Ihr Unter- oder Grundhieb ist gewöhnlich noch mehr gegen die Mittellinie geneigt als der Ober- oder Kreuzhieb, auch ist der Unterhieb in der Regel etwas weitläufiger als der Oberhieb.

Die größten Feilen sind die Armfeilen mit 10 bis 25 Haufschlägen auf 2,5 Centimeter (1 Zoll) im Oberhieb und quadratischem Querschnitt. Hierauf folgen die Strohfeilen mit 15 bis 25 Haufschlägen auf 2,5 Centimeter (1 Zoll), die aber kürzer als die Armfeilen und flach oder halbrund sind, die Vorfeilen oder Bastardfeilen mit mittelfeinem Hieb von 24 bis 70 Haufschlägen auf 2,5 Centimeter (1 Zoll) und halbrunder, flacher oder messerartiger Form. Die Schlichtfeilen haben einen feinen Hieb mit 55 bis 115 Haufschlägen auf 2,5 Centimeter (1 Zoll) und sind gewöhnlich flache Feilen von 16,25—35 Centimeter ($6\frac{1}{2}$ bis 14 Zoll) Länge, die Feinschlichtfeilen haben den feinsten Hieb mit 115 bis 215 Haufschlägen auf 2,5 Centimeter (1 Zoll), jedoch oft nicht auf allen Flächen und eine Länge von 10 bis 40 Centimeter (4—16 Zoll).

f. Die Bohrer, Bohrwerkzeuge und Reibahlen. Die Bohrer und Bohrwerkzeuge dienen zum Ausbohren von Löchern aus dem Vollen und erfordern außer der Drehung einen Druck von oben; die Reibahlen dienen nur zum Ausweiten und Glätten des vorgebohrten Lochs. Die Bohrer sind die eigentlich schneidenden Theile des Bohrapparats, welche in die Bohrwerkzeuge eingesteckt und mittels dieser gedreht und niedergedrückt werden.

Die Hauptarten der Bohrer sind der gewöhnliche Bohrer, der Centrubohrer, der Versenkbohrer oder Versenker und der Zapfenbohrer von verschiedener Form der Schneide. Die Reibahlen sind drei- oder mehrkantig oder theilweise kantig und theilweise rund. Die Bohrwerkzeuge dienen zum Umdrehen und Vorschieben der Bohrer in dem Bohrloch und ertheilen dem Bohrer entweder eine abwechselnd vor- und rückwärts oder eine nur nach einer Richtung gehende Bewegung, in welchem ersterem Fall die Bohrer zweischneidig, in welchem letzterem Fall sie einschneidig sein müssen. Zu den zweischneidigen gehört die Bohrwelle mit Fiedelbogen sowie der Drillbohrer. Sie arbeiten mit vor- und rückwärtsgehender Bewegung zugleich, dienen aber nur für feinere

Bohrarbeiten, wie sie beim Brückenbau wenig oder nicht vorkommen, dagegen findet der Ratschhebel oder die Ratsche zum Bohren von Löchern bei Aufstellung kleiner eiserner Brücken, welche an der Baustelle bearbeitet werden, häufig Anwendung. Die Ratsche, welche nur mit vorwärts gehender Bewegung arbeitet, besteht aus einem Cylinder, in dessen unteren Theil der Bohrer eingesteckt wird, während der obere Theil mittels einer besondern Schraube gegen einen festen Gegenstand so angepreßt werden kann, daß ein Gegendruck auf den Bohrer und das zu bohrende Eisenstück entsteht. Auf dem Cylinder ist ein Sperrrad befestigt, welches sammt dem Bohrer mittels eines mit Sperrkegel versehenen Hebels gedreht wird, wobei die Drehung des Bohrers nur bei der Vorwärts- nicht aber bei der Rückwärtsbewegung des Hebels erfolgt. Bohrwerkzeuge mit Vorwärtsbewegung sind ferner die Brustleier, mit welcher übrigens nur ein schwacher Druck auf den Bohrer ausgeübt werden kann, die Bohrmaschine mit zweiarmigem Bohrbügel von ähnlicher Einrichtung wie die Brustleier, wo aber jener Druck durch eine Schraube verstärkt wird, und die Bohrmaschine mit Winkelgetriebe, welche ebenfalls eine Druckschraube besitzt. Auch auf der Drehbank können, besonders kleinere, Löcher gebohrt werden, wobei sich entweder der Bohrer oder das Arbeitsstück dreht.

g. Die Schraubenschneidwerkzeuge. Sowol die Schraubenspindeln als Schraubenmuttern werden entweder auf der Drehbank oder mittels Schneideisen, Kluppen und Bohrern, oder mittels Schraubenschneidmaschinen geschnitten. Von der ersteren Herstellungsweise der Schrauben wird unter den Drehwerkzeugen, von der letzteren bei Betrachtung der mechanischen Werkstätten die Rede sein.

Alle Schraubenmuttern und Schraubenbolzen von 5 Centimeter (2 Zoll) abwärts werden mittels Schneideisen, Kluppen und Bohrern von Hand geschnitten.

Das Schneiden der Schraubenbolzen. Die Schraubenspindeln schneidet man mit Hülfe eines Muttergewindes. Zur Herstellung kleiner Schrauben ist das Muttergewinde in eine Platte eingeschnitten und mit kleinen Einkerbungen versehen. Eine Platte mit mehreren solcher festen Muttergewinde in verschiedenen aufeinander folgenden Größen nennt man ein Schneideisen. Für Schrauben von größerem Durchmesser besteht das Muttergewinde aus zwei oder mehreren Segmenten, welche eingespannt werden können und sich verschieben lassen, um im Verlaufe des Schraubenschneidens die Gangtiefe vermehren zu können. Solche Apparate mit beweglichen Segmenten oder Backen nennt man Schneide- oder Schraubenkluppen.

Die Schraubenkluppen für kleinere Schraubenspindeln sind entweder solche mit einem Arm zum Drehen und einer Stellschraube oder solche mit

zwei Armen zum Drehen und zwei Stellschrauben. Bei den ersteren werden die nach unten verjüngten Schneidebacken in die gleichfalls und ebenso verjüngte Oeffnung der Kluppe eingelegt und mittels eines darübergeschobenen Schiebers in dieser Oeffnung derart festgehalten, daß sie mittels einer Flügel-schraube nach Erforderniß einander genähert werden können. Bei den zwei-armigen Kluppen, welche einen ähnlichen Schieber besitzen, wirkt jede der beiden Stellschrauben auf den ihr zugekehrten Schneidebacken. Dieselbe Einrichtung, nur im vergrößerten und verstärkten Maßstabe, erhalten auch größere Kluppen. Wird statt der einen der beiden Stellschrauben ein Scharnier angewendet, so entsteht die mit zwei Armen versehene Kluppe mit Scharnier und Stellschraube oder die zweiarmige Scharnierkluppe. Die seitlich mit Nuthen versehene Schneidebacken werden in das, mit den entsprechenden Erhöhungen versehene, durch Drehung um das Scharnier geöffnete, Gestell eingeschoben und durch die Stellschraube einander genähert. Durch eine kleine, dieser Annäherung entgegenwirkende, Schraube kann der Grad der Annäherung fixirt und eine gleiche Dicke der zu schneidenden Schrauben bewirkt werden; die neuere Whitworth'sche Schraubenschneidkluppe enthält drei Schneidebacken, wovon der zum Nachschneiden bestimmte feststehend ist und die beiden anderen durch Anziehen eines mit einem Gewinde versehenen Doppelkeils gegen den festen Backen vorgeschoben werden können und zum Vorschneiden der Schraubenspindel dienen.

Das Schneiden der Schraubenmuttern. Die Schraubenmuttern werden mit Hilfe von Gewindbohrern oder Schraubenbohrern, stählernen Schraubenspindeln, deren Gewinde theils durch Einkerbungen, theils durch Anfeilen ebener Flächen mit Schneidekanten versehen sind, geschnitten, nachdem zuerst ein cylindrisches Loch vom Durchmesser des Spindelkerns vorgebohrt worden ist. Das Einschneiden des Gewindes geschieht alsdann mittels mehrerer Gewindbohrer, eines sogenannten *Sages*, wovon die ersten zum Vor- und die letzten zum Nachschneiden dienen.

Zum Nachschneiden der Schneidebacken für die Schraubenkluppen bedient man sich sehr genauer Gewindbohrer, der sogenannten *Normalbohrer* oder *Originalbohrer*.

Alle Gewindbohrer haben oben einen viereckigen Kopf, welcher in einen geraden zweiarmigen, mit den entsprechenden viereckigen Löchern versehenen, Hebel, das sogenannte *Windeisen*, gesteckt wird, mittels dessen die Drehung erfolgt.

Die vorbeschriebenen Schraubenschneidwerkzeuge dienen gewöhnlich zum Schneiden dreikantiger Gewinde, jedoch werden Schrauben mit flachen und runden Gewinden in ähnlicher Weise erzeugt. Die hergestellten Schrauben sind entweder solche mit links oder rechts aufsteigendem Gewinde.

h. Die Drehwerkzeuge. Obwol die zur Herstellung von Brückenkonstruktionen erforderlichen, abzdrehenden Theile meistens und namentlich bei den bedeutenderen derselben durch Maschinenarbeit hergestellt werden, eine Bearbeitungsweise, welche wir bei den mechanischen Werkstätten zu berühren haben, so ist doch zur Herstellung kleinerer und in geringer Anzahl erforderlicher runder Konstruktionstheile die Handarbeit des Drehers nicht ausgeschlossen. Die Arbeit des Drehens erfolgt auf der Drehbank. Die Haupttheile der Drehbank sind das Gestell, eine Art Tisch, die auf dem Tisch befindlichen Stöcke, insbesondere der Spindelstock und Reitstock, zwischen welche die abzudrehenden Gegenstände eingespannt werden, die durch einen Tritt bewegliche verköppte Welle mit Riemscheiben, welche letztere durch eine Schnur oder einen Riemen ohne Ende mit den entsprechenden Riemscheiben des Spindelstocks in Verbindung gesetzt werden können, und die auf dem Tisch befindliche Vorlage, ein Auflager für die schneidenden Werkzeuge oder Drehstähle.

Zum Zweck des Drehens werden die Arbeitsstücke entweder zwischen die Spitzen oder Körner des Spindel- oder Reitstocks gespannt oder nur an dem Spindelstock befestigt, indem man sie in hohle Patronen, sogenannte Drehbankfutter, festklemmt.

Im ersten Falle werden auf die Drehbankspindel sogenannte Mitnehmer Scheiben mit einem parallel zur Spindel vortretenden Mitnehmerstift geschraubt, während das Arbeitsstück in dem sogenannten Mitnehmer, einem mit einem Arm und einer Schraube versehenen Ring festgeschraubt und zwischen die Spitzen oder Körner der Stöcke gespannt wird. Während des Drehens legt sich der Mitnehmerstift an den Mitnehmer und nimmt diesen, sowie das mit ihm festverbundene Arbeitsstück mit. Im zweiten Falle wird das Arbeitsstück mittels mehrerer Stellschrauben in dem Drehbankfutter befestigt und zugleich centrirt.

Um genau cylindrische und solche Gegenstände zu drehen, bei welchen ein stetiges Vorrücken des Drehstahls erfordert wird, bedient man sich zur Führung des Drehstahls nicht mehr der Hand, sondern des sogenannten Supports, an welchem der Drehstahl befestigt wird. Der Support besteht aus zwei Schlitten, welche sich rechtwinklig zueinander so verstellen lassen, daß der unterste sich auf einer Grundplatte rechtwinklig zur Spindelaxe und der obere sich auf dem untersten und rechtwinklig zu diesem, mithin parallel zur Spindelaxe, verschieben läßt. Dieser obere Schlitten enthält zugleich den Raum, worin die schneidenden Werkzeuge befestigt werden, das sogenannte Stichelhaus, und kann meistens noch in andere Lagen zu dem untersten Schlitten als die rechtwinklige gebracht werden. Unter die Schneidwerkzeuge zum Drehen gehören der Stichel, der Drehstahl, der Drehhaken, der Schlichthaken,

und der Ausdrehstahl, sowie der Gewindestahl für das Drehen äußerer Gewinde oder Schraubenspindeln und innerer Gewinde oder Schraubenmutter.

3. Hülfswerkzeuge¹³⁾ zum Abmessen, Eintheilen, Linienziehen u. s. w. Hierher gehören die Zirkel, die Winkel, das Streichmaß und die Schraubenschlüssel.

a. Die Zirkel sind entweder die gewöhnlichen Zirkel von bekannter Einrichtung, Federzirkel, Stockzirkel, Taster oder Greifzirkel zum Abgreifen äußerer und innerer Dimensionen, in welchem letzterem Falle seine Schenkel sich kreuzen, und die Greifzirkel zum gleichzeitigen Abgreifen äußerer und innerer Durchmesser.

b. Die Winkel sind entweder gewöhnliche schmiedeeiserne rechte Winkel, Anschlagwinkel, oder Anschlagwinkel mit einem drehbaren Schenkel.

c. Das Streichmaß besteht in einem eisernen Kopf, durch welchen sich ein eiserner, mit einer Stahlspitze zum Einreißen von Linien versehener Draht verschieben und in jeder Stellung befestigen läßt, worauf der Kopf den Anschlag und jene Spitze den Vorreißer bildet.

d. Die Schraubenschlüssel dienen zum Anziehen und Lösen der Schraubenmutter und sind entweder offene Schraubenschlüssel für vier- und sechs-eckige Schraubenmutter, Schraubenschlüssel für runde, mit Einschnitten versehene, Mutter mit den entsprechenden hakenförmigen Erhöhungen, Schraubenschlüssel für versenkte Mutter mit festen Stiften und mit Stiften auf beweglichen Schenkeln, ferner Universalschraubenschlüssel oder englische Schraubenschlüssel, welche je nach der Größe der Mutter mittels einer Schraube gestellt werden können.

V. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch mechanische Arbeit. Während die Verarbeitung des Eisens zu einzelnen kleineren Brücken und Brückentheilen zwar durch Handarbeit geschehen kann, so erfordert doch hauptsächlich die mächtige Entwicklung des Eisenbahnnetzes die möglichst rasche Ausführung sowol größerer als auch zahlreicher kleinerer Brücken, zu deren exakter, möglichst billiger und rechtzeitiger Herstellung die Handarbeit nicht mehr ausreicht. Die Maschinen, welche man hierbei zu Hülfe nimmt, sind gewöhnlich in besonderen, sogenannten mechanischen, Werkstätten solcher Etablissements vereinigt, welche entweder Maschinenfabriken, Brückenbauanstalten oder beides zugleich sind. Die in denselben thätigen Maschinen und Apparate sind nicht nur nach dem Zwecke, sondern auch nach den Ländern sehr verschieden und erfahren überdies jährlich nach dem jeweiligen Bauwerk und den Fortschritten im Maschinenbau Zusätze und Verbesserungen.

Die mechanischen Werkstätten haben im Allgemeinen die Aufgabe, die weitere Bearbeitung der aus der mechanischen Schmiede und den Gießereien hervorgegangenen gröberen Eisenstücke zu bewirken. Diese weitere und feinere Bearbeitung besteht theils in einem Fortnehmen der rauhen Oberfläche durch schneidende Werkzeuge, seltner durch Feilen und Schleifen. Unter den schneidenden Werkzeugen sind es hauptsächlich die Werkzeugmaschinen, welche im Großen fast allgemein angewendet werden. Die wichtigsten derselben sind die, vorzugsweise zur Darstellung konvexer Oberflächen und Rotationskörper bestimmten, Drehbänke, Bohrwerke und die Bohrmaschinen zur Darstellung von Rotationskörpern mit hohler Oberfläche, Hobelmaschinen zur Darstellung ebener Oberflächen voller Körper, Ruthenstoßmaschinen zur Herstellung ebener Oberflächen und Ruthen, Rundhobelmaschinen und Fräsmaschinen zur Darstellung prismatischer Körper mit krummer Oberfläche, Schraubenschneidmaschinen, Nietmaschinen und Maschinen zum Schneiden und Lochen der Bleche.

Bei den Drehbänken, Bohrmaschinen und Schraubenschneidmaschinen wird die Oberfläche des herzustellenden Gegenstandes nach fortlaufenden Spiralen erzeugt, während bei den Planhobelmaschinen, Ruthenstoßmaschinen und Rundhobelmaschinen die Bewegung der schneidenden Werkzeuge sprungweise, d. h. so erfolgt, daß es nach Vollendung eines Schnitts, ohne zu schneiden, nach dem Anfangspunkt des Schnitts zurückkehrt und nach der Leitlinie fortvückt, um einen andren Schnitt zu beginnen.

1. Die mechanischen Drehbänke dienen wie die Fußdrehbänke zum Abdrehen kleiner cylindrischer Bolzen und unterscheiden sich von diesen dadurch, daß sie nicht wie diese, mittels eines an der verköpften Welle hängenden Trittbrets, durch den Arbeiter selbst bewegt, sondern durch Riemscheiben in Bewegung gesetzt werden, welche an einer, unabhängig von der Drehbank rotirenden, Welle befestigt und mit den Riemscheiben der Drehbank durch einen Riemen ohne Ende in Verbindung gesetzt sind. Die Hauptbestandtheile derselben sind das Gestell, die Stöcke oder Docken und der Support wie bei den Fußdrehbänken und von ähnlicher Einrichtung wie bei diesen.

Das schneidende Werkzeug wird entweder durch die Hand des Arbeiters mit Hülfe einer Unterstüßung durch die Vorlage frei geführt oder an dem Support befestigt und mit diesem entweder durch Kurbelbewegung mit der Hand oder durch einen von der Spindel aus bewegten Mechanismus fortgeschoben.

Das Arbeitsstück wird entweder an der Spindel mittels Drehbankfutter oder Mitnehmerscheibe so befestigt, daß es sich gemeinschaftlich mit derselben dreht, oder es wird zwischen die Spitzen der Stöcke gespannt und durch den Mitnehmer von der Spindel in die drehende Bewegung versetzt.

2. Bohrwerke und Bohrmaschinen. Bei Herstellung von zu bohrenden Brückentheilen handelt es sich entweder darum, bereits im Hohen hergestellte hohle Eisen- oder Stahlstücke weiter auszubohren oder volle Stücke dieser Art zu durchbohren.

a. Bohrmaschinen zum Ausbohren von Hohlzylindern. Das Ausbohren wendet man nur bei Höhlungen von größerem Durchmesser an und bedient sich dabei entweder der geeigneten Drehbänke oder eigens hierzu konstruierter Cylinderbohrmaschinen. Bei den Drehbänken ist das schneidende Werkzeug ein Stichel, welcher auf dem Support der Drehbank im Stichelhause befestigt ist, während das auszubohrende Stück auf der Mitnehmerscheibe befestigt ist und sich dreht. Bei der Cylinderbohrmaschine wird das Schneidwerkzeug durch ein oder mehrere Stoßer gebildet, welche entweder unmittelbar auf einer Bohrstange oder auf dem Umfang einer mit der Bohrstange festverbundenen Scheibe, dem Bohrkopf, festgekeilt werden. Das Ausbohren geschieht im letzteren Falle durch eine drehende und eine fortschreitende Bewegung des Hohlzylinders und Schneidwerkzeugs derart, daß entweder

1. der Hohlzylinder feststeht und die Messer beide Bewegungen machen, oder
 2. der Hohlzylinder sich dreht und die Messer fortschreiten, oder
 3. der Hohlzylinder fortschreitet und die Messer rotiren, oder
 4. der Hohlzylinder beide Bewegungen macht und die Messer feststehen.
- Die drehende Bewegung der Cylinderbohrmaschine wird in der Regel durch Riemscheiben und Riemen ohne Ende, die fortschreitende Bewegung durch Zahnstangen oder Schrauben bewirkt.

b. Bohrmaschinen zum Bohren aus dem Vollen dienen zur Herstellung von Höhlungen mit geringerem Durchmesser, welche das Arbeitsstück entweder ganz oder theilweise durchsetzen, sodas ein Durchbohren oder Einbohren stattfindet. In beiden Fällen ist die Anordnung der Maschine derart, daß der Bohrer in einer vertikalen Achse befestigt wird, mit welcher er gleichzeitig fortschreitet und sich dreht, während das Bohrstück auf einer Unterlage, dem sogenannten Bohrtisch, befestigt ist. Die eigentlichen Bohrmaschinen bestehn daher hauptsächlich aus:

1. der Bohrspindel mit ihrem Bewegungsmechanismus,
2. dem Bohrtisch zur Aufnahme des Arbeitsstücks und
3. dem Gerüst, welches den Bohrtisch mit der Bohrspindel und deren Mechanismus verbindet.

3. Planhobelmaschinen. Die gußeisernen Unterlagsplatten, welche den Brückenträgern zur Unterstützung dienen und zugleich eine durch den Temperaturwechsel bedingte Verschiebung derselben gestatten sollen, bedürfen einer Bearbeitung durch die Planhobelmaschinen. Das Abhobeln dieser sogenannten

Schiebplatten oder anderer Platten erfolgt durch die Herstellung sehr nahe zusammenliegender paralleler Schnittlinien, wobei das schneidende Werkzeug eine zu diesen Parallelschnitten senkrecht sprungweise Verschiebung erleidet. Gewöhnlich erhält bei den Planhobelmaschinen der Stichel vor Beginn jedes Schnitts diese seitliche Verschiebung, das Arbeitsstück die geradlinig hin- und hergehende Bewegung, während der Stichel feststeht und meistens nur bei der vorwärts gehenden Bewegung schneidet.

4. **Rundhobelmaschinen** dienen zum Abhobeln größerer Bolzen oder Walzen, wie die Cylinder der zur Herstellung einer Verschiebung bei Temperaturwechsel angewendeten Rollenstühle oder die Drehbolzen von Scharnierbrücken. Auch die Rundhobelmaschinen liefern sehr naheliegende parallele Schnittlinien bei seitlicher sprungweiser Verschiebung des Schneidwerkzeugs. Gewöhnlich macht der Stichel die geradlinigen parallelen Schnittbewegungen, deren Richtungen horizontal sind, während das Arbeitsstück nach jedem Schnitt die Seitenverschiebung durch Drehung um seine Cylinderaxe macht.

5. **Ruthenstoßmaschinen.** Die zur Herstellung von Ruthen dienenden Stoßmaschinen erzeugen ebenfalls naheliegende parallele Schnittlinien bei relativer sprungweiser Verschiebung des Schneidwerkzeugs. Gewöhnlich macht der Stichel in senkrechter Richtung die geradlinige Bewegung, während das Arbeitsstück feststeht, und bei Beginn des neuen Schnitts verschiebt sich das Arbeitsstück um die Dicke des Spans. Die Ruthenstoßmaschine besteht hiernach hauptsächlich aus

1. dem Stichel oder Meißel mit seinem Bewegungsmechanismus,
2. dem Arbeitstisch mit seinem Bewegungsmechanismus,
3. dem Gerüst, welches den Arbeitstisch und den Stichel mit ihren Bewegungsmechanismen untereinander verbindet.

6. **Schraubenschneidmaschinen und Schraubennutterfräsmaschinen.** Der große Bedarf an Schraubenbolzen der verschiedensten Art für den Bau eiserner Brücken hat beim Schraubenschneiden die Handarbeit größtentheils verdrängt. Die Schraubenschneidmaschinen ahmen übrigens die Handarbeit vollständig nach. Zum Schneiden der Schraubengewinde dienen Kluppen, worin die, durch die Maschine in drehende Bewegung versetzten, Schraubenspindeln geschnitten werden, während die Kluppen zwischen Führungen vorrücken. Zum Bohren der Muttern dienen Bohrer, welche durch die Maschine in Umdrehung versetzt werden, während die Mutter selbst feststeht.

Außer dem Schneiden der Schrauben- und Muttergewinde durch Maschinen stellt man auch die Schraubenköpfe und Außenflächen der Muttern durch Maschinen rascher und genauer her, als dies durch Handarbeit möglich ist.

Die Schraubenköpfe haben gewöhnlich die Gestalt vierseitiger, die Schraubennuttern diejenige vierseitiger oder sechsseitiger Prismen von geringer Höhe.

Die Grundflächen dieser Prismen werden gewöhnlich auf der Drehbank, die Seitenflächen dagegen auf sogenannten Mutterfräsmaschinen so bearbeitet, daß entweder jede Seitenfläche der Prismen einzeln oder je zwei gegenüberliegende parallele Flächen gleichzeitig gefräst werden.

7. Nietmaschinen. Da die meisten Theile der schmiedeisernen Brücken durch Vernietung verbunden werden, so ist hierzu besonders bei bedeutenden Brücken eine so große Anzahl von Nieten erforderlich, daß man dieselben statt durch die früher beschriebene Handarbeit genauer und schneller mittels Maschinen darstellt. Die Maschine zur Fabrikation der Nietbolzen besteht aus zwei Theilen, wovon der erstere aus der, einer Blechschere ähnlichen, Schere mit verstellbarem Anschlag zum Zerschneiden der Rundeisenstäbe in Stücke von bestimmter Länge für die Nietbolzen, der zweite aus einem vertikal auf- und niedergehenden Stempel besteht, welcher das Gesenke für den Setzkopf des herzustellenden Niets bildet und beim Niedergang den in glühendem Zustande eingesetzten Nietbolzen zusammenstaucht und den Setzkopf ausprägt. Die Unterführung der Bolzen unter den Stempel geschieht durch eine sich fortwährend drehende gußeiserne Trommel, in welche die Bolzen nach radialen Richtungen auf stählerne Dorne gesteckt werden.

Auch zu dem Vernieten selbst oder zur Anfertigung des Schließkopfs lassen sich Maschinen verwenden, welche im Allgemeinen aus einem Gegenhalter und einem vertikal oder horizontal sich bewegenden Stempel mit dem entsprechenden Gesenke bestehn, zwischen welche der mit dem Setzkopf versehene, durch die zu vernietenden Theile hindurch gesteckte, glühende Nietbolzen geschoben wird, worauf der Stempel den Schließkopf anpreßt. Bei der früher häufig gebrauchten Fairbairn'schen Nietmaschine erfolgte der Hin- und Hergang des Stempels durch einen Winkelhebel mittels Hebedaumen, der wieder durch eine Riemscheibe, Rad und Getriebe in drehende Bewegung versetzt wurde. In neuerer Zeit hat man statt der Riemscheiben einen direkten Dampfdruck angewendet, indem der bewegliche Stempel mit dem Dampfkolben unmittelbar verbunden ist, während die Steuerung mit der Hand geschieht. Bei vertikal beweglichem Stempel übt man den Druck durch einen zweiarmligen Hebel aus, dessen längerer Arm mit der Kolbenstange in Verbindung steht. Da die Nietmaschinen durch Druck und nicht durch Schlag arbeiten, so verursachen sie auch nicht jenes lästige Geräusch, welches mit dem Nieten von Hand verbunden ist.

8. Maschinen zum Schneiden der Bleche. Die Genauigkeit, welche man von der Form der zu den schmiedeisernen Brücken verwendeten starken Bleche und der zu ihrer Verbindung erforderlichen Nietlöcher verlangt, sowie die Nothwendigkeit, die genaue Herstellung der durchlochten Bleche in möglichst kurzer Zeit zu bewirken, haben die Maschinen zum Schneiden und Lochen der Bleche oder die mechanischen Blechscheren und die Blechlochmaschinen hervorgerufen.

Die mechanischen Scheren bieten hinsichtlich der Uebertragung der Bewegung an das bewegliche Messer, sowie hinsichtlich der Form desselben manche Verschiedenheiten dar und sind entweder solche mit Hebelbewegung, Parallelbewegung oder Rotationsbewegung.

a. Die mechanischen Blechscheren mit Hebelbewegung erhalten einen feststehenden Schenkel, während der andere einen zweiarmigen oder Winkelhebel bildet, dessen längerer Arm entweder durch eine Excentrik oder durch eine Lenkerstange hin- und herbewegt wird. Der Schnitt entsteht durch die beiden kürzern Hebelarme oder die Backen der Schere, deren Schneiden an der Berührungsfläche gewöhnlich Winkel von $70-80^{\circ}$ bilden und deren Winkel, der sogenannte Scherenwinkel, veränderlich ist.

b. Die mechanischen Blechscheren mit Parallelbewegung. Die Scheren mit Hebelbewegung lassen sich wegen des veränderlichen Scherenwinkels nicht gut zum Schneiden breiter Bleche anwenden, man bedient sich daher zum Schneiden sehr breiter Bleche in neuerer Zeit vorzugsweise der mechanischen Scheren mit Parallelbewegung, deren eine Schneide feststeht, während die andere, an einem zwischen Führungen in Coulissen beweglichen Stück befestigt, sich stets unter demselben Scherenwinkel geradlinig auf und niederbewegt.

c. Die mechanischen Blechscheren mit Rotationsbewegung sind entweder solche mit zwei rotirenden Scheiben, welche die Messer der Schere darstellen, oder mit einer rotirenden Scheibe und einem geradlinigen Messer.

Die ersteren, welche auch Kreis- oder Cirkularscheren heißen, bestehen aus Stahl, haben Ränder mit nach einem Winkel von $70-88^{\circ}$ abgechrägten Kanten, greifen ein wenig übereinander und werden mit einem elastischen Druck gegeneinander gepreßt.

Die letzteren sind entweder so konstruirt, daß die Scheibe gedreht und das zu schneidende Blech auf dem geradlinigen Messer liegend an der Scheibe vorbeigeführt oder aber die Scheibe an dem geradlinigen Messer, auf welchem das Blech festliegt, bei fortwährender Drehung entlang geführt wird.

9. Die Blechlochmaschine besteht aus einer festen Unterlage, einem scharfkantigen cylindrischen Stahlring, auf welchen das zu durchlochende Blech gelegt wird und aus welchem ein auf- und abgehender cylindrischer Stempel einen Eisenpußen von dem Durchmesser des herzustellenden Lochs herausdrückt. Um diese Operation zu erleichtern, wird entweder bei ebner Unterlage der Stempel abgeschragt oder bei schräger Unterlage der Stempel eben gemacht. Die erstere Anordnung wird beim Durchlochen der Brückenbleche angewendet indem dieselben hierdurch die geringste Formveränderung erleiden, während bei der letzteren Anordnung zwar die herausgedrückten Eisenstücke regelmäßiger, aber die Bleche unregelmäßiger werden.

Viertes Kapitel.

Eigenschaften des Eisens und Prüfung desselben.

I. Inneres Gefüge des Eisens.

Die Krystallform des gebiegenen Eisens ist die Würfelform, während das durch Kunst dargestellte Eisen zuweilen Octaeder erkennen läßt. Das Gefüge des künstlich dargestellten Eisens ist hauptsächlich krystallinisch, körnig oder sehnig. Das Gefüge des weißen Roheisens ist am meisten krystallinisch, das Gefüge des grauen Roheisens grob- bis feinkörnig, das Gefüge des Schmiedeisens ändert sich mit dessen Bearbeitungsweise, ist bei der eben gefrischten oder gepuddelten, noch nicht gezängten Luppe körnig und nimmt beim Ausrecken durch Schmieden, besonders aber durch Walzen und Ziehen, eine sehnige Beschaffenheit an. Das Gefüge steht in einem nahen Zusammenhang mit der Art der Festigkeit und Widerstandsfähigkeit des Eisens, indem die Eisensorten von krystallinischer Beschaffenheit vorzugsweise einem Drucke, die Eisensorten von sehniger Beschaffenheit besonders einem Zuge widerstehen. Die körnigen Sorten des Roheisens, Schmiedeisens und Stahls eignen sich daher mehr zu den einem Drucke ausgesetzten gestützten, die sehnigen Sorten des Schmiedeisens und Stahls mehr zu den einem Zuge ausgesetzten aufgehängten Brückentheilen. Eine für den Brückenbau gefährliche Eigenschaft des sehnigen Stabeisens ist die Veränderung seines Gefüges und seiner Festigkeit durch die wiederholten Erschütterungen und Stöße, welchen besonders die Brückenträger und bei diesen wieder vorzugsweise die Fahrbahntheile ausgesetzt sind; ein Mißstand, welchem man durch Vermehrung der Abmessungen der einzelnen Theile im Verhältniß zu ihrer Erschütterung zu begegnen sucht.

II. Chemische Eigenschaften des Eisens.

1. Chemischer Bestand des Eisens. Das zu technischen Zwecken verwandte Eisen ist nicht chemisch rein, sondern enthält theils chemisch, theils mechanisch gebunden vorzugsweise Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor. Von der größten Wichtigkeit für die Technik sind die Kohlenstoffverbindungen des Eisens, während die letztgenannten Beimengungen eine Verschlechterung desselben im technischen Sinne bewirken.

A. Die Kohlenstoffverbindungen des Eisens. Der Kohlenstoff verbindet sich nach dem Früheren mit dem Eisen in den mannichfaltigsten Gewichtsverhältnissen, unter welchen wir, mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt, als die technisch wichtigsten unterscheiden:

| | | |
|---|---------------------------------|--------------|
| 1. Das Roheisen oder Gußeisen mit | 5 bis $3\frac{1}{2}$ Przt. } | Kohlenstoff. |
| 2. den Stahl mit | 2 = $\frac{2}{3}$ = | |
| 3. das Schmiedeeisen oder Stabeisen mit | $\frac{2}{3}$ = $\frac{1}{2}$ = | |

Das Roheisen ist entweder

- a. graues Roheisen mit etwa 0,6 bis 1,3 Przt. chemisch gebundenem
 $\frac{1}{2}$ und 2,9 = 3,7 = freiem Kohlenstoff, oder
 b. weißes Roheisen mit etwa $3\frac{1}{2}$ = 5 = chemisch gebundenem Kohlenstoff.

Der Stahl besitzt:

| | | |
|--|-----------------------|--------------|
| a) im weichen schweißbaren Zustande | $\frac{5}{6}$ Przt. } | Kohlenstoff. |
| b) als sehr harter Gußstahl | $1\frac{1}{9}$ = | |
| c) in sehr wenig schmiedbarem Zustande | 2 = | |

Das Stabeisen besitzt:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------|--------------|
| a) in weichem, zähem Zustande | $\frac{1}{4}$ Przt. } | Kohlenstoff. |
| b) in hartem Zustande | $\frac{1}{2}$ = | |

B. Die Verbindungen des Eisens mit Schwefel und Phosphor. Schon 1 Theil Schwefel, in Verbindung mit 10,000 Theilen Eisen, macht das letztere, besonders in rothwarmem Zustande, brüchig, warm- oder rothbrüchig, und schon 1 Theil Schwefel auf 3000 Theile Eisen macht dasselbe für alle Temperaturen untauglich zu technischen Zwecken, weshalb man denselben theils durch das Rösten der Erze, theils durch eine Vermehrung der Kalkzuschläge zu den Erzen zu beseitigen sucht. Phosphor findet sich fast in jedem Schmiedeeisen und trägt, solange der Phosphorgehalt $\frac{1}{4}$ Prozent nicht übersteigt, nur zu dessen Härte bei, ohne dessen Zähigkeit und Biegsamkeit zu vermindern, dagegen macht ein Phosphorgehalt von über 1 Prozent das Eisen in kaltem Zustande brüchig, kaltbrüchig, und technisch unbrauchbar.

2. Chemisches Verhalten des Eisens zu den Atmosphärlin. Von großer Wichtigkeit für den Bestand eiserner Brücken sind die Veränderungen, welche das Eisen durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft und des Wassers erleidet. Das Eisen bildet mit dem Sauerstoff Eisenoxydul, welches in Berührung mit der Luft schnell zu Eisenoxyd oxydirt. Diese beiden Oxyde des Eisens verbinden sich wieder in mancherlei Verhältnissen zu Eisenoxyduloxyd, einer Verbindung des Eisens, welche, da sie den Sauerstoff in beweglicher Form

enthält, denselben den inneren Schichten des Eisens mittheilt, während sie denselben aus der umgebenden Luft immer wieder aufnimmt. Hierauf beruht das allmälige Vordringen der Oxydation in das Innere des Eisens bis zu seiner vollständigen Oxydation oder Zerstörung im technischen Sinn.

Die Oxydation des Eisens erfolgt um so leichter, je reiner das Eisen ist, und zeigt deshalb Schmiedeeisen eine größere Neigung hierzu als Roheisen und Stahl, und graues Roheisen eine größere als weißes Roheisen.

An feuchter Luft rostet das Eisen, indem sich gleichzeitig kohlensaures Eisenoxydul und Eisenoxydhydrat bildet, enthält jedoch von dem ersteren um so weniger, je länger der Rost der Luft ausgesetzt war.

Während reines, von atmosphärischer Luft freies, Wasser bei gewöhnlicher Temperatur auf das Eisen gar nicht einwirkt, bringt unreines Wasser je nach den in ihm aufgelösten Bestandtheilen und den die Berührung begleitenden Umständen mehr oder minder nachtheilige Wirkungen auf das Eisen hervor. So überzieht es schmiedeeiserne Theile, wenn sie nicht durch Gegenmittel geschützt werden, im Seewasser mit einer stets zunehmenden Oxydschicht, während gußeiserne Theile sich darin in eine graphitähnliche Masse umwandeln, die aus einem Gemenge von Kohlenstoff mit metallischem und oxydirtem Eisen besteht.

Bei gleichzeitiger Einwirkung von Luft und Wasser, z. B. bei feuchter Luft oder unmittelbar über einem Wasserspiegel entwickelt sich die Oxydation des Eisens lebhafter, als bei der Gegenwart nur eines jener Körper. Es erscheint mithin um so nöthiger, bei dem zu Brückenträgern oder Brückenpfeilern verwendeten Eisen jene Oxydation durch, besonders zu betrachtende, Schutzmittel zu verhindern, als diese Konstruktionstheile fast stets zugleich den chemischen Einflüssen von Luft und Wasser ausgesetzt sind.

III. Physikalische Eigenschaften des Eisens.

Von der relativ größten Wichtigkeit für die Konstruktion eiserner Brücken ist die Kenntniß seines Verhaltens gegen mechanische Kräfte, gegen die Einwirkungen der Wärme, sowie gegen den Magnetismus und die Elektrizität.

1. Schwere und Verhalten des Eisens gegen mechanische Kräfte. Hierher gehört vor Allem die Kenntniß des spezifischen Gewichts, sowie der Elastizität und Festigkeit des Eisens.

A. Das spezifische Gewicht des Eisens. Das spezifische Gewicht des Eisens hängt von seiner chemischen Reinheit, sowie von dem Zustande der Verarbeitung ab, worin es sich befindet.

Das spezifische Gewicht des Roheisens variirt zwischen 6,61 und 7,79 und beträgt im Mittel 7,21, das spezifische Gewicht des Schmiedeeisens va-

riert zwischen 7,3 und 7,9 und kann im Mittel zu 7,79 angenommen werden, das spezifische Gewicht des Stahls liegt zwischen 7,40 und 8,10 und läßt sich durchschnittlich zu 7,70 annehmen.

Hiernach beträgt im Mittel für :

| | das spez. Gewicht, | das Gewicht von 1 | |
|---------------|--------------------|-------------------|---------------------------|
| | | Kub.-Mtr. in Kg. | Kub.-Fuß Preuß. in Z.-Pf. |
| Roheisen | 7,21 | 7210 | 444,86 |
| Schmiedeeisen | 7,79 | 7790 | 480,64 |
| Stahl | 7,70 | 7700 | 474,87 |

B. Die Elastizität und Festigkeit des Eisens. a) Die Festigkeit des Eisens gegen Zug und Druck. Wird ein prismatischer Eisenstab A B, f. Fig. 26, einem Zug oder Druck ausgesetzt, so wird derselbe beziehungsweise verlängert oder verkürzt. Wird dieser Zug oder Druck gesteigert, so wird der Stab endlich zerrissen oder zerdrückt. Dasjenige Gewicht, welches einen Stab von bestimmtem Querschnitt zerreißt oder zerdrückt, soll in der nachfolgenden Tabelle mit Z und D bezeichnet werden. Ueberschreitet jener Zug oder Druck eine gewisse Grenze, welche man die Elastizitätsgrenze nennt, nicht, so verschwinden die dadurch hervorgerufenen Verlängerungen und Verkürzungen wieder, sobald die einwirkende Kraft aufhört. Dasjenige Gewicht, welches ein Prisma von bestimmtem Querschnitt bis zur Elastizitätsgrenze verlängert oder verkürzt, soll später mit z und d bezeichnet werden. Die Werthe z und d sind die Grenzen derjenigen Zug- und Druckkräfte, welchen Eisenstäbe oder Eisenplatten als Glieder von Brückenkonstruktionen höchstens ausgesetzt werden dürfen; Grenzen, welche man unter besonderen Umständen noch enger zieht. Ueberschritte nämlich jene Zug- oder Druckkraft die Elastizitätsgrenze, ohne jedoch die Bruchgrenze zu erreichen, so würde beziehungsweise eine Verlängerung oder Verkürzung jenes Stabs eintreten, welche nach dem Aufhören jener Kraft nur theilweise verschwinden, mithin eine dauernde Verlängerung zurücklassen würde. Diejenigen Werthe, welche man innerhalb der Elastizitätsgrenzen unter den, im Nachfolgenden näher anzugebenden, Umständen für den Zug und den Druck eines Eisenstabs von bestimmtem Querschnitt noch zulassen darf, sollen später beziehungsweise mit s und p bezeichnet werden.

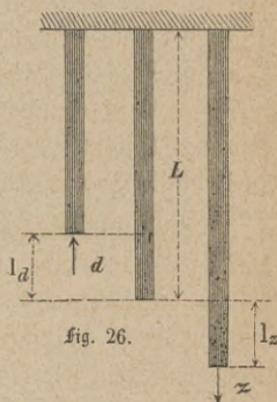


fig. 26.

Innerhalb der Elastizitätsgrenzen können die Längenveränderungen des Stabs den darauf einwirkenden Zug- und

Druckkräften proportional gesetzt werden. Nennt man K die Kraft, welche innerhalb dieser Grenze die beliebige Längenveränderung l der ursprünglichen Länge L des Prisma hervorbringt, mit E diejenige Kraft, welche dasselbe Prisma um seine ursprüngliche Länge L verlängern oder verkürzen würde und man der Elastizitätsmodul genannt wird, so ergibt sich die Proportion:

$$\frac{K}{E} = \frac{l}{L} \dots \dots \dots (1)$$

Setzt man $K = 1$, so ergibt sich:

$$\frac{1}{E} = \frac{l}{L} \dots \dots \dots (2)$$

d. h. der reziproke Werth des Elastizitätsmodul drückt die Längenveränderung der Längeneinheit aus oder zeigt an, um den wievielten Theil der Stab unter Einwirkung der Krafteinheit verlängert oder verkürzt wird.

Setzt man die Kraft, welche die größte erlaubte Verlängerung l' an der Elastizitätsgrenze hervorbringt, $K = z$; die Kraft, welche die größte erlaubte Verkürzung l'' an der Elastizitätsgrenze hervorbringt, $K = d$, so gelten die den Relationen (1) und (2) analogen Proportionen:

$$\frac{z}{E} = \frac{l'}{L} \text{ und } \frac{d}{E} = \frac{l''}{L} \dots \dots \dots (3)$$

Setzt man den Quotienten, welcher diese erlaubte Verlängerung und Verkürzung ausdrückt, beziehungsweise

$$\frac{l'}{L} = l_z \text{ und } \frac{l''}{L} = l_d,$$

so ergibt sich die erlaubte Verlängerung und Verkürzung der Längeneinheit des Stabes aus

$$l_z = z \cdot \frac{1}{E} \text{ und } l_d = d \cdot \frac{1}{E} \dots \dots \dots (4)$$

Werden die Kräfte z und d , sowie die ihnen entsprechenden Längenveränderungen l_z und l_d an der Elastizitätsgrenze, durch sorgfältige Versuche bestimmt, so ergibt sich durch Berechnung aus Gleichung (4)

$$E = \frac{z}{l_z} = \frac{d}{l_d} \dots \dots \dots (5)$$

In der nachfolgenden Tabelle ¹⁴⁾ sind die Kräfte Z, D, z, d und E sowol für den Quadratcentimeter in Kilogramm, als für den preussischen Quadratzoll in Zollcentner, sowie die den Kräften z und d entsprechenden Längenveränderungen l_z und l_d der Längeneinheit für die beim Bau eiserner Brücken in Betracht kommenden Eisenmaterialien zusammengestellt.

Tabelle

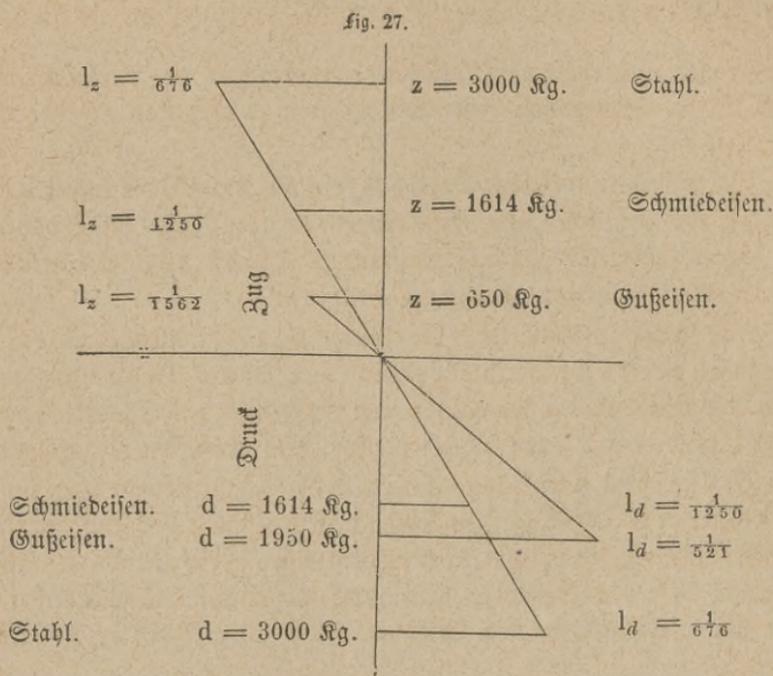
über die Bruch- und Elastizitätsgrenzfestigkeit der beim Bau eiserner Brücken zur Verwendung kommenden Metallsorten gegen Zug und Druck.

| | | Bei Verwendung der Metalle unter den günstigsten Umständen. | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|---|----------|----------------|-------------|----------|----|-------------|----------|------------------|--------|
| N ^o . | Sorten der Metalle. | Z | | D | z | | d | E | | l_z | l_d |
| | | Kg. p. □ct. | ℔. p. □" | | Kg. p. □ct. | ℔. p. □" | | Kg. p. □ct. | ℔. p. □" | | |
| 1 | Schmiedeseisen | 4040 | 550 | $\frac{4}{5}Z$ | 1614 | 220 | z | 2020000 | 276350 | $\frac{1}{1250}$ | l_z |
| 2 | Eisenblech | 3630 | 500 | — | 1450 | 200 | — | 1800000 | 246240 | $\frac{1}{2220}$ | — |
| 3 | dägl. ⊥ | 3330 | 456 | — | 1250 | 170 | — | 1800000 | 246240 | $\frac{1}{1440}$ | — |
| 4 | Eisendraht | 6460 | 880 | — | 2580 | 353 | — | 2200000 | 300960 | $\frac{1}{843}$ | — |
| 5 | Stahl | 8000 | 1090 | $\frac{7}{8}Z$ | 3000 | 410 | z | 2030000 | 277700 | $\frac{1}{676}$ | l_z |
| 6 | Gußstahl | 10000 | 1370 | — | 5000 | 480 | — | 2000000 | 273600 | $\frac{1}{400}$ | — |
| 7 | Gusseisen | 1450 | 200 | $\frac{5}{4}Z$ | 650 | 90 | 3z | 1010000 | 138200 | $\frac{1}{1562}$ | $3l_z$ |

In vorstehender Tabelle bezeichnet

- Z das Gewicht, welches einen Stab vom Querschnitt = 1 zerreißt,
 - D = " " " " " " " " = 1 zerdrückt,
 - z = " " " " " " " " = 1 bis zur Elastizitätsgrenze ausdehnt,
 - d = " " " " " " " " = 1 bis zur Elastizitätsgrenze zusammendrückt,
 - E den Elastizitätsmodul oder das Gewicht, welches ein Stab vom Querschnitt = 1 um seine ursprüngliche Länge ausdehnen oder zusammendrücken würde,
 - $l_z = \frac{z}{E}$ die Verlängerung des Stabs an der Elastizitätsgrenze,
 - $l_d = \frac{d}{E}$ die Verkürzung " " " " " " " "
- ferner bedeutet || parallel zur Faserrichtung und ⊥ senkrecht zu derselben.

Vergleicht man die in dieser Tabelle zusammengestellten Werthe z und d , sowie die ihnen entsprechenden Längenveränderungen l_z und l_d , so ergibt sich die nachstehende graphische Darstellung, s. Fig. 27,



worin die lothrechten Abschnitte (Ordinaten) die beigelegten einwirkenden Kräfte für den Quadratcentimeter in Kilogramm von 0 bis zur Elastizitätsgrenze, die wagrechten Abmessungen (Abscissen) die denselben entsprechenden beigelegten Längenveränderungen vorstellen. Man erhält hieraus für :

$$\begin{array}{l}
 \text{Schmiedeeisen} \left\{ \begin{array}{l} z = 1614 \\ d = 1614 \\ l_z = \frac{1}{1250} \\ l_d = \frac{1}{1250} \end{array} \right. \quad
 \text{Stahl} \left\{ \begin{array}{l} z = 3000 \\ d = 3000 \\ l_z = \frac{1}{676} \\ l_d = \frac{1}{676} \end{array} \right. \quad
 \text{Gußeisen} \left\{ \begin{array}{l} z = 650 \\ d = 3 \cdot 650 \\ l_z = \frac{1}{1562} \\ l_d = \frac{1}{321} \end{array} \right.
 \end{array}$$

mithin verhalten sich die Kräfte an der Elastizitätsgrenze

| z | | | : | d | | |
|---------------|--------|----------|---|---------------|--------|----------|
| Schmiedeeisen | Stahl | Gußeisen | | Schmiedeeisen | Stahl | Gußeisen |
| 1 | : 1,86 | : 0,4 | : | 1 | : 1,86 | : 1,2 |

und die ihnen entsprechenden Längenveränderungen

| l_z | | | : | l_d | | |
|----------------|--------|-------------------------|---|----------------|--------|-----------|
| Schmiedeseisen | Stahl | Gusseisen ²⁾ | | Schmiedeseisen | Stahl | Gusseisen |
| 1 | : 1,85 | : 0,8 | : | 1 | : 1,85 | : 2,4 |

Aus diesen, innerhalb der Elastizitätsgrenzen geltenden, Vergleichen ergeben sich für die Anwendung dieser Metallsorten zu dem Bau eiserner Brücken folgende Resultate:

1. Bei einer und derselben Kraft sind die Längenveränderungen bei Stahl ebenso groß und bei Gusseisen etwa doppelt so groß, wie bei Schmiedeseisen, weshalb unter übrigens gleichen Umständen Stahl und Schmiedeseisen die geringste Formveränderung erleiden.

2. Für Konstruktionstheile, bei welchen man vor Allem die geringste Formveränderung bezweckt, ist daher, von andern Bestimmungsgründen abgesehen, der Stahl dem Schmiedeseisen und Gusseisen; das Schmiedeseisen, selbst wenn jene Theile einem Druck ausgesetzt sind, dem Gusseisen vorzuziehen.

3. Den größten Spielraum innerhalb der Elastizitätsgrenzen für Zug und Druck gewährt der Stahl, das Schmiedeseisen gestattet für Zug einen größeren als das Gusseisen, das Gusseisen für Druck einen größeren als das Schmiedeseisen; Stahl hält den relativ größten Zug und Druck, Schmiedeseisen einen größeren Zug als Gusseisen und Gusseisen einen größeren Druck als Schmiedeseisen aus.

4. Bei, einem Zug ausgesetzten, Konstruktionstheilen ist daher der Stahl dem Schmiedeseisen und Gusseisen, und das Schmiedeseisen dem Gusseisen; bei, einem Druck ausgesetzten, Konstruktionstheilen ist wiederum der Stahl dem Schmiedeseisen und Gusseisen und, wenn man nur die Festigkeit im Auge hat, das Gusseisen dem Schmiedeseisen vorzuziehen.

Aus dem Vorstehenden erhellt die große Brauchbarkeit des Stahls zu Brückenkonstruktionen, wenn es sich darum handelt statisch hinreichend sichere Konstruktionen mit verhältnißmäßig geringem Gewicht herzustellen — ein Vortheil, welcher sich mit demjenigen der größeren Defonomie in einem um so höheren Grade verbinden wird, je allgemeiner der vereinfachte Prozeß der Stahlbereitung durch das Bessmervverfahren zur Anwendung kommt — und erklärt sich ferner der Vorzug, welchen man, selbst bei gedrückten Konstruktionstheilen, dem Schmiedeseisen vor dem Gusseisen eingeräumt hat.

Werden nun die, unter den beim Bau eiserner Brücken wichtigsten Umständen zulässigen, Kräfte s , p und E für die angeführten Maße und Gewichte, sowie die den Kräften s und p entsprechenden Längenveränderungen zusammengestellt, so ergiebt sich die nachfolgende zweite Tabelle ¹⁵⁾

Tabelle

über die Festigkeit der, beim Bau eiserner Brücken unter nachstehenden Umständen zur Verwendung kommenden, Eisensorten gegen Zug und Druck.

Bei Verwendung der Materialien unter größtentheils konstanter Kraftereinwirkung und unter dem gewöhnlichen Einfluß der Atmosphären.

| Z. Nr. | Eisensorten | Möglichst lange Dauer. | | | | | | |
|--------|-------------|-------------------------|-----------|----|-------------|-----------|------------------|-----------------|
| | | Wenige Erschütterungen. | | | | | | |
| | | s | | P | E | | l _s | l _p |
| | | Kg. p. □ct. | ZC. p. □" | | Kg. p. □ct. | ZC. p. □" | | |
| 1 | Schmieeisen | 1340 | 183 | s | 1940000 | 265390 | $\frac{1}{1446}$ | l _s |
| 2 | Eisenblech | 1210 | 166 | — | 1700000 | 232560 | $\frac{1}{1400}$ | — |
| 3 | desgl. ⊥ | | | | | | | |
| 4 | Eisendraht | 2150 | 294 | — | 2100000 | 290000 | $\frac{1}{977}$ | — |
| 5 | Guß Eisen | 400 | 55 | 4s | 970000 | 133000 | $\frac{1}{2400}$ | 4l _s |

| Z. Nr. | Eisensorten. | Möglichst lange Dauer. | | | | | | |
|--------|--------------|-----------------------------|-----------|---|-------------|-----------|------------------|----------------|
| | | Bedeutende Erschütterungen. | | | | | | |
| | | s | | P | E | | l _s | l _p |
| | | Kg. p. □ct. | ZC. p. □" | | Kg. p. □ct. | ZC. p. □" | | |
| 1 | Schmieeisen | 670 | 92 | s | 1860000 | 254450 | $\frac{1}{2771}$ | l _s |
| 2 | Eisenblech | 605 | 83 | — | 1600000 | 220000 | $\frac{1}{2667}$ | — |
| 3 | desgl. ⊥ | | | | | | | |
| 4 | Eisendraht | 1070 | 146 | — | 2020000 | 276350 | $\frac{1}{1830}$ | — |
| 5 | Guß Eisen | — | — | — | — | — | — | — |

In vorstehender Tabelle bezeichnet :

s die Spannung, welcher der Stab vom Querschnitt = 1,

p = Pressung, " " " " " " " " = 1

unter den in der Tabelle angegebenen Umständen höchstens ausgesetzt werden darf,

l_s die der Spannung s entsprechende Verlängerung des Stabes,

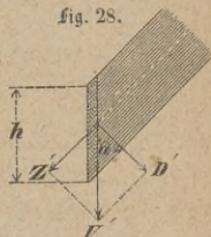
l_p = Pressung, p = Verkürzung = "

E den, den angegebenen Umständen entsprechenden, Elastizitätsmodul, ferner bedeutet || parallel zur Faserrichtung und ⊥ senkrecht zu derselben.

b) Die Festigkeit des Eisens gegen Verschiebung (Schubfestigkeit, Absicherungsfestigkeit). Ueber den Widerstand, den das Eisen nach verschiedenen Richtungen einer Verschiebung entgegensetzt, fehlen ausreichende Versuche. Soviel scheint in-

dessen gewiß, daß derselbe von dem inneren Gefüge des Eisens, sowie von der Verschiebungsrichtung abhängt. Scharfes Eisen setzt einer verschiebenden Kraft in der Richtung seiner Fasern einen andern Widerstand entgegen, als einer Schubkraft senkrecht zu dieser Faserrichtung und es ist wahrscheinlich, daß der Verschiebungswiderstand gegen eine unter einem Winkel zu dieser Faserrichtung geneigte Scherkraft aus jenen beiden, parallel und senkrecht zu den Fasern wirkenden, Widerständen zusammengesetzt sei. Denkt man sich ein eisernes Prisma von der Höhe h , s. Fig. 28, und der Breite b unter dem Winkel α zu seiner Längsachse von der verschiebenden Kraft V' angegriffen und man zerlegt diese in die parallel und senkrecht zur Faserrichtung wirkenden Componenten Z' und D' , so ist, wenn Z die von der ersteren hervorgerufene Zugspannung, D die von der letzteren hervorgerufene Druckspannung der Flächeneinheit des Querschnitts an der Bruchgrenze bezeichnet,

fig. 28.



$$Z' = Z bh \sin \alpha = V' \cos \alpha \text{ und hieraus } V' = Z bh \operatorname{tg} \alpha \dots (6)$$

$$D' = D bh \cos \alpha = V' \sin \alpha = V' = D bh \operatorname{cotg} \alpha \quad (7)$$

woraus durch Division:

$$Z \operatorname{tg} \alpha = D \operatorname{cotg} \alpha \text{ und hieraus } \operatorname{cotg} \alpha = \sqrt{\frac{Z}{D}} \quad (8)$$

daher, wenn der Werth von $\operatorname{cotg} \alpha$ in Gleichung (7) eingeführt und unter V' die verschiebende Kraft für die Flächeneinheit des Querschnitts verstanden wird,

$$V' = V bh = bh \sqrt{ZD} \text{ woraus } V = \sqrt{ZD} \dots (9)$$

Der Verschiebungswiderstand des auf schräge Verschiebung angegriffenen Querschnitts eines Eisenstabs ist hiernach gleich dem geometrischen Mittel aus der Zug- und Druckfestigkeit desselben, alle Widerstände bezogen auf die Flächeneinheit; ein Werth, von welchem man in der Praxis nur einen gewissen nten Theil anzunehmen hat.

Legt man die Werthe Z und D der Tabelle auf Seite 71 zu Grunde, so ergibt sich für den Quadratcentimeter in Kilogramm und den preussischen Quadrat Zoll in Zolcentner folgende

Tabelle

über die Verschiebungsfestigkeit¹⁶⁾ eiserner Brückenkonstruktionstheile.

| g. Nr. | Eisenforten. | Z | | D | | V = \sqrt{ZD} | | $\frac{V}{n}$ für $n = 6$ | |
|-----------|---------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------------|--------------|---------------------------|--------------|
| | | Kg. □ cm. | 36. p. □ "P. | Kg. □ cm. | 36. p. □ "P. | Kg. p. □ cm. | 36. p. □ "P. | Kg. p. □ cm. | 36. p. □ "P. |
| 1 | Schmiedeeisen | 4040 | 550 | 3216 | 440 | 3596 | 492 | 599 | 82 |
| 2 | Gusseisen | 1450 | 200 | 7975 | 1100 | 3427 | 469 | 585 | 80 |

c) Das Verhalten des Eisens gegen Erschütterungen und Stöße. Nach den angestellten Versuchen und gemachten Erfahrungen unterliegt es keinem Zweifel, daß die Festigkeit von eisernen Brückentheilen, welche der Erschütterung und den Stößen, besonders des Eisenbahnbetriebs, ausgesetzt sind, sich mit der Zeit und um so mehr vermindern, je knapper ihre Abmessungen von vornherein genommen wurden. Nach den Untersuchungen, welche die in England zur Beantwortung der Frage der Brauchbarkeit des Eisens zu Eisenbahn-Konstruktionen ernannte Kommission angestellt hat, sollen gußeiserne Balken niemals 4000 Stöße aushalten, von denen jeder sie bis zur Hälfte der Durchbiegung beim Bruch durchbiegt, während fehlerfreie gußeiserne Balken bei einer Durchbiegung von $\frac{1}{3}$ der Bruchdurchbiegung wohl 4000 Stöße ertragen. Thatsache ist, daß die in der ersten Periode des Eisenbahnbaues angewendeten gußeisernen Träger allmählig durch andere Konstruktionen, besonders schmiedeiserne Träger, ersetzt wurden. Bei der Auswechslung der, in Fig. 97 bis 101 dargestellten, gußeisernen, wie Balkenträger fungirenden, Bogenträger aus einem Stück des Viadukts bei Niedervöllstadt in der Main-Weser-Eisenbahn brach einer derselben nach dem Herausnehmen schon beim Umlegen auf den Boden und scheint derselbe nur durch die Unnachgiebigkeit der Widerlager, zwischen die er gleichsam eingespannt war, bis dahin vor dem Bruch geschützt worden zu sein. Behufs Untersuchung schmiedeiserner Balken belastete die obengenannte Kommission einen Blechträger mit angenieteten Winkleisen durch $\frac{1}{4}$ des Bruchgewichts und setzte ihn 8 Stößen dieses Gewichts während der Minute oder einer halben Million Stößen während zwei Monaten aus. Man vergrößerte alsdann die Last bis zu $\frac{1}{3}$ des Bruchgewichts und brachte die Anzahl der Stöße auf eine Million, wobei sich eine geringe Vermehrung der permanenten Durchbiegung zeigte. Erst als die Last auf die Hälfte des Bruchgewichts vermehrt wurde, hielt der Träger nur noch 5175 Stöße aus, worauf er brach. Der Träger hatte also zwei schwere Proben ausgehalten und seine Textur hatte ohne Zweifel beträchtlich gelitten, ehe er nachgab. Der Bruch erfolgte durch die Bodenplatte und die Winkleisen bis in die Stehrippe hinein.

Obwol hieraus folgt, daß fehlerfreies Schmiedeeisen eine ungleich größere Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen und Stöße besitzt, als das Gußeisen, so geht doch auch daraus hervor, daß nach Verlauf einer gewissen, wenn auch langen, Zeit die Haltbarkeit von schmiedeisernen Brücken, besonders Eisenbahnbrücken, die nach den früher gebräuchlichen Annahmen berechnet sind, gefährdet ist und daß man denselben, besonders an allen, jenen Stößen vorzugsweise ausgesetzten, Fahrbahntheilen einen Stärkezusatz geben oder, was auf Eins hinausläuft, eine geringere Widerstandsfähigkeit für die Quadrateinheit ihrer Querschnittsflächen beilegen müsse, wie dies in der auf Seite 74 befindlichen Tabelle geschehen ist.

2. Verhalten des Eisens gegen die Einwirkungen der Wärme. Wird Eisen oder Stahl erwärmt, so verändern dieselben die Farbe, dehnen sich aus und ändern ihr Gefüge und ihre Festigkeit.

a) Veränderung der Farbe bei der Erwärmung. Das Schmiedeeisen ändert bei einer Erwärmung bis zu 210° C. seine Farbe nicht, während bei einer Steigerung der Wärme von 210 bis 370° ein Farbenwechsel und zwar in folgender bestimmter Reihenfolge stattfindet. ¹⁷⁾

210° C. strohgelb,

220° dunkelgelb,

256° karmoisin,

260° violett, purpur und dunkelblau, geht durch hellblau und meergrün, bis bei

370° die Farbe verschwindet. Bei

500° erweicht das Eisen und wird biegsam, bei

700° bis 1000° wird das Eisen dunkel- bis hellrothglühend und schmiedbar, bei

1300° weiß, während bei

1400° die Weißglühhitze oder Schweißhitze eintritt.

Von besonderem praktischen Werth ist dieser Farbenwechsel beim Anlassen des Stahls, indem man aus der Farbe auf seine Temperatur schließen kann, welche auf den bei Herstellung verschiedener Werkzeuge zur Metallbearbeitung zc. erforderlichen Härtegrad des Stahls von großem Einfluß ist. Der Stahl wird bei

215° C. blaßgelb, bei

230° C. strohgelb und liefert Werkzeuge zu Metallarbeiten, bei

250° C. dunkelgelb = = = = Holzarbeiten, bei

280° C. purpurroth, bei

290° C. dunkelblau = = Bohrer und feine Sägeblätter.

Bei grauem Roheisen treten bei etwas höherer Temperatur ähnliche Farbenwechsel ein, während bei weißem Roheisen Versuche hierüber fehlen.

b) Ausdehnung des Eisens durch die Wärme. Von großem Einfluß auf die Anordnung und Konstruktion, besonders weitgespannter eiserner Brückenträger ist die Längenveränderung des Eisens durch den Wechsel der Temperatur. Beobachtungen des letzteren ergeben folgende

Tafel der größten Temperaturdifferenzen. ¹⁸⁾

| Baustelle in | Temperatur-Maximum. | | Temperatur-Minimum. | | Temperatur-Differenz. | |
|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|
| | C. | R. | C. | R. | C. | R. |
| Deutschl. (Berlin) | + 50 ⁰ | + 40 ⁰ | - 35 ⁰ | - 28 ⁰ | 85 ⁰ | 68 ⁰ |
| Frankreich (Paris) | + 50 ⁰ | + 40 ⁰ | - 24 ⁰ | - 19 ⁰ | 74 ⁰ | 59 ⁰ |
| England (London) | + 48 ⁰ | + 38 ⁰ | - 21 ⁰ | - 17 ⁰ | 69 ⁰ | 55 ⁰ |

wobei die vorstehenden Temperaturmaximen in der Sonne durch Hinzufügung von ca. 10° R. zu den Temperaturmaximen im Schatten erhalten sind.

Innerhalb dieser Temperaturdifferenzen dehnt sich das Eisen proportional der Temperaturerhöhung aus und betragen die

Ausdehnungswertthe des Eisens von 0—1000 C. (0—800 R.),
seine Länge bei $0^{\circ} = 1$ gesetzt.

| | | | |
|---|---------------|-----------------|---------|
| 1 | Schmiedeeisen | $\frac{1}{692}$ | 0,00145 |
| 2 | Stahl | $\frac{1}{743}$ | 0,00135 |
| 3 | Gußeisen | $\frac{1}{760}$ | 0,00132 |

woraus folgt, daß Gußeisen unter den genannten Materialsorten die geringste Längenveränderung und Stahl eine wesentlich geringere Ausdehnung als Schmiedeeisen durch die Temperatur erfährt.

c) Aenderung im Gefüge und in der Festigkeit des Eisens durch die Einwirkungen der Wärme. Die Bearbeitung des Eisens zu Baukonstruktionstheilen und technischen Zwecken überhaupt beruht auf den verschiedenen, gewissen Temperaturen entsprechenden, Zuständen seines Gefüges.

Das graue Roheisen schmilzt bei 1560° C. im Mittel, das weiße Roheisen schon bei etwa 1400° C. Diesem Umstande verdankt die Technik die Möglichkeit, dem Roheisen die zu verschiedenen baulichen Zwecken erforderlichen Formen durch Gießen zu geben, worüber im dritten Kapitel das Nöthige bemerkt ist.

Der Schmelzpunkt des Schmiedeeisens liegt sehr hoch und ist nur annähernd bekannt, dagegen zeigt es schon lange vor dem Schmelzpunkt eine bedeutende Erweichung, ohne flüssig zu werden, welcher Eigenschaft das Schmiedeeisen die Möglichkeit seiner Verarbeitung durch Schmieden, Walzen und Ziehen verdankt. In der, nach dem Früheren, bei 1400° C. eintretenden Weißglühhitze lassen sich Schmiedeeisenstücke schweißen, wie dies im dritten Kapitel ausführlicher erörtert ist. Durch plötzliche Abkühlung des noch glühenden Stabeisens wird seine Härte vermehrt, während man durch allmähliges Abkühlen seine Sprödigkeit, Härte und Brüchigkeit vermindert.

Der Stahl steht hinsichtlich der Veränderungen seines Gefüges zwischen dem Roheisen und Schmiedeeisen, indem er bei einer Hitze von etwa 1800° C. schmilzt und daher des Gusses fähig ist, wie das Roheisen, während er bei niedrigeren Temperaturen sich schmieden und schweißen läßt, wie das Stabeisen. Durch rasches und starkes Abkühlen, z. B. durch Eintauchen in Wasser (Härtewasser), erlangt der Stahl neben einer großen Sprödigkeit und Zerbrechlichkeit eine außerordentliche Härte, worauf das „Härten“ des Stahls beruht. Durch stufenweises Erhitzen, das Anlassen oder Nachlassen, nimmt die Härte und Sprödig-

keit des glasharten Stahls wieder allmählig ab und bis zum Glühen erhitzt, dann aber langsam erkaltet, wird derselbe wieder so weich, als er vor der Erhärtung war. Diesem Umstande verdankt man die Möglichkeit, den aus Stahl hergestellten Gegenständen den zu jedem besondern Zwecke erforderlichen Härtegrad zwischen seiner natürlichen Weichheit und der Glashärte zu geben.

3. Verhalten des Eisens gegen die Elektrizität. Das elektrische Verhalten des Eisens hat einen wesentlichen Einfluß auf die Oxydation desselben. Eisen nimmt die positive und der Sauerstoff der Luft die negative Elektrizität an. Wird durch das Hinzukommen eines andern Stoffs die positiv elektrische Spannung in dem Eisen erhöht, so vermehrt sich dessen Neigung zur Annahme des Sauerstoffs aus der Luft, während andere Stoffe auf Verminderung jener elektrischen Spannung und daher gegen das Rosten schützend wirken. Indem man diese Stoffe nach ihrem elektrischen Verhalten ordnet und hierbei dem Wasserstoff und Sauerstoff, als zur Aufnahme der positiven und beziehungsweise negativen Elektrizität vorzugsweise geeignet, die äußersten Stellen anweist, ergiebt sich folgende

Elektrische Reihe der wichtigsten, mit dem Eisen in Berührung kommenden, Körper.

| | |
|-------------|--------------|
| — | Kupfer, |
| Sauerstoff, | Blei, |
| Schwefel, | Zinn, |
| Kohle, | Eisen, |
| Platin, | Zink, |
| Gold, | Wasserstoff. |
| Silber, | + |

Die vorstehende Reihe ist zugleich so geordnet, daß die elektrische Spannung bei Berührung je zweier aufgeführten Körper um so größer wird, je größer ihr Abstand in dieser Reihe ist, ein Umstand, welcher für gewisse Schutzmittel gegen die Oxydation eine besondere Bedeutung erlangt.

IV. Prüfung des zum Brückenbau verwendeten Eisens auf seine Eigenschaften.

Nach dem Früheren ist das zum Brückenbau verwendete Eisenmaterial entweder Schmiedeeisen, insbesondere sehniges Eisen und Feinkorn-eisen oder Stahl, insbesondere Puddelstahl und Gußstahl.

Als äußere Merkmale der guten Beschaffenheit dieser Materialsorten sind nachstehende zu bezeichnen:

1. Sehniges Eisen muß im Querbruch eine hellgraue Farbe und sehr matten Glanz, im Längsbruch einen silberfarbig hellen Glanz und feinen, glatten Faden,

2. Feinkorneisen im Bruch ein silberhell glänzendes, feines und gleichmäßiges,

3. Puddelstahl im Bruch ein gleiches, nur noch feineres und

4. Gußstahl im Bruch ein ähnliches, nur noch feineres und gleichmäßigeres Korn als Puddelstahl zeigen, überhaupt ist helle Farbe im Bruch vorgenannter Materialien ein Zeichen ihrer Reinheit.

Als Fehler des Schmiedeeisens wurde die, durch einen Schwefelgehalt von nur 0,01 Przt. bedingte, Rothbrüchigkeit, sowie die durch einen Phosphorgehalt von über 0,5 Przt. veranlaßte Kaltbrüchigkeit angeführt. Das Eisen ist ferner unganzz, wenn an einzelnen Stellen sein Zusammenhang unterbrochen ist, und schiefrig, wenn diese Unterbrechung derart ist, daß sich kleine Späne oder Splitter, sogenannte Schiefer, von der Oberfläche loslösen, aderig, wenn einzelne Punkte oder Streifen härter sind, als die übrige Eisenmasse. Das Eisen heißt ferner verbrannt, wenn dasselbe durch zu große Hitze zu kohlenstoffarm und dadurch mürbe und unschweißbar geworden ist, und rohbrüchig, wenn das Schmiedeeisen in Folge unvollkommener Verarbeitung noch Roheisentheile enthält.

Manche dieser Fehler läßt schon das äußere Ansehen des Eisens erkennen. So sieht man, wenn das Eisen unganzz oder schiefrig ist. Glatte Oberfläche und scharfe Kanten lassen äußerlich auf eine gute Beschaffenheit des Eisens schließen. Zuverlässiger als diese äußeren Merkmale sind die mit dem Eisen angestellten Proben.

Man unterscheidet die Prüfung des Eisens in kaltem Zustande oder die kalten Proben und die Prüfung des Eisens im warmen Zustande oder die warmen Proben. Im ersteren Falle hämmert man auf den hohl gelegten Eisenstab oder biegt ihn gewaltsam, um zu erkennen, ob er zähe und nicht kaltbrüchig ist, im letzteren Falle erwärmt man das Eisen, schmiedet und biegt es, spaltet und durchlocht es, um zu sehen, ob es rohbrüchig sei.

Für Brückenkonstruktionen ist es zweckmäßig, das Eisen auf die mechanische Arbeit, die es aushalten soll, zu prüfen. Um sich Gewißheit über die gute materielle Beschaffenheit der Konstruktion zu verschaffen, sind mehrere Stücke entweder durch ein bestimmtes Gewicht oder auf einer eigens konstruirten Prüfungsmaschine durch Zerreißen oder Zerdrücken zu untersuchen. Bei wichtigen Bauten, z. B. weitgespannten Brückenträgern, ist die Prüfung jedes Konstruktionsglieds innerhalb der Elastizitätsgrenze erforderlich, wie dies z. B. bei Ausführung der Mainzer Rheinbrücke durch die Eisenbauanstalt von Clett und Cie. geschehen ist. Nach dem Nichten der Eisen auf Platten mittels Pressen wurde dabei jedes auf Zug in Angriff kommende Flachisen mittels einer besonderen Prüfungsmaschine bis zu einer Belastung von 1200 Kg. p. □ct. unter Prellung durch Hammerschläge gerekt, wodurch die Eisen elastischer und

verdeckte Schweißfehler sichtbar wurden. Von den zur Verwendung bestimmten Eisenblechen sind diejenigen auszuschließen, bei denen die durch Schmieden und Walzen nicht beseitigte Schlacke Blasen erzeugt hat, welche letztere entweder als Beulen erkannt oder von geübten Arbeitern durch Anklopfen der Bleche leicht aufgefunden werden. Zum Ausschusse gehören ferner Bleche mit Schweißnäthen, eine Folge schlechter Schweißung der Pakete, sowie Bleche mit unganzen Kanten, zumal wenn sie durch Nietlöcher noch geschwächt werden. Solche Bleche sind auch zum Durchlochen ungeeignet, da sich im Loch alsdann offene Fugen bilden, während bei guten zähen Blechen die Schnittfläche ein homogenes, glänzend weißes Ansehen hat. Auch Bleche von ungleicher Dicke, die nicht zwischen Härtewalzen, sondern auf ungleichmäßig abgenutzten, nicht nachgedrehten Weichwalzen hergestellt wurden, sind zum Brückenbau unbrauchbar.

Bei Prüfung der Bleche auf ihre Zähigkeit und von Phosphor oder Arsenidgehalt herrührende Kaltbrüchigkeit kann man verlangen, daß sich ein, in der Walzrichtung abgeschchnittener, 6—10 Ctmr. breiter Streifen in kaltem Zustande bis zu einem Ring von 6—8 Ctmr. Durchmesser zusammenbiegen läßt, ohne Risse zu bekommen. Gute, von Schwefelgehalt und hierdurch bedingter Rothbrüchigkeit freie, Bleche müssen sich in warmem Zustande doppelt aufeinander biegen lassen, ohne aufzureißen, jedoch schadet den zum Brückenbau bestimmten Blechen, welche nicht stark gebogen oder umgefaltet werden, geringe Rothbrüchigkeit nichts. Ähnliche Proben müssen auch Flach-eisen und selbst Winkelleisen aushalten. Zu Brückenkonstruktionen bestimmter Stahl muß möglichst biegsam und zähe sein, also dem Schmiedeeisen näher stehen, als Werkzeugstahl, bei welchem es mehr auf Härte ankommt. Ein Zeichen seiner Brauchbarkeit zum Brückenbau ist, wenn er sich gut schweißen läßt. Durch die Verantwortlichkeit und Garantie, welche der Bauherr in der Regel den Uebernehmer und dieser das Eisenwerk übernehmen läßt, wird die Solidität der Ausführung wesentlich gefördert. Bei einem Bedarf großer Eisenquantitäten für wichtige Bauobjekte ist die Ueberwachung der Eisensfabrikate auf dem Eisenwerk selbst zu empfehlen, wo man sich durch Biegen und Zerbrechen der Abfall-Enden von der Beschaffenheit des Eisens jederzeit überzeugen kann.

Die im Vorstehenden erwähnten und für die Sicherheit eiserner Brücken so wichtigen Proben werden mittels besonders getroffener Vorkehrungen oder eigens konstruirter Prüfungsmaschinen gewöhnlich auf den Eisenwerken selbst vorgenommen, und wenn deren Ergebnisse auch für das in jedem besonderen Falle zu prüfende Brückenmaterial hinreichen, so ist doch im Interesse einer umfassenderen und zuverlässigeren vergleichenden Materialkenntniß der Eisensorten der verschiedenen Eisenwerke zu bedauern, daß dieselben in Deutschland

noch nicht in einer, mit den erforderlichen nach wissenschaftlichen Grundsätzen konstruirten Apparaten versehenen, von gewissenhaften und geübten Beamten geleiteten, Prüfungsanstalt nach einer übereinstimmenden Methode, wie dies in England durch das zur Untersuchung von Materialien auf ihre Festigkeit von Kirkaldy gegründete Etablissement in London¹⁹⁾ (Grove, Southwarkstreet) geschieht, vorgenommen werden können. Dieses Etablissement bedient sich, nach einer Mittheilung des „Engineer“ aus dem Jahre 1865, zur Prüfung der eingesandten Materialien genau justirter Hebelwerke, womit sich nach Belieben Kräfte von 10 bis 1000000 Pfund ausüben lassen. Jeder zur Untersuchung eingesandte Gegenstand wird numerirt, registriert, mit dem Stempel der Anstalt versehen und ein Certificat über die Versuchsergebnisse ausgestellt.

Die Prüfung erstreckt sich auf:

- 1) Zerreißungsfestigkeit von Zuggliedern,
- 2) Zerdrückungsfestigkeit von Wänden, Säulen etc.
- 3) Biegeungsfestigkeit von Trägern aller Art.
- 4) Torsionsfestigkeit von Wellen etc.
- 5) Abperrungsfestigkeit von Bolzen, Nieten etc.
- 6) Durchstoßungsfestigkeit von Blechen etc.

Um die Versuche während des ganzen Jahres bei gleicher Temperatur vornehmen zu können, werden die Räume der Anstalt durch Heißwasserröhren geheizt. Auch für die Möglichkeit der Prüfung von Materialien bei großer Hitze oder Kälte ist gesorgt.

Fünftes Kapitel.

Mittel zur Erhaltung oder Konservirung des Eisens.

Bei Betrachtung des chemischen Verhaltens des Eisens zu den Atmosphärenen wurde die Gefahr hervorgehoben, welcher das Material und folglich auch die Dauerhaftigkeit der eisernen Brücken durch die fast stets zugleich auftretenden chemischen Einflüsse von Luft und Wasser ausgesetzt ist. Um die hierdurch hervorgerufene Oxydation und allmälige Zerstörung des Eisens zu verhindern, erscheint daher die möglichste Isolirung der eisernen Gegenstände von der Luft und dem Wasser geboten. Solche Schutzmittel gegen das Rosten des Eisens sind daher Ueberzüge des letzteren mit Oel oder Firniß bei kleineren, Theer oder Oelfarbe bei größeren Stücken.

Die meisten Brückenträger werden zum Schutze gegen Oxydation mit Oelfarbe angestrichen, wobei der zum Grundiren verwendete Stoff nicht gleichgültig ist und entweder aus Mennige, Bleiweiß oder Grün-

span²⁰⁾ besteht. Von Wichtigkeit ist, daß dieser Anstrich auf die metallisch reine und nicht, wie es leider nicht selten bei den Trägern kleiner und größerer Eisenbahnbrücken geschieht, welche oft mehrere Wochen vor ihrer Aufstellung auf die Baustelle geliefert werden und dort bis zu ihrer Aufstellung und ihrem Anstrich der Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit und der Atmosphärien ausgesetzt bleiben, auf die bereits oxydirte Eisenoberfläche aufgetragen wird. Da nämlich der Anstrich keine vollkommene Isolirung der bereits oxydirten Fläche von Luft und Wasser bewirkt, so schreitet der Oxydationsprozeß unter dem Anstrich, wenn auch langsamer, fort und bewirkt zuletzt durch die Ausbildung des leicht lösbaren und zerreiblichen Rosts eine stellenweise Ablösung und damit eine ungehinderte Einwirkung jener schädlichen Agentien des Anstrichs. Da sich nun eine metallisch reine Oberfläche des Eisens nicht lange erhalten läßt, so sucht man unmittelbar vor dem Anstrich den bereits gebildeten Eisenrost möglichst vollständig durch Abkragen, Bürsten mittels geeigneter Drahtbürsten oder auch unter Anwendung von Säuren zu beseitigen. Besonders empfehlenswerth erscheint das von der Eisenbauanstalt von Clert und Cie. bei der Erbauung der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz eingeschlagene Verfahren zur Konservirung ihrer Eisentheile²¹⁾, welche letztere nach deren Bearbeitung im warmen Zustande durch Beizen und Scheuern von dem daran haftenden Hammerschlag und Rost möglichst gereinigt, in Kalkwasser abgewaschen und noch naß in siedendes Del getaucht wurden. Durch die große, zwischen 200° und 300° C. liegende, Hitze des Dels wurde jede Spur von Feuchtigkeit entfernt und auf dem metallisch reinen Eisen eine sehr fest haftende Firnißschicht erzeugt, welche das Eisenwerk bis nach dessen weiterer Bearbeitung und Montirung schützte. Auf diese Schicht wurde alsdann der gewöhnliche Grundanstrich aus Eisenmennige aufgetragen.

Der Delfarbeanstrich der Brücken erfordert eine sorgfältige Unterhaltung. Bei der Britanniabrücke, an welcher reines Bleiweiß als Körper der Delfarbe in Anwendung kommt, nimmt man die Dauer eines solchen Anstrichs zu 5 Jahren an und hat eine Arbeiterkolonne organisiert, welche, ununterbrochen in Thätigkeit, in fünf Jahren den Anstrich der Brücke einmal erneuert und dann bei der zuerst in Angriff genommenen Stelle wieder anfängt.

Die unter Wasser bestimmten Eisentheile der Brückenpfeiler oder Brückenfundamente werden, wie dies bei dem Bau der Chelseabrücke in London und anderwärts geschehen ist, vor ihrer Verwendung erwärmt und mit heißem Theer überzogen.

Zweiter Abschnitt.

Das Holz als Hülfsmaterial beim Bau eiserner Brücken.

I. Art der Verwendung und Arten des verwendeten Holzes.

Das Holz wird beim Bau eiserner Brückenträger ausschließlich zur Herstellung von Fahrbahntheilen verwendet. Bei Eisenbahnbrücken kommt dasselbe in Gestalt von Längs- oder Querschwellen oder beiden zugleich, gewöhnlich mit einem Belage von Bohlen und Saumschwellen, bei Straßenbrücken gewöhnlich als einfacher Belag für die Bankette und als entweder doppelter Belag oder als Unterlage zur Aufnahme einer Beschotterung für die Fahrbahn zur Verwendung. Die hierzu gebrauchten Holzgattungen sind entweder die bekannten Eichenholzforten oder die im Bauwesen überhaupt verwendeten, gleichfalls bekannten, Nadelholzarten, insbesondere Kiefern- und Fichtenholz.

II. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Holzes.

A. Spezifisches Gewicht des Holzes.

Das spezifische Gewicht des Holzes hängt sowol von der Holzgattung, als auch von dem Feuchtigkeitszustand ab, worin es sich befindet, und der entweder von dem Gehalt an Pflanzensäften oder einer Durchnässung durch fließendes, stehendes oder Himmelwasser herrührt. Folgende Tabelle enthält die mittleren spezifischen Gewichte der bezeichneten Holzarten in lufttrocknem und frischgefälltem Zustande.

| L. Nr. | Bezeichnung der Holzarten. | Sp. G. | Gewicht von 1 | |
|--------|----------------------------|--------|----------------------|--------------------------|
| | | | Kubikmeter in Kg. | Kubikfuß Pr. in ZPfl. |
| 1 | Steineiche, lufttrocken | 0,91 | 910 | 56,15 |
| 2 | = frischgefällt | 1,06 | 1060 | 65,40 |
| 3 | Sommereiche, lufttrocken | 0,69 | 690 | 42,57 |
| 4 | = frischgefällt | 0,89 | 890 | 54,91 |
| 5 | Lärche, lufttrocken | 0,56 | 560 | 34,55 |
| 6 | = frischgefällt | 0,92 | 920 | 56,76 |
| 7 | Kiefer | 0,55 | 550 | 33,94 |
| 8 | Weißtanne } lufttrocken | | | |
| 9 | = frischgefällt | 0,90 | 900 | 55,53 |
| 10 | Fichte, lufttrocken | 0,46 | 460 | 28,38 |
| 11 | = frischgefällt | 0,80 | 800 | 49,36 |

Bei Berechnung des Gewichts der Brückenfahrbahn ist das im Fall vollständiger Durchnässung eintretende größte spezifische Gewicht des Wassers zu Grunde zu legen, welches dem spezifischen Gewichte des Holzes sehr nahe kommt. Es ergibt sich hieraus annähernd die Regel, bei Berechnung des Gewichts hölzerner Brückentheile die letzteren als Wassermassen von dem gleichen Volumen zu betrachten.

B. Elastizität und Festigkeit des Holzes.

a) Die Elastizität und Festigkeit des Holzes gegen Zug und Druck. Behalten Z und D , z und d , l_z und l_d , sowie E die Seite 71 angegebene Bedeutung, so ergibt sich mit Berücksichtigung der dort gegebenen allgemeinen Auseinandersetzungen nachstehende

Tabelle

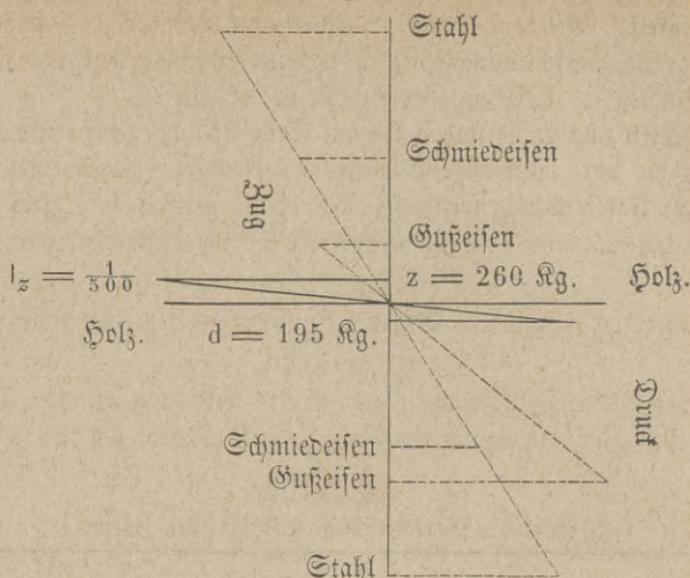
über die Bruch- und Elastizitätsgrenzfestigkeit der beim Bau eiserner Brücken zur Verwendung kommenden Holzarten gegen Zug und Druck.

Bei Verwendung der Hölzer unter den günstigsten Umständen.

| Nr. | Gattungen der Hölzer. | Z | | D | z | | d | E | | l_z | l_d |
|-----|--------------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | | Rg. p. □ Ctm. | 3C. p. □" Pr. | | Rg. p. □ Ctm. | 3C. p. □" Pr. | | Rg. p. □ Ctm. | 3C. p. □" Pr. | | |
| 1 | Eiche | 810 | 111 | $\frac{2}{3}Z$ | 260 | 35 | $\frac{5}{6}z$ | 120000 | 16400 | $\frac{1}{469}$ | $\frac{5}{6}l_z$ |
| 2 | Fichte | 800 | 109 | $\frac{1}{2}Z$ | 230 | 32 | $\frac{3}{4}z$ | 120000 | 16400 | $\frac{1}{536}$ | $\frac{3}{4}l_z$ |
| 3 | Kiefer | 1050 | 144 | $\frac{1}{2}Z$ | 290 | 40 | $\frac{3}{4}z$ | 130000 | 17780 | $\frac{1}{444}$ | $\frac{3}{4}l_z$ |
| 4 | Lärche | 1130 | 155 | $\frac{1}{2}Z$ | 320 | 44 | $\frac{3}{4}z$ | 130000 | 17780 | $\frac{1}{400}$ | $\frac{3}{4}l_z$ |
| 5 | Tanne | 970 | 133 | $\frac{1}{2}Z$ | 260 | 35 | $\frac{3}{4}z$ | 130000 | 17780 | $\frac{1}{500}$ | $\frac{3}{4}l_z$ |

Vergleicht man die in dieser Tabelle zusammengestellten Werthe von z und d , so kann im Mittel $z = 260$ Rg. p. □ Ctm. und $d = 195$ Rg. p. □ Ctm. gesetzt werden; vergleicht man die ihnen entsprechenden Längenveränderungen l_z und l_d , so kann im Mittel $l_z = \frac{1}{500}$ und $l_d = \frac{1}{666}$ gesetzt werden. Legt man diese Werthe zu Grunde, so ergibt sich die umstehende graphische Darstellung, s. Fig. 29, worin die lothrechten Abmessungen (Ordinaten) die einwirkenden Kräfte für den Quadratcentimeter in Kilogramm von 0 bis zur Elastizitätsgrenze, die wagrechten Abmessungen (Abscissen) die denselben entsprechenden Längenveränderungen vorstellen. Um diese, dem Holz entsprechenden, Werthe besser mit den analogen, dem Schmiedeeisen, Gußeisen und Stahl entsprechenden, Werthen vergleichen zu können, so sind letztere aus Fig. 26 entnommen und hier als punktirte Linien beigegefügt.

Fig. 29.



Werden nun ferner mit Hinweis auf die Bezeichnungen der Seite 74 die, unter den beim Bau eiserner Brücken wichtigsten Umständen zulässigen, Kräfte s , p und E für die angeführten Maße und Gewichte, sowie die den Kräften s und p entsprechenden Längenveränderungen l_s und l_p zusammengestellt, so ergibt sich nachfolgende zweite

Tabelle

über die beim Bau eiserner Brücken unter nachstehenden Umständen zur Verwendung kommenden Holzarten gegen Zug und Druck.

Bei Verwendung der Hölzer unter größtentheils konstanter Kräfteeinwirkung und unter dem gewöhnlichen Einfluß der Atmosphärien.

| N. 1. | Gattungen der Hölzer. | Mäßige Erschütterungen. | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------------|-------------------------|------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|------------------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------------|-------------------|
| | | Dauer einige Jahre. | | | | | | Möglichst lange Dauer. | | | | | | | |
| | | s | | P | E | | l_s | l_p | s | | P | E | | l_s | l_p |
| | | Kg. v. □ Cm. | 3G. v. □ 3 | | Kg. v. □ Cm. | 3G. v. □ 3. | | | Kg. v. □ Cm. | 3G. v. □ 3. | | Kg. v. □ Cm. | 3G. v. □ 3. | | |
| 1 | Eiche | 160 | 22 | $\frac{5}{6}$ s | 120000 | 16400 | $\frac{1}{750}$ | $\frac{5}{6} l_s$ | 80 | 11 | $\frac{5}{6}$ s | 113000 | 15460 | $\frac{1}{1400}$ | $\frac{5}{6} l_s$ |
| 2 | Fichte | 160 | 22 | $\frac{3}{4}$ s | 120000 | 16400 | $\frac{1}{750}$ | $\frac{3}{4} l_s$ | 80 | 11 | $\frac{3}{4}$ s | 113000 | 15460 | $\frac{1}{1400}$ | $\frac{3}{4} l_s$ |
| 3 | Kiefer | 210 | 29 | $\frac{3}{4}$ s | 130000 | 17780 | $\frac{1}{615}$ | $\frac{3}{4} l_s$ | 105 | 14 | $\frac{3}{4}$ s | 120000 | 16400 | $\frac{1}{1154}$ | $\frac{3}{4} l_s$ |
| 4 | Lärche | 230 | 32 | $\frac{3}{4}$ s | 130000 | 17780 | $\frac{1}{571}$ | $\frac{3}{4} l_s$ | 113 | 15 | $\frac{3}{4}$ s | 120000 | 16400 | $\frac{1}{1071}$ | $\frac{3}{4} l_s$ |
| 5 | Tanne | 190 | 26 | $\frac{3}{4}$ s | 130000 | 17780 | $\frac{1}{667}$ | $\frac{3}{4} l_s$ | 100 | 14 | $\frac{3}{4}$ s | 120000 | 16400 | $\frac{1}{1250}$ | $\frac{3}{4} l_s$ |

b) Festigkeit des Holzes gegen Verschiebung (Schubfestigkeit, Absehrungsfestigkeit. Bei dem Holze, welches von ausgeprägt faseriger Struktur ist, beträgt die Verschiebungsfestigkeit parallel oder normal zur Faserrichtung V' etwa 58 Kg. p. □Cm. oder 8 ZC. p. □" Pr.

Behalten nun Z , D und n die auf Seite 75 angegebene Bedeutung, und läßt man die dort entwickelte Theorie der Festigkeit gegen eine, unter einem Winkel zur Faserrichtung wirkende, Schubkraft gelten, so ergibt sich die aus den Festigkeiten Z und V' zusammengesetzte Verschiebungsfestigkeit

$$V_z = \sqrt{ZV'}$$

und die aus den Festigkeiten D und V' zusammengesetzte Verschiebungsfestigkeit

$$V_d = \sqrt{DV'}$$

von welchen beiden Festigkeiten in der Praxis wiederum ein n^{ter} Theil zu nehmen ist. Mit Zugrundlegung der Zahlenwerthe ergibt sich für sie nachstehende

Tabelle

über die Verschiebungsfestigkeit der Hölzer.

| Z | | V' | | $V_z = \sqrt{ZV'}$ | | $\frac{V_z}{n}$ für $n = 10$. | |
|-------------|-----------|-------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| Kg. p. □Cm. | ZC. p. □" | Kg. p. □Cm. | ZC. p. □" | Kg. p. □Cm. | ZC. p. □" | Kg. p. □Cm. | ZC. p. □" |
| 965 | 132 | 58 | 8 | 238 | 32,5 | 23,8 | 3,25 |
| D | | V' | | $V_d = \sqrt{DV'}$ | | $\frac{V_d}{n}$ für $n = 10$ | |
| 534 | 73 | 58 | 8 | 177 | 24,2 | 17,7 | 2,42 |

C. Dauer der Hölzer und Mittel, ihre Dauer zu verlängern.

Bekanntlich unterliegen gefällte Hölzer, welche in erhöhter Temperatur über 0° der gleichzeitigen Einwirkung von Wasser und atmosphärischer Luft ausgesetzt werden, einem allmählig fortschreitenden Zerstörungsprozesse: der Fäulniß, welche in einer Zersetzung der Holzfasern durch die Saftbestandtheile des Holzes besteht. Man wirkt daher der Fäulniß des Holzes entgegen, oder verlängert dessen Dauer, indem man seinen Wassergehalt beseitigt, den Zutritt der atmosphärischen Luft abschneidet oder beschränkt und die zur Gährung geneigten Saftbestandtheile des Holzes beseitigt. Man erreicht dies durch:

- 1) Austrocknen des Holzes auf natürlichem oder künstlichem Wege,
- 2) Anstreichen oder Unterwasserlegen des Holzes und
- 3) Auslaugen oder Imprägniren des Holzes.

Bei Behandlung der, zu den Fahrbahntheilen eiserner Brücken bestimmten, Hölzer bedient man sich gewöhnlich der beiden ersten Mittel, indem man nur Lufttrockne Balken oder Bohlen verwendet und diese mit einem gut zu un-

terhaltenden Theeranstrich überzieht. Zum Imprägniren eignen sich vorzugsweise die poröseren Nadelhölzer, indem das dichtere Eichenholz ein tieferes Eindringen der Tränkungsflauge nicht gestattet. Die Tränkungsflüssigkeiten haben den Zweck, entweder

- 1) die Saftbestandtheile chemisch zu verändern, wie durch eine Auflösung von Quecksilbersublimat in Wasser und Kreosot, oder
- 2) die Saftbestandtheile auszutreiben und durch Fäulniß hindernde (antiseptische) Stoffe, wie Kupfervitriol oder Zinkchlorid zu ersetzen, oder
- 3) die Saftbestandtheile einzuhüllen und sie dadurch von dem Wasser und der Luft zu isoliren, wie durch schwefelsauren Kalk oder Baryt.

Die Präparation mit Quecksilbersublimat (Doppelchlorquecksilber) oder auch, nach ihrem Erfinder Ryan, das Ryanisiren genannt, besteht in dem Einsumpfen der Hölzer während 10—12 Tagen in einer Auflösung von 1 Pfd. Sublimat in 150 Pfund Wasser. Durch hydrostatischen Druck hat man diese Imprägnirung noch zu steigern gesucht. Die Anwendung des Kreosots zum Imprägniren von Schwellen im Großen rührt von Bethell und Payen in England her. Die Schwellen werden vor der Tränkung in besonderen Trockenöfen getrocknet und möglichst luftleer gemacht, worauf sie während 12 Stunden in die, mit schwach kochendem Kreosotöl gefüllten, Imprägnirfessel eingelegt werden.

Bei Anwendung des Kupfervitriols werden die Hölzer in einem starken Behälter dicht verschlossen, worauf man eine Lösung von einem Pfund Kupfervitriol in 50 Pfund Wasser mit großer Kraft in dieselben pumpt. Die einfachste Verwendung des Zinkchlorids besteht darin, daß man das Holz etwa eine Stunde lang in Zinkchloridauslösung von 4 Grad Baumé oder 1,028 spezifischem Gewicht kochen und dann unter der Flüssigkeit völlig erkalten läßt.

Den schwefelsauren Kalk oder schwefelsauren Baryt erzeugte Payne dadurch, daß er die Hölzer zuerst in eine Auflösung von einem Pfund Schwefelcalcium, beziehungsweise Schwefelbaryum in 12 Pfund Wasser und hierauf in eine solche von 1 Pfund Eisenvitriol in 10 bis 20 Pfund Wasser brachte, wodurch sich die in Wasser unlöslichen Salze: Schwefeleisen und schwefelsaurer Kalk oder Schwefeleisen und schwefelsaurer Baryt bilden.

Nach den neueren Erfahrungen hat sich die Tränkung mit Quecksilbersublimatlösung, Kreosot und Kupfervitriollösung vorzugsweise bewährt; Imprägnirungsmethoden, welche sich daher auch für die bei Herstellung der Fahrbahn eiserner Brücken zu verwendenden Hölzer besonders eignen.

Bei den zur Foundation, also zu Schwellrosten, Pfahlrosten und Spundwänden, verwendeten Hölzern vermeidet man deren Fäulniß durch beständiges Unterwassersetzen, indem man dieselben nur unter dem niedrigsten Wasserstand anbringt.

Dritter Abschnitt.

Der Stein als Hülfsmaterial beim Bau eiserner Brücken.

I. Art der Verwendung und Arten des verwendeten Steins.

Der Stein wird beim Bau eiserner Brücken zur Herstellung von Zwischengewölben zwischen eisernen Trägern, als Unterstützung der Fahrbahn besonders von Straßenbrücken, hauptsächlich aber zur Ausführung der End- oder Zwischenpfeiler verwendet. Wählt man hierzu natürliche oder künstliche Steine, so ist in beiden Fällen nur festes, dauerhaftes Material, also druckfeste, frostbeständige Hau- oder Bruchsteine und hartgebrannte Backsteine oder Ziegel zulässig.

II. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Steins.

a) **Spezifisches Gewicht der Steine.** Die Kenntniß der Eigenschaften der Steine ist sowol hinsichtlich ihrer Verwendung, als auch zur statisch-numerischen Berechnung der Abmessungen der Konstruktionstheile erforderlich. Steine von großer Eigenschwere schätzt man bei Fundament- und Pfeiler-Bauten, solche von geringer Eigenschwere bei den angeführten Fahrbahngewölben. Sowol die spezifischen Gewichte der hauptsächlichsten Bausteine, bezogen auf das Wasser als Gewichtseinheit, als auch die Gewichte derselben für den Kubikmeter in Kilogramm und für den preussischen Kubikfuß in Zoltpfund enthält die folgende

Tabelle

der Eigenschwere verschiedener Bausteine.

| N ^o . | Bezeichnung der Bausteine. | S P S | Gewicht v. 1 | | N ^o . | Bezeichnung der Bausteine. | S P S | Gewicht v. 1 | |
|------------------|-------------------------------|-------------|----------------|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------|----------------|---------------------|
| | | | Kbm. in Kg. | Kubikfuß in Zpf. | | | | Kbm. in Kg. | Kubikfuß in Zpf. |
| 1 | Basalt (sehr dicht) | 3,02 | 3020 | 186,33 | 10 | Kiesel | 2,53 | 2530 | 156,10 |
| 2 | = (gewöhnlich) | 2,66 | 2660 | 164,12 | 11 | Thonschiefer | 2,85 | 2850 | 175,84 |
| 3 | Porphyr | 2,83 | 2830 | 174,61 | 12 | Glimmerschiefer | 2,45 | 2450 | 151,16 |
| 4 | Granit | 2,80 | 2800 | 172,76 | 13 | Kalkstein (dichter) | 2,45 | 2450 | 151,16 |
| 5 | Dolomit | 2,76 | 2760 | 170,29 | 14 | Sandstein (sehr hart) | 2,50 | 2500 | 154,25 |
| 6 | Marmor | 2,73 | 2730 | 168,44 | 15 | = (gewöhnlich) | 2,35 | 2350 | 144,99 |
| 7 | Quarz | 2,62 | 2620 | 161,65 | 16 | Ziegel (festgebrannt) | 2,17 | 2170 | 133,89 |
| 8 | Lava (Besiv) | 2,60 | 2600 | 160,42 | 17 | = (gewöhnlich) | 1,41 | 1810 | 112,68 |
| 9 | Gneiß | 2,55 | 2550 | 157,33 | 18 | Tuff | 1,35 | 1350 | 83,29 |

b) **Festigkeit der Bausteine.** Bei der angeführten Verwendungsweise der Steine beim Bau eiserner Brücken kommt ausschließlich deren Druckfestigkeit in Betracht. Wegen der den Steinen eigenthümlichen Struktur wird deren Kohäsion und Festigkeit um so geringer, je kleiner der Querschnitt, auf welchen ein Druck erfolgt. Bezeichnet D das Zerdrückungsgewicht, d und p die zulässigen Belastungen der Bausteine bei beziehungsweise dicken und dünnen Pfeilern, so ergibt die Erfahrung für französisches und preussisches Gewicht folgende

Tabelle

über die Festigkeit der wichtigsten Bausteine.

| Nr. | Arten der Bausteine. | D | | d | | p | |
|-----|-------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
| | | Kg. v. □ Cm. 36. v. □ " | Kg. v. □ " | Kg. v. □ Cm. 36. v. □ " | Kg. v. □ " | Kg. v. □ Cm. 36. v. □ " | Kg. v. □ " |
| 1 | Syenit | 1200 | 164 | 900 | 123 | 30 | 4,1 |
| 2 | Basalt | 1000 | 137 | 750 | 103 | 25 | 3,4 |
| 3 | Dolomit | 880 | 120 | 660 | 90 | 22 | 3,0 |
| 4 | Granit | 800 | 109 | 600 | 82 | 20 | 2,7 |
| 5 | Porphyr | 740 | 101 | 555 | 76 | 18 | 2,5 |
| 6 | Sandstein | 700 | 96 | 525 | 72 | 17 | 2,4 |
| 7 | Kalkstein | 500 | 68 | 375 | 51 | 13 | 1,8 |
| 8 | Marmor | 400 | 55 | 300 | 41 | 10 | 1,4 |
| 9 | Klinker | 200 | 27 | 150 | 20 | 5 | 0,7 |
| 10 | Mauerziegel | 80 | 11 | 60 | 8 | 2 | 0,3 |

Zweite Abtheilung.

Geschichte und Darstellung der eisernen Brücken.

Entstehung der eisernen Brücken

und

Werth ihrer Geschichte.

Während sich der Bau der Stein- und Holzbrücken bis in die vorchristliche Zeit verfolgen läßt, bilden die eisernen Brücken ein Erzeugniß der neueren und neuesten Zeit. Die ersten Ausführungen in dem neuen, wegen seiner großen Festigkeit vielversprechenden, Material lehnten sich naturgemäß an die bekannten und bewährten Konstruktionen an. Die Steingewölbe gaben die Vorbilder der eisernen Bogenbrücken, die hölzernen Tramenbrücken Anhaltspunkte für die eisernen Balkenbrücken, die Seilbrücken die erste Idee zu den eisernen Hängbrücken. Aber das Bedürfniß der Zeit nach schnellerer Herstellung besserer und zahlreicherer Verkehrswege, insbesondere der Eisenbahnen und der hierbei aufgetretenen Nothwendigkeit der Ueberspannung größerer Oeffnungen, trieb die technische Ausbildung der eisernen Brücken rastlos vorwärts, und wir stehen nach einer nunmehr kaum 70jährigen Entwicklungsperiode vor einer gewaltigen Reihe der verschiedenartigsten Konstruktionen eiserner Brücken, welche an Kühnheit des Entwurfs und Sicherheit der Berechnung zum großen Theil alle früheren Brückenbauten weit übertreffen. Abweichend von den Brückenkonstruktionen in Stein und Holz, deren Baugeschichte abwechselnd Blüte und Verfall in ihrer Anordnung und Konstruktion zeigt, stellt die Baugeschichte der eisernen Brücken im Ganzen zugleich die Geschichte ihres technischen Fortschritts dar. Das Studium dieser Geschichte erscheint daher im Ganzen als das Studium der Fortschritte, welche der Bau eiserner Brücken gemacht hat, und unterstützt somit die Kritik, welche Theorie und Praxis fortwährend an den Konstruktionen derselben, besonders in statischer und ökonomischer Beziehung üben. In den nachfolgenden Abschnitten soll daher deren technische Beschreibung mit der Betrachtung ihrer chronologischen Entwicklung verbunden werden, wobei wir die Träger, Pfeiler und Fundamente der eisernen Brücken unterscheiden.

Erster Abschnitt.

Die Träger der eisernen Brücken.

Der Gedanke, das Eisen zur Konstruktion von Brückenträgern zu verwenden, findet sich nach Gauthey erst in italienischen Schriften des 16. Jahrhunderts. Im Jahre 1719 fröchte der Franzose Désaguliers denselben wieder auf, und im Jahre 1755 unternahm Garrin in Lyon den Bau einer eisernen Brücke von 3 Bogen zu 25 Meter Spannweite, wovon bereits einer zusammengefügt war, als man sie, angeblich aus Sparfamkeitsrückfichten, durch hölzerne Träger ersetzte. Die ersten eisernen Brücken, welche völlig zur Ausführung kamen, befinden sich in England, dem Stammlande des Eisens und der Eisenindustrie, bestanden aus Gußeisen und waren Bogenbrücken.

Erstes Kapitel.

Die gußeisernen Brücken.

I. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken.

1. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Englands. Die gußeiserne Brücke über die Saverne zu Coalbrookdale²²⁾, s. Fig. 30, mit einem

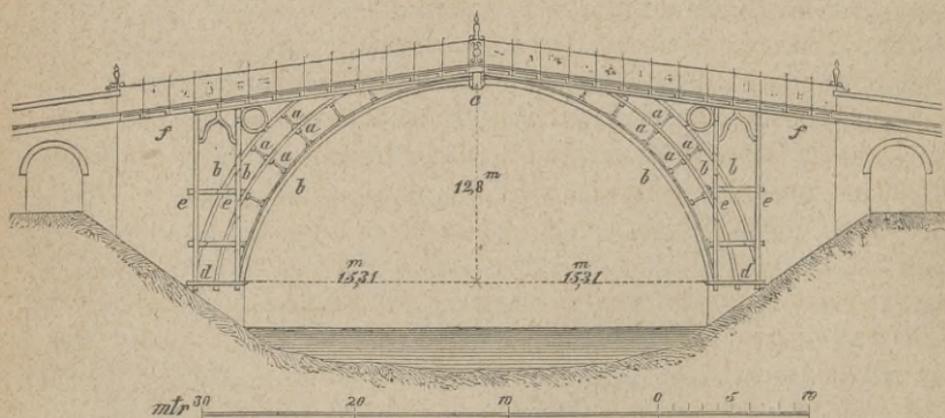


Fig. 30. Gußeiserne Brücke über die Saverne zu Coalbrookdale.

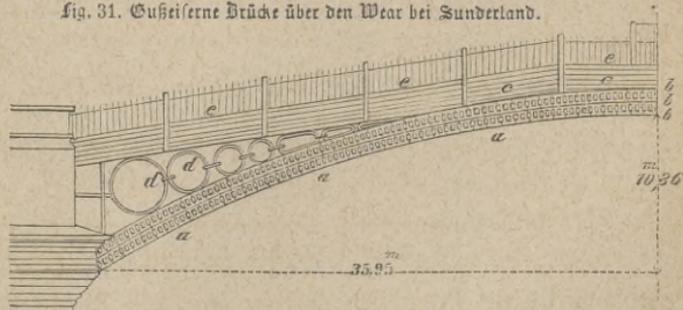
Bogen von 30,62 Meter Spannweite bei 12,8 Meter Bogenhöhe, von den englischen Hüttenmeistern John Wilkinson und Abraham Darley in den Jahren 1773 bis 1779 nach ihrem eigenen Entwurfe erbaut, scheint die erste

in Eisen ausgeführte Brücke zu sein. Jeder ihrer fünf, 1,49 Meter von Mittel zu Mittel entfernten, Träger ist aus drei konzentrischen, durch Radialprossen a mittels Bolzen unter sich verbundenen Bogen b gebildet. Der innere derselben bestand nur aus zwei, im Scheitel c des Bogens zusammengesetzten, Stücken, deren Guß nur an einem Orte möglich war, der wie Coalbrookdale mitten unter großen Eisenschmelzen liegt, wo der Guß unter genauer Aufsicht und mit Auswahl des besten Materials geschehen konnte. Die Bogen ruhten auf 40 Ctm. dicken gußeisernen, durch Mauerwerk unterstützten, Platten d, welche außerdem senkrecht, durch Duerstangen verbundene, Stützen e aufnahmen, durch welche die beiden äußeren Bogen gingen und zugleich versteift wurden. Die auf diesen Stützen und Bogen ruhende Fahrbahn f bestand aus gußeisernen Platten, worüber eine Decklage aus Thon und Kohenschlacken ausgebreitet war. Wahrscheinlich infolge einer mangelhaften Gründung und einer für den Erddruck zu geringen Stärke der Widerlager entstanden, vorzugsweise auf dem rechten Flußufer, Sprünge in den letzteren, welche auch den Bruch einiger Eisentheile zur Folge hatten. Im Uebrigen hielt sich die Brücke gut und zeigte besseren Bestand, als die bald darauf nach demselben Muster zu Straunford in Worcestershire aufgestellte von 18,3 Meter Spannweite, welche vermuthlich wegen der schlechteren Beschaffenheit des Eisens schon bei der Ausrüstung zusammenbrach.

Die zweite eiserne Brücke von Dauer baute Telford im Jahre 1795 ebenfalls über die Saverne zu Buildwas²³⁾, unweit Coalbrookdale, mit 39,65 Meter Spannweite und 8,23 Meter Bogenhöhe, deren Stirnrippen sich über die Brückenbahn erhoben, um dieser eine niedrigere Lage geben zu können, und ein Häng- und Sprengwerk bildeten.

Die Schwierigkeit, große Bogenstücke fehlerfrei zu gießen, hatte den Engländer Payne auf den Gedanken gebracht, aus kleineren gußeisernen Rippen hohle Wölbstücke zusammenzusetzen und aus diesen ein Gewölbe zu bilden. Der bereits im Jahre 1790 von ihm angestellte Versuch mit einer, aus solchen Wölbstücken zusammen-

Fig. 31. Gußeiserne Brücke über den Wear bei Sunderland.



den Wear²⁴⁾ eine gußeiserne Brücke, s. Fig. 31, mit einem Bogen von 71,91 Meter Spannweite bei 10,36 Meter Bogenhöhe nach dem System

Payne's und Zeichnungen des Ingenieur Wilson ausführen zu lassen. Die Wölbstücke a, s. Fig. 32, dieser kühnen Brücke wurden von dem Eisenwerke der Walker in Rotherham geliefert, welche auch Payne's Wölbstücke hergestellt hatten, und sind durch je drei doppelte schmiedeiserne Stangen b zu je einer Tragrippe vereinigt. Diese letzteren, sechs an der Zahl, sind wieder durch gußeiserne Röhren unter sich verbunden und nehmen im Scheitel c, Fig. 31, direkt über den Bogenschenkeln, mittels kreisförmiger gußeiserner Füllungen d, die aus Holz konstruirte, mit einer Cement- und Kieslage bedeckte, Fahrbahn e auf.

Mit Ausnahme der, infolge ungenauer Ausführung eingetretenen, Abweichung einiger Rippen von der Vertikalebene hielt sich die Brücke gut; ein Fehler, den übrigens Wilson im Jahre 1802 beim Bau einer zweiten, ähnlichen Brücke über die Themse zu Stains²⁵⁾, s. Fig. 33, 17 Meilen von London, mit einem Bogen von 54,85 Meter Spannweite und 4,88 Meter Bogenhöhe verbesserte. Sie besteht, wie die Wearmouth-Brücke, aus sechs, 1,88 Meter von Mittel zu Mittel entfernten, aus gußeisernen Rahmstücken zusammengesetzten, Bogen. Diese Rahmstücke, s. Fig. 34, sind mit Zapfenlöchern a versehen, in welche ein Zapfen b eingelassen und mittels zweier schmiedeiserner Querstücke c festgehalten ist; eine Verbindungsweise, welche zwar leichter auszuführen und dauerhafter ist, als jene der Wearmouthbrücke, dagegen die Herausnahme einzelner Wölbstücke bei Reparaturen nur schwierig gestattet.

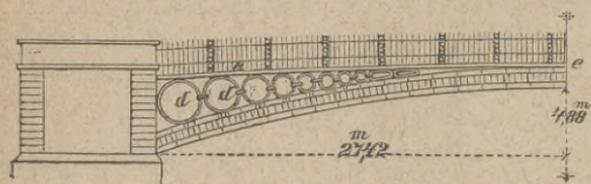


Fig. 33. Gußeiserne Brücke zu Stains.

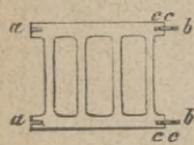


Fig. 34.

Die Querverbindungen befinden sich an jeder Verbindungsstelle der Wölbstücke und bestehen aus je zwei Querstücken. Die Bogenfelder sind durch gußeiserne Ringe d, Fig. 33, ausgefüllt, auf welchen gußeiserne, durch kreissegmentförmige Rippen verstärkte, zur Aufnahme der Fahrbahn e bestimmte, Platten ruhen. Nach den Mittheilungen von Duteus aus dem Jahre 1819 über die öffentlichen Arbeiten Englands ist diese Brücke nach mehreren fruchtlosen Reparaturen zuletzt eingestürzt.

Nach dem System dieser Bogenbrücke projektirte Telford im Jahre 1801 eine Brücke für London mit dem bedeutenden Bogen von 183 Meter Spannweite, dessen Scheitel sich 20 Meter über den höchsten Wasserstand der Themse erheben sollte; ein Entwurf, der zwar das wachsende Vertrauen auf eiserne Brücken bethätigte, dessen Ausführung aber, wahrscheinlich wegen der von den

niedrigen Ufern aus alsdann erforderlichen zu steilen Auf-
fahrten, unterblieb.

Im Jahre 1797 nahm
Jean Nash zu London ein
Patent auf eine neue Kon-
struktionsart gußeiserner Bo-
genbrücken, wonach jede Bo-
genrippe aus größeren Guß-
platten besteht und deren
Verbindung durch Flanschen
und Bolzen bewirkt werden
sollte. Die beiden Brücken
von beiläufig 10 Mtr. Spann-
weite, welche der Kaiser von
Rußland um diese Zeit über
einen der Kanäle von St.
Petersburg schlagen ließ,
waren bereits nach diesem Sy-
steme konstruirt, das sich nach
und nach Anhänger unter
den Ingenieuren gewann und
in den Jahren 1814—1819
von Kennie auch bei dem
Bau der Southwarkbrücke
über die Themse zu Lon-
don²⁶⁾, s. Fig. 35 bis 37,
angewandt wurde. Von den
drei Bogenöffnungen dieser
Musterbrücke für die meisten
späteren gußeisernen Brücken
Englands besitzt die mittlere
72,96 Mtr. (240' e.) Spann-
weite bei 7,29 Meter (24' e.)
Pfeilhöhe, jede der beiden
Seitenöffnungen 63,81 Mtr.
(210' e.) Spannweite bei
6,38 Mtr. (25' e.) Pfeilhöhe.
Jede der acht Bogenrippen a
einer Doffnung stützt sich mit
ihren Enden auf eine guß-

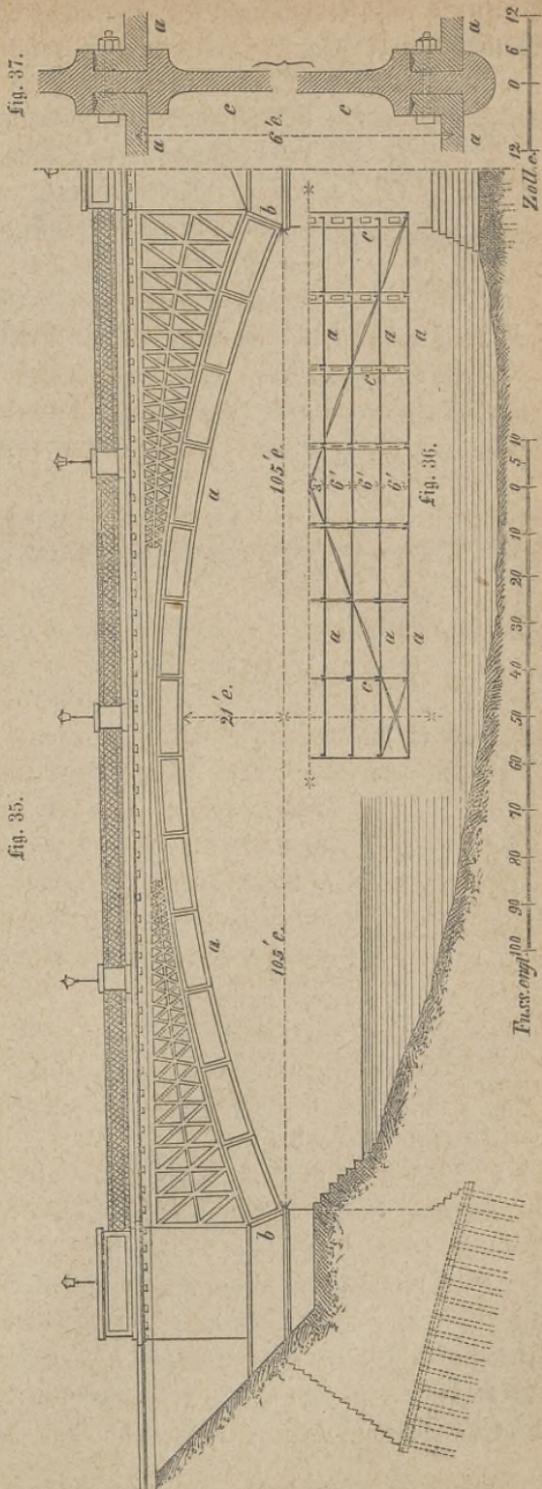


Fig. 35 bis 37. Southwarkbrücke über die Themse zu London.

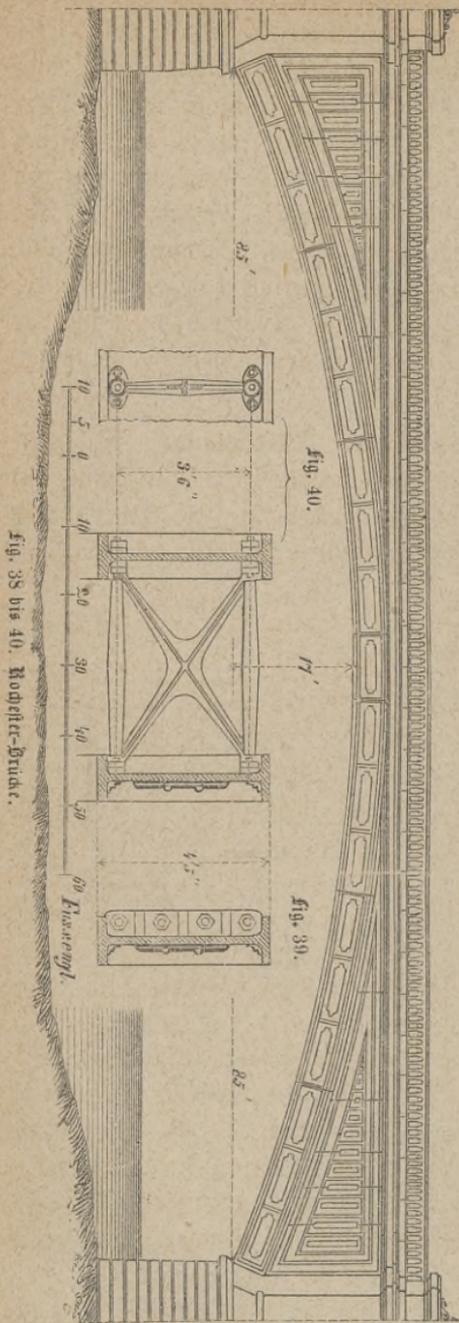


fig. 38 bis 40. Kopscher-Druck.

fig. 38.

eiserne Widerlagsplatte *b* und besteht aus 13 Segmentplatten, welche durch je eine durchbrochene, auf die Breite der Brücke durchlaufende, gußeiserne Verbindungsplatte *c* mittels einseitiger Flanschen und Schraubenbolzen untereinander verbunden werden, wie aus Fig. 36 u. 37 deutlich hervorgeht. Der Diagonalverband ist in dem Grundrisse des vierten Theils eines Brückenfelds, s. Fig. 36, dargestellt. Die Bogenschenkel sind mit durchbrochenen, aus Diagonalstäben bestehenden, mit den Bogenstücken und unter sich verschraubten durchbrochenen Gußplatten ausgefüllt, auf welchen über die ganze Breite der Brücke Gußplatten liegen, die den mit Steinen gepflasterten Fahrweg sammt den steinernen Trottoirs aufnehmen. Eine reiche Gurt mit massivem eisernen Geländer ziert die Brücke. Unter die Nachbildungen dieser Brücke gehören die bei Trent über den *Car y*²⁷⁾, sowie die 1827 über denselben Fluß von Kendel erbaute Brücke mit elliptischer Bogenform²⁸⁾.

Nach ähnlichem Prinzip, aber wahrhaft großartig und von reichster Form war die, von Stephenson im Jahre 1844 über die *Menaistraße* projekirte, gußeiserne Bogenbrücke²⁹⁾ von 145 Meter Spannweite, ein Entwurf, welcher wegen zu großer Schmälerung der Durchfahrtsöffnungen für die Seeschiffe die Genehmigung des Parlaments nicht

erhielt und durch den einer, im Jahre 1848 vollendeten, schmiedeisernen Blechröhrenbrücke ersetzt wurde. Die Mittheilung jenes interessanten Entwurfs findet sich im siebzehnten Jahrgange der „Allgemeinen Wiener Bauzeitung“.

Unter die neuesten gußeisernen Bogenbrücken gehört die mit einer Drehbrücke verbundene Rochesterbrücke³⁰⁾ mit einer mittleren Oeffnung von 51,81 Meter (170' englisch) und zwei Seitenöffnungen von 42,67 Meter (140' englisch) Spannweite, s. Fig. 38 bis 40. Die 7, im Querschnitt doppelt T-förmigen, Segmentplatten je einer der 8 Tragrippen sind mittels angegossener Flanschen, s. Fig. 39, und je 4 Bolzen unter sich verbunden und mit den darauf ruhenden durchbrochenen Bogenschenkelfüllungen verschraubt. Die Querverbindung der Segmentbogen ist durch gußeiserne Stemmrohre und Andreaskreuze, s. Fig. 40, bewirkt. Ueber den Bogenrippen liegen, mit Verstärkungsrippen versehene, unter sich seitlich verschraubte, Gußplatten, welche das Klotzplaster der Fahrbahn, sowie die auf Langschwellen liegenden steinernen Trottoirs aufnehmen.

2. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Deutschlands. Die erste gußeiserne Brücke in Deutschland war diejenige, welche Graf Burghaus auf den Eisenwerken zu Malapana in Schlesien gießen und im Jahre 1794 zu Laasan³¹⁾ in Niederschlesien über das Strigauer Wasser erbauen ließ.

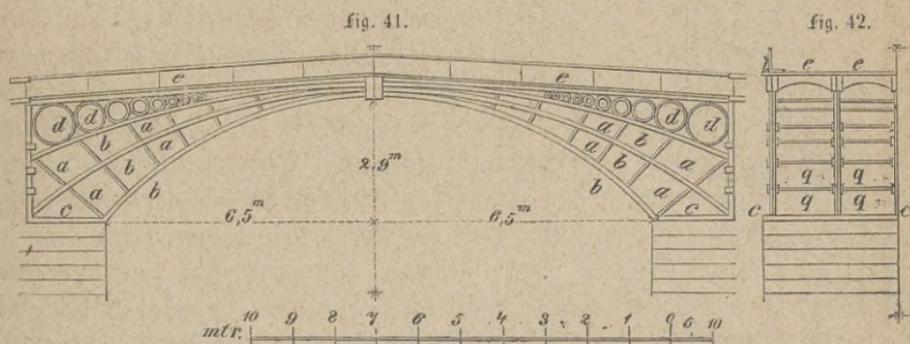


fig. 41 und 42. Gußeiserne Brücke über das Strigauer Wasser zu Laasan.

Sie ist 6 Meter breit, hat 13 Meter Spannweite bei nahezu 2,9 Meter Bogenhöhe und besteht, wie der in den Fig. 41 und 42 dargestellte Anriß und halbe Querschnitt derselben zeigt, aus 5 gußeisernen, durch Querstangen *g* unter sich vereinigten Tragrippen, mit je 3 unkonzentrischen, durch Radialsprossen *a* unter sich verbundenen Bogen *b*, die auf einer gleichfalls gußeisernen Grundplatte *c* ruhen. Die Bogenschenkel sind mit gußeisernen Ringen *d* ausgefüllt und nehmen die gußeisernen Platten *e* auf, welche die Fahrbahn bilden.

Nach dem System der Laasan-Brücke wurde in den Jahren 1822 bis 1823 die Friedrichsbrücke in Berlin³²⁾ mit 7 Oeffnungen von 9,21 bis zu 6,33 Meter Spannweite bei $\frac{1}{4,62}$ Verdrückung erbaut, deren je 8 Rippen einer Oeffnung aus je zwei Theilen bestehen, die im Scheitel gegen

eine zusammengesetzte Schlußplatte stoßen und mit ihren Enden auf gußeisernen Sohlplatten ruhen. Quer über den Rippen liegen dicke gußeiserne Deckplatten mit schmiedeisernen Versteifungskreuzen, welche die gepflasterte Fahrbahn und die steinernen Trottoirs aufnehmen. Von ganz ähnlicher Konstruktion ist die um dieselbe Zeit ausgeführte Weidendammer Brücke zu Berlin³³⁾ mit 5 Oeffnungen, von denen die mittlere 8,32 Meter (26' 5") weit und als Durchfahrtsöffnung mit Zugklappen versehen ist, während die übrigen eine lichte Weite von 9,1 Meter (25' 8") besitzen. Die gußeisernen Bogenrippen dieser Brücke ruhen mittels eiserner Sohlplatten auf eisernen Pfeilern, die wieder von einem unter dem niedrigsten Wasserstande liegenden eisernen Roste getragen werden. Die Bogenrippen, an welche Zapfen mit Löchern angegossen sind, die in entsprechende Oeffnungen der Sohlplatte passen, sind mittels eiserner Keile an diese letzteren befestigt, während sie im Scheitel stumpf zusammenstoßen und durch gußeiserne Queranker untereinander verbunden sind. Auf den Bogenrippen liegen eiserne Deckplatten, welche die gepflasterte Fahrbahn und die mit Granitplatten belegten Trottoirs unterstützen.

Gleichzeitig mit der Berliner Friedrichsbrücke begann der Bau der 195,816 Meter langen Brücke über die Havel bei Potsdam³⁴⁾ mit 8 Oeffnungen, gußeisernen, auf Steinpfeilern ruhenden Bogen von 18,72 Meter Spannweite bei 1,56 Meter Pfeilhöhe und einer Durchlaßöffnung für Schiffe von 9,55 Meter, nach dem Entwurfe von Günt her und Becker. Jede der 7 Rippen, welche die 9,36 Meter breite Brückenbahn einer Oeffnung tragen, ist aus 3 gleichlangen, mit Flanschen versehenen Stücken, zusammengesetzt, die durch Bolzen verbunden sind. Auf den Steinpfeilern, welche nur bis an die Bogenanfänge reichen, ruhen geneigte Auflagerplatten mit lothrechter Widerlagsplatte aus Gußeisen, gegen welche sich die Tragrippen stemmen. Sämmtliche Rippen je einer Oeffnung sind durch vier Queranker mit drei Versteifungskreuzen unverschieblich verbunden und nehmen gußeiserne Unterlagsplatten für die Fahrbahn und Trottoirs auf.

Im Jahre 1792 hatte Reichenbach von München zu Berg ham in England einen 30 Meter hohen Dreifuß aus aneinander geschraubten Röhren gesehen und kam auf den Gedanken, diese Verbindung auf den Bau eiserner Brücken anzuwenden. Seine im Jahre 1809 vollendete und 1811 veröffentlichte Theorie gußeiserner Röhrenbrücken legte sein System dar, wonach Bogenrippen aus Röhren von kreisförmigem Querschnitt zusammengesetzt und diese durch Flanschen und Bolzen miteinander verbunden werden sollten. Die Verbindung der Fahrbahn mit den Röhren sollte in radialer Richtung entweder wieder durch Röhren mittels Flanschen oder durch gußeiserne gabelartige Stücke hergestellt werden.

Eine der ersten, nach diesem System ausgeführten, Brücken war die im

Jahre 1824 zu Sorge gegossene, in Braunschweig unweit der Aegidienkirche aufgestellte, Straßenbrücke über einen Arm der Oker, welche zugleich als Musterbrücke für die in den Jahren 1828 und 1829 vom Hütteninspektor Naht entworfene und von Voigtmann ausgeführte Brücke über den Hammerstrom zu Peitz³⁵⁾, s. Fig. 43 bis 48, mit 10,67 Meter (34' Pr.) Spannweite und etwas über 0,98 Meter (3 $\frac{1}{11}$ ' Pr.) Pfeilhöhe.

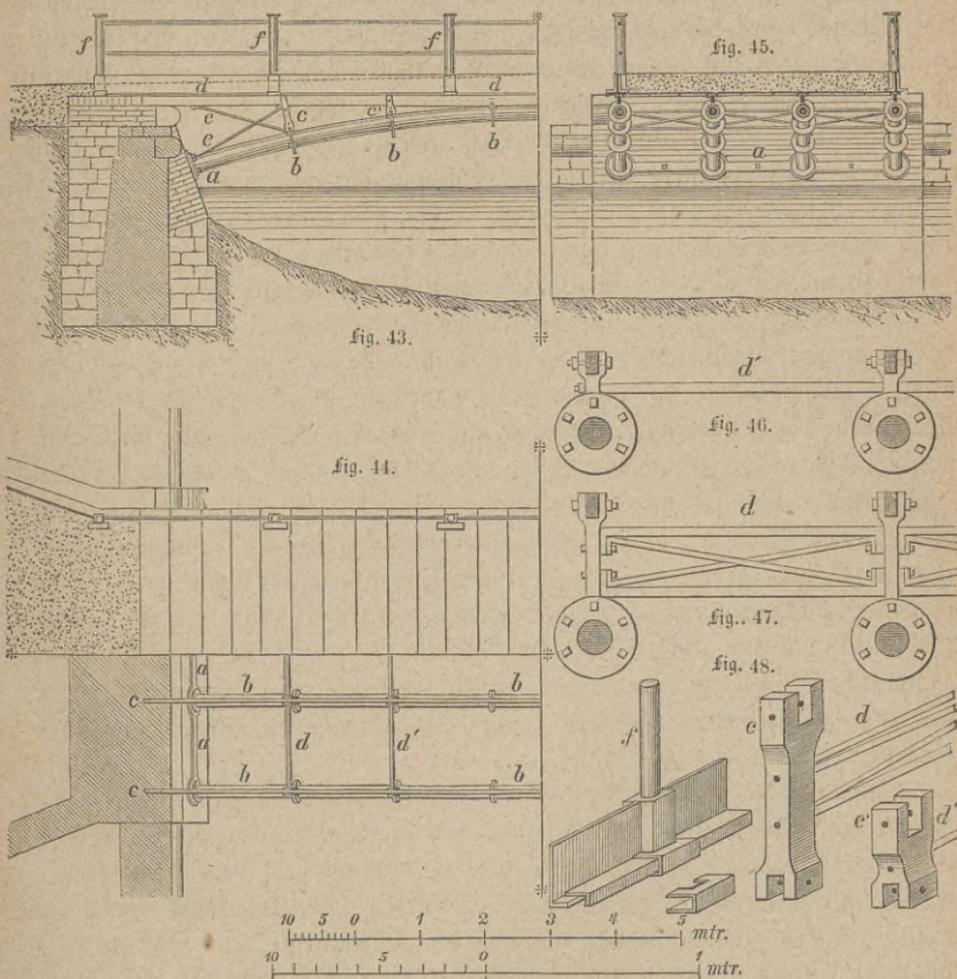


Fig. 43 bis 48. Brücke über den Hammerstrom zu Peitz.

Wie die Figuren zeigen, besteht sie aus 4 kreissegmentförmigen, 1,41 Meter (4 $\frac{1}{2}$ ' Pr.) von Mitte zu Mitte entfernten Bogen, von denen jeder aus 7 Röhren von 1,6 Meter (5' Pr.) Länge zusammengesetzt ist und welche sich gegen eiserne, durch Anker mit den Widerlagsmauern verbundene, Widerlagsplatten a stem-

men, mit welchen die untersten Röhrenstücke verschraubt sind. Der äußere Durchmesser der Röhren beträgt 21 Etm. (8"), deren Wandstärke 2,5 Etm. (1"), der Durchmesser der ebenso starken Flanschen b 36,5 Etm. (14"). Die gußeisernen 42 Etm. (16") breiten, 2,5 Etm. (1") starken, mit Verstärkungsrippen versehenen, Belagplatten d werden von den schmiedeeisernen Balken getragen, die in der Mitte unmittelbar, nach den Enden hin aber mittels der gabelförmigen gußeisernen Stützen e auf den Bogen ruhen. Mittels der in dem Aufsriß, Fig. 43, und der im Querschnitt, Fig. 45, dargestellten schmiedeeisernen Kreuzstreben e und Querringel d und d' sind die Stützen und zugleich die Bogen unverschieblich miteinander verbunden. Die Figuren 46 und 47 stellen die Querverbindungen in größerem Maßstabe dar, während Fig. 48 die perspektivische Ansicht der Stützen e und e' enthält. Das Geländer steht auf den Seitenplatten, welche die von Lehm und Kies gefertigte Fahrbahn zusammenhalten, und zwar sind die hohl gegossenen Geländersäulen an der inneren Seite mit zwei Schrauben auf die Belagplatten festgeschraubt und von der äußeren werden sie, sammt den auf der Stirn der Belagplatten angebrachten Verkleidungsplatten, durch Zwingen festgehalten, wie aus dem Grundriß, s. Fig. 44, und aus deren perspektivischer Ansicht in Fig. 48 deutlich hervorgeht. Die Aufstellung erfolgte mittels eines einfachen Bockgerüsts, wobei die Röhren mit ihren genau nach den Radien des Bogens abgedrehten Scheiben sorgfältig zusammengesetzt wurden. Trotzdem erfolgte eine Senkung von etwa 3,75 Etm. (1 $\frac{1}{2}$ ") im Scheitel, welche zwar den Bestand der Brücke nicht gefährdete, aber die Einschaltung von 0,625 bis 2,5 Etm. ($\frac{1}{4}$ bis 1") starken nach der Bogenmitte hin zunehmenden Bleiplatten zwischen die Röhrenflanschen und zwar bis zu einer Ueberhöhung der Fahrbahn von 6,5 Etm. (2 $\frac{1}{2}$ ") veranlaßte, worauf abermals eine Senkung im Scheitel von 2,5 Etm. (1") eintrat, die jedoch später unter einer Belastung von circa 30 Centner schweren Fuhrwerken nicht mehr zunahm.

Für größere Spannweiten wollte Reichenbach zwei konzentrische, durch kurze radiale Röhrenstücke untereinander verbundene, Röhrenbogen anwenden.

Die Reichenbach'schen Röhrenbogen wurden von Hoffmann und Madersbach auch oberhalb der Fahrbahn, d. h. zu Hängwerken benutzt, welche auf diese Weise im Jahre 1837 die eiserne Cylinderbogenhängebrücke über die Eszerna bei den Herkulesbädern nächst Mehadia in Ungarn³⁶⁾ herstellten. Die hölzerne Fahrbahn dieser Brücke wird von je zwei zur Seite angebrachten, unter sich verbundenen, Röhrenbogen getragen, deren Seitenschub durch ebenso viele Spannketten als Bogensehnen aufgehoben wird. Durch schmiedeeiserne Hängstangen und Diagonalstäbe ist eine Versteifung dieser Bogen bewirkt, während die Fahrbahn durch schmiedeeiserne Diagonalstäbe und hölzerne Windkreuze ebenfalls gegen seitliche Verschiebung gesichert ist.

Soviel sich auch die Erbauer von diesem System versprachen, so haben sich doch weder die genannte Brücke, welche gestützt werden mußte, noch die nach derselben erbauten Brücken bei *Lugos* und *Karantjes*³⁷⁾ konstruktiv bewährt, von welchen die letztere im Jahre 1843 durch ein Hochwasser wieder zerstört wurde.

Die Nachtheile der Reichenbach'schen Kührenbogen, welche darin bestehen, daß sie zu wenig Stabilität und zu viele Stoßfugen haben, sowie daß durch das Anziehen der Flanschen der Schrauben eine ungleichförmige Spannung entsteht, deren Regulirung vor und nach der Ausrüstung nicht möglich ist, haben deren weitere Anwendung und Ausbreitung verhindert.

Der schon im Jahre 1811 von *Wiebeking* gemachte Vorschlag, zur Herstellung von Kührenbogenbrücken längere Kührenstücke mit schräg abgeschnittenen Enden und kurzen darüber geschobenen Hülfsen statt der kürzeren Kühren mit Flanschen und Bolzen anzuwenden, hatte keinen praktischen Erfolg, dagegen gelang es dem französischen Ingenieur *Polonceau*, ein verbessertes System der Kührenbrücken in Ausführung zu bringen, welches unter den gußeisernen Bogenbrücken Frankreichs betrachtet werden wird.

Das System der obenerwähnten, im Jahre 1825 vollendeten, Potsdamer Havelbrücke fand später in vervollkommneter Gestalt Anwendung bei Eisenbahnbrücken, unter welchen wir die in den Jahren 1843 bis 1845 erbaute zweigleisige gußeiserne Brücke der badischen Eisenbahn über die Kinzig bei *Offenburg*³⁸⁾, s. Fig. 49 bis 56, mit 5 Bogen von je 12,66 Meter Spannweite und 0,12 Meter Pfeilhöhe hervorheben, die im Jahre 1851, jedoch lediglich infolge der Unterwaschung ihrer Fundamente, einstürzte. Die Brückenbahn eines jeden Feldes wurde von sechs gußeisernen, aus je drei Stücken *b*, *b'*, *c*, Fig. 49, zusammengesetzten, Rippen getragen, wovon vier direkt unter den Schienensträngen, zwei am äußern Rand der Bankette angebracht waren und mittels gußeiserner Schuhe *a*, s. Fig. 49 und 54, auf den Widerlagern ruhten. Jene Bogenstücke waren mittels Flanschen und Bolzen *d* und *e* sowol unter sich als mit dem Widerlager verbunden. Die Querverbindung der Tragrippen einer Deffnung bestand aus zwölf, mittels Muffen und Keilen *k*, s. Fig. 53, regulirbaren, Querbolzen *i*, durch welche zugleich, ebenfalls wieder mittels Keilen, der Abstand der Bogenrippen fixirt wurde. Die Fahrbahn selbst bestand aus Längschwelen *f*, welche an die Tragrippen festgeschraubt waren und die Schienen sowie die Geländer unterstützten, ferner aus dazwischen gelegten Querschwellen *g*, welche einen Belag *h* von Längsbohlen aufnahmen. Die gußeisernen Geländer waren mittels Flanschen und Bolzen auf die äußeren Längschwelen befestigt, wie aus Fig. 55 und 56 deutlich hervorgeht. Die Ränder der Fahrbahn wurden von Querbalken aus Eichenholz unterstützt, welche mit einem Gesimse versehen, an der Oberfläche mit Eisenblech beschlagen und in geeigneten Abständen mit den Seitenrippen verbolzt waren.

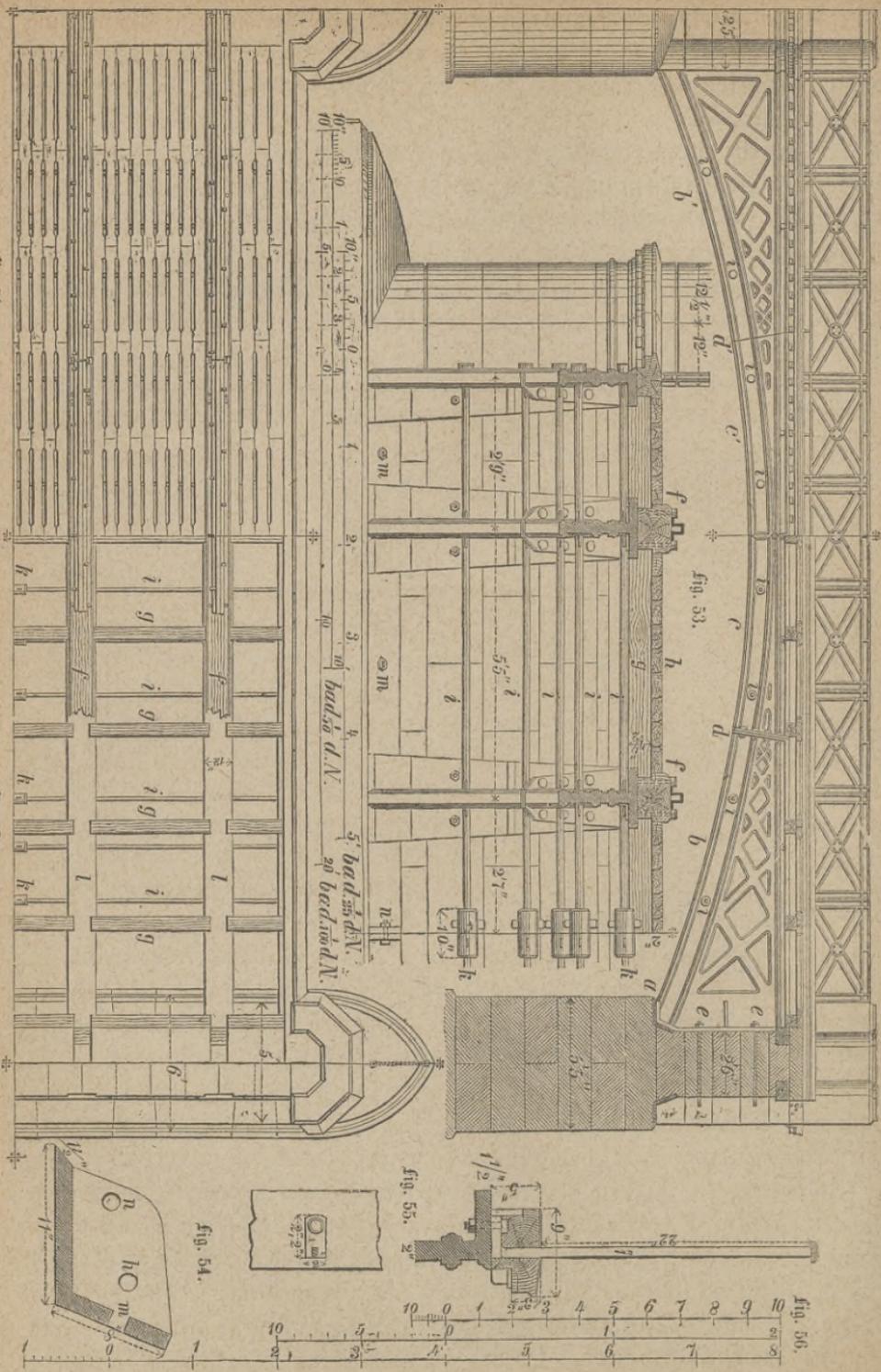


fig. 49.

fig. 50.

fig. 51.

fig. 52.

fig. 49 bis 56. Eismalige gusseiserne Träger über die Künigs bei Offenbürg.

3. Die gußeisernen Bogenstrenghwerkbrücken Frankreichs. Die Ausführung der ersten eisernen Brücke in England hatte auch französische Ingenieure, wie Callipe, Guyton und Macle zu theilweise kühnen Entwürfen schmiedeeiserner Brücken veranlaßt.

Die erste eiserne Brücke, welche in Frankreich zur Ausführung kam, bestand jedoch aus Gußeisen und ist die von Cessart entworfene und von Dillon mit einigen Abänderungen bis zum Jahre 1803 vollständig ausgeführte, nur für Fußgänger bestimmte, Louvrebrücke über die Seine in Paris³⁹⁾, gegenwärtig wegen der im Louvre aufbewahrten Kunstschätze pont des arts genannt, mit neun Öffnungen von 17,34 Meter Spannweite, s. Fig. 57 und 58.

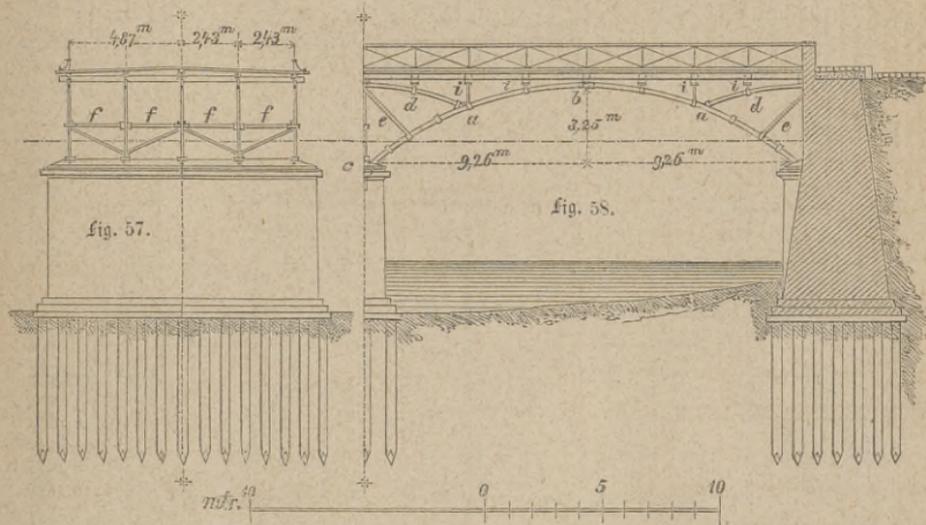
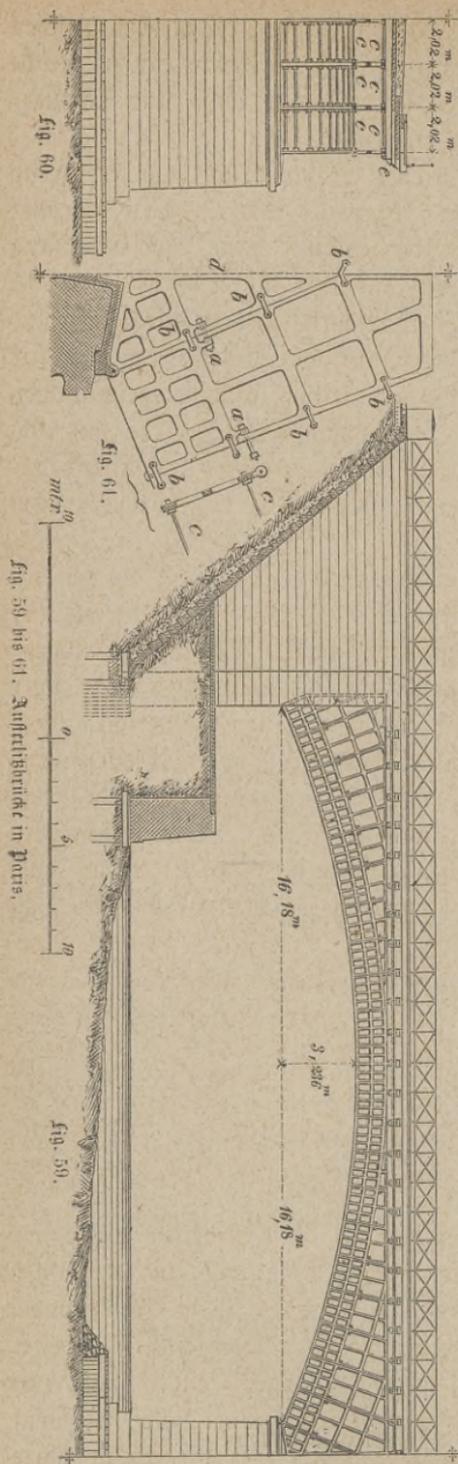


Fig. 57 und 58. Louvrebrücke über die Seine in Paris.

Jede Öffnung enthält 5 Rippen, wovon jede eine Kurve von 18,52 Meter Spannweite und 3,25 Meter Pfeilhöhe bildet und aus je zwei Segmenten *a* besteht, die sich im Scheitel gegen eine gemeinsame Schlussplatte *b*, mit dem Fuße gegen gußeiserne, in die Pfeiler und Widerlager eingelassene, Sattelstücke *c* stemmen. Schwächere, theils bogenförmige, theils gerade Stücke *d*, *e* dienen zur Versteifung der Hauptbogen in den Bogenschenkeln, und gußeiserne Querverbindungen vereinigen die Rippen je einer Öffnung unter sich. Die hölzerne Brückenbahn ruht auf Unterzügen von Eichenholz und diese mittels eiserner Stützen *i* auf den Tragrippen.

Während die Rippen der Louvrebrücke noch aus längeren gußeisernen Segmenten bestehen, erbaute in den Jahren 1800 bis 1806 L a m a n d é dem jardin des plantes in Paris gegenüber die gußeiserne Brücke von A u s t e r l i z⁴⁰⁾ s. Fig. 59 bis 61, mit 5 Öffnungen zu 5 Bogenrippen von je 32,36 Meter Spannweite und 3,236 Meter Pfeilhöhe nach dem Prinzip gewölbter, aus kleineren Stücken bestehender, Bogen. Die Wölbstücke der Rippen bestehen,



wie Fig. 59 bis 61 zeigen, aus je drei konzentrischen, durch 5 Radialspalten verbundenen, Kreissegmenten von 42,06 Meter innerem Radius. Ihre Verbindung zu einer Bogenrippe ist durch Bolzen a und Bänder b bewirkt, während die Rippen selbst an den Stoßfugen der Wölbstücke durch gußeiserne Querstücke c unter sich verankert sind. Die untersten Wölbstücke der Rippen lehnen sich an dreieckige, vertikal stehende, in die Pfeiler eingelassene Anfängerplatten d, Fig. 61. Quer über den Rippen liegen eichene Querbalken e, Fig. 60, mit dem hölzernen Brückenboden, auf welchem die aus Thonerde und Kies bestehende Fahrbahn, sowie die breiten steinernen Trottoirs ruhen. Gurten mit Löwenköpfen begrenzen die Verkehrsbahn.

Trotz einer Ueberhöhung der Bogen von 54 Mm. beim Aufschlagen, senkten sich dieselben unmittelbar nach der Ausrüstung von 7 bis zu 11 Mm.; eine Einsenkung, welche infolge des Zerspringens einiger Wölbstücke durch unvorsichtiges Befahren der Brücke mit schwerem Fuhrwerke nach und nach bis auf 54 Mm. und 72 Mm. stieg. Man stellte zwar durch doppelte schmiedeiserne Bänder die Verbindung der einzelnen geplatzten Wölbstücke wieder her, das Gußeisen scheint aber hierdurch als Brückenbaumaterial in Frankreich etwas in Mißkredit gekommen zu sein, da Bruyère im Jahre 1808 eine kleine Brücke für Fußgänger und Leinpferde über den Crou bei St. Denis ⁴¹⁾ aus Schmiedeisen ausführte und auch zur Ueberbrückung der Seine in der Arc des Hotel des Invalides in Paris

eine Schmiedeiserne Brücke von 130 Meter Oeffnung nach dem gleichen System vorschlug. Dieser, sowie der Entwurf einer Brücke für die gleiche Baustelle mit 3 Bogen von je 80 Meter Spannweite aus Guß- und Schmiedeisen von Lamandé gelangte jedoch nicht zur Ausführung.

Mittlerweile wurden die Reichenbach'schen Röhrenbrücken in Frankreich bekannt, und es gelang dem französischen Ingenieur Polonceau, welcher zugleich die oben angeführten Mängel derselben erkannt hatte, bei Erbauung der Carrousselbrücke in Paris⁴²⁾ während der Jahre 1834 bis 1836 ein verbessertes System der Röhrenbrücken in Ausführung zu bringen, nach welchem die Röhren einen elliptischen Querschnitt mit stehender großer Axe erhielten und aus zwei, nach dieser Axe getheilten, seitlich zusammengeschraubten Hälften mit versetzten Stoßfugen bestanden; ein System, welches später, mit nicht wesentlichen Abänderungen der Konstruktion, vielen Straßen- und Eisenbahnbrücken Frankreichs, z. B. der Brücke über den Kanal St. Denis in der Nordbahnlinie zu Grunde gelegt wurde.

Die Carrousselbrücke, von welcher wir in den Fig. 62 bis 68 eine Abbildung geben, besitzt drei gleiche Bogen von 47,7 Meter Spannweite und 4,7 Meter Pfeilhöhe. Jeder dieser Bogen besteht aus 5, in der oben angegebenen Weise zusammengesetzten, hohlen gußeisernen Tragrippen, deren Kern mit einem Bogen aus horizontal übereinander gelegten, unter sich verschraubten, Bohlen ausgefüllt ist, und stemmt sich gegen besondere, in die Pfeilerquader eingelassene, gußeiserne Widerlagsplatten. Die Querverbindung der Röhrenbogen besteht, wie die Figuren 65, 66 und 68 zeigen, aus den schrägen, im Querschnitt kreuzförmigen, Versteifungen a sowie den, zur Brückenaxe normalen, Stemmrohren b und Zugstangen c. Die Bogenschenkel sind durch gußeiserne Ringe d ausgefüllt, welche sich unten bei d', s. Fig. 67, auf die Röhrenbogen stützen, und oben bei d'' die Längsbohlenpaare e aufnehmen, welche die Querschwellen f der Brückenbahn unterstützen. Die Brückenbahn ist durch die diagonalen Zugstangen g seitlich versteift und besteht in den aus Längschwellen h und Querbohlen i gebildeten Trottoirs, sowie in der aus einem doppelten Bohlenbelag mit darüber ausgebreiteten Schichten aus weichen Kalksteinen und groben Kieseln hergestellten Fahrbahn. Die Fußwege werden durch eiserne Abweiser k geschützt.

Bei der Aufstellung der Brücke wurden zuerst die Holzbogen auf besonderen Lehrgerüsten aus Bohlen mit abwechselnden Stoßfugen und dazwischen aufgetragenen Theerschichten gekrümmt, hiernach durch Bolzen in Entfernungen von je 2 Meter zusammengedrückt und zuletzt deren ovaler Querschnitt bearbeitet. Diese Holzbogen dienten als Lehren für die Röhrenbogen, indem man nach Entfernung des Lehrgerüstes immer je zwei gegenüberliegende halbe Segmentstücke anlegte und die Löcher der Verbindungsbolzen an Ort und Stelle bohrte.

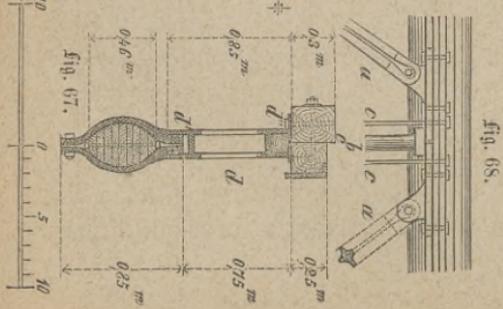
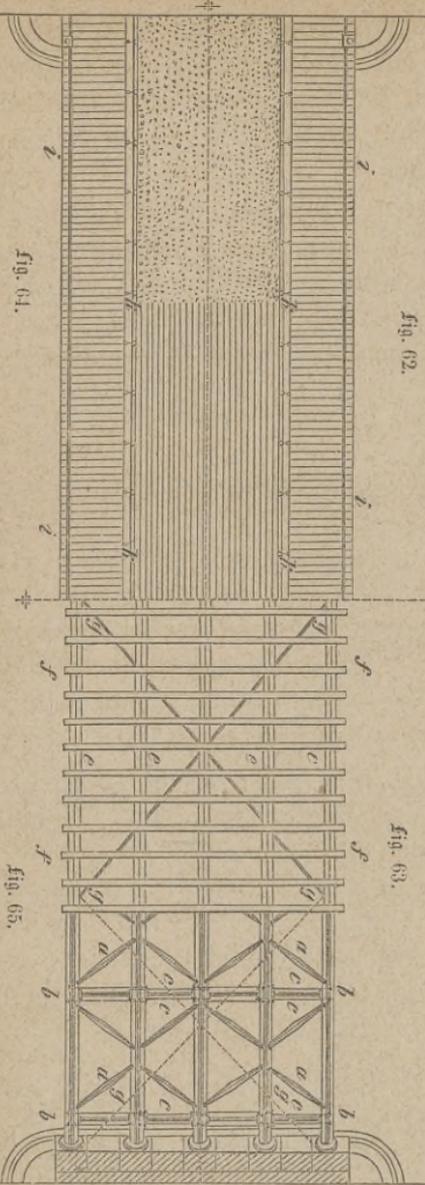
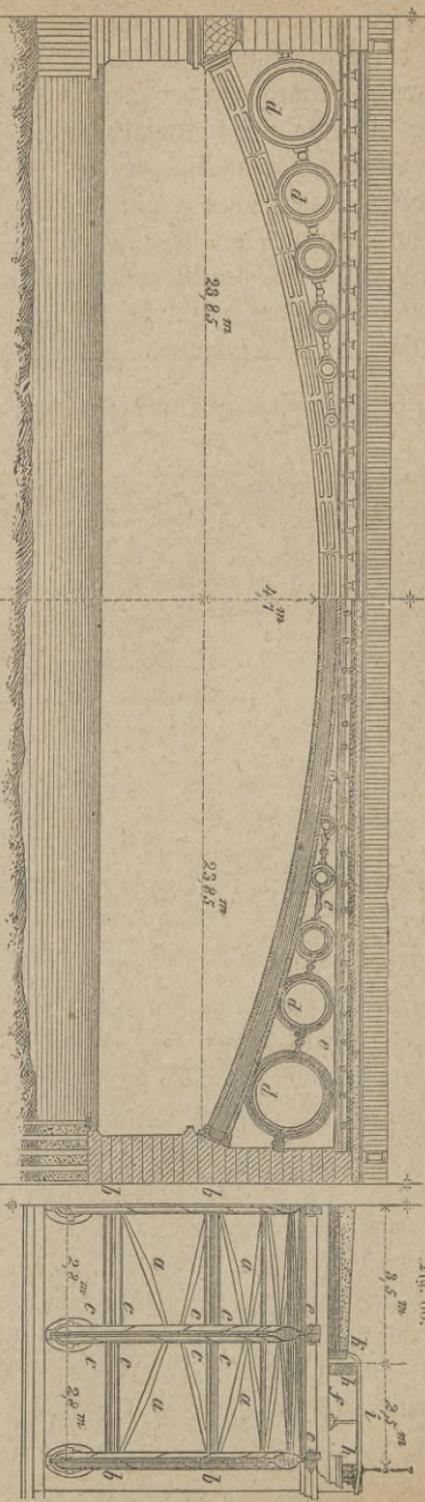


Fig. 62 bis 68. Carrou/ferbrücke in Paris.

Die Verbesserungen, welche Polonceau beim Bau der Brücken zu St. Cloud, Corbeil u. a. anbrachte, bestanden hauptsächlich in einer Beseitigung des die Tragfähigkeit des Röhrenbogens nicht wesentlich erhöhenden Holzbogens, in einer Vermehrung der Seitensteifigkeit der Röhrenbogen durch Annäherung ihrer ovalen Querschnittsform an die Form des Rechtecks, in der Befestigung der Querverbindungen in der halben Höhe der Röhren, statt an den fortlaufenden Stoßflanschen, mittels besonderer angeschraubter Backenstücke. Bei Eisenbahnbrücken will Polonceau den Röhrensegmenten Stoßflanschen, wie bei den Reichenbach'schen Röhren, gegeben wissen, deren Bolzen aber erst angezogen werden sollen, wenn der Röhrenbogen durch Anziehen der Bolzen an den fortlaufenden Stoßflanschen bereits unverschieblich in sich verspannt ist, auch räth er, das Pfeilverhältniß derselben von $\frac{1}{10}$ auf $\frac{1}{8}$ zu erhöhen.

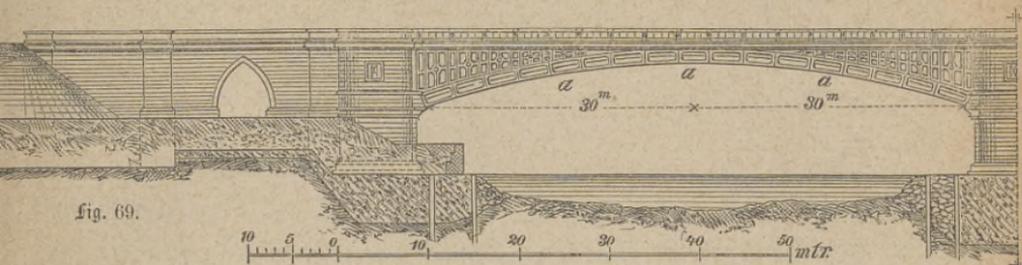


Fig. 69 und 70. Brücke über die Rhone bei Tarascon.

Unter die neueren gußeisernen Bogenbrücken Frankreichs gehört die in den Jahren 1851—1852 erbaute zweigeleisige Eisenbahnbrücke bei Tarascon⁴³⁾, s. Fig. 69 und 70, über die Rhone mit 7 Oeffnungen von 60 Meter Spannweite und einem Pfeilverhältniß von $\frac{1}{12}$. Jeder der acht

Bogen einer Oeffnung ist aus 17, unter sich verschraubten, gußeisernen Segmentplatten a, s. Fig. 69, von 1,6 Meter Höhe und 0,06 Meter Dicke zusammengesetzt, welche durch dreifache Rippen verstärkt sind. An der oberen und unteren dieser Rippen ist auf jedem Stoße die aus einem gußeisernen Kasten bestehende Querverbindung der Bogen angebracht. Der Fuß der Tragrippen stemmt sich gegen starke, in das Widerlager eingelassene, Lagerplatten, zwischen welche, zur Herstellung einer gleichmäßigen Spannung, 5 Reihen Keile eingetrieben sind. Die Bogenschenkel sind mit 2,5 Centimeter starken durchbrochenen, aber mit Rippen

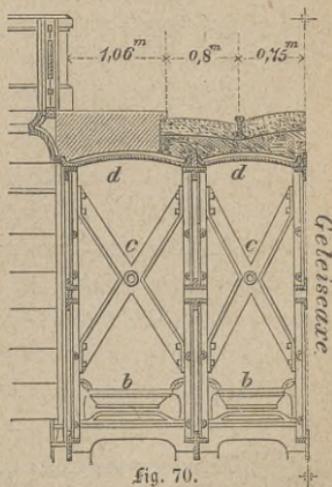


Fig. 70.

verstärkten, Platten ausgefüllt, welche unter sich durch Querbalken *b* und Verstärkungskreuze *c*, *f*. Fig. 70, verbunden sind. Ueber den letzteren liegen gußeiserne bogenförmige Deckplatten *d*, die sowol unter sich, als auch an den Tragrippen durch Bolzen befestigt sind und den Oberbau der Eisenbahn aufnehmen.

Im Jahre 1858—1859 wurde von den Ingenieuren Savarin und de Lagalisserie die, nach dem, von den Franzosen im italienischen Kriege von 1859 erfochtenen, Sieg benannte Solferinobrücke, sowie im Jahre 1860—1862 die zur Verbindung der Inseln St. Louis und Notre-Dame dienende Brücke St. Louis mit 64 Meter Spannweite und 5,82 Meter Pfeilhöhe in Paris⁴⁴⁾ erbaut. Bei beiden Brücken liegt die Brückenbahn auf Ziegelgewölben, welche auf den gußeisernen Bogen und deren Bogenschenkelausfüllungen ruhen.

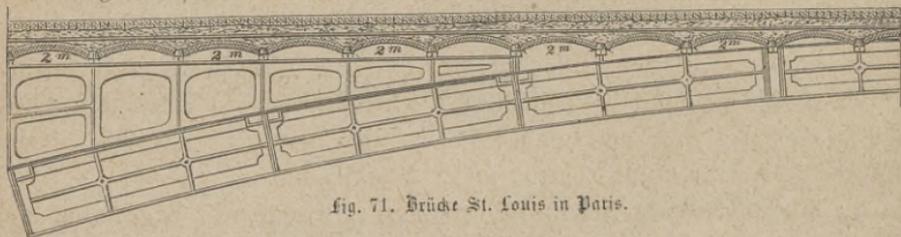


Fig. 71. Brücke St. Louis in Paris.

Bei der St. Louisbrücke, wovon Fig. 71 einen Theil des Längendurchschnitts darstellt, liegen die Arcen dieser Gewölbchen senkrecht zur Brückenaxe und stützen sich gegen gußeiserne Querbalken, die von 2 zu 2 Meter von einander entfernt sind. Die 9 Bogenrippen derselben bestehen aus je 11 Wölbstücken, die an ihren sorgfältig geebneten Stoßfugen durch Bolzen verbunden sind. Die je 4, den Widerlagern zunächst gelegenen Wölbstücke sind durch ein System horizontaler Verbindungsstücke aneinander befestigt, die abwechselnd unten und oben angebracht sind und einer Seitenbewegung den kräftigsten Widerstand leisten. Die 3 Wölbstücke am Scheitel sind nicht nur durch die oben erwähnten Querbalken verbunden, sondern auch durch Streben, die zwischen dem Krost dieser Gewölbe von einem äußeren Bogen bis zum andern reichen.

4. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der gußeisernen Sprengwerke. Nach der vorhergegangenen Betrachtung der gußeisernen Stützbrücken ist die erste Anwendung des Gußeisens zu Bogenbrücken den Engländern zuzuschreiben, von welchen dieselbe zuerst nach Deutschland und dann nach Frankreich gelangte. Als die ersten Anfänge dieser Bauart sind die aus einzelnen bogenförmigen Sprossen mit Radialverbindungen zu betrachten. Während hierauf die Engländer zur Herstellung der Bogen vorzugsweise, mittels Schraubenbolzen untereinander verbundene, Segmentplatten verwendeten, ein Verfahren, welches sich von ihnen auf Deutschland und Frankreich übertrug, so bediente man sich hierzu vorerst in Deutschland und später, mit einigen Verbesserungen der Form und Zusammensetzung, auch in Frank-

reich der Röhren. Späteren Erfahrungen zufolge ist von diesen beiden Hauptkonstruktionsystemen der gußeisernen Bogenbrücken das Röhrensystem verlassen worden, dagegen das Plattensystem mit gußeisernen Bogenschenkelausfüllungen und kreuzförmigen Querversteifungen, bis in die neueste Zeit in England, Deutschland und Frankreich, sowol für Eisenbahnbetrieb als Straßenverkehr, zur Ausführung gekommen. Als Anordnungen der neueren Zeit sind, zwischen die Bogenrippen eingeschaltete, Ziegelgewölbe oder gewölbte gußeiserne Platten zur unmittelbaren Aufnahme der Fahrbahn hervorzuheben.

II. Die gußeisernen Barrenbrücken.

Hatte man das Gußeisen bei den bisher genannten Konstruktionen vorzugsweise einem Druck ausgesetzt und die hierauf begründeten Systeme besonders dem Gewölbekbau nachgebildet, so nahm man dasselbe in den dreißiger und vierziger Jahren des laufenden Jahrhunderts hauptsächlich infolge und zum Zwecke des sich rasch entwickelnden Eisenbahnbaues in Barrenform auch auf Biegung in Anspruch. Die Barren sind entweder solche mit gerader paralleler oder gerader und bogenförmiger Begrenzung.

1. Die gußeisernen Parallel-Barrenbrücken Englands, Frankreichs und Deutschlands. Zuerst waren es englische Bahnen, welche sich solcher Eisenbarren zu Brückenträgern bis zu 7,31 Meter (20' engl.) Spannweite bedienten. Auf der Blackwall-Bahn, welche übrigens nicht mit Lokomotiven betrieben wird, sind sogar gußeiserne Balkenbrücken von 14,02 Meter (46' engl.) Spannweite mittels Barren hergestellt worden, welche aus einem Stück gegossen waren, übrigens wegen der geringen Zugfestigkeit und Strukturveränderung des Gußeisens durch die Erschütterungen des Betriebs wenig Sicherheit zeigen, wie der Einsturz mehrerer dieser Brücken bewies. Längere Barren für Balkenbrücken von 18,33 bis 20,16 Meter (60 bis 66' engl.) Spannweite, wie auf der York-, Midland-County's-, Northern- und Eastern-Bahn, setzte man aus längeren Stücken zusammen und unterstützte sie an den Stützen durch aufgehängene schmiedeiserne Bänder. Die Querschnitte der Barren englischer und französischer Eisenbahnbrücken sind entweder doppelt T-förmig, wie in Fig. 72, oder bei

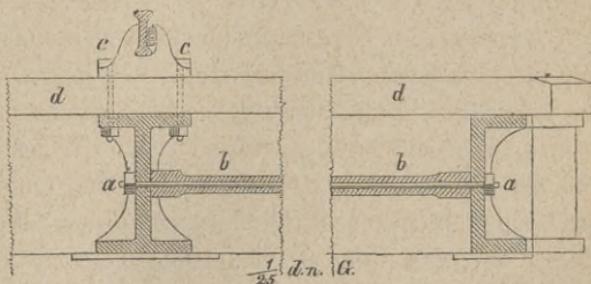
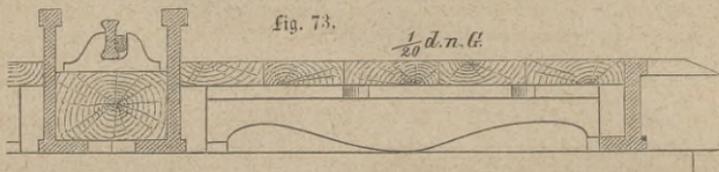


Fig. 72. Französische und englische Bahnen.

sehr beschränkter lichter Höhe der Brückenöffnung U-förmig, wie in Fig. 73. Bei den ersteren ruht das Geleise mittels der Lagerstühle *c* und der Quer-

schwollen d direkt auf den doppelt T-förmigen Trägern, welche untereinander durch Hakenbolzen fest verbunden sind. Die Querverbindung der Träger, wovon die beiden äußersten, die Bankette unterstützenden, nur halb doppelt T-förmig sind, ist durch die gußeisernen Stemmrohren h und die schmiedeisenen Zugstangen a bewirkt. Die U-förmigen Träger sind der Länge nach aus zwei symmetrischen Stücken zusammengesetzt, welche sich nur am Boden der Auflagerenden berühren. Beide Theile schließen die Langschwollen des Geleises ein und sind durch Querbolzen unter sich und mit den Langschwollen verbunden. Die Seitenwände der Träger sind außer mit gleicher Höhe auch mit nach der Mitte zunehmender Höhe ausgeführt worden.



In Deutschland wurden gußeiserne Parallel-Barrenbrücken von geringer Spannweite fast auf allen früheren Eisenbahnen ausgeführt. Die badische Bahn, welche im Anfang der vierziger Jahre erbaut wurde, besaß allein 42 solcher Brücken von 3 bis 5,1 Meter Spannweite. Die Querschnitte dieser Barren sind entweder T-förmig, wie in Fig. 74, 75 und 76, oder bei beschränkter lichter Höhe der Durchlaßöffnung U-förmig, wie in Fig. 77 und 78.

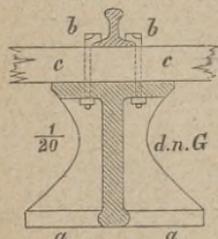


Fig. 74.

Die Fig. 74 zeigt die Verbindung der Schienen, Querschwellen c und Träger mit den verbreiterten Auflagerenden a durch die Hakenbolzen b. Die Fig. 75 u. 76 stellen Ansicht und Querschnitt der ehemaligen Brücke über den Landgraben bei Malsch⁴⁵⁾ dar und bleibt nur zu bemerken, daß die gleichfalls verbreiterten Auflageplatten der Träger c mittels der Bolzen b auf die Tragsteine a aufgeschraubt waren, während sie das auf den Langschwollen e und den Querschwellen d ruhende

Schienengeleise g direkt unterstützten und mit jenen mittels durchgehender Bolzen h, Fig. 76, verbunden waren. Zwischen und außerhalb der Langschwollen nahmen die Querschwellen einen Bohlenbelag f auf, welcher zwischen den Geleisesträngen zur Sicherung vor Feuersgefahr mit Schotter bedeckt war. Fig. 77 zeigt den Querschnitt eines U-förmigen Trägers in der Mitte und am Auflager und bedarf keiner weiteren Erklärung. Die Fig. 78 stellt die ehemalige Brücke über den Walprechtsbach⁴⁶⁾ oberhalb Ettlingen, insbesondere die Befestigung der Träger am Auflager und die Langschwollen im U-förmigen Träger deutlich dar. Die nur außerhalb und zwischen den Geleisen aus Längsbohlen gebildeten Bankette wurden durch Querbolzen und Brück-

schienenstücke unterstützt. Eine eigenthümliche Modifikation des U-förmigen Querschnitts zeigt der ehemalige Durchlaß der badischen Eisenbahn unweit Doss⁴⁷⁾, s. Fig. 79 bis 82.

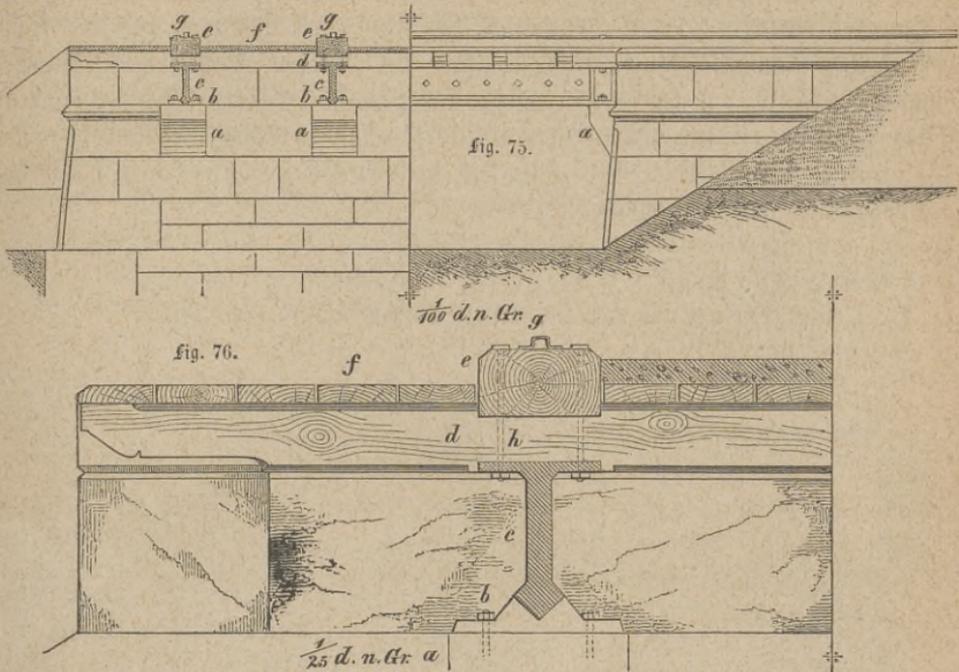


Fig. 75 und 76. Brücke über den Landgraben bei Maltsch.

Aus Fig. 80 ergibt sich der Querschnitt der Hauptträger mit dem Hohraum *a*, aus Fig. 82 der Querschnitt der gußeisernen Querverbindungen *c*, welche in der halben Spannweite an die mit entsprechenden Ansätzen versehenen Hauptträger angeschraubt sind. Ueber den Pfeilern sind die Hauptträger, wie Fig. 79 und 81 zeigen, mittels besonderer Flanschen unter sich verschraubt und mit den Quadern verankert.

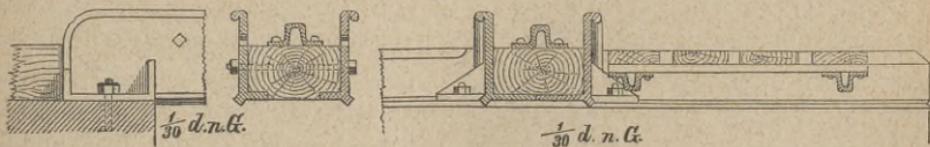
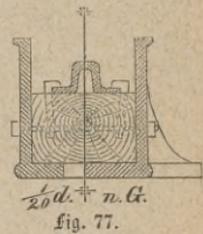


Fig. 78. Brücke über den Walprechtbach.

Die zwischen den Schienensträngen befindlichen Querverbindungen *c* dienen zur Aufnahme eines starken, mit Kies bedeckten Bohlenbelags.

An späteren deutschen Bahnen wurden auch doppelt T-förmige Parallelbarren zu Ueberbrückungen verwendet. Die Figuren 83 bis 88 stellen die Brücke über den Häuserbach⁴⁸⁾ bei Karben in der Ende der vierziger und Anfang der fünfziger Jahre erbauten Main-Wefer-Bahn dar. Auf gußeisernen, mit dem Quaderunterbau durch die Bolzen b, s. Fig. 86, verankerten Lagerplatten a, s. Fig. 84—87, ruhen die je 3 Tragrippen einer Bahnhälfte, von denen die doppelt T-förmigen, durch Querrippen verstärkten und unter dem Schienenfuße theilweise hohl gegossenen Hauptträger, s. Fig. 85, das Geleise direkt unterstützen, während die unten bogenförmig begrenzten und durchbrochenen Stirnrippen, s. Fig. 87, das Bankett und Geländer aufnehmen. Sowol die Hauptträger als die Stirnrippen besitzen verbreiterte, durch dreieckige Ansätze verstärkte Auflager, von welchen jene durch die Horizontalbolzen d mit dem steinernen Auflager und diese durch die Vertikalbolzen c mit der Lagerplatte verbunden sind.

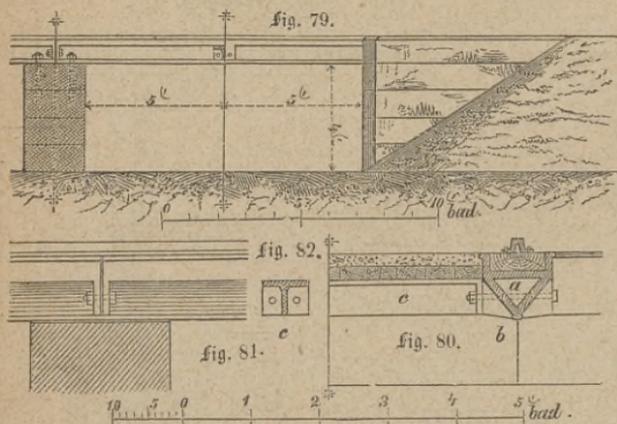


Fig. 79 bis 82. Durchlaß der badischen Eisenbahn unweit Qos.

Die Geleisestränge werden mittels deren Fuß übergreifenden Lappen e, s. Figur 85 und 88, durch Bolzen auf den Hauptträgern festgehalten. Im Allgemeinen haben sich diese gußeisernen Barrenbrücken wegen der geringen Zugfestigkeit und der durch die VerkehrrstöÙe allmähig verschlechterten Struktur des Gußeisens, besonders bei

größerer Spannweite, nicht bewährt und wurden in der Folge mit entsprechenden schmiedeisernen Trägern versehen.

2. Die gußeiserne Parallelbarrenbrücke über die Schelde zu Gent. In den Jahren 1840 bis 1844 erbauten die Ingenieure Marcellis und Duval eine Parallelbarrenbrücke über die Schelde zu Gent⁴⁹⁾ von 18,4 Meter Spannweite, s. Fig. 89 bis 93, welche wegen der Eigenthümlichkeit ihrer Konstruktionsweise eine besondere Betrachtung erfordert. Die Konstrukteure waren bei der Aufstellung ihres Systems von der Ansicht ausgegangen, die Gewölbe der steinernen oder die Ketten der hängenden Brücken durch gußeiserne Langschweller oder Brückenträger zu ersetzen und wurden von Rogier, dem für alle Fortschritte der Industrie begeisterten Minister der öffentlichen Arbeiten Belgiens, in ihren Versuchen unterstützt. Der an Stelle der jetzt

erbauten Brücke erforderliche Uebergang über die Schelde bot bald Gelegenheit zur Anwendung des neuen Brückensystems, das, mit Hinweis auf die Figuren, wesentlich in Folgendem besteht: Zwei horizontale, frei aufliegende Träger, deren jeder aus zwei, mittels der kreuzförmigen Querrippen *c* zu einem Ganzen verbundenen, gußeisernen, von Verzierungen *s* durchbrochenen Langschwellen *h* besteht, wovon jede wieder aus zwei Stücken zusammengesetzt ist, die durch Flanschen und Bolzen *f*, Hakenlaschen *d* und Keilbolzen *e* verbunden und verspannt sind, tragen die Brückenbahn und dienen derselben zugleich als Brüstung.

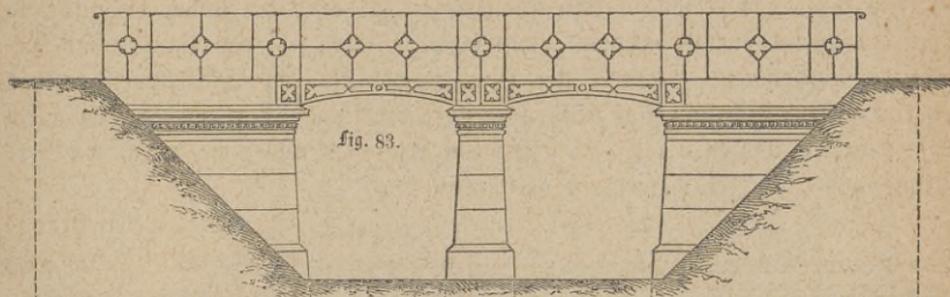


fig. 83.

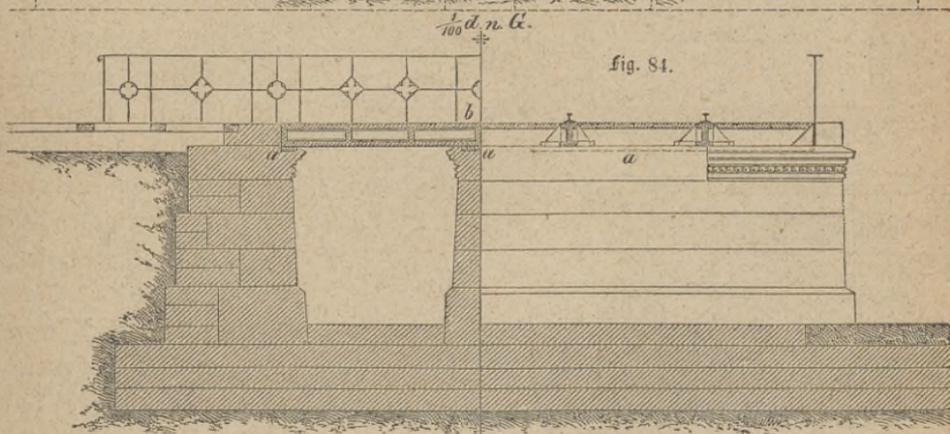


fig. 84.

 $\frac{1}{100} d. n. G.$

fig. 88.

fig. 86.

fig. 85.

fig. 87.

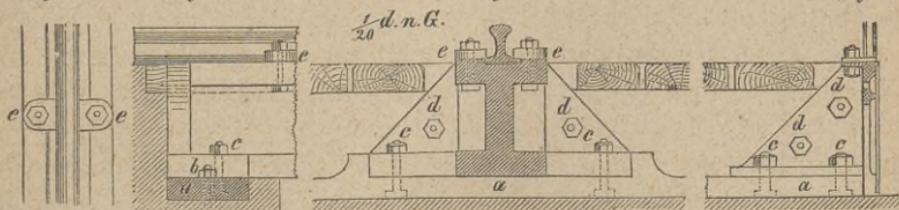
 $\frac{1}{20} d. n. G.$

Fig. 83 bis 88. Brücke über den Häuferbach in der Main-Weser-Bahn.

Starke gußeiserne Querbalken *k*, welche an die Träger mittels starker Querverbindungen *h* und Bolzen *i* angehängt sind, unterstützen die 9,18 Meter breite Brückenbahn, welche wieder aus einer 6 Meter breiten Fahrbahn und zwei je 1,59 Meter breiten Banketten besteht.

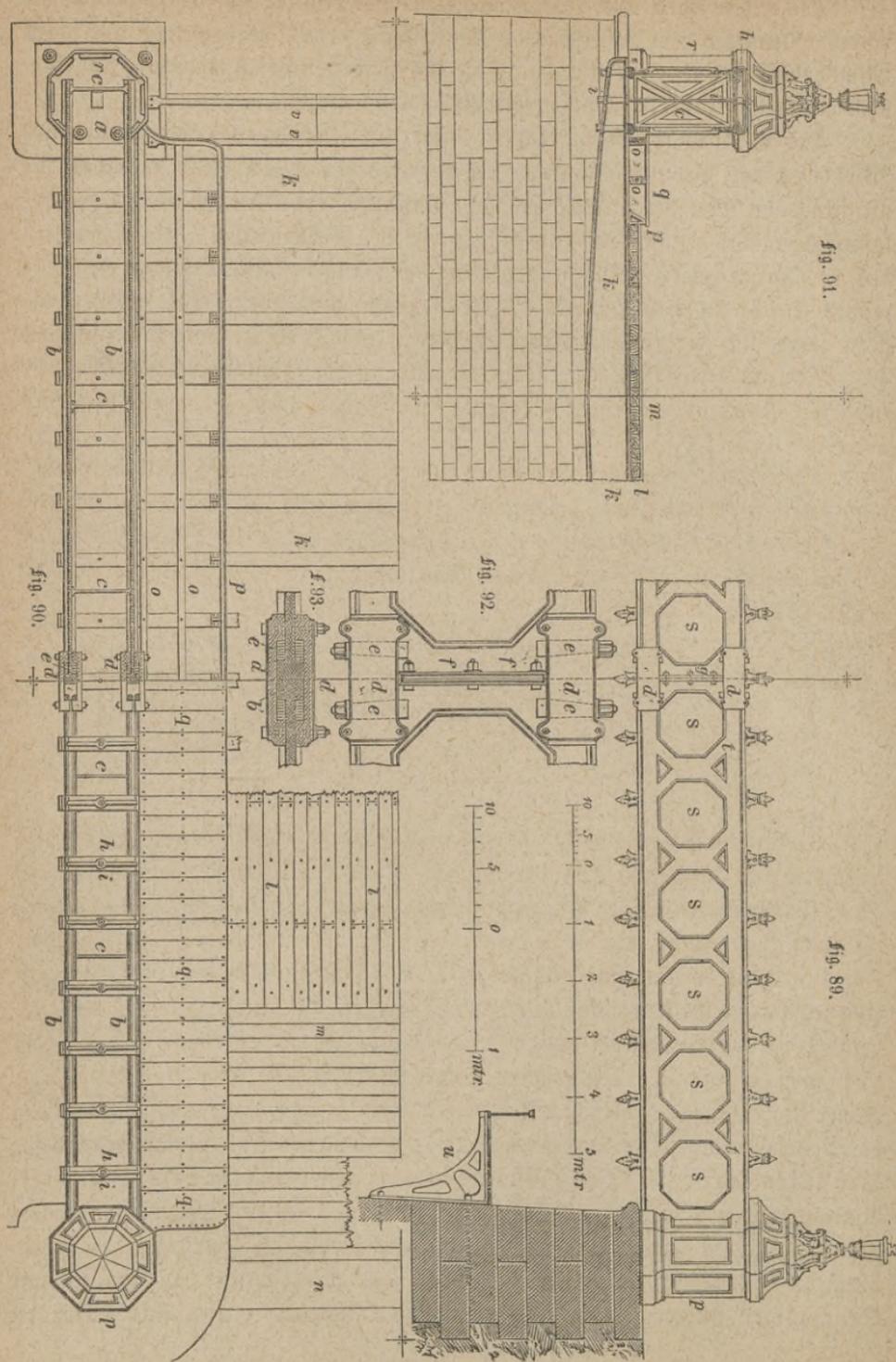


fig. 91.

fig. 92.

fig. 89.

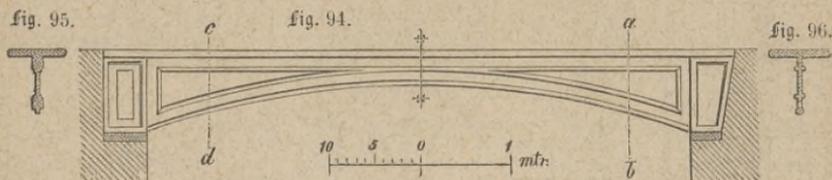
fig. 90.

fig. 89 bis 93. Brücke über die Schelde zu Ghent.

Die erstere wird aus einem doppelten Bohlenbelag gebildet, wovon die Längsbohlen l auf dem gußeisernen Querbalken k, die Querböhlen m auf jenen Längsbohlen ruhen. Die Bankette sind aus hölzernen Langschwellen o und darüber genagelten Querböhlen q hergestellt.

Die Belastungsproben fanden unter der Leitung des Oberingenieurs Wolters der Provinz Flandern am 8. Februar 1844, also in einer zur Prüfung von Metallkonstruktionen nicht günstigen Jahreszeit, statt. Das Belastungsgewicht bestand in 400 Kg. p. □M. Brückenbahn, dem Doppelten des gewöhnlich bei den Belastungsproben der Hängebrücken angewendeten Gewichts, welche 24 Stunden auf der Brückenbahn verblieben. Bei beiden Trägern zeigte sich hierauf ein Krümmungspfeil von 3 Mm. am ersten und von $4\frac{1}{2}$ Mm. am zweiten Tage, während man an der, zum Zweck der Beobachtung mit Gyps übergossenen, Stoßfuge der Träger nicht den geringsten Riß bemerkte.

Trotz dieses günstigen Resultats scheint das „Belgische Brückensystem“ keine weitere Ausbreitung gefunden zu haben und es unterliegt keinem Zweifel, daß die Durchbrechungen der Tragwände weder die Homogenität des Gusses befördern, noch eine stetige Uebertragung der Vertikalkräfte auf die beiden Gurtungen zulassen.



3. Die gußeisernen Bogenbarrenbrücken unterscheiden sich von den vorhergehenden nur durch eine untere konkav oder konvex gekrümmte oder durch eine obere konvex bogenförmige Begrenzung ihrer Träger. Träger mit konkav bogenförmiger Begrenzung, wie sie in der Ansicht, Fig. 94, und in den Querschnitten, Fig. 95, durch ed und, Fig. 96, durch ab dargestellt sind, wurden, wie die gußeisernen Parallelbalkenbrücken, vielfach auf den ersten deutschen Eisenbahnen ausgeführt. Sie sind entweder aus einem Stück, wie in den Fig. 94—96, oder zusammengesetzt. Die ersteren fanden unter andern beim Bau der Main-Weser-Bahn Ende der vierziger und Anfang der fünfziger Jahre zur Ueberdeckung der Seitenöffnungen der Brücke über die Nidda zu Bilbel und des schiefen Viadukts über die Staatsstraße südlich von Niederwöllstadt⁵⁰⁾ Anwendung, von welchen wir in den Fig. 97 bis 101 den letzteren mittheilen. Wie die Figuren zeigen, sind die Hauptrippen a voll, die Stirnrippen b durchbrochen, beide jedoch von annähernd T-förmigem Querschnitt. Die Haupt- und Seitenträger stützen sich auf die gußeisernen Platten e und sind durch die

Bolzen *f* mit den Auflagern verankert. Die Querverbindungen *c* derselben bestehen aus doppelt T-förmigen Barren, welche mittels runder Ansätze und Bolzen, *f*. bei *c* Fig. 100, an die Haupt- und Stirn-Rippen angeschraubt sind. Direkt auf den Hauptträgern ruhen die Schienenstränge, welche daran mittels kleiner Decklaschen *d* und Bolzen befestigt sind, während die Seitenträger das angeschraubte Geländer, *f*. Fig. 101, und die Querverbarren einen Bohlenbelag aufnehmen.

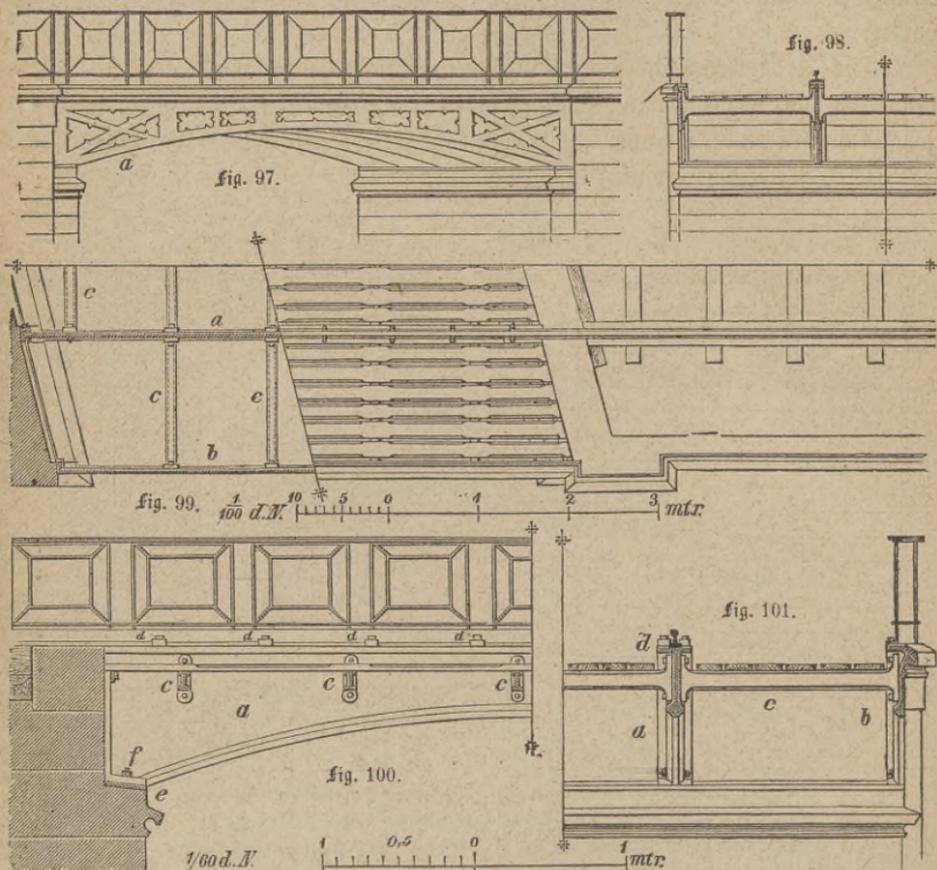


Fig. 97 bis 101. Viadukt über die Staatsstraße südlich von Niederwöllstadt in der Main-Weser-Bahn.

Auch diese Träger erwiesen sich nach einer etwa zwölfjährigen Betriebsdauer als unzuverlässig und wurden im Anfang der sechziger Jahre durch schmiedeeiserne ersetzt. Beim Herausnehmen derselben zerbrach einer schon beim vorsichtigen Umlegen auf das Planum, ein Beweis, wie sehr sich die Struktur des Gußeisens durch die Verkehrsstöße bereits verändert hatte. Daß ein Bruch dieser Träger nicht schon früher eingetreten war, scheint nur Folge ihrer festen Einspannung zwischen unverrückbaren Widerlagern gewesen zu sein.

Die aus mehreren Stücken zusammengesetzten Bogenbarren-träger bilden ein Mittelglied zwischen den einstückigen Barrenträgern und den gewölbartigen Bogensprengwerkträgern. Bei vollkommen fester Zusammensetzung ihrer Theile können sie statisch als einstückige Barrenträger betrachtet werden. Die Fig. 102 bis 105 zeigen den ehemaligen Viadukt über die Straße von Appenweier nach Sand⁵¹⁾ in der badischen Eisenbahn von 7,2 Meter (24' bad.) Spannweite, dessen Träger aus je drei untereinander verschraubten Stücken a zusammengesetzt und mit den Mauerbalken b der Widerlager verbolzt waren.

Die Trägersegmente hatten in ihrer Mitte Oeffnungen c für die Querstangen d, durch welche die 6 Tragrippen untereinander verbunden wurden. Ueber sämtliche Tragrippen lagen starke Bohlen e, welche die Langschweller f des Schienengeleises und eine Kiesecke aufnahmen.

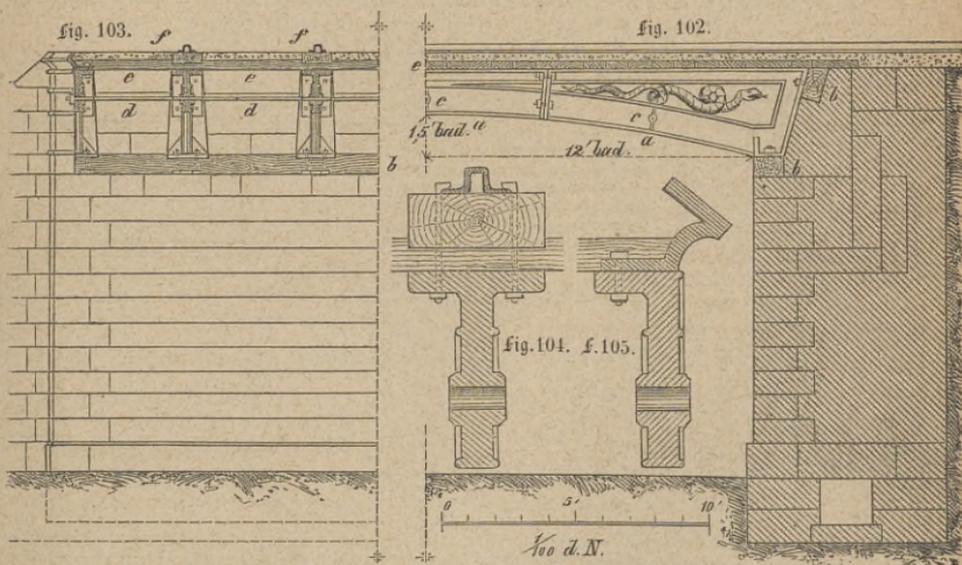
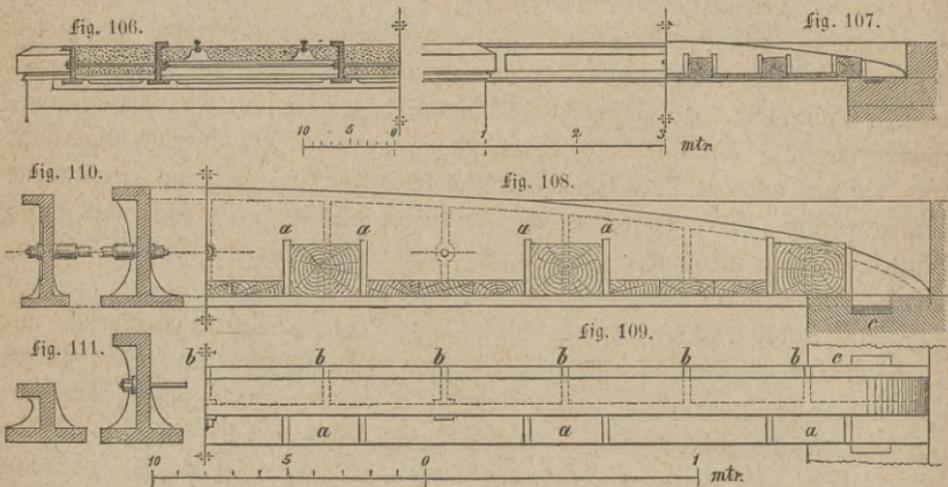


Fig. 102 bis 105. Viadukt über die Straße von Appenweier nach Sand.

Da sowol die ein- als mehrstückigen der betrachteten Träger mit unterer konkaver Begrenzung statisch als Balkenträger zu betrachten sind, die in ihrer Mitte den niedrigsten und kleinsten Querschnitt haben, so entspricht ihrem größten Angriffsmoment ein kleinstes Widerstandsmoment. Hierzu kommt, daß sich dieselben, besonders bei größeren Stücken, wegen ihrer unsymmetrischen Gestalt beim Schwinden des Gusses leicht verziehen oder innere Spannungen annehmen, welche ihrer Festigkeit schaden. Aus diesen Gründen und wegen der in ihrem Innern verhältnißmäßig schnell eintretenden Texturveränderungen durch Verkehrserschütterungen sind auch diese Träger mit Recht nach und nach außer Gebrauch gekommen.

In statischer Beziehung rationeller erscheinen dagegen die Bogenbarren-träger mit unterer oder oberer konvex bogenförmiger Begrenzung, bei welchen dem größten Angriffsmomente auch das größte Widerstandsmoment entspricht und welche um so vollkommener sind, je mehr sie sich den Trägern von gleichem Widerstande nähern. Die Figuren 106 bis 111 zeigen eine Bogenbarrenbrücke mit elliptischer oberer Begrenzung der Hauptträger, während die Stirnträger Parallelbarren sind. Die Figuren zeigen die Querschnitte der Träger, sowie, daß diese auf der einen Seite mit Querrippen *b*, auf der anderen Seite mit besonderen festen Lagern *a* für die Querschwellen versehen sind. Die Träger ruhen auf gußeisernen Lagerplatten *c*, Figur 108 und 109, sind durch Stemmrohre und Zugstangen, Fig. 110 u. 111 unverrückbar untereinander verbunden und nehmen auf ihren unteren Gurtungen sowol die Querschwellen, welche den Geleisen zur Unterstüzung dienen, als auch die Bohlen auf, welche die Kiesdecke tragen.



4. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der gußeisernen Barrenbrücken. Die betrachteten, zuerst in England, später in Deutschland und Frankreich zu Brückenträgern verwendeten gußeisernen Barren erscheinen entweder als Parallelträger mit den verschiedensten vollen und hohlen Querschnitten, oder als Träger mit einer geraden und einer bogenförmigen Begrenzungslinie. Sind auch die gußeisernen Barrenträger mit konvex bogenförmiger Begrenzungslinie, also mit nach deren Mitte hin vergrößerter Höhe, den Parallelträgern und diese den Barrenträgern mit konkav Begrenzungslinie, also mit nach deren Mitte hin verkleinerter Höhe, vorzuziehen, so leiden sie doch sämtlich an der geringen Festigkeit ihrer unteren, einem Zug ausgesetzten Theile, und wenn sich auch die hier erforderliche Zugfestigkeit durch die derselben entsprechende Vergrößerung des Querschnitts

erreichen läßt, so hat doch die erfahrungsgemäß geringe Widerstandsfähigkeit des Gußeisens gegen die auf Brückenträger einwirkenden Erschütterungen die weitere Anwendung der gußeisernen Barrenträger zu Gunsten von Stein- und vorzugsweise Schmiedeisen-Konstruktionen verhindert und vielfach die Auswech- selung derselben, besonders gegen schmiedeiserne Balkenträger, veranlaßt.

III. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken

sind nach den gußeisernen Bogensprengwerkbrücken die ältesten eisernen Brücken, welche wir kennen, und fanden ihre Anwendung vorzugsweise in England und Deutschland.

1. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken Englands. Die zweite eiserne Brücke Englands, welche Telford im Jahre 1795 über die Saverne zu Buildwas unweit Coalbrookdale⁵²⁾ erbaute, war eine gußeiserne Hängsprengwerkbrücke. Sie besitzt eine einzige Oeffnung von 39,65 Meter Spannweite bei 8,23 Meter Pfeilhöhe und besteht in zwei, zu den Seiten der Fahrbahn angebrachten, isolirten Bogenrippen, welche einen Theil der flach gewölbten Brückenbahn übersteigen, damit der letzteren eine möglichst niedrige Lage gegeben werden konnte und dadurch eine hohe Erdausfüllung hinter den Landpfeilern vermieden wurde. Die Fahrbahn ist an den oberen Theil des Bogens angehängt und auf den unteren Theil desselben durch schwalbenschwanzförmig eingelassene Stäbe gestützt. Die Unterlage der Fahrbahn besteht aus gußeisernen, durch Ruth und Feder ineinander gefügten, Platten, welche eine Art Gewölbe bilden, das die Festigkeit der Brücke erhöht.

Im Jahre 1827 wurde zu Leeds eine Bogenhängsprengwerkbrücke mit einem Bogen von 36,57 Meter (120' engl.) Spannweite und 7,31 Meter (24' engl.) Pfeilhöhe erbaut, dessen Scheitel 3,5 Meter (11½' engl.) über der Fahrbahn liegt. Zwei seitlich angeordnete Bogenrippen von 40 Ctm. (16") Höhe und 25 Ctm. (10") mittlerer Dicke tragen die 8,23 Meter (27') breite Fahrbahn mit 1,52 Meter (5') breiten Trottoirs zur Seite. Jede dieser Rippen besteht aus vier einzelnen Stücken, die durch versteckte Dübel mit Keilen unter sich verbunden sind. Auf gußeisernen Unterzügen, die 1,52 Meter (5') voneinander abstehen und an dem oberen Theil der Bogenrippen mittels Hängeisen angehängen, auf deren unteren Theil mittels gußeiserner Pfosten abgestützt sind, ruhen die Längsbalken der aus einem doppelten Bohlenbelage bestehenden Fahrbahn.

Um dieselbe Zeit führte Leather von Leeds zwei Bogenhängsprengwerkbrücken über den Fluß Aire aus, wovon die Monksbrücke 33,54 Mtr. (112' engl.), die Huntsletbrücke 44,5 Meter (146' engl.) Spannweite zwischen den Landpfeilern hat. Jede der beiden Brücken besitzt, bei einer Bahnbreite von 11,58 Meter (38' engl.), nur zwei Tragrippen.

Eine interessante Hängsprengwerkbrücke⁵³) wurde nach Leather's System im Jahre 1836 in der Linie der Straße von Hammermith nach Harrow = Road gleichzeitig über den Paddingtonkanal und über die mittels Tunnel *c* unter diesem durchgeführte Birmingham = Bristol = Themse = Verbindungsbahn *b*, *f*. Fig. 112—114, erbaut. Die Spannweite dieser Brücke beträgt 21,33 Meter (70' engl.) bei 6,7 Meter (22' engl.) Pfeilhöhe, die Breite ihrer Fahrbahn 7,62 Mtr. (25' engl.) und ihrer Bankette je 1,52 Mtr. (5' engl.). Die ganze Brückenbahn wird zur gleichförmigen Vertheilung der Last, welche hier bisweilen aus großem Menschen- und Wagen-Gedränge besteht, von vier statt von zwei gußeisernen Bogenrippen *d* getragen, auf deren unteren Theil die Fahrbahn sich mittels der gußeisernen Pfosten *e* stützt und an deren oberem Theil sie mittels der Hängträger *f* hängt. Eine Versteifung der Fahrbahn ist sowol durch die Anordnung des Geländers *g*, als durch eine unterhalb derselben angebrachte Verstreibungskonstruktion *h* bewirkt.

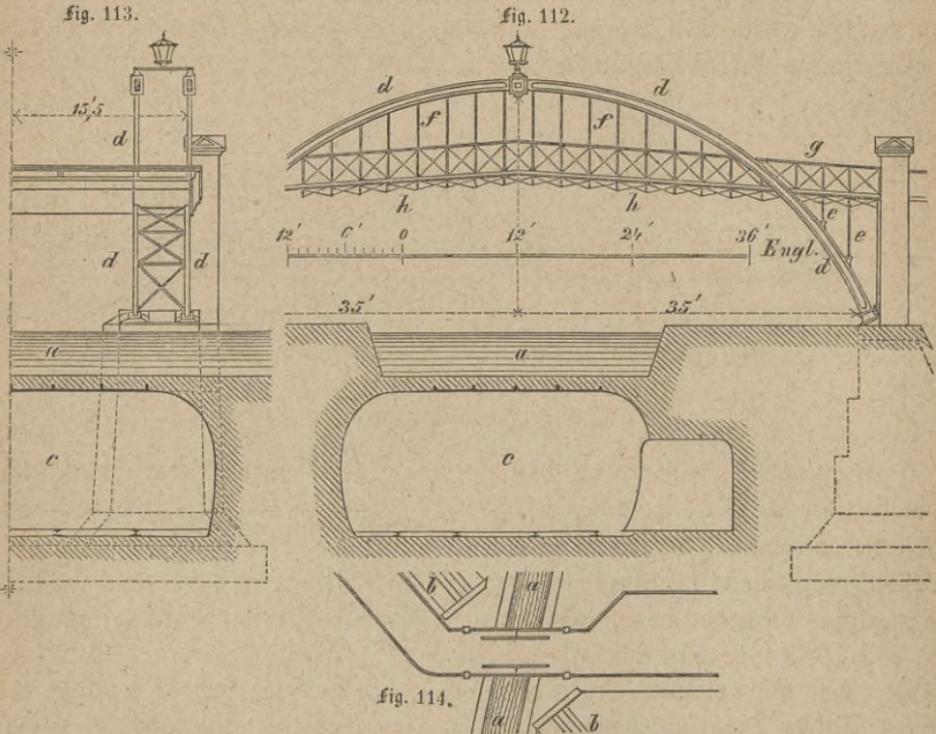


Fig. 112 bis 114. Brücke über den Paddington-Kanal und die Birmingham-Bristol-Themse-Verbindungsbahn.

Das sämmtliche Mauerwerk der Brücke besteht aus Preßziegeln, welche in Puzzuolanmörtel gelegt sind, während die Fugen mit einem Cemente von Ziegeltrümmern, Themsefies und Kalk ausgezwickelt sind und der ganze Bau auf einem Bétonlager von derselben Zusammensetzung ruht.

2. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken Deutschlands. Während man in England die Hängsprengwerkbrücken vorzugsweise zu Straßenbrücken und dann mit isolirten Tragbogen anwandte, stellte man in Deutschland solche Brücken für Eisenbahnen mit kombinirten Tragbogen und Horizontalbarren her. Bei der im Anfang der vierziger Jahre erbauten badischen Eisenbahn, an den Stellen, wo dieselbe die Elz überschreitet, kamen zwei Systeme von Hängsprengwerkbrücken zur Ausführung. Die Tragrippen des einen⁵⁴⁾ bestehen aus je drei mit Flanschen versehenen Segmenten, welche durch Bolzen untereinander verschraubt sind. Die Brücke, wobei sie Verwendung gefunden haben, besitzt zwei Oeffnungen von 12 Meter Weite mit je 3 über dem Zwischenpfeiler gestoßenen Trägern, deren Stützpunkte 1,35 Meter unter der Bahn liegen, und bildet mit der Axe des Flusses einen Winkel von 80° . An sechs Punkten der oberen Bogennerven sind die Rippen durchbohrt, um die Bolzen für die doppelten Hängstangen aufzunehmen, woran die gußeisernen Querträger aufgehängt sind. Die letzteren bestehen aus einem Stück, sind parallel zu den Landpfeilern angeordnet und hängen an je zwei Hängstangen an den beiden Enden und in deren Mitte.

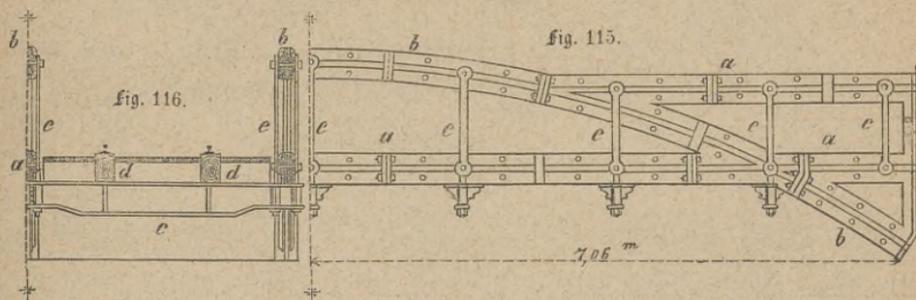


Fig. 115 und 116. Brücke über die Elz bei Sexau.

Das andere System der Hängsprengwerkbrücken wurde bei der Brücke über die Elz bei Sexau⁵⁵⁾, f. Fig. 115 u. 116, angewendet. Diese Brücke, deren Axe den Stromstrich der Elz unter einem Winkel von etwas über 74° schneidet, besitzt drei gleichweite Oeffnungen von je 14,12 Meter, in deren jeder sich drei Tragrippen befinden, wovon jede einzelne einen von zwei horizontalen Barren *a*, f. Fig. 115, geschnittenen Bogen *b* bildet, dessen Anfänge 1,71 Meter unter dem Bahnplanum liegen und dessen größte Bogenhöhe 2,4 Meter beträgt. Jede Tragrippe hat neun doppelte schmiedeeiserne Hängeisen *e*, wovon sieben in cylindrische Gewinde endigen und die gußeisernen, in der Mitte gestoßenen und verholzten Querträger *c*, f. Fig. 116, aufnehmen, welche nicht parallel zu den Widerlagern, sondern senkrecht zur Brückenaxe laufen. Ueber diesen Querträgern liegen die Langschweller *d* mit den Schienensträngen. Jede Tragrippe ist, wie aus Fig. 116 ersichtlich, ihrer Länge nach in

zwei symmetrische Theile gespalten, wovon jeder, wie Fig. 115 zeigt, aus mehreren Segmenten besteht, die sich „voll auf Fuge“ übergreifen. Sowol die einzelnen Segmente, an deren Enden elliptische Flanschen angegossen sind, als die beiden Halbrippen sind mittels schmiedeiserner Bolzen aneinander befestigt. Diejenigen Theile der Tragrippe, welche sich an die Widerlager und Pfeiler anschließen, sind nicht gespalten, sondern massiv.

Besonders dieses letztere System der Tragrippen erwies sich als sicher und dauerhaft, dagegen veranlaßt die komplizirte Zusammensetzung, welche viele Sorgfalt in der Bearbeitung erfordert, etwas höhere Kosten.

IV. Die gußeisernen Bogenhängwerkbrücken.

Die bei Betrachtung des Reichenbach'schen Röhrenbogensystems erwähnte, im Jahre 1837 erbaute Cylinderbogenhängebrücke über die Eszerna⁵⁶⁾ bei den Herkulesbädern nächst Mehadia in Ungarn scheint die erste Nachbildung hölzerner Bogenhängwerke in Gußeisen gewesen zu sein. Zu Hängwerken gab der Bau der Eisenbahnen bei nicht zu großen Spannweiten und beschränkter Höhe zwischen dem Bahnplanum und höchsten Wasserstand Veranlassung. Die an verschiedenen Konstruktionsystemen reiche, im Anfang der vierziger Jahre erbaute badische Eisenbahn hat auch dieses System aufzuweisen.

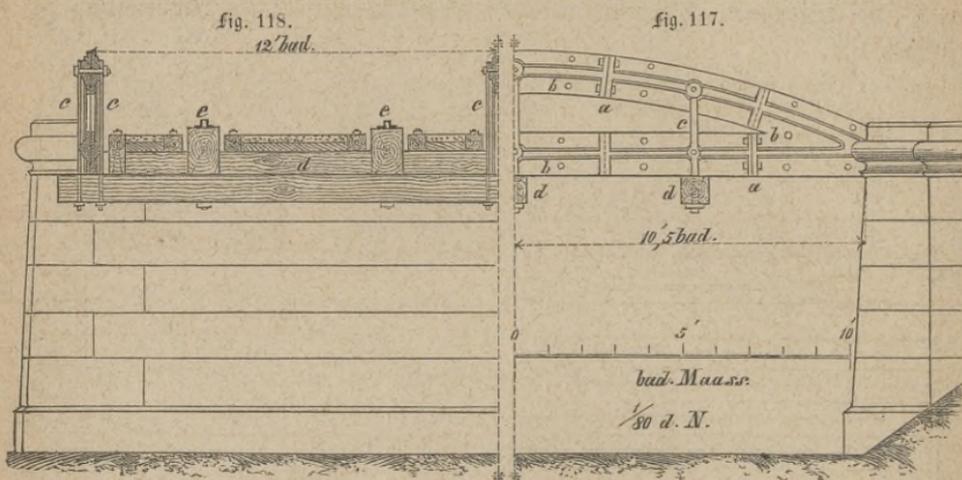


Fig. 117 und 118. Brücke über die Rench bei Renchen.

Die in den Fig. 117 u. 118 dargestellte zweigeleisige Brücke über die Rench bei Renchen⁵⁷⁾ besitzt 2 Oeffnungen von 6,3 M. (21' bad.) Spannweite, in deren jeder drei Bogenrippen mit einem Abstände von 3,6 M. (12' b.) von Mitte zu Mitte liegen. Jede dieser Rippen ist der Länge nach aus zwei Hälften zusammengesetzt, deren einzelne Segmente, wie bei den Trägern der Brücke über die Elz bei Sexau, „voll auf Fuge“ übereinander greifen und wobei sowol

die einzelnen Segmente an den Enden durch elliptische Flanschen und Bolzen *a*, als die beiden Halbrippen durch schmiedeiserne Querbolzen *b* aneinander befestigt sind. Jede Bogenrippe trägt an drei Stellen doppelte Hängträger *c*, welche unten in Schraubengewinde endigen und die hölzernen Querschwellen *d* durchsetzen, die den Langschwellen *e* mit den Geleisesträngen zur Unterstützung dienen. Bei anderen Ausführungen dieser Art sind, statt der hölzernen, gußeiserne Unterzüge, wie in Fig. 116 oder Fig. 120, zur Anwendung gekommen.

V. Die gußeisernen Hängwerkbrücken und Sprengwerkbrücken mit geraden Barren

sind Nachbildungen der hölzernen, sogenannten, doppelten Häng- oder Sprengwerke, deren Streben und Spannriegel aus Gußeisen, deren Hängstangen und wagrechte, zur Beseitigung eines horizontalen Schubes auf die Pfeiler dienende Zugstangen dagegen aus Schmiedeisen bestehen. Bei beschränkter Höhe zwischen Hochwasser und Straßen- oder Bahn-Planum empfehlen sich die Hängwerkbrücken dieser Gattung. In den Figuren 119 und 120 theilen wir die im Anfang der vierziger Jahre erbaute gußeiserne Hängwerkbrücke aus geraden Barren über die Alb bei Beiertheim⁵⁸⁾ auf der badischen Bahn mit, eine Konstruktion, welche später auch auf dem badischen Theile der Main-Neckar-Bahn, z. B. bei Weinheim an der Bergstraße, ebenfalls mit Erfolg Anwendung gefunden hat.

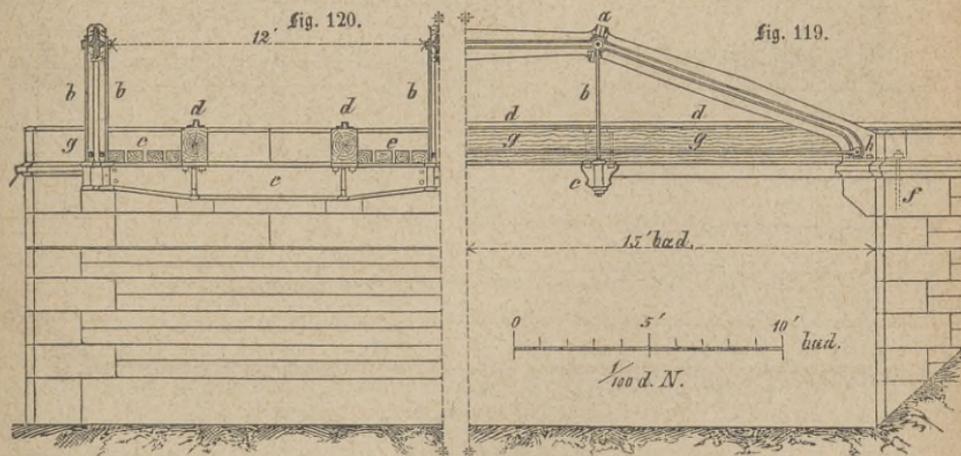


Fig. 119 und 120. Brücke über die Alb bei Beiertheim.

Die Albbrücke bei Beiertheim hat eine Deffnung von 9 Meter (30' bad.) Spannweite und besitzt, wie aus Figur 120 hervorgeht, drei Tragrippen, deren gußeiserne Streben und Spannriegel bei *a* mittels Flanschen und Bolzen zusammengesetzt sind. An diesen Stößen und zwischen den Ver-

bindungsbolzen sind die Streben und Spannriegel durchbohrt und nehmen die Querbolzen auf, an welchen die doppelten Hängträger *b* zur Unterstützung der durchgehenden gußeisernen Querträger *c* befestigt sind. Auf diesen Querträgern ruhen die Längsschwellen *d* mit den Geleisesträngen, sowie starke Längsbohlen *e* für die Bankette. Die Streben der Tragrippen ruhen auf verbreiterten Aufslagern, durch welche sie bei *f* mit den Pfeilern verankert sind und die nöthige seitliche Standfähigkeit erhalten. Die zur Aufhebung des Seitenschubes auf die Pfeiler dienenden Zugtangen *g* einer Tragrippe sind doppelt, liegen zwischen den vertikalen Hängstangen *b* und werden am Fuße der Streben bei *h* durch Querbolzen festgehalten.

Die gußeisernen Sprengwerkbrücken mit geraden Barren unterscheiden sich von den betrachteten Hängwerkbrücken dadurch, daß sie, statt über der Brückenbahn, unter derselben liegen und deshalb eine größere Höhe zwischen dem höchsten Wasserstand und dem Straßen- oder Bahnplanum erfordern. Derartige Konstruktionen sind auf der Potsdam-Magdeburger, thüringischen und sächsischen Staats-Bahn etwa um die Mitte der vierziger Jahre zur Ausführung gekommen.

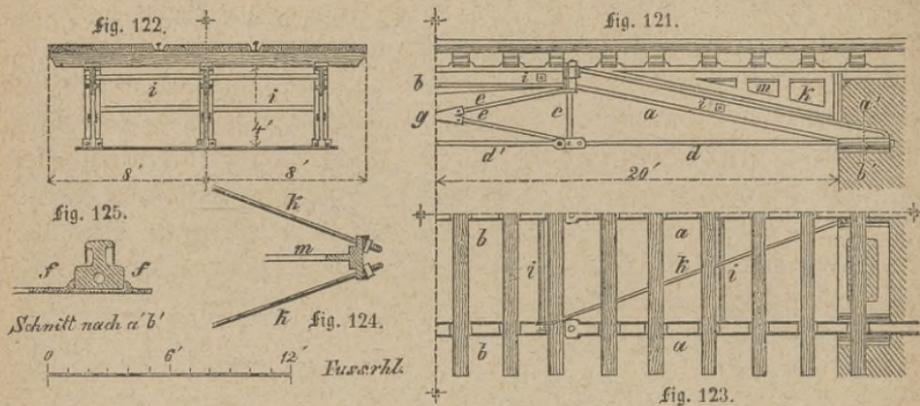


Fig. 121 — 125. Brücke in der Potsdam-Magdeburger Bahn bei Magdeburg.

In den Figuren 121 bis 125 ist die in der Potsdam-Magdeburger Bahn bei Magdeburg erbaute Sprengwerkbrücke von 12,55 Meter (40' rhl.) Spannweite dargestellt. Jede der drei Rippen, welche die ein- geleisige Bahn unterstützen, wird von zwei Streben *a* mit den durchbrochenen Füllungen *m* und einem Spannriegel *b* gebildet, welche durch die lothrechten Hängstangen *c*, wagrechten einfachen Zuganker *d*, doppelten Zuganker *d'* und Diagonalstangen *e* unter sich zu einem steifen Ganzen verbunden sind. Der verbreiterte Fuß der Streben ist, wie sich aus dem Schnitt nach *a' b'* der Fig. 125 ergibt, zur Aufnahme des Zugankers *d* durchbohrt und ruht auf einer guß-

eisernen, mit seitlichen Ansätzen *f* versehenen Platte. Strebe und Spannriegel sind an ihrer Vereinigungsstelle in ihrer halben Höhe überblattet und mittels der Hängstange *c*, welche durch die Oeffnungen ihres Blattes gesteckt ist, vereinigt. Die Diagonalstangen *e* können in ihrem Kreuzungspunkt *g* mittels Keilen angezogen werden. Die Querverbindung der Tragrippen besteht in vier gußeisernen Stemmrohren *i*, welche durch schmiedeiserne Bolzen angepreßt werden. Eine zweite Versteifung der Rippen wird durch die Zugstangen *k*, s. Fig. 121, 123 und 124, bewirkt, welche an einem Ende durch Ringe mit den Stemmrohren *i* und am andern Ende durch Gewinde und Muttern, s. Fig. 124, mit den Füllungen *m* verbunden sind. Sowol diese Füllungen als die Spannriegel besitzen oben Ansätze, zwischen welchen die Querschwellen des Geleises festgehalten werden.

Die Brücke über die Luppe bei Leipzig in der Weisensfels-Leipziger Bahn⁵⁹) mit zwei Oeffnungen von je 12,55 Meter (40' rhl.) lichter Weite besitzt eine derjenigen der vorbeschriebenen Brücke bei Magdeburg durchaus ähnliche Konstruktion und enthält 5 Tragrippen auf die Breite der zweigeleisigen Bahn.

Von gleichfalls ähnlicher Konstruktion ist die schiefe Brücke über den Mühlgraben bei Weisensfels⁶⁰) in der thüringischen Bahn von 21,97 Meter (70' rhl.) Spannweite. Auf die Breite der Bahn sind sechs Sprengwerke verwendet, wovon jedes zwei Streben und zwei Zugstangen mehr als die Magdeburger Brücke besitzt. Die fünf mächtigen Gußstücke je einer Rippe wurden von Borfig in Berlin hergestellt. Die Sprengwerke wurden mit eisernen, 1,25 Centimeter ($1/2''$ rhl.), starken, durch Rippen verstärkten Platten abgedeckt, die auf den oberen Rändern der Sprengwerke mit kleinen Schrauben befestigt sind und die 0,3 Mtr (1' rhl.) hohe Beschotterung tragen, welche den Oberbau der Bahn aufnimmt.

Zweites Kapitel.

Die gemischteisernen Brücken.

Die in ihren Hauptsystemtheilen aus Guß- und Schmied-Eisen bestehenden oder gemischteisernen Brücken bilden den Uebergang von den durchweg aus Gußeisen zu den ganz aus Schmiedeisen konstruirten Brücken und sind theils als historische Uebergangsstufen, theils, und besonders da wo die Qualität des Gußeisens eine ausgezeichnete ist, als bis in die Gegenwart zur Ausfüh-

zung gelangende Konstruktionen anzusehen. Die seit dem Ende des vorigen und beziehungsweise dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts ausgeführten gußeisernen Bogenbrücken und schmiedeisernen Hängebrücken hatten die große Widerstandsfähigkeit des Gußeisens gegen Druck und des Schmiedeisens gegen Zug dargethan. Dagegen überzeugte man sich bei den vom Beginn der dreißiger Jahre auch in England erbauten gußeisernen Balkenbrücken bald von der geringen Zugfestigkeit des Gußeisens und der Nothwendigkeit, wenigstens die einem Zug ausgesetzten Theile der Balkenbrücken aus Schmiedeisen herzustellen. Indem man also die einem Zug, oder nur dem relativ stärksten Zug ausgesetzten Konstruktionstheile der Balkenbrücken aus Schmiedeisen herstellte und für die einem Druck oder dem nur relativ stärksten Druck ausgesetzten Theile derselben das Gußeisen als Konstruktionsmaterial beließ, entstanden die gemischteisernen Brücken.

I. Die gemischteisernen Brücken Englands und Belgiens.

Die zuerst, und zwar für englische Eisenbahnen, erbauten gemischteisernen Brücken sind theils solche, welche aus gußeisernen, der Länge nach aus 2 bis 3 Stücken zusammengesetzten und an ihren Stößen mittels schmiedeiserner Schienen aufgehängenen Barren, oder aus eigentlichen Balkenbrücken mit gußeisernem Kopf- und schmiedeisernen Fuß-Platten bestanden.

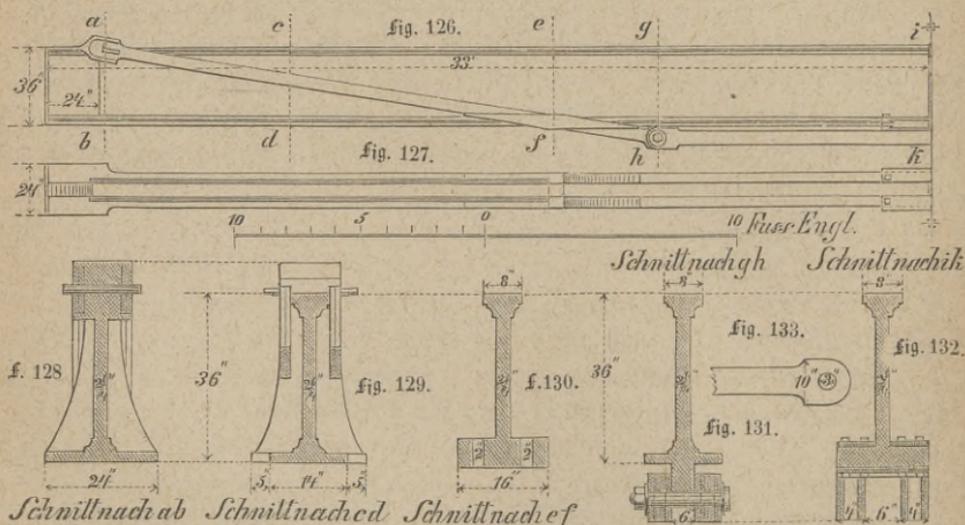


Fig. 126 bis 133. Kombinirter Träger englischer Eisenbahnbrücken.

Die erstgenannten Konstruktionen erscheinen als Kombinationen von Balken- und Häng-Brücken und finden sich bis zu 18 und 19,8 Meter (60 und

66' engl.) Spannweite auf der York- und Midland-Counties-Bahn, sowie auf der Northern- und Eastern-Bahn ausgeführt.

Fig. 126 bis 133 stellen einen solchen kombinirten, aus 2 Stücken bestehenden Träger von 19,8 Meter (66') Länge dar, woraus sich sowol die Zusammensetzung der Barrenstücke, als auch die mittels Keilen regulirbare Aufhängung der Schienen, sowie deren Vereinigung und Unterstützung der Barren durch Querbolzen ergibt.

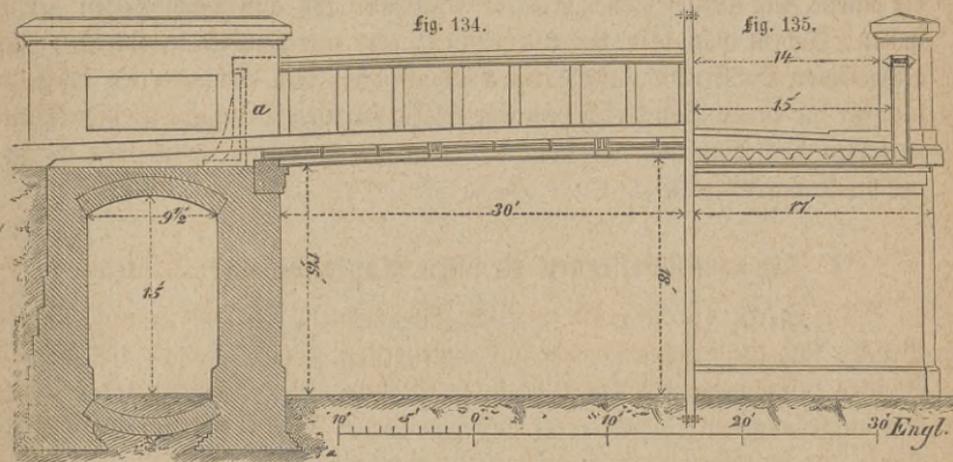


Fig. 134 u. 135. Wegbrücke über die North-Western-Bahn bei Camden.

Eine der ältesten gemischteisernen Balkenbrücken ist die von Stephenson im Jahre 1846 entworfene, in der Maschinenfabrik von Fairbairn ausgeführte, 9 Meter (30' engl.) breite Wegbrücke über die North-Western-Eisenbahn am Ende der Eisenbahnstation Camden⁶¹⁾, s. Fig. 134 bis 137, mit 18 Meter (60' engl.) Spannweite, bei welcher die Kopfplatte aus Gußeisen, die Fußplatte und die beiden 2,7 Mtr. (9' engl.) hohen Vertikalplatten aus Kesselblech bestehen. Die gußeiserne Kopfplatte *a* hat die Form eines liegenden I, die Fußplatte *b* besteht aus zwei Blechstreifen von 0,6 Meter (2' engl.) Breite, die einfachen, 0,94 Cmtr. ($\frac{3}{8}$ " engl.) starken Blechwände sind an jedem ihrer, 1,35 Mtr. ($4\frac{1}{2}$ ' engl.) entfernten Stöße durch Aufnietung von 0,3 Mtr. (1' engl.) breiten Deckplatten *c* verstärkt, mit der Kopfplatte durch Bolzen und mit der Fußplatte durch Winkelseisen verbunden. Die 9 Mtr. (30' engl.) langen, 3,45 Mtr. ($11\frac{1}{2}$ ' engl.) im Lichten voneinander entfernten gußeisernen Querbalken ruhen mit beiden Enden *f* auf den Fußplatten, stoßen stumpf an die inneren Vertikalplatten und sind an dieselben mittels dreieckiger, im Innern der Röhrenbalken angebrachter, gußeiserner Gegenstücke *g* festgebolt. Auf diesen Querbalken ruhen 3,6 Mtr. (12' engl.) lange, 1,2 Mtr. (4' engl.) breite gußeiserne Platten mit einem darüberliegenden Bohlenbelag, welche das in eine Kiesschicht versetzte Holzpflaster der Fahrbahn aufnehmen.

Ähnliche gemischteiserne Tragbalken, jedoch abweichende Konstruktion und Befestigung der Fahrbahn, besitzt die in Fig. 138—142 dargestellte Eisenbahnbrücke in der Vorstadt Gateshead von New-Castle upon Tyne⁶² mit 27 Mtr. (90' engl.) Spannweite. Die drei, unten 3 Mtr. (10' engl.) voneinander entfernten kastenförmigen Träger dieser zweigeleisigen Brücke, wovon der

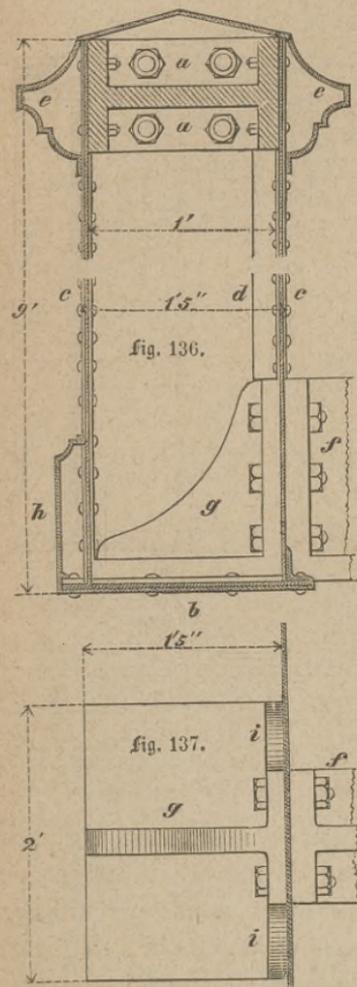


Fig. 136 u. 137. Details zur Wegbrücke über die North-Western-Bahn bei Camden.

mittlere stärker ist, haben trapezförmigen Querschnitt und den vorbeschriebenen ähnliche Kopf-, Fuß- und Seiten-Platten a, b, c. Statt der gußeisernen, wahrscheinlich zu schwer befundenen, Querbalken sind 1, 125 Mtr. ($3\frac{3}{4}$ ' engl.) voneinander entfernte hölzerne, durch je zwei Blechplatten g verstärkte, Balken verwendet, welche an 2,55 Mtr. ($8\frac{1}{2}$ ' engl.) langen, mitten durch den gußeisernen Kopf f und sie selbst hindurchgehenden, Bolzen e aufgehängt sind und die Fahrstienen direkt aufnehmen. Von ähnlicher, aber bereits entwickelterer Konstruktion ist die von Fairbairn ausgeführte zweigeleisige Eisenbahnbrücke über die Althorpe-Street, s. Fig. 143 bis 146, mit 18 Mtr. (60' engl.) Spannweite. Dieselbe schneidet die Axe der genannten Straße unter einem Winkel von 52° und besitzt 2 Kastenträger von je 0,75 Mtr. (2' 6" engl.) Breite mit 1,95 Mtr. (6' 6" engl.) hohen Seitenwänden. Der gußeiserne Kopf derselben besteht aus, mittels Vertikalplatten aneinander geschraubten, kastenförmigen Stücken mit je einer Horizontalplatte und je drei sie durchsetzenden Vertikalrippen, wodurch je drei obere und je drei untere Zellen erzeugt werden. Die schmiedeiserne Fußplatte wird durch zwei Blechlagen von 0,94 Cmt. ($\frac{3}{8}$ " engl.) Stärke, mit 0,6 Mtr. (2' engl.) breiten Deckplatten an den Stößen, jede Seitenwand aus einer Blechplatte von derselben Stärke gebildet, welche mit der

Kopfplatte direkt durch Bolzen, mit der Fußplatte durch Winkleisen und Nieten verbunden ist. Zum Schutze gegen Regen, sowie zum Schmuck sind die Kastenträger mit einer Bedachung, einem Haupt- und Sockel-Gesimse d und e aus Eisenblech versehen. Die Kastenvände sind an den Plattenstößen durch, nach außen darüber genietetete, T-Eisen und an den Aufhängungspunkten der Querträger

durch gußeiserne Rahmen *a* ausgefeist, woran die Hängebolzen *b* mittels Keilen *k* regulirbar befestigt sind. Die Querträger *e*, welche mit den Enden an diesen Hängbolzen aufgehängt sind, haben einen nach der Mitte erhöhten Querschnitt und seitliche Ansätze für die zwischen sie eingelegten Langschwellerstücke, welche einen Querböhlenbelag mit den darauf, und direkt über ihnen, liegenden Fahr- schienen aufnehmen.

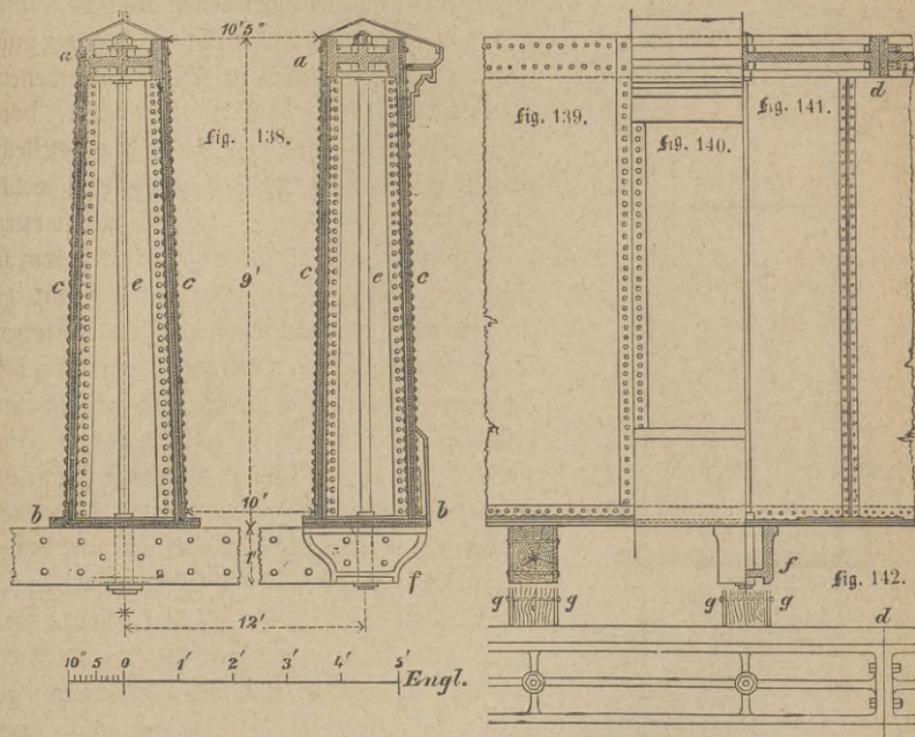


Fig. 138 bis 142. Eisenbahnbrücke der Vorstadt Gateshead von New-Castle upon Tyne.

Eine Stephenson-Fairbairn'sche Brücke von ähnlicher, aber noch einfacherer Ausbildung ist die Brücke über den Court-Street auf der Eisenbahn von Rugby nach Leamington, s. Fig. 147 u. 148, welche die erwähnte Straße unter einem Winkel von $47^{\circ} 50'$ kreuzt und drei Träger von 12,6 Mtr. (42' engl.) freiliegender Länge hat. Die beiden Seitenträger haben gleichen Querschnitt und tragen gußeiserne Geländer, während der mittlere Träger annähernd nach der Form des gleichen Widerstands nach der Mitte erhöht ist. Der gußeiserne Kopf *a* besteht aus Stücken mit umgekehrt U-förmigem Querschnitt, welche mittels Stoßflanschen untereinander verbolzt sind. Die Zusammensetzung der Fußplatte *b* und dosfirten Seitenplatten *c*, sowie die Verbindung der letztern mit der Kopf- und Fußplatte ist dieselbe wie bei der zuvor beschriebenen Brücke. Die T-Eisen *d*, welche die Stöße der Seitenplatten decken

und letztere zugleich versteifen, liegen jedoch hier nach innen. Die Fahrscienen ruhen auf Längsschwellen *h* und diese auf Querschwellen *f*, welche auf der Fußplatte liegen und an derselben durch Schraubenbolzen *e* festgehalten sind.

fig. 143. fig. 144.

fig. 145.

fig. 146.

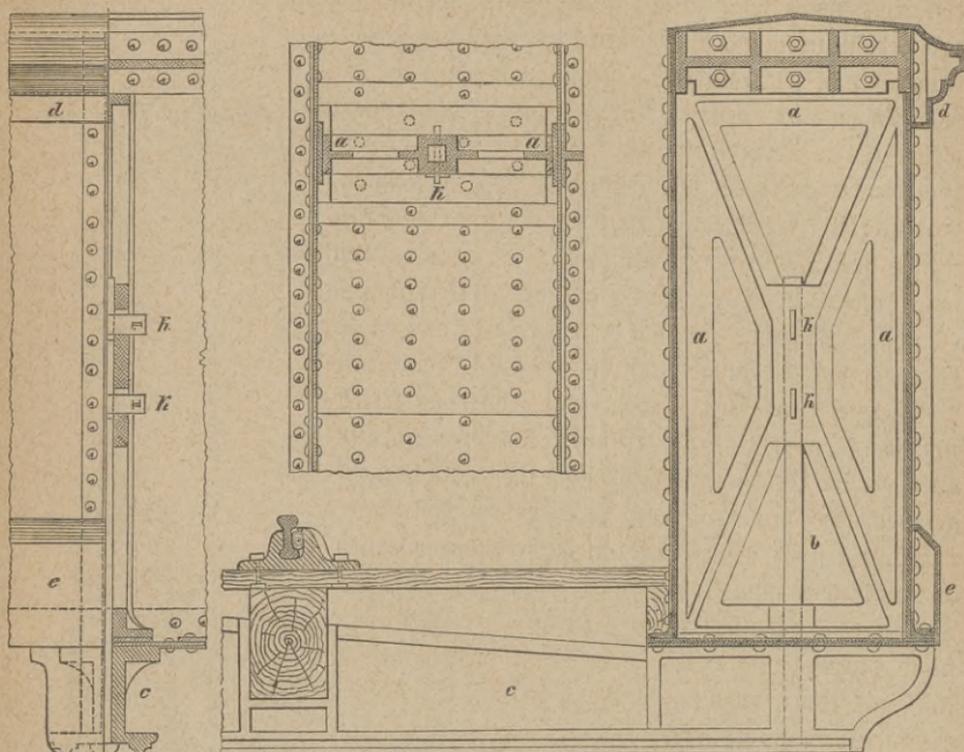


Fig. 143 bis 146. Brücke über die Althorpe-Street.

Nach dem Jahre 1846 wurde wegen der, mittlerweile durch Versuche und Erfahrungen erkannten, großen Druckfestigkeit und relativ größeren Widerstandsfähigkeit des Schmiede Eisens gegen Festigkeitsverminderung durch Erschütterungen und Stöße der gußeisernen Kopf der betrachteten Balkenbrücken durch einen entsprechend konstruirten schmiede eisernen ersetzt, insbesondere führten die Ergebnisse der im April 1847 geschlossenen Versuche, welche Stephenson vor und zum Zweck der Erbauung der Britanniabrücke hatte anstellen lassen, zu einer fast durchgängigen Anwendung des Schmiede Eisens statt des Gußeisens beim Bau englischer Blechbrücken und der, den nordamerikanischen Brücken nach dem System Town nachgebildeten, eisernen Gitterbrücken.

Eine ausgedehnte Anwendung des Gußeisens zu wesentlichen Theilen des Konstruktionsystems finden wir noch bei den, im Jahre 1846 von dem belgischen Ingenieur Neville vor Herstellung der Brücken über mehrere Kanäle

und kleinere Flüsse auf der Eisenbahn von Charleroi nach Erquelines vorgeschlagenen Brücken mit parallelen, durch Stäbe nach dem System des gleichschenkligen Dreiecks untereinander verbundenen, Gurtungen. Die von der belgischen Regierung zur Prüfung dieses Systems⁶³⁾ niedergesetzte Kommission erklärte dasselbe zwar zu Eisenbahnbrücken für anwendbar, knüpfte jedoch wegen der verhältnißmäßig großen Einsenkungen des Probeträgers, von 21,6 Mtr. Spannweite, bei den Probelastungen an dessen Anwendung Bedingungen, welche seiner Verbreitung nicht günstig waren. Trotzdem fand das Neville'sche System, außer in Belgien, Eingang in Frankreich, Deutschland und England, wo es später durch den Kapitän Warren zu dem sogenannten Warren-System ausgebildet wurde.

Die Rahmen der ersten Neville'schen Träger bestehen, wie die Detail-Figuren 168 bis 171 auf Seite 143 zeigen, aus je zwei flachen, schmiedeisernen Streckschienen *b*, welche in die seitlichen Vertiefungen gußeiserner, im Querschnitt I-förmiger Mittelstücke *a* eingelassen und mit denselben durch Schraubenbolzen *c* verbunden sind, ferner aus geneigten schmiedeisernen, an den Enden umgekröpften und aneinander liegenden Verbindungsstäben *e*, welche jene gußeisernen Mittelstücke durchsetzen, von jenen Streckschienen umfaßt und mit ihnen durch die erwähnten Schraubenbolzen gleichzeitig verbunden werden, und endlich aus je zwei horizontalen, wie die Rahmen konstruirte, Zwischengurten, welche die auf Druck angegriffenen Verbindungsstäbe vor Durchbiegung sichern sollen.

Unter die, nach diesem System in Belgien ausgeführten, Brücken gehört die, in Fig. 141—143 dargestellte, zweigeleisige Eisenbahnbrücke zwischen Charleroi und Erquelines über die Sambre⁶³⁾ von 21,6 Meter Spannweite mit fünf, 1,8 Meter im Mittel voneinander entfernten, Trägern und die schiefe, den Strom unter einem Winkel von 76° schneidende, Straßenbrücke über den Rupel zwischen Boom und Petit-Willebroeck⁶⁴⁾ mit acht Oeffnungen, wovon sechs 26,5 Meter und eine 25,43 Mtr. Spannweite haben, während die achte, zur Durchfahrt von Schiffen dienende, Oeffnung mit einer 45,3 Meter langen Drehbrücke überbaut ist.

Wie sich aus den Abbildungen der erstgenannten Brücke ergibt, ruhen

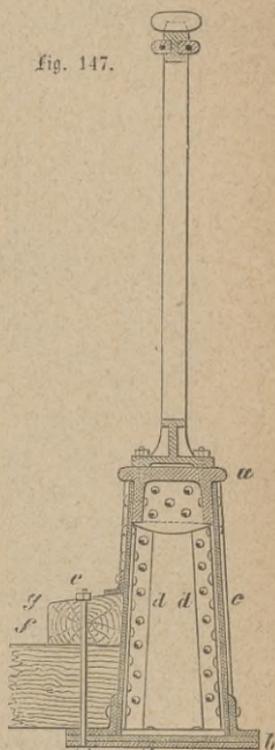


Fig. 147.

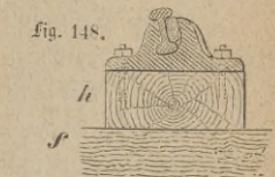


Fig. 148.

Fig. 147 u. 148. Brücke über die Court-Street in der Linie Rugby-Leamington.

auf besonderen, an die gußeisernen Füllstücke angegossenen, Ansätzen der oberen Zwischengurtung *b* der, nach obiger Beschreibung konstruirten, Träger Duer-schwellen, welche die Längsschwellen mit den Fahr-schienen und einen Längsbohlenbelag mit Beschotterung aufnehmen. Die Brückenbahn der Kupelbrücke besteht aus einem 4,35 Meter breiten Fahrweg und zwei, einschließlic des Geländers je 1 Mtr. breiten, Trottoirs, worunter der erstere von drei, 2 Mtr. von Mitte zu Mitte entfernten, Trägern unterstützt wird. — Die auf die Dauer von 24 Stunden aufgebraachte Probelastung betrug 300 Kg. für den Quadratmeter Fahrbahn und 200 Kg. für den Quadratmeter Trottoir.

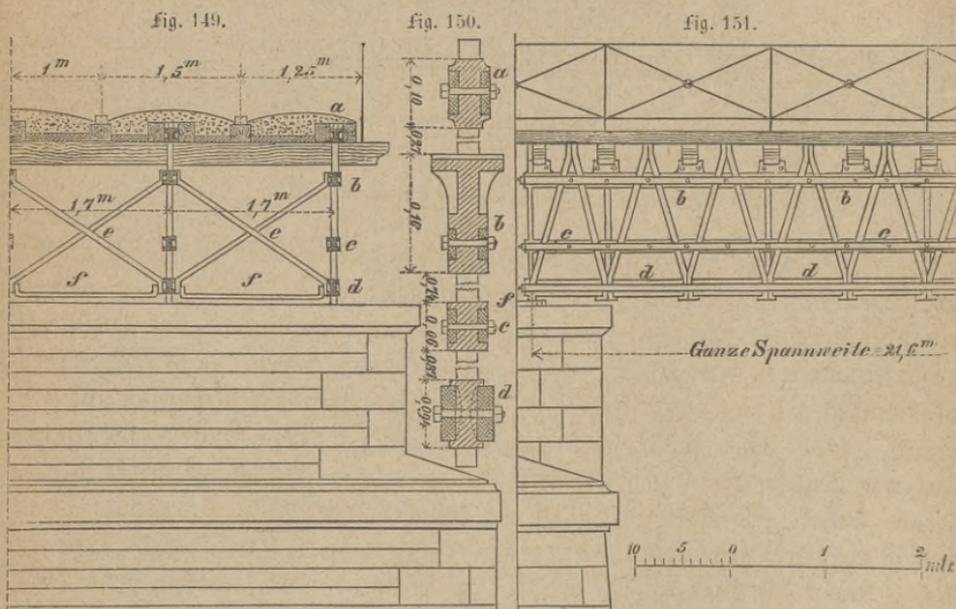


Fig. 149 bis 151. Eisenbahnbrücke über die Sambre zwischen Charleroi und Erquelines.

Obwol die Systemform der Neville'schen Träger sich auf statisch richtige Grundsätze zurückführen läßt, so erscheinen doch weder die aus Schmied- und Guß-Eisen zusammengesetzten Rahmen, noch die theils auf Druck, theils auf Zug in Anspruch genommenen und dennoch gleichstark gebildeten Verbindungsstäbe, noch die Befestigung der Bolzen mit den Rahmen, noch die entbehrlichen Zwischengurtungen als Ergebnisse einer richtigen konstruktiven Anordnung. Diese Fehler verbesserte Warren um das Ende der vierziger Jahre, indem er die Zwischengurtungen wegließ, die obere gedrückte Gurtung, sowie die auf Druck in Anspruch genommenen Stäbe aus Gußeisen, die untere gezogene Gurtung, sowie die auf Zug in Anspruch genommenen Stäbe aus Schmiedeisen bildete und die Stäbe mit den Gurtungen tüchtig verband. Auf das Patent, welches ihm für diese Konstruktionsweise ertheilt worden war, konstruirten Fox und Henderson unter Cubitt im Jahre 1851 die noch

betriebene schiefe, den Stromstrich unter einem Winkel von 30° schneidende, Brücke über den Trent bei Newark⁶⁵⁾ in der Great-Northern-Bahn, s. Fig. 152 bis 157, mit einer Oeffnung von 73,3 Mtr. ($240\frac{1}{2}'$ engl.) Weite.

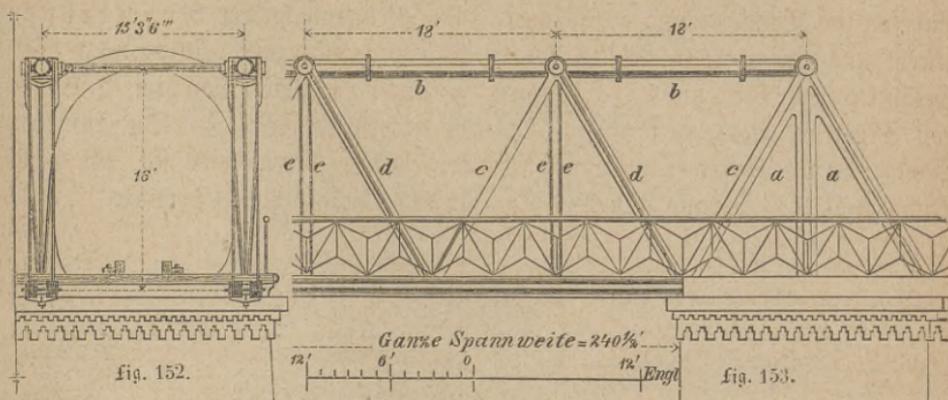


Fig. 152 u. 153. Brücke über den Trent bei Newark.

Diese Brücke besitzt zwei Geleise, deren jedes auf zwei gleichen und direkt gegenüberstehenden Tragwänden ruht, und besteht demnach aus zwei geraden, nebeneinander liegenden Brücken, welche auf abgesetzten Landspfeilern um 10 Meter gegen einander verschoben sind. Ihre Oberrahmen bestehen aus gußeisernen Röhrenstücken *b* von 34,3 Cmt. ($13\frac{1}{2}'$ engl.) äußerem Durchmesser und 3,8 Cmt. ($1\frac{1}{2}'$ engl.) Wandstärke an den Enden und 45,7 Cmt. ($18'$ engl.) äußerem Durchmesser und 6,62 Cmt. ($2\frac{5}{8}'$ engl.) Wandstärke in der Mitte, welche mittels Flanschen und Bolzen zusammengesetzt sind. Der Unterrahmen besteht aus einer Kette von 5,4 Mtr. ($18'$ engl.) langen, 22,8 Cmt. ($9'$ engl.) hohen und 2,19 Cmt. ($\frac{7}{8}'$ engl.) starken Gliedern aus Flacheseisen, deren Zahl von den Enden nach der Mitte hin von 4 auf 14 zunimmt. Die, beide Rahmen verbindenden, unter Winkeln von 60° geneigten, also gleichseitige Dreiecke bildenden Glieder sind theils gußeiserne, im Querschnitt kreuzförmige, nach oben verbreiterte und von der Mitte nach den Auflagern hin verstärkte Streben *d*, welche die Oberrahmen und Zugbänder gabelförmig umfassen, s. *a* Fig. 154 u. 155, und durch 15 Cmt. ($6''$ engl.) starke Bolzen mit den Oberrahmen, Unterrahmen und Zugbändern verbunden sind, theils schmiedeiserne, flache, oben und unten mit Desen versehene Zugbänder *c*, s. Fig. 153, welche sich an die beiden Seiten der Röhre anschließen und in den acht mittleren Feldern einfach, in den sechs Endfeldern doppelt sind. Die Tragwände endigen in gleichhohe gußeiserne, dreieckige, durch Duerbogen, s. Fig. 152, mit einander verbundene, Böcke, an deren Scheitel sie mittels starker Bolzen angehangen sind. Die Querverbindung der Tragwände besteht in gußeisernen, in den oberen und unteren Knotenpunkten angebrachten, Röhren *d*, Fig. 157, welche durch schmiedeiserne Dia-

gonalstangen e unter sich verbunden sind. Auf den Kettengliedern des Unterrahmens, welche in der Mitte noch durch je zwei vertikale 3,12 Mtr. ($1\frac{1}{4}$ " engl.) starke Hängeisen e, s. Fig. 153, und gußeiserne Unterlagen c, Fig. 155, an der Wöhre aufgehängt sind, liegen 17,5 Mtr. (7" engl.) starke Querböhlen, welche die auf Längsböhlen liegenden Fahrstienen aufnehmen. Außerhalb der beiden äußeren Tragwände befinden sich schmiedeiserne

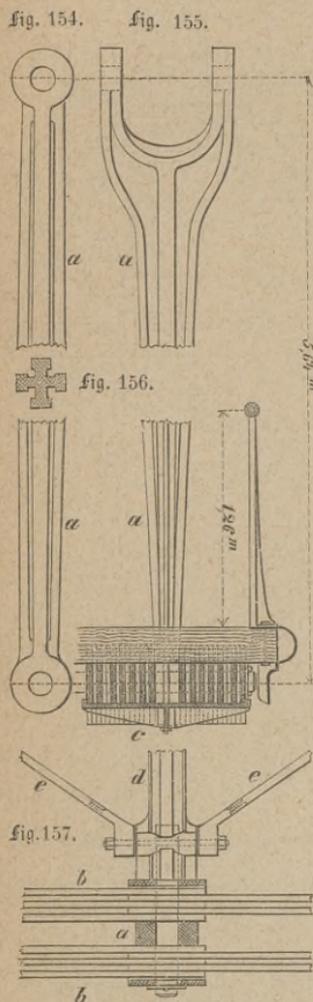


Fig. 154 bis 157. Details zur Brücke über den Trent bei Newark.

Geländer zum Abschluß der Brückenbahn, sowie Blechgesimse zur Bekleidung und zum Schutz der Querböhlen. Später nach dem Warren-System konstruirte Brückenträger, wie diejenigen, welche Piddle u. Gordon für den im Jahre 1853 begonnenen Crumlin- Viadukt in Süd-Wales entwarfen, wurden ganz aus Schmiedeisen gebildet und werden deshalb im dritten Kapitel dieses Abschnitts besprochen werden.

Unter den bedeutendsten gemischteisernen Brücken Englands für Straßen- und Eisenbahnverkehr zugleich, ist endlich das großartige, von Stephenson erbaute, Bogenhängwerk, s. Fig. 158 und 159, zu erwähnen, welches unter dem Namen High-Level-Bridge in sechs Oeffnungen von je 37,5 Mtr. (125' engl.) lichter Weite und 25,8 Mtr. (86' engl.) lichter Höhe den Tyne in New-Castle überspannt, um die, auf den hohen Ufern des Tyne gelegenen, Theile dieser Stadt mit ihrer ebenso hoch gelegenen Vorstadt Gateshead zu verbinden. Die Bahnbahnen jeder Oeffnung werden durch zwei Paar gußeiserne Bogen, mit nahezu $\frac{1}{7}$ Pfeilhöhe, getragen, von denen die beiden inneren etwa die doppelte Stärke der beiden äußeren haben und über welchen die, einschließend der Brüstung, 11,1 Mtr. (37' engl.) breiten drei Eisenbahngeleise ruhen, während unter denselben die 6 Mtr. (20' engl.) breite Straßenfahrbahn zwischen den Bogenpaaren und die je 2,55 Mtr. ($8\frac{1}{2}$ ' engl.) breiten Fußwege zwischen

deren einzelnen Bogen liegen. Die Enden der Bogen sind zur Aufhebung des Horizontalschubs durch Ketten verspannt, während die Bahnen der Eisenbahn und Straße untereinander durch je 3 Mtr. (10' engl.) voneinander ab-

bunden sind. Ueber diesen Säulen ruhen die gußeisernen Querträger, welche die hölzernen Längsbalken, den doppelten Bohlenbelag und die Fahrseilen der Eisenbahn aufnehmen; die aus einem doppelten Bohlenbelage bestehende Straßensahrbahn liegt auf hölzernen, je 1,05 Mtr. ($3\frac{1}{2}'$ engl.) voneinander entfernten, Querbalken, welche durch einen, in jeder Bogensehne angebrachten, von der Zugkette unabhängigen, gußeisernen Längsbalken unterstützt sind.

Fig. 158.

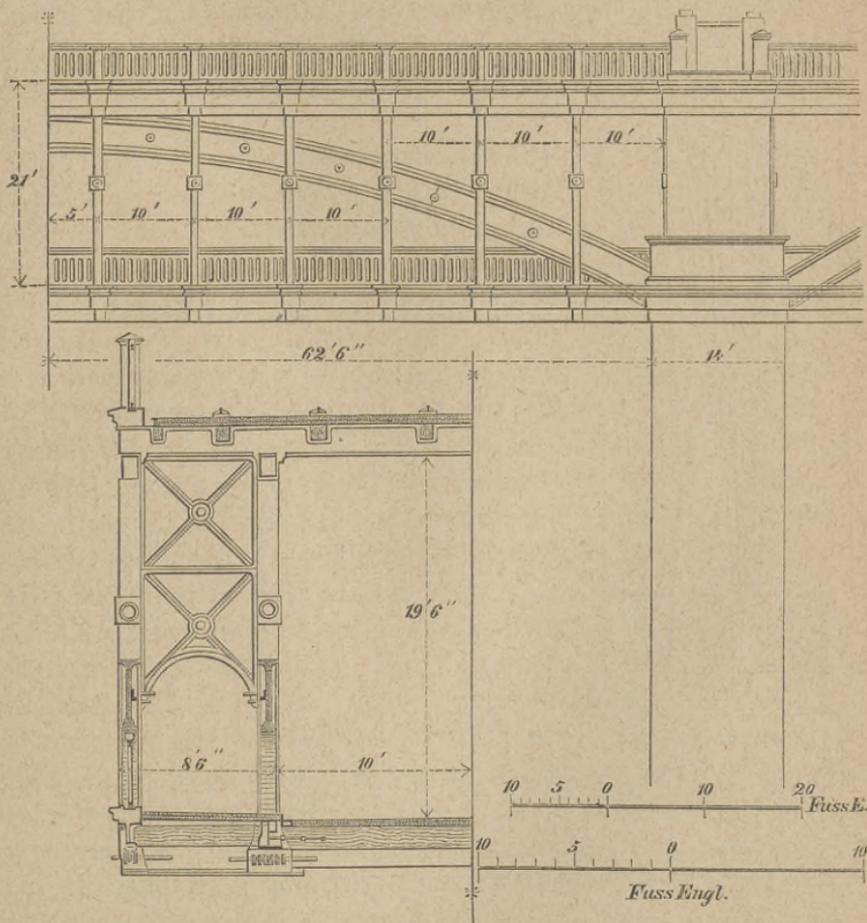


Fig. 159.

Fig. 158 u. 159. Brücke über den Tyne in New-Castle.

Außer zu Straßen- und Eisenbahn-Brücken wurden die gemischteisernen Träger auch bei Herstellung von Aquadukten verwendet. Hierzu gehört der, in Fig. 160 bis 162 dargestellte, von den Ingenieuren Georges und John Leather über den Fluß Calder bei Stanley in England erbaute Brück-Kanal⁶⁶⁾ von 47,24 Mtr. Spannweite mit zwei steifen gußeisernen

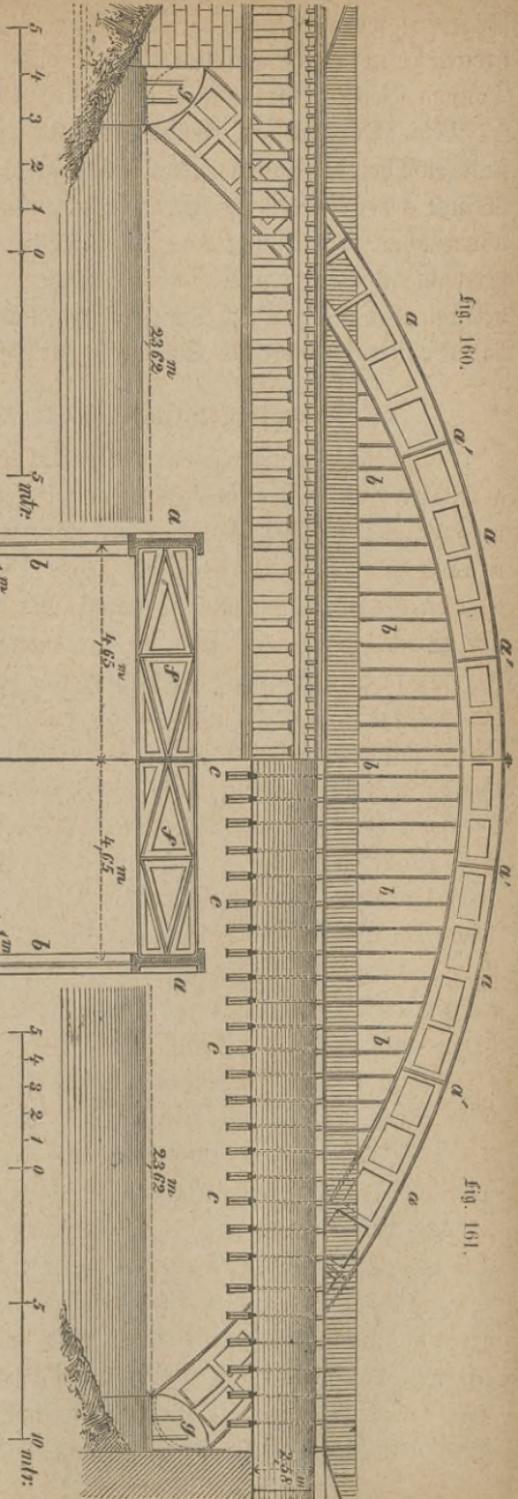


Fig. 162.

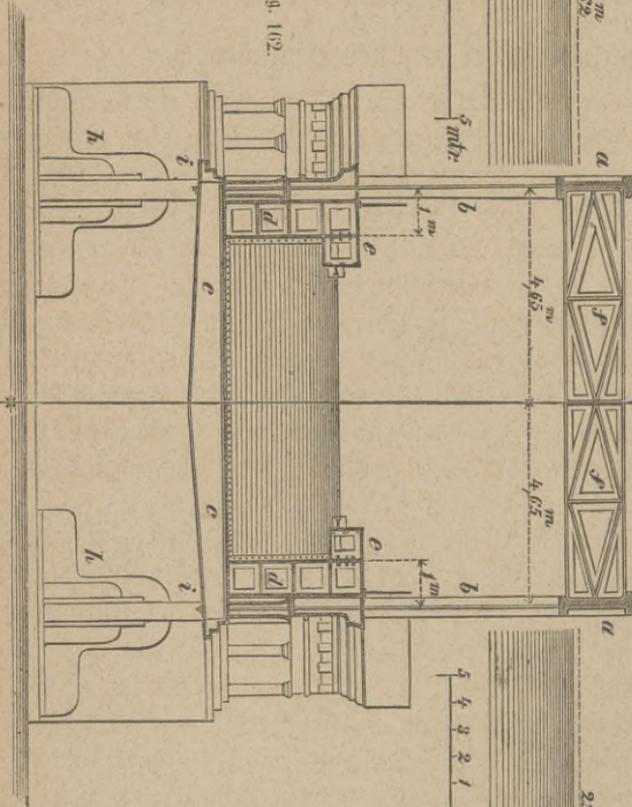
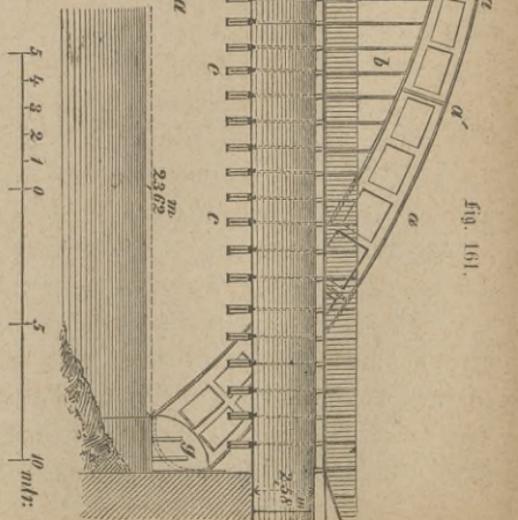


Fig. 160 bis 162. Gründ-Kanal über den Cadber bei Stantley.

Fig. 161.



Bogen a, woran das 2,75 Mtr. tiefe, 7,31 Mtr. breite mit zwei, je 1 Mtr. breiten Leinpfaden e versehene, für Seeschiffe von 2,13 Mtr. Tiefgang und 122 Tonnen Gehalt bestimmte Kanalbett mittels schmiedeiserner Zugstangen b von 57 Mm. Durchmesser, welche durch die Achsen der Säulen gehen und mit dem unteren Theil der gußeisernen Querträger c verbunden sind, aufgehängt ist. Die Wände d des Kanalbetts bestehen aus gußeisernen Platten von 19 Mm. Stärke, vor welchen nach Außen eine Kolonnade dorischer Ordnung angebracht ist. Das Gewicht des von dem Kanalbett zwischen den Stützpunkten getragenen Wassers beträgt 955,000 Kg., das Gewicht eines jeden Hängbogens 102,600 Kg., das Gesamtgewicht des Schmied- und Guß-Eisens 772,000 Kg.

II. Die gemischteisernen Brücken Deutschlands.

Die ersten gemischteisernen Brücken, welche in Deutschland zur Ausführung gelangten, waren die im ersten Kapitel dieses Abschnitts, Seite 102, bereits erwähnten Reichenbach'schen Bogenhängwerkbrücken, unter welchen die von Hoffmann und Madersbach im Jahre 1837 erbaute Brücke über die Eserna bei den Herkulesbädern nächst Mehadia in Ungarn gehört, welche sich jedoch ebensowenig wie die ihr nachgebildeten Brücken bei Lugos und Karansebes konstruktiv bewährten. Zu größerer praktischer Bedeutung gelangten die seit dem Jahre 1835 von Laves zunächst in Holz ausgeführten Träger mit gebogenen Rahmen, welche später theils in Guß- und Schmied-Eisen, theils, wie bei der im Jahre 1838 über die Einmündung des oberländischen Hafens in Bremen erbauten Drehbrücke, in Schmiedeisen allein nachgebildet wurden.

Unter die gemischteisernen Beispiele dieses Systems gehört die im Jahre 1839 im königlichen Gärten zu Herrenhausen erbaute, 24,53 Meter (84' hann.) lang und 5,84 Mtr. (20' hann.) breite Fahrbrücke mit sechs Tragrippen, deren Stemmgurten aus je sieben gußeisernen Röhren von 3,5 Mtr. (12' hann.) Länge, 4,58 Cmtr. (6" hann.) Durchmesser und 0,6 Cmtr. ($\frac{1}{4}$ " hann.) Wandstärke, und deren je sieben Spanngurten aus schmiedeisernen, 3,5 Meter (12' hann.) langen, 7,29 Cmtr. (3" hann.) breiten und 1,52 Cmtr. ($\frac{5}{8}$ " hann.), durch Bolzen verbundenen, starken Schienen bestehen. Die Pfeilhöhe der Stemmgurte und Spanngurte beträgt beziehungsweise 1% und $3\frac{1}{2}$ % der Spannweite. Das Gewicht des Brückenkörpers an Guß- und Schmied-Eisen beträgt 259 Ctn., also etwa 3 Ctn. für den laufenden Fuß.

Eine in ästhetischer Beziehung treffliche Ausbildung hat dieses System bei der von Persius entworfenen und im Jahre 1842 ausgeführten gemischteisernen Laufbrücke zur Verbindung der Kaiserstraße mit dem Wilhelmsplatz über den Stadtkanal zu Potsdam⁶⁷⁾, s. die Fig. 163—167, von 12,35 Mtr. (39' 4" pr.) Spannweite und 2,67 Mtr. (8' 6" pr.) Breite erfahren.

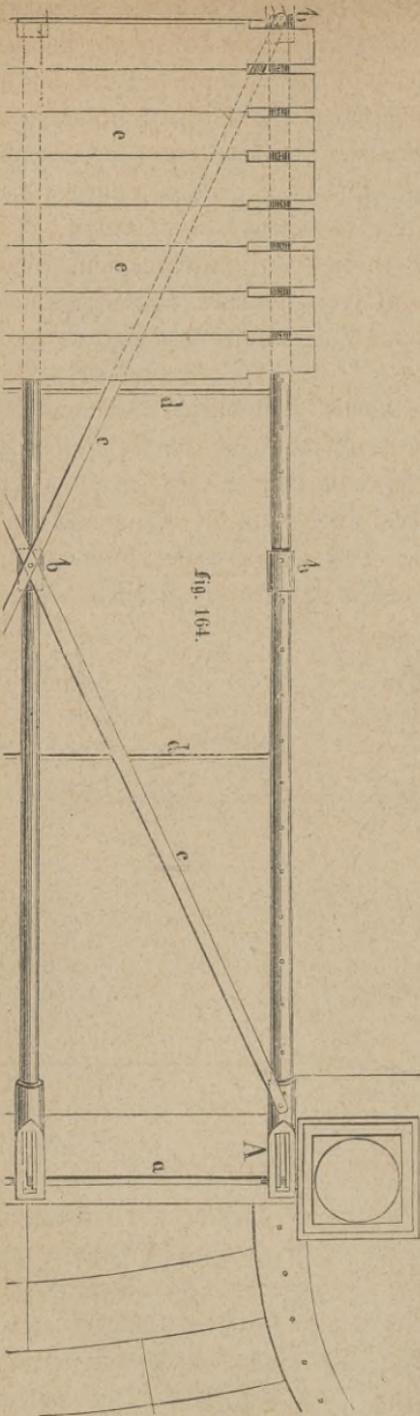
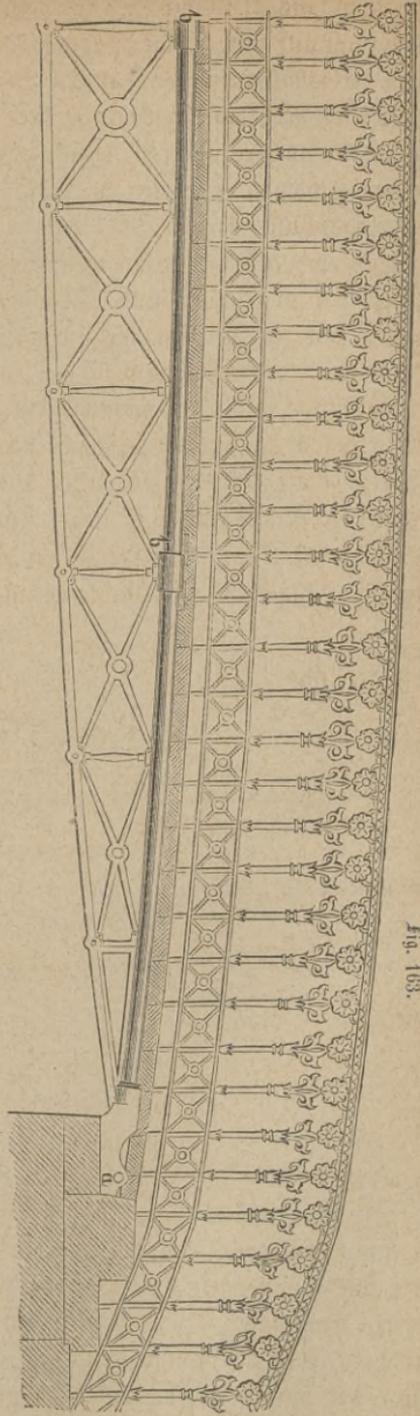


fig. 163 u. 164. Fußbrücke über den Stachkanal zu Potsdam.



Die aus 7,8 Cmt. (3" pr.) starken Querböhlen gebildete Fußbahn derselben ruht auf drei Trägern, deren obere, einem Druck ausgesetzte Rahmen mit einem Kreishalbmesser von 50,24 Mtr. (160' pr.) beschrieben und aus je vier gußeisernen Röhrenstücken mit je drei überschobenen Muffen b zusammengesetzt sind, während ihre unteren, ebenso gekrümmten Rahmen aus doppelten schmiedeisernen Schienen bestehen. Beide Rahmen sind an ihren Enden durch gußeiserne Widerlagschuhe, s. Fig. 167, verbunden, in welche die Endröhren des Oberrahmens eingelassen und an welche die Enden der Unterrahmenschienen mittels Querbolzen angehängt sind. Die Vertikalverbindungen beider Rahmen sind zwischen den Zugschienen an durchgehende Querstangen befestigt und mit den Druckröhren, welche sie durchsetzen, bei b, s. Fig. 165, verschraubt. An diese Vertikalstützen sind die zwischen den Rahmen befindlichen Versteifungskreuze mittels besonderer schmiedeiserner Lappen und die nach der Breite der Brücke angeordneten Versteifungskreuze mittels umgekröpfter Enden angeschraubt. Ueber den Röhrenrahmen liegen zwei Windkreuze aus Flachschienen. Ein reiches, gußeisernes Geländer c, s. Fig. 164, sowie je zwei an den Treppenaufgängen angebrachte Postamente mit hohen Kandelabern zieren die Brücke.

Fig. 165.

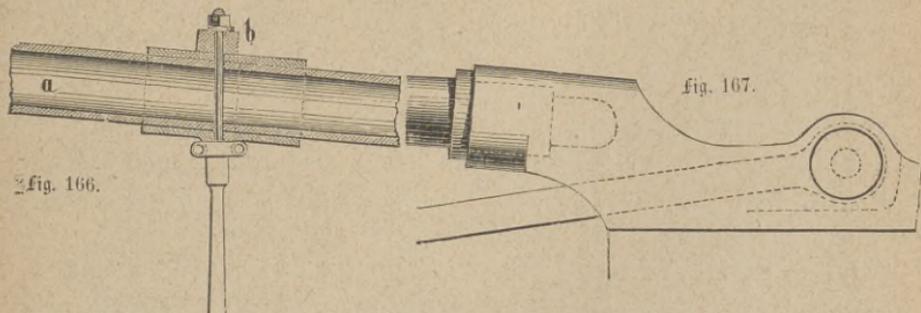
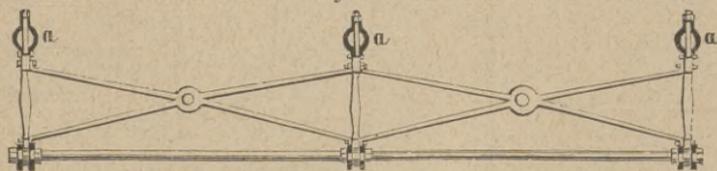


Fig. 165 bis 167. Details zur Fußbrücke über den Stadtkanal zu Potsdam.

Beim Eisenbahnbau fanden in den vierziger Jahren hauptsächlich diejenigen gemischteisernen Brücken Anwendung, welche nach dem Prinzip der Hängwerke mit gußeisernen, polygonalen oder gekrümmten Oberrahmen, schmiedeisernen wagrechten Unterrahmen und lothrechten Hängstangen oder auch nach dem Prinzip der Sprengwerke mit gußeisernen polygonalen oder gekrümmten Stützbogen und schmiedeisernen Zugstangen zur Vernichtung des Horizontalschubs gebildet waren.

Zu den ersteren gehören mehrere, in den Jahren 1843 bis 1845 erbaute Brücken der badischen Eisenbahn, worunter die im ersten Kapitel dieses Abschnitts, Seite 125, beschriebene Brücke über die Alb bei Beierthheim mit geraden gußeisernen Streben und Spannriegeln, wagrechten und lothrechten schmiedeisernen Zugstangen, ferner die auf Seite 124 dargestellte Brücke über die Kensch bei Kensch en mit gußeisernen, mittels lothrechtcr, schmiedeiserner Hängstangen verbundenen, Gurtungen, deren obere gebogen, deren untere wagerecht ist, hervorzuheben sind. Zu den letzteren gehören die um dieselbe Zeit auf preussischen Bahnen mehrfach ausgeführten und im ersten Kapitel dieses Abschnitts, Seite 126 und 127, beschriebenen Sprengwerke mit geraden Streben und Spannriegeln aus Gußeisen, sowie wagrechten und lothrechten Zugstangen mit eingeschalteten Diagonalstangen aus Schmiedeisen.

In das Jahr 1846 fällt die Erbauung der ersten, in dem dritten Kapitel dieser Abtheilung beschriebenen, eisernen Gitterbrücke auf der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn über die Reife bei Guben, mit Gurtungen aus Vignoles-Schienen und flachen, untereinander verflochtenen Gitterstäben, welche Veranlassung zur Herstellung auch gemischteiserner Gitterbrücken mit gußeisernen OVERRAHMEN, schmiedeisernen Unterrahmen und Gitterstäben wurde. Hierher gehört die, im zweiten Geleise der Köln-Mindener Bahn über die Ruhr bei Altstaden erbaute, Gitterbrücke, welche, da die gemischteisernen Gitterbrücken nur eine sehr vorübergehende Entwicklungsstufe in der Konstruktion der eisernen Gitterbrücken bilden, im dritten Kapitel dieses Abschnitts beschrieben ist. In der zweiten Hälfte der vierziger Jahre wandte man sich bereits dem Bau der durchweg schmiedeisernen Gitterbrücken zu, wie bei der im Jahre 1848 erbauten Brücke über die Saale bei Grizehna in der Magdeburg-Leipziger Eisenbahn.

In der zweiten Hälfte des vierziger Jahrzehnts gelangten dagegen gemischteiserne Brücken nach dem auf Seite 132 bis 134 betrachteten System des belgischen Ingenieurs Neville, vorzugsweise in Oesterreich, zur Ausführung, worunter die in Mähren auf der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn über den Betsch bei Prerau⁶⁸⁾ erbaute Brücke mit fünf Oeffnungen von 19,91 Meter (63' österr.), die in Gumpendorf bei Wien über die Wien erbaute Brücke von 20,22 Meter (61' österr.) Spannweite, die gleichfalls über die Wien führende Brücke vor dem Karolinenthor in Wien mit 36,17 Meter (114 $\frac{1}{2}$ ' österr.) Spannweite und die Brücke über die Elbe bei Leitmeritz mit fünf Oeffnungen von 40,92 Meter (129 $\frac{1}{2}$ ' österr.) Spannweite hervorzuheben sind.

Die erstgenannte Brücke über den Betsch bei Prerau besteht aus fünf abgesetzten Ueberbrückungen, deren jede drei Tragwände für ein Geleise besitzt. Diese Tragwände werden, außer von den Gurtungen und deren Verbindungs-

stäben, von zwei horizontalen Zwischengurtungen gebildet, auf deren oberer die Querschwellen mit den Langschwellen und Fahrseilen und einem Bohlenbelag ruhen, und deren untere, wegen der nach den Auflagern hin zunehmenden Anspruchnahme der Streben, nur in der Nähe dieser Auflagern angebracht, also in der Mitte weggelassen sind. Die Dicke der Stäbe beträgt nach der Breite der Brücke 3,29 Cmt. (15'' österr.), während ihre Breite nach der Länge der Brücke von 3,96 Cmt. (18'' österr.) in der Mitte derselben bis zu 5,27 Cmt. (24'' österr.) an den Auflagern derselben wächst. Die Querverbindungen der Tragwände bestehen in Horizontal- und Diagonalstäben, welche durch Verstrebenungen derselben an den Auflagern unterstützt werden. Die Verbindungen der Stabenden mit den Streckseilen und gußeisernen Füllungsstücken ergeben sich aus den Fig. 168 bis 171 und zeigen ein noch unvollkommenes Verständniß der in diesen Trägern sich vollziehenden Uebertragung der angreifenden Kräfte, sowol durch die Gurtungen von ihren Enden nach ihrer Mitte, als auch durch die abwechselnd gedrückten und gezogenen und dennoch gleichartig behandelten Stäbe von der Mitte nach den Auflagern.

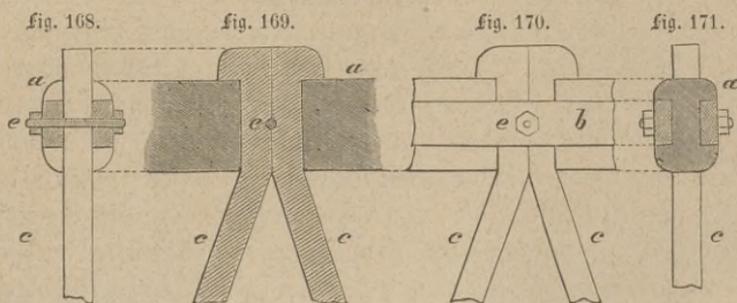


Fig. 168 bis 171. Details der Brücke über den Detsch bei Pörrau.

Muß schon die hier angewandte Kombination des Guß- und Schmied-Eisens hinsichtlich deren verschiedener Längenveränderungen bei Temperaturwechsel bedenklich erscheinen, so erweist sich die Einschaltung der gußeisernen Füllstücke auch in der unteren, nur einem Zug ausgesetzten, Gurtung als vollkommen unnütz. Außerdem bieten weder die Querbolzen, noch die schwachen Umkröpfungen der Stäbe am Inneren der Gurtungen die erforderliche Festigkeit der Verbindung der Gurtungen mit den gedrückten Stäben. Die Verbesserung dieser Fehler erfolgte durch das auf Seite 134 bis 136 betrachtete Warren-System in England, welches ebensowol auf gemischteiserne, als auf rein schmiedeiserne Brückenträger angewandt wurde und auch in Deutschland beim Bau der im dritten Kapitel dieses Abschnitts beschriebenen, schmiedeiserne Brücke über die Lahn bei Oberlahnstein in den Jahren 1863 und 1864 eine weitere Ausbildung erfahren hat.

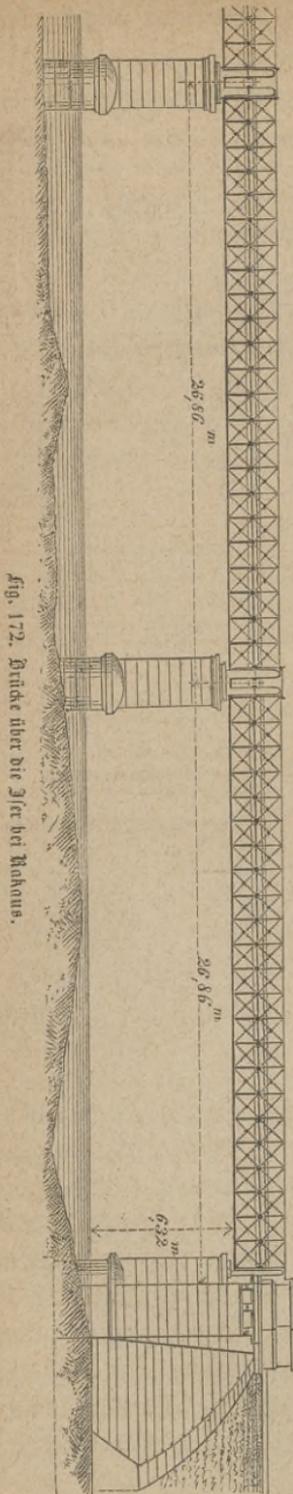


fig. 172. Brücke über die Jser bei Rakaus.

Auf die gemischteisernen Neville-Brücken folgten in Deutschland die gemischteisernen, nach Schiffhorn's privilegirtem sogenanntem kompensirtem Kreuzverspannungs- und Verstrebungssystem ausgeführten, Brücken, wozu die während der Jahre 1857—1858 in der Linie der Süd-Norddeutschen Verbindungsbahn erbaute eingleisige Brücke über den Jserfluß bei Rakaus⁶⁹⁾ in der Nähe der Stadt Turnau, s. die Figuren 172 bis 182, gehört.

Diese Brücke hat sieben Oeffnungen von je 24,65 Mtr. (78' österr.) lichter Weite mit, über den Pfeilern abgesetzten, Ueberbrückungen. Jede dieser letzteren besteht wieder aus drei gekuppelten Tragwänden auf jeder Seite, welche durch niedrigere, ihnen ähnlich konstruirte, Traversen verbunden sind. Ueber diesen liegen zwei Längsschwellen, welche die Querschwellen mit den Fahrstienen und dem Bohlenbelag aufnehmen. Jede der erwähnten Tragwände wird durch zwei übereinander liegende Kreuzreihen gebildet, deren obere, mittlere und untere Längenverbindung aus wagerechten doppelten Längenschienen, deren Höhenverbindung aus einfachen lothrechten Hängbolzen- und deren Kreuzverbindungen aus gußeisernen, in den Kreuzungspunkten stumpf zusammenstoßenden, durch gemeinschaftliche schmiedeiserne Centrubolzen verkuppelten Streben bestehen.

Zur Vermehrung der Druckfestigkeit sind gußeiserne Füllstücke auch in die obere Gurtung eingelassen. Mit Hilfe der schmiedeisernen Längenverbindungen sollen durch das Anziehen jener Hängbolzen die eingeschalteten Gußeile in gegenseitigen Schluß gebracht und hierdurch die gleichmäßige Anspruchnahme aller Bestandtheile oder deren „Kompensation“ erreicht werden. Eine ähnliche Kompensation wird in den Traversen beabsichtigt, deren gußeiserne, mit Centrubolzen versehene Kreuzverbindungen durch je zwei obere und untere Längenschienen und je zwei Hängbolzen unter sich verspannt werden. Eine Seitenversteifung wird

durch wagerechte, zwischen den oberen Rahmen der Traversen angebrachte diagonale Zugstangen bewirkt.

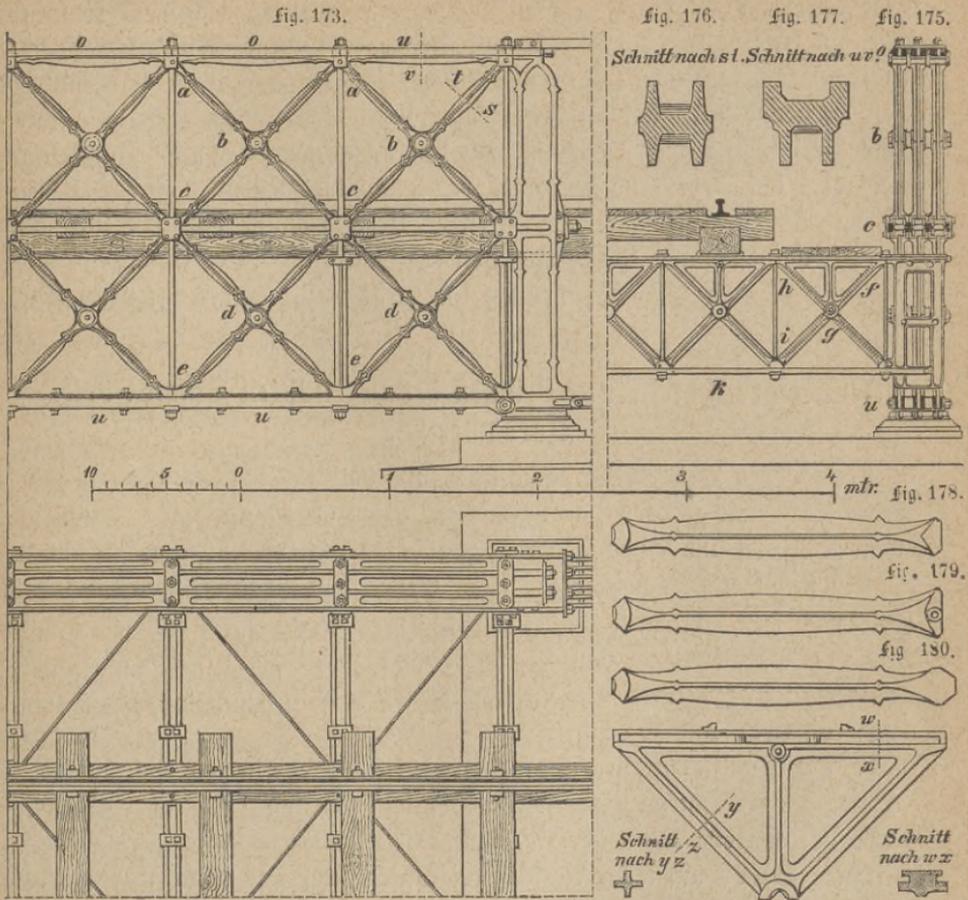


Fig. 173. Fig. 174. Fig. 175. Fig. 176. Fig. 177. Fig. 178. Fig. 179. Fig. 180. Fig. 181. Fig. 182 a. Fig. 182 b.

Fig. 173 bis 182. Details der Brücke über die Isar zu Rukaus.

Obwol nach diesem System zahlreiche Brücken auf österreichischen Eisenbahnen ausgeführt sind, so erscheint, von den durch Erschütterungen und Stöße allmählig bewirkten Festigkeitsverminderungen des Gußeisens abgesehen, die Verbindung und Dimensionirung der Konstruktionstheile nicht genügend und das Material dieser Träger den zu übertragenden Kräften nicht entsprechend vertheilt; auch beeinträchtigen Erscheinungen, wie der am 4. März 1868 plötzlich erfolgte Einsturz⁷⁰⁾ eines 56,9 Meter (180' österr.) langen, nach dem Schifforn'schen System gebauten, Brückensfeldes der Brücke über den Pruth in der Lemberg = Czernowitzer Eisenbahn, ungeachtet der Vorzüge leichter Zusammensetzung und gefälligen Aussehens, das Zutrauen zu diesem System.

Nach dem Votum des zur Begutachtung dieses Brückeneinsturzes aus Mitgliedern des österreichischen Ingenieurvereins niedergesetzten Comités erfolgte derselbe durch die allzugroße Inanspruchnahme einzelner Theile, wobei als nachtheilige Anordnungen des Systems die gleichzeitige Anwendung des bei Temperaturveränderungen sich verschieden verlängernden Guß- und Schmied-Eisens, die große Zerstückelung der Stemmgurten und Kreuzstreben, und mangelhafte Verbindung dieser letzteren mit den Spannunggurten bezeichnet werden. Ferner wird als Uebelstand hervorgehoben, daß die Brücken nach dem Schifhorn'schen System fortwährender, strenger Ueberwachung bedürfen und auf Grund der vorgenannten Mißstände von der Majorität dieses Comités Schifhorn'sche Brücken zu Eisenbahnbrücken im Prinzip für unbedingt verwerflich erklärt.

III. Die gemischteisernen Brücken der Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Die eisernen Brücken Nordamerika's sind vorwiegend Balkenbrücken, und entweder solche mit geraden parallelen Gurtungen oder mit einer gekrümmten, gewöhnlich oberen und einer geraden, gewöhnlich unteren Gurtung. Die erstgenannten sind theils Nachbildungen ihrer Gitter- und Fachwerk-Konstruktionen in Holz nach den Systemen Long und Howe, theils Fortbildungen derselben, wie die Parallelträger von Wendel Bollmann und Albert Fink, theils Fortbildungen ihrer Bogen-Konstruktionen in Holz nach den Systemen Burr, Thayer und Brown.

1. Die gemischteisernen Parallelträger. Die hölzernen Parallelträger der Vereinigten Staaten Nordamerika's entwickelten sich, merkwürdig genug, aus dem von Europa dahin übertragenen hölzernen Bogenträger, welchen der Amerikaner Burr mit einer Versteifungskonstruktion ausgefüllt und dadurch dessen Tragfähigkeit erhöht hatte. Dieses, durch die von ihm bereits im vorigen Jahrhundert ausgeführte Bogenhängwerkbrücke über den Delaware bei Trenton repräsentirte System, welches gleichsam den Uebergang von den europäischen Bogen-Konstruktionen Gauthey's und Wiebeking's zu den amerikanischen Gitter- und Fachwerk-Konstruktionen bildet, gab nämlich in früher Zeit Veranlassung zur Herstellung von hölzernen Bogenkonstruktionen, bei welchen zur Verstärkung der mit den Streckbalken verbundenen Bogenenden, der Bogen nicht bis zu den Streckbalken herabgeführt, sondern flacher gestaltet und mit dem letzteren durch eine Versteifungskonstruktion aus Pfosten und Streben verbunden wurde. Die Brücke über den Desplain bei Joliet, auf dem Verbindungskanal des Michigan-See mit dem Illinois giebt ein frühes Beispiel dieser Modifikation und bildet den Uebergang von den Bogen- zu den eigentlichen Gitter-Brücken (truss bridges) der Amerikaner,

welche statt jenes oberen flachen Holzbogens einen geraden Streckbaum erhielten und schon frühe sehr verbreitet waren, deren Erfinder aber unbekannt ist. Die 36,57 Mtr. (120' engl.) weiten Soche der, über eine Meile langen, Brücke über den Potomac bei Washington sind mit dieser Veränderung erbaut und besitzen zwei parallele Rahmen, welche durch Pfosten und, nach den Auflagern hin abwärts geneigte, Streben verbunden sind. Die Verbindungen dieser Theile, welche sich als unzureichend erwiesen, verbesserte nach und nach der Colonel Stephen Long, indem er, zwischen den doppelten Pfosten durchgesteckte und mit denselben durch Holznägel verbundene, Gegenstreben hinzufügte, die Pratt später, jedoch ohne praktischen Erfolg, durch schmiedeiserne Bänder ersetzen wollte. Da diese Gegenstreben auch auf Zug zu widerstehen vermochten, so nannte Long diese Brücken suspension bridges und nahm darauf im Jahre 1839 ein Patent⁷¹⁾, welchem er im Jahre 1841 eine Beschreibung⁷²⁾ seiner Brückenkonstruktion folgen ließ. Der erste Schritt von der ausschließlichen Anwendung des Holzes zu der gleichzeitigen Anwendung des Holzes und Eisens beim Bau der Parallelträger wurde von Howe gethan, welcher die hölzernen Pfosten der Long'schen Brücken durch schmiedeiserne Zugstangen ersetzte und die Verbindung dieser mit den Streben, Gegenstreben und Streckbäumen durch einen eichenen Klotz bewirkte, dem später ein gußeiserner Schuh substituirt ward.

Eine vollständige Nachbildung des Howe'schen Fachwerträgers in Eisen zeigt die in den Figuren 183 bis 191 dargestellt Straßenbrücke⁷³⁾ über einen Kanal in der Lehigh Avenue in Philadelphia mit einer Spannweite von 30,48 Mtr. (100' engl.), zwei Fahrwegen von 5,79 Mtr. (19' engl.) und zwei Fußwegen von 2,74 Mtr. (9' engl.) Breite. Die Verkehrsbahn wird von drei gleichen, 2,28 Mtr. (7½' engl.) hohen, 6,09 Mtr. (20' engl.) im Mittel von einander entfernten, in je 20 Felder von 1,56 Mtr. (5' 1½" engl.) Länge getheilten Fachwänden getragen, deren obere Gurtung aus, in Längen von je drei Feldern stumpf gestoßenen und verschraubten, Gußeisenstücken a mit umgekehrt U-förmigem Querschnitt und deren untere Gurtung aus vier, in ihren versetzten Stößen durch einseitige Laschen gedeckten, 10 Cntr. (4" engl.) hohen, 1,25 Cntr. (½" engl.) starken Flachstäben b besteht. Die im Querschnitt kreuzförmigen, bisweilen auch ringsförmigen, Haupt- und Gegenstreben d und e, welche bei kleineren Howe'schen Brücken gewöhnlich aus Gußeisen gebildet sind, bestehen hier aus Schmiedeisen und stemmen sich mit ihren oberen Enden gegen Ansätze der oberen, mit ihren unteren Enden gegen gußeiserne Blöcke auf der unteren Gurtung. Die lothrechten Hängstangen c sind paarweise angebracht und haben in allen Feldern einen Durchmesser von 3,75 Cntr. (1½" engl.) Auf jedem Feld der unteren Gurtungen liegen zwei Querschwellen, welche, wie der halbe Querschnitt in Fig. 183 zeigt, acht stärkere Längschwellen für jede Fahrbahn und vier schwächere Längschwellen für jede

eine Straßenbrücke über den Rock-Creek⁷⁵⁾ zwischen Washington und Georgetown mit einer Oeffnung von 35,35 Mtr. (116' engl.) Spannweite und die Eisenbahnbrücke über den Passaic bei Newark der Morris- und Essex-Bahn⁷⁶⁾ mit drei Oeffnungen zu je 18,29 Mtr. (60' engl.) Spannweite.

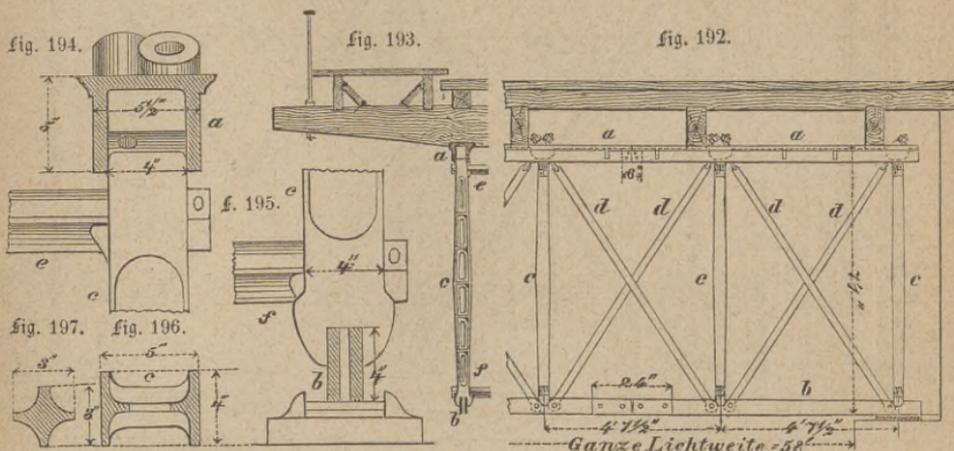


Fig. 192 bis 197. Wegüberführung über die New-Jersey-Bahn in Bergen.

Die zuerstgenannte Wegüberbrückung in der Stadt Bergen besitzt drei vollkommen gleiche, 2,13 Mtr. (7' engl.) hohe, 2,74 Mtr. (9' engl.) von einander entfernte, in je 13 Felder von 1,4 Mtr. (4' 7 1/2" engl.) getheilte Träger, deren obere Gurtung aus, im Querschnitt umgekehrt U-förmigen, zwischen den Pfosten gestoßenen, an den Stößen durch kurze gebogene schmiedeeiserne Platten gedeckten, gußeisernen Stücken a und deren untere Gurtung aus zwei Flachstäben b von 10 Cmtr. (4" engl.) Höhe und 1,25 Cmtr. (1/2" engl.) Stärke besteht. Die gußeisernen Vertikalpfosten c haben einen theilweise durchbrochenen I-förmigen Querschnitt, s. Fig. 196, und sind mit ihrem oberen Ende in die obere Gurtung eingesetzt, s. Fig. 194, während die untere Gurtung in ihr unteres Ende eingelassen ist, s. Fig. 195. An beide Enden sind durchbohrte Verstärkungen angegossen, welche die aus wagrechten Querstäben e und f mit kreuzförmigem Querschnitt, s. Fig. 197, und diagonalen Spannbolzen bestehenden Seitenversteifungen aufnehmen. Die lothrechten, zwischen den Seitenrippen der oberen Gurtung und den Flachschienen der unteren Gurtung angebrachten Diagonal-Zugbänder d sind an den unteren Enden durch Desen und Bolzen, an den oberen Enden durch Schrauben, mittels deren sie zugleich gespannt werden können, gehalten. Auf den oberen Gurtungen liegen Querschwellen, auf welchen die Langschwellen mit dem Querbohlenbelag der Fahrbahnen und Bankette ruhen.

Die um 1,07 Mtr. (3 1/2' engl.) in der Mitte gesprengte Brückenbahn

der Rock-Creek-Brücke, s. Fig. 198 bis 208, wird durch die Tragrippen in zwei zu 3,66 Mtr. (12' engl.) breite Fahrbahnen und zwei nach Außen liegende je 1,52 Mtr. (5' engl.) breite Fußbahnen abgetheilt.

Fig. 198.

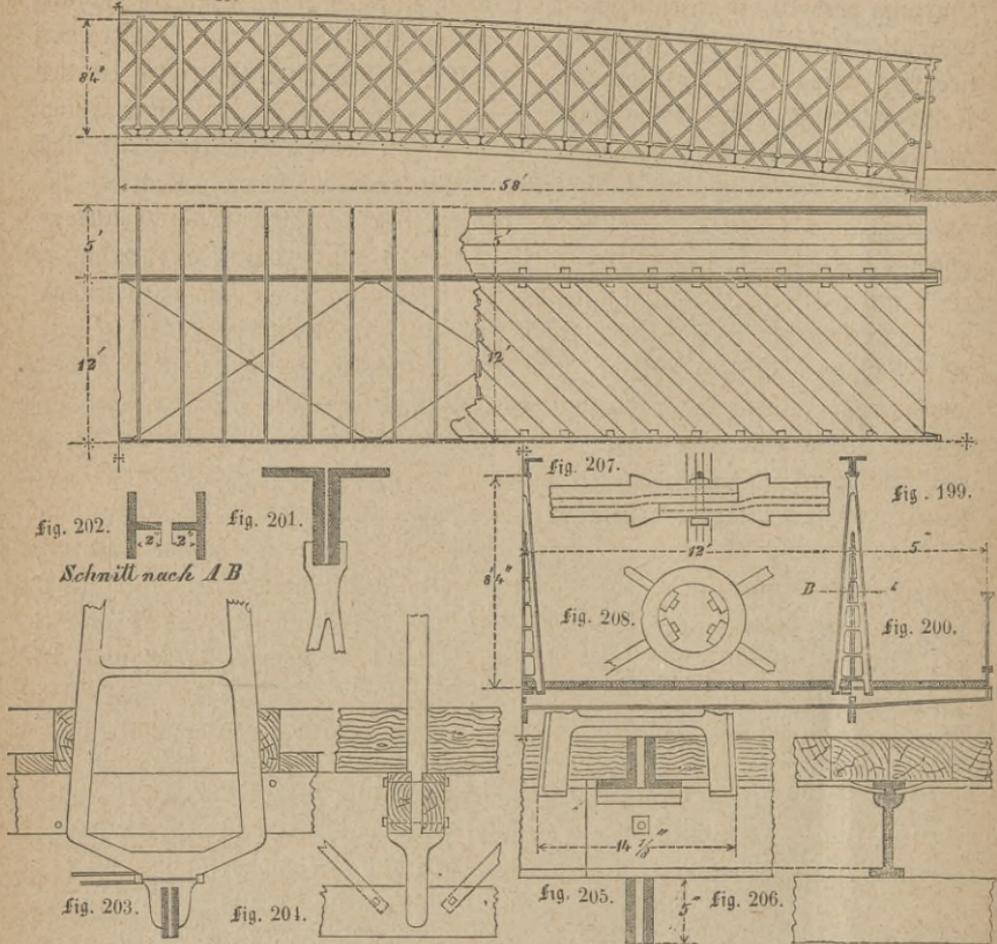


Fig. 198 bis 208. Straßenbrücke über den Rock-Creek zwischen Washington und Georgetown.

Die Tragrippen haben einen gußeisernen, aus zwei Winkleisen gebildeten Kopf, s. Fig. 200 und 201, und einen aus zwei schmiedeeisernen Schienen bestehenden Fuß, s. Fig. 200 und 205, auf welchem die 10,36 Mtr. (34' engl.) langen, in der Mitte nach Fig. 207 gestoßenen gußeisernen, im Querschnitt I-förmigen, s. Fig. 206, Querträger ruhen. Zwischen diese Querträger und jene Winkleisen der oberen Gurtung sind die nach unten verbreiterten, teilweise durchbrochenen, im Querschnitt I-förmigen, s. Fig. 202, und oben gabelförmigen, s. Fig. 200 und 201, Vertikalpfosten so eingesetzt, daß sie sich nicht verschieben können. Zwischen die Winkelschienen der oberen und Flachschienen der

unteren Gurtung ist ein dreifaches System von schmiedeisernen Flachschienen, welche sich in den Durchbrechungen der Vertikalständer kreuzen, durch Bolzen befestigt. Unter den Querträgern befinden sich die, auf die Länge der Brücke sechs Kreuze bildenden Windbänder, die an ihren Enden mit den Schienen der unteren Gurtung verbolzt, in ihren Kreuzungspunkten durch einen Ring mittels Schraubenmuttern, s. Fig. 208, regulirbar vereinigt sind. Ueber den Querträgern liegt ein einfacher, 7,5 Cmtr. (3" engl.) starker Diagonalbohlenbelag bei den Fahrbahnen und Längsbohlenbelag bei den Banketten, der an den beiden Seiten der Fahrbahnen durch Winkelschienen, am Rande der Bankette durch ein, nach dem Prinzip der Tragwände konstruirtes Geländer eingefaßt ist. Nach der Berechnung *Culmann's*⁷⁷⁾ beträgt der größte Druck des Gußeisens in den Kopfschienen 616 Kilogr. pr. □ Cmtr. (8782 Pfd. pr. □" engl.), welcher die, in der Tabelle auf Seite 74 angegebene, erlaubte Anspruchnahme von 1600 Kilogr. pr. □ Cmtr. nicht erreicht, der größte Zug in den Fußschienen 1604 Kilogr. pr. □ Cmtr. (22844 Pfd. pr. □" engl.), welcher die in derselben Tabelle angegebene erlaubte Anspruchnahme von 1340 Kilogr. pr. □ Cmtr. um 264 Kilogr. überschreitet; der größte Druck in den gußeisernen Vertikalständern an den Auflagern, wenn man die zufällige Belastung der Fahrbahn zu 244 Kilogr. pr. □ Mtr. (50 Pfd. pr. □' engl.) annimmt, 270 Kilogr. pr. □ Cmtr. (3824 Pfd. pr. □" engl.), was die angegebene erlaubte Anspruchnahme von 1600 Kilogr. pr. □ Cmtr. also nicht überschreitet; der größte Zug in den schmiedeisernen Zugbändern an den Auflagern 1122 Kilogr. pr. □ Cmtr. (15960 Pfd. pr. □" engl.), was die angegebene erlaubte Anspruchnahme zwar nicht erreicht, aber, besonders wenn mäßige Erschütterungen überschritten werden, als eine bedeutende Anstrengung der Zugbänder zu bezeichnen ist. Aus dieser Vergleichung folgt, daß einzelne Theile der Nider'schen Brücke nicht nur sehr ungleich, sondern auch zu stark angestrengt, mithin zu schwach gegriffen erscheinen. Es ist daher erklärlich, warum bei einigermaßen bedeutenden Belastungen von den Brücken, welche Nider aus ökonomischen Gründen über eine Schablone und mit möglichst geringem Materialaufwand konstruirte, einige einstürzten, wie es bei einer solchen Brücke der New-York-Erie-Bahn von 18,89 Mtr. (62' engl.) Spannweite bei dem Passiren eines schweren Güterzugs, wahrscheinlich in Folge zu schwach konstruirter unterer Gurtungsschienen, geschah.

Die oben erwähnte Eisenbahnbrücke über den Passaic, s. Fig. 209 bis 212, ist zweigeleisig und hat drei, 3,66 Mtr. (12' engl.) von einander abstehende kontinuierliche Träger, welche, da jene im Inundationsgebiet des Flusses liegt, auf gußeisernen gekuppelten Säulen und untergelegten Granitquadern ruht. Der Oberrahmen derselben besteht aus zwei gußeisernen, durch Querrippen verstärkten Winkelschienen a, der Unterrahmen aus zwei Flachschie-

nen b, welche durch gußeiserne Vertikalständer c, von der bei der Brücke in Bergen auf Seite 149 beschriebenen Form, auseinandergehalten und durch ein zweifaches System von diagonalen, an den Enden durch Desen und Bolzen mit den Rahmen verbundenen Flachschienen d durch Antreiben der, zwischen die Vertikalständer und die obere Gurtung eingeschalteten, Reile untereinander verspannt werden. Die Träger sind von gleichem, nicht nach den in den verschiedenen Querschnitten verschiedenen Anspruchnahmen modifizirtem, Querschnitt; nur den über den Auflagern stehenden Pfosten ist eine größere Stärke gegeben worden. Zur Verbindung der drei Träger dienen sowol zwei, zwischen ihren Pfosten liegende vertikale Quergitter mit den Diagonaldrähten e, welche sich nach unten zwischen den erwähnten gußeisernen Säulen fortsetzen, als auch zwei, an den Köpfen der Vertikalständer in der zuvor beschriebenen Weise befestigte Horizontalgitter f und g.

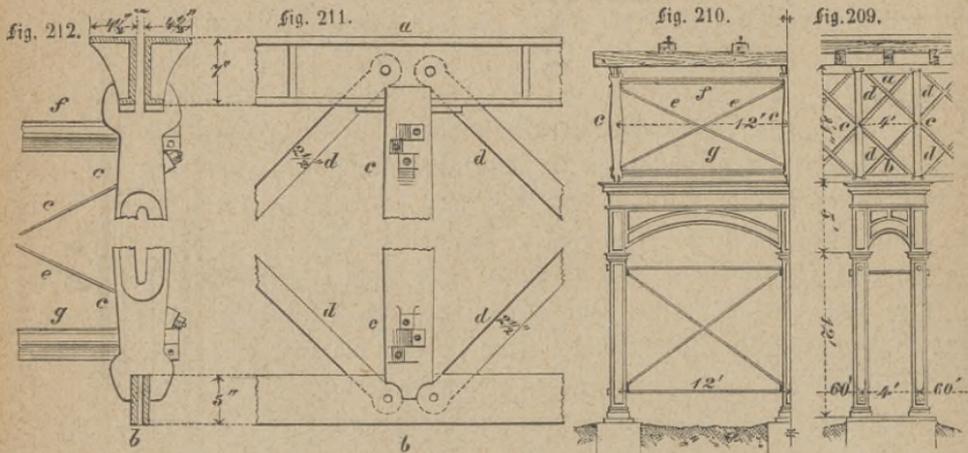


Fig. 209 bis 212. Brücke der Morris- und Esser- Bahn in dem Inundationsgebiete des Passaic bei Newark.

Die Fahrbahn besteht aus 15 Cntr. (6'' engl.) breiten, 30 Cntr. (12'' engl.) hohen, in Entfernungen von 0,9 Mtr. (3' engl.) auf den oberen Gurtungen liegenden Querschwellen, mit welchen die Langschwellen, auf denen die Fahrmaschinen festgenagelt sind, verkämmt wurden.

Von dem System *Kidder* ähnlicher, nur in der Form und Verbindung der einzelnen Konstruktionstheile abweichender Anordnung und noch größerer Leichtigkeit ist das von *Whipple* für Eisenbahnbrücken bestimmte System von Parallelträgern, welches unter Anderm bei einer Brücke der *Vermont-Canada-Bahn* (78), s. Fig. 213 bis 220, mit 44,5 Mtr. (146' engl.) Spannweite Anwendung gefunden hat. Die Fahrbahn dieser eingeleistigen Brücke wird von zwei, 4,87 Mtr. (16' engl.) im Mittel voneinander entfernten, 6,7 Mtr. (22' engl.) hohen Tragwänden unterstützt, deren obere Gurtung aus gußeisernen, über den Vertikalpfosten gestoßenen und durch Bolzen verbundenen Röhren a

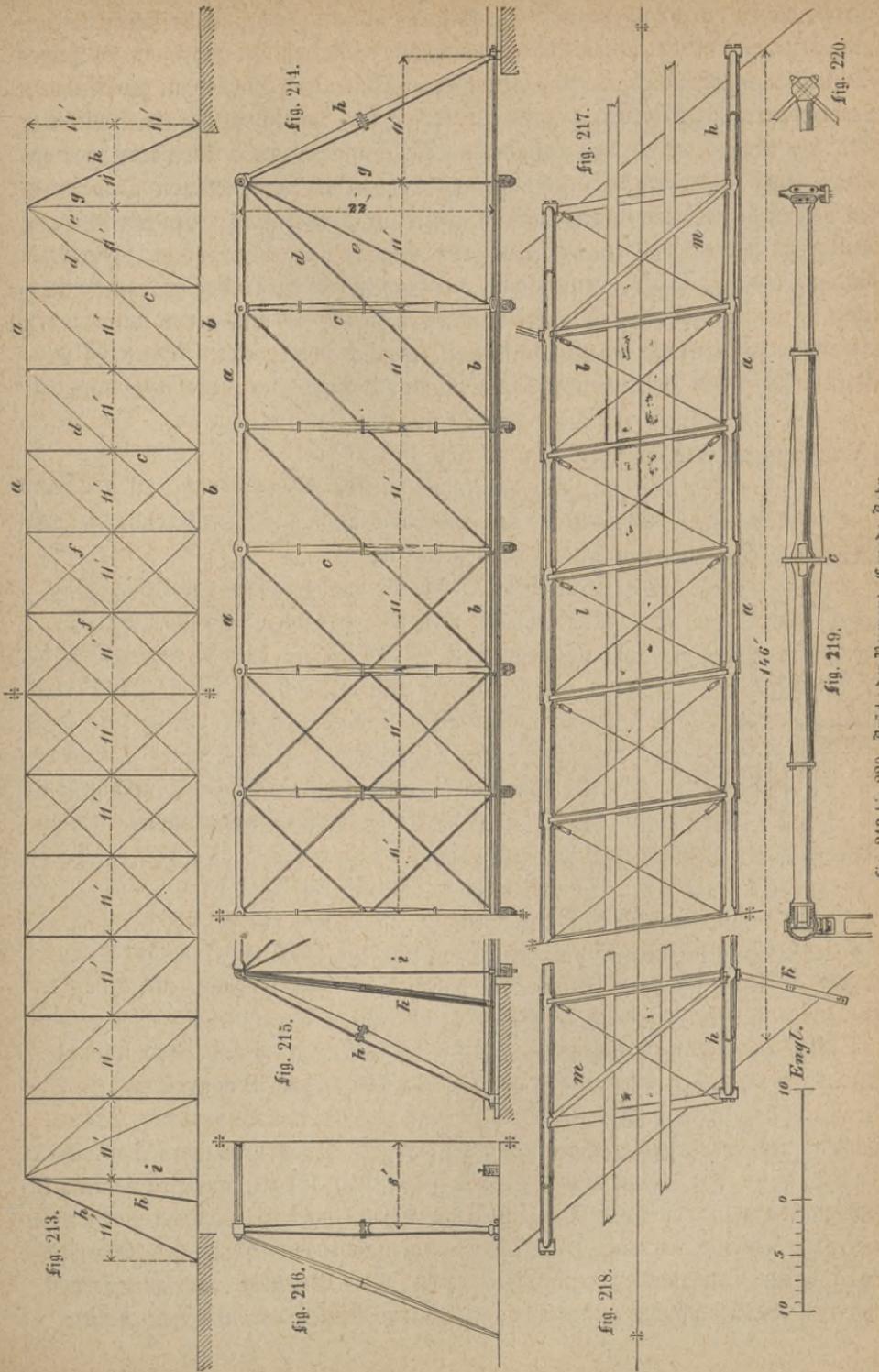


fig. 213 bis 220. Brücke der Vermont-Canada-Bahn.

von gleicher Stärke, und deren untere Gurtung aus schmiedeisernen, nach der Mitte hin an Stärke zunehmenden Schlingen *b* besteht. Beide sind durch Pfosten *c*, welche aus hohlen gußeisernen, durch vier schmiedeiserne Spannstrangen gegen das Ausbiegen versteiften Säulen, s. Fig. 219, bestehen und in der Mitte für den Durchgang der diagonalen Spannstrangen durchbrochen sind, und paarweise angebrachte diagonale Spannstrangen *d*, die oben an den Verbindungsbolzen der oberen Gurtungsrohren hängen und unten durch die Füße der Pfosten gehen, wo sie durch Schrauben angespannt werden können, verbunden. Die Hauptspannstrangen nehmen von der Mitte nach den Enden hin an Stärke zu, während die nur in den mittleren sechs Feldern angebrachten, sich mit jenen unter rechten Winkeln kreuzenden Gegenspannstrangen gleiche Stärke haben. Die hölzernen Querträger sind durch Schraubenbolzen an die Füße der vertikalen Pfosten *c* angehängt und nehmen die Langschwellen mit den Fahrseilen auf. Die Seitenversteifungen sind zwischen den oberen Gurtungen, wo sie aus gußeisernen Querstücken und aus, mit Schraubenschlössern versehenen, diagonalen Spannstrangen *l* bestehen, sowie unter der Fahrbahn angebracht, wo solche diagonale Spannstrangen über den Querschwellen liegen.

Eine andere Whipple'sche Brücke⁷⁹⁾ mit geraden parallelen Rahmen führt die Northern-Albany-Bahn bei West-Troy über den Erie-Kanal, besitzt eine Spannweite von 45,66 Mtr. (149,8' engl.) und zwei 4,65 Mtr. (15 $\frac{1}{4}$ ' engl.) von einander entfernte, 6,52 Mtr. (21,4' engl.) zwischen der Mitte der Gurtungen hohe Tragwände für ein Geleise. Die Rohren ihrer oberen Gurtungen haben 21,25 Cmtr. (8 $\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser und 1,56 Cmtr. ($\frac{5}{8}$ " engl.) Wandstärke, mithin einen Gesamtquerschnitt von 193,25 □Cmtr. (30,92 □" engl.). Die Schlingen der unteren Gurtung haben in der Mitte 5,9 Cmtr. (2 $\frac{3}{8}$ " engl.) Durchmesser, also 221,5 □Cmtr. (35,44 □" engl.) Querschnitt, welcher bis auf 88,31 □Cmtr. (14,13 □" engl.) abnimmt und in den einfachen, 4,37 Cmtr. (1 $\frac{3}{4}$ " engl.) im Durchmesser haltenden Schrauben an den Enden nur 60,12 □Cmtr. (9,62 □" engl.) beträgt. Die schrägen Endpfosten haben an ihren Enden 22,5 Cmtr. (9" engl.), in der Mitte 32,5 Cmtr. (13" engl.) Durchmesser, die mittleren Pfosten an den entsprechenden Stellen 12,8 Cmtr. (5 $\frac{1}{8}$ " engl.) und 18,75 Cmtr. (7 $\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser, daher nach Abzug der Durchbrechungen einen Querschnitt von 50 □Cmtr. (8 □" engl.)

Infolge der ungemeinen Leichtigkeit der Whipple'schen Brücken, welche selbst von den amerikanischen Ingenieuren beanstandet wird, unterwarf das Eisenbahn-Kommissariat des Staates New-York dieselben einer näheren Prüfung auf ihre Tragfähigkeit. Eine Belastung derselben mit 7560 Kilogr. p. lfdn. Mtr. (5000 Pfd. p. l' engl.) einschließlich des Eigengewichts bringt in der Mitte der oberen Gurtung eine Pressung von 291210 Kilogr. (642000 Pfd. engl.)

oder 1502 Kilogr. p. □ Cmt. (20700 Pfd. p. □" engl.) hervor, die nach Hodgkinson bei Röhren von 3,26 Mtr. (10,7' engl.) Länge und dem angegebenen Durchmesser dem dritten Theil des Bruchgewichts entspricht und nur bei ruhenden Lasten noch zulässig erscheint. Die untere Gurtung erleidet bei der angegebenen Belastung in der Mitte eine Spannung von 291210 Kilogr. (642000 Pfd. engl.) oder 1306 Kilogr. p. □ Cmt. (18000 Pfd. p. □" engl.), wobei zu berücksichtigen ist, daß das Eisen in den Schlingen wegen der Schweißungen an Widerstandsfähigkeit verloren hat. Die diagonalen Spannstrangen, deren Durchmesser von 3,75 bis 4,7 Cmt. ($1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{7}{8}$ " engl.) variiren, sind ebenfalls bis zu 2768 Kilogr. p. □ Cmt. (17300 Pfd. p. □" engl.) gespannt, woraus folgt, daß der Träger unter jener Belastung bis nahe zur Elastizitätsgrenze angestrengt ist.

An die vorbezeichneten amerikanischen Systeme der Parallelträger der neueren Zeit schließt sich ferner dasjenige, welches einen Uebergang der Parallelträger zu den Hängebrücken bildet und von Wendel Bollmann außer bei vielen anderen Brücken der Baltimore-Dhio-Bahn an der über den Potomac bei Harpers Ferry⁸⁰⁾, s. Fig. 221 bis 225, führenden Brücke dieser Bahn von 37,8 Mtr. (124' engl.) Spannweite zur Ausführung gebracht wurde. Die beiden 5,49 Mtr. (18' engl.) hohen Tragwände dieser eingeleisigen, im Jahre 1852 vollendeten und gepriüften, Brücke bestehen aus je acht gleichen, voneinander unabhängigen, dem Felde einer Fachwerkbrücke ähnlichen Theilen. Jeder dieser Theile ist an den beiden unteren Endpunkten durch zwei besondere Zugbänder dk, ei, fh, gg aufgehängt, die an den Enden eines 39 Mtr. (128' engl.) langen gußeisernen, zur Vernichtung des von den Auflagern nach der Brückenöffnung hin gerichteten, Horizontalschubs bestimmten, unter dem Namen Winchester-Span bekannten, Spannbalkens befestigt sind. Diese Zugbänder haben an dem unteren Ende eine Dese, an dem oberen Ende, zum Anziehen derselben, eine Schraube mit Mutter und bestehen die längeren derselben aus mehreren durch Desen und Bolzen verbundenen Kettengliedern. Der gußeiserne Spannbalken ist hohl, außen achteckig, innen rund mit 2,5 Cmt. (1" engl.) Wandstärke und besteht aus Stücken von der Länge eines Brückenfeldes, welche durch abgedrehte, zapfenartige Ansätze und diesen entsprechende, genau ausgedrehte Zapfenlöcher untereinander verbunden sind.

Zur Befestigung der Hängstrangen sind an den Enden des Spannbalkens zu beiden Seiten gußeiserne Platten angegossen, durch welche auf jeder Seite drei Zugbänder gehen und durch Schraubenmuttern die erforderliche Spannung erhalten. Die einzelnen Fache bestehen aus gußeisernen, am Spannbalken befestigten, an den Durchgangspunkten der Hauptzugbänder durchbrochenen Säulen h, horizontalen, an deren Fuß befestigten Zugbändern und je zwei, durch Schraubenschlösser regulirbaren, doppelten Diagonalbändern e.

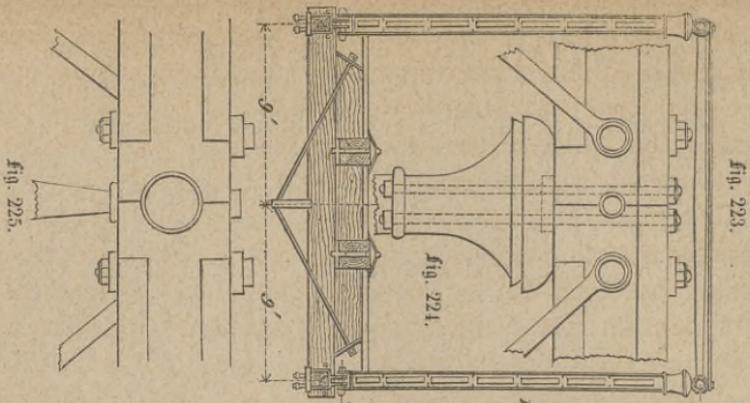


fig. 223.

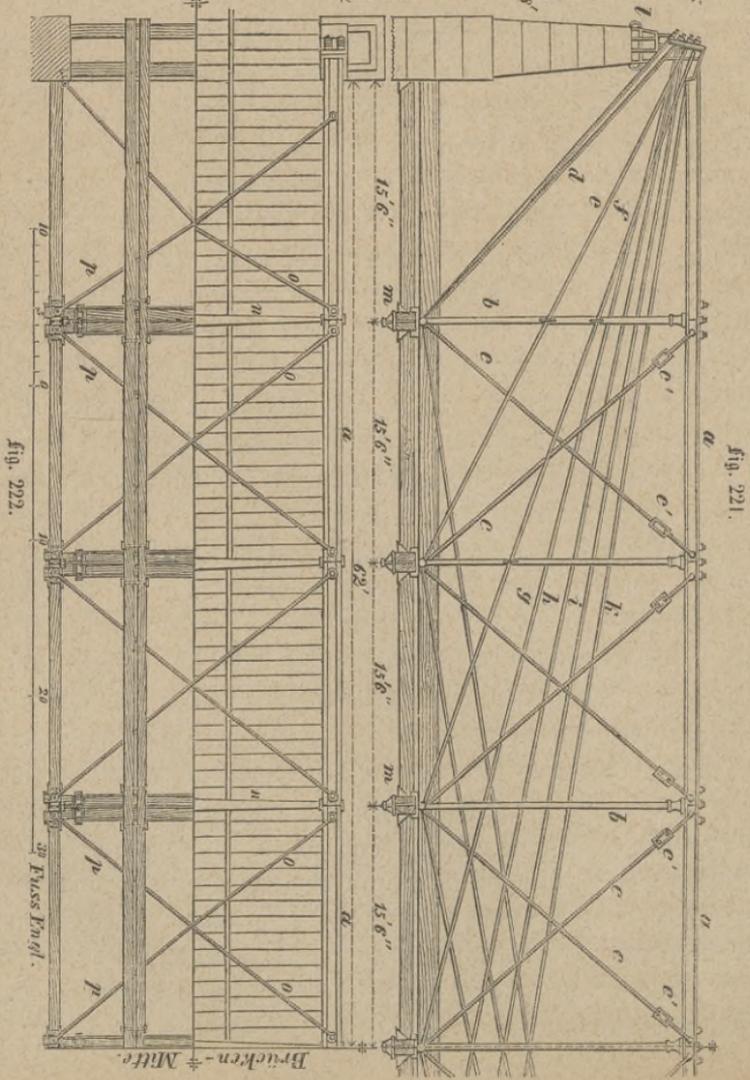


fig. 221.

fig. 222.

fig. 221 bis 225. Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über dem Potomac bei Gaupers ferry. 

39 Fuss Engl.

Brücken-Mitte.

Die Befestigung des Vertikalpfostens an dem Spannbalken ist durch einen Rundzapfen, der zur Hälfte an jedes zweier zusammenstoßender Spannbalkenstücke angegossen ist und in ein entsprechendes, gleichfalls angegossenes Loch des Pfostens paßt, sowie durch je zwei senkrechte Bolzen, s. Fig. 224, bewirkt. Durch den unteren Theil dieser Pfosten geht ein starker Querbolzen, der die Desen der Haupt-, Diagonal- und Horizontal-Zugbänder, sowie der Hängeisen für die hölzernen Querträger der Fahrbahn aufnimmt. Diese Querschwellen tragen die Längschwellen mit den Fahrstienen und sind durch ein, aus zwei schmiedeisernen Hängstangen und einer kurzen gußeisernen Mittelstütze gebildetes Hängwerk, s. Fig. 223, von unten abgesteift. Gußeiserne, zwischen den Stößen der Spannbalken befestigte Querstücke und schmiedeiserner, über die Spannbalken geschraubte Diagonalbänder o stellen die Seitenversteifung her. Die Längenveränderungen des Spannbalkens durch Temperaturwechsel sind zu 1,56 Cmtr. ($\frac{5}{8}$ " engl.) beobachtet und dadurch unschädlich gemacht worden, daß die Enden des Spannbalkens auf gußeiserne Schiebelplatten aufgeschliffen sind, worauf sich jedes derselben um 0,78 Cmtr. ($\frac{5}{16}$ " engl.) verschieben kann. Auch die gleichmäßige Spannung der Hauptzugbänder hat durch Temperaturwechsel nicht gelitten, indem die Längenänderung derselben der Länge eines jeden Stückes oder Brückensfeldes proportional ist. Als besondere Vortheile dieses Systems hebt der Erbauer die Leichtigkeit, womit sich an dieser, gleichsam aus zwei Systemen zusammengesetzten Brücke bei Reparaturen jedes einzelne System lösen und spannen lasse, ohne den Einsturz herbeizuführen, sowie die konstruktive Trennung der Eisen- und Holztheile hervor, wodurch die Brücke bei etwa eintretendem Brand des Holzwerks weniger als jede andere Brücke zu leiden haben würde. Nach dem Bericht Parker's, des mit der Prüfung dieser Brücke betrauten Oberinspektors der Baltimore-Ohio-Bahn, brachten drei Güter-Lokomotiven erster Klasse mit drei Tendern von 137 Tonnen Gesamtgewicht oder über 1 Tonne Gewicht für den laufenden Fuß Brückenbahn, mit einer Geschwindigkeit von acht Meilen in der Stunde auf die Brücke gefahren, wobei sie fast die ganze Brücke bedeckten, eine Durchbiegung von 3,4 Cmtr. ($1\frac{3}{8}$ " engl.) in der Mitte und von 1,4 Cmtr. ($\frac{9}{16}$ " engl.) an den Endpfosten hervor.

Bei den, mit einer nach demselben System in der Washingtoner Zweigbahn erbauten Brücke von 23,16 Mtr. (76' engl.) Spannweite durch Parker angestellten Versuchen, wobei zwei rückwärts gegen einander gestellte Maschinen mit Tender im Gesamtgewicht von $77\frac{1}{2}$ Tonnen die Brücke mit 48 Tonnen p. 36 lfd. Fuß, oder mit $1\frac{1}{3}$ Tonnen p. lfd. Fuß Brückenbahn belasteten, betrug die Durchbiegung in der Mitte bei 20 Meilen Fahrgeschwindigkeit nur 2,2 Cmtr. ($\frac{14}{16}$ " engl.); ein Resultat, welches bei der stückweisen Zusammensetzung der Brückentheile als ein günstiges zu bezeichnen ist. Auch hat ein mehrjähriger Betrieb, bei dem täglich mehr als 20 Züge über

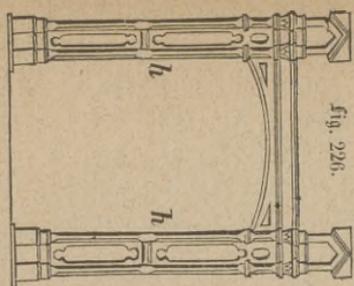


Fig. 226.

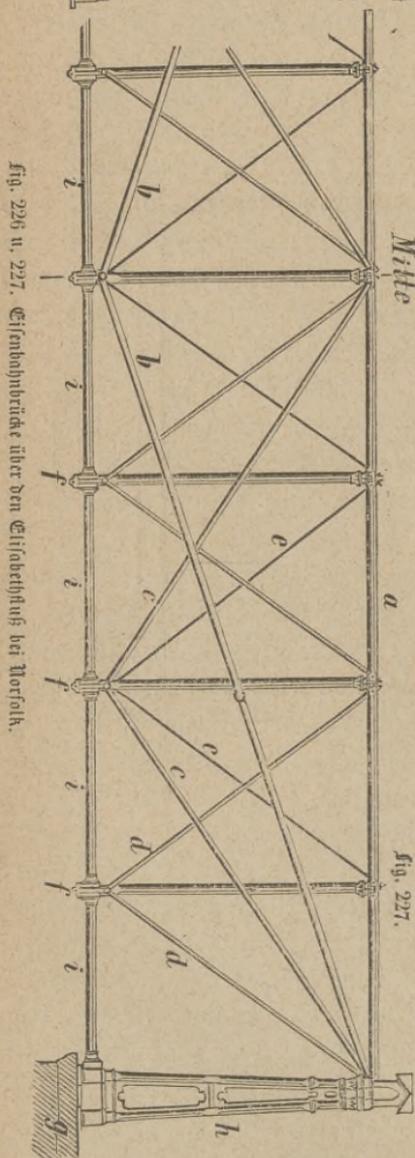


Fig. 227.

diese Brücke gingen, bewiesen, daß das bei derselben angewandte Konstruktionsprinzip ohne Gefahr selbst auf Eisenbahnbrücken anwendbar ist.

Dem Bollmann'schen System ähnlich, jedoch durch eine andere Vertheilung der Hauptzugbänder von ihm verschieden, ist das an einer Eisenbahnbrücke über den Elisabethfluß bei Norfolk, s. Fig. 226 u. 227, mit 36 Mtr. (120' engl.) Spannweite, verwandte Konstruktionsprinzip von Albert Fink⁸¹⁾, bei welchem die untere Gurtung *i* keinen wesentlichen Theil der Tragwände bildet, sondern vorzugsweise zur Auflagerung der Fahrbahn und einer horizontalen Verbindung der unteren Pfostenenden *f* dient. Wie man aus den Figuren ersieht, übertragen die Zugbänder *d* die Last des ersten, dritten, fünften und siebenten Knotenpunkts von unten auf die beiden ihnen benachbarten oberen oder auf die Knotenpunkte 0, 2, 4, 6, 8; die Zugbänder *c* übertragen die in den Knotenpunkten 2 und 6 vorhandene und die ihnen zugeführte Last auf die oberen Knotenpunkte 0, 4, 8, während endlich die Zugbänder *b* die in dem vierten und mittleren Knotenpunkt vorhandene und ihm zugeführte Last auf die oberen Knotenpunkte 0 und 8, d. h. auf die Kopfsenden der über den Auflagerpfeilern stehenden Vertikalständer übertragen. Die Spanndrähte *e* dienen zur weitem Versteifung der einzelnen, aus horizontalen gußeisernen achtsseitigen Röhrenstücken *a*, horizontalen schmiedeeisernen Bändern *i* und gußeisernen Vertikalpfosten zusammengesetzten Brückenfelder, wobei die zu einem Spannbalken zusammengesetzten Röhrenstücke *a*

fig. 228.

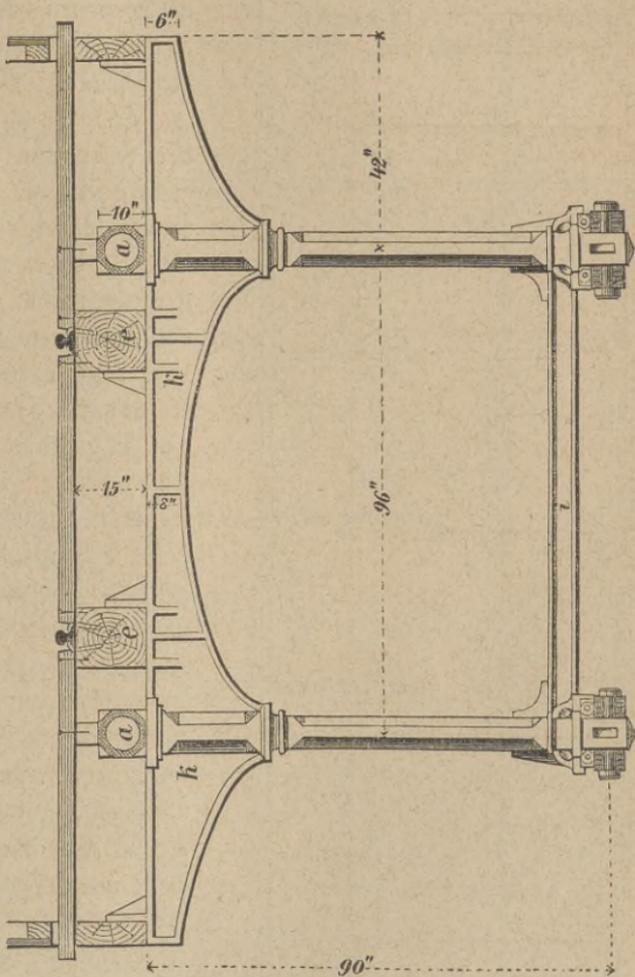
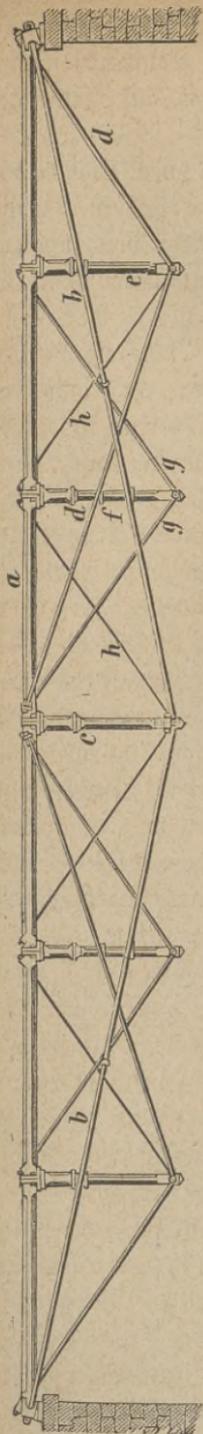


fig. 229.

fig. 228 und 229. Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über den Whetling-Creek.

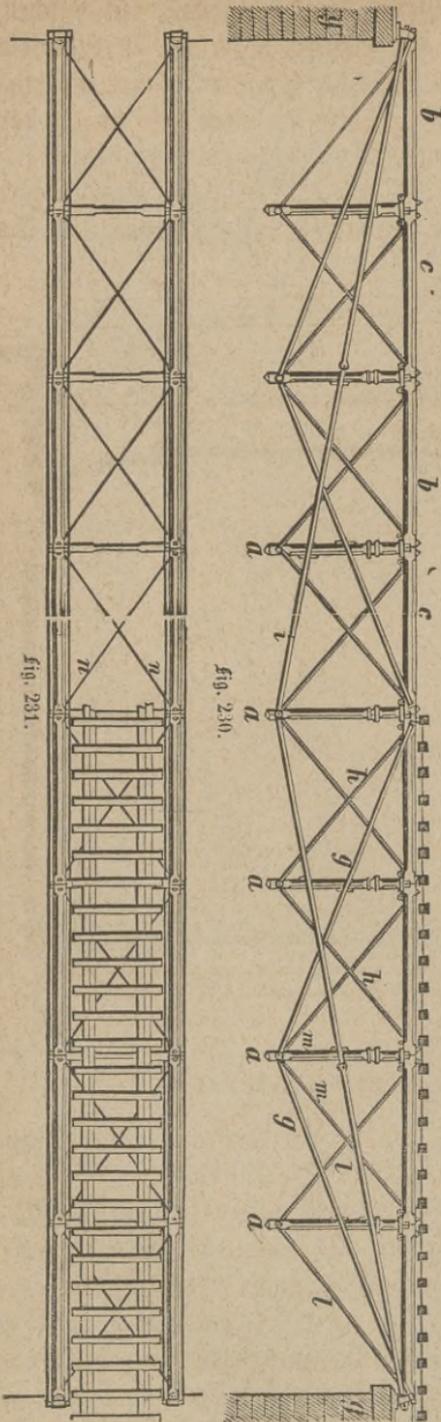


Fig. 230 u. 231. Brücke in der Baltimore-Ohio-Bahn

Fig. 231.

Fig. 230.

zugleich zur Aufhebung des von den Auflagern nach der Mitte wirkenden Horizontalschubes bestimmt sind. Die in Fig. 226 nach der Quersicht dargestellten gußeisernen, unter sich durch einen gußeisernen Bogen verbundenen Endständer *h* übertragen die Gesamtlast der Brücke auf die Pfeiler.

Wo genug lichte Höhe unter der Fahrbahn vorhanden ist und diese auf die Träger gelegt werden kann, läßt *F* in *k* die untere Gurttung ganz weg und erhält das Konstruktionsystem, welches, außer an vielen andern, an der in Figur 228 und 229 dargestellten Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über den Wheeling-Creek von nur $22\frac{1}{2}$ Mtr. (75' engl.) Spannweite zur Ausführung gekommen ist. Die auf Langschwelen genagelten Fahrstienen dieser Brücke und Bankette ruhen mittels gußeiserner Querträger, beziehungsweise Konsolen, auf je zwei gußeisernen, an ihrem unteren Ende durch gußeiserne Querrippen nochmals verbundenen, Vertikalpfosten, welche nach der Länge der Brücke oben durch wagerechte gußeiserne Röhrenstücke *a* verbunden sind. Die Uebertragung der Last auf die Stützpunkte erfolgt durch die schmiedeeisernen Zugbänder *d*, *g*, *b* in einer der zuvor beschriebenen ähnlichen Weise und dienen die Spanndrähte *h* nur zur weiteren Versteifung der Vertikalpfosten unter sich. Die Röhrenstücke des oberen Spannbalkens, außen achteckig, innen rund mit

25 Cntr. (10" engl.) äußerem Durchmesser, sind durch Flanschen und Bolzen verbunden, an die Endröhren sind gußeiserne Schuhe gegossen, mit welchen sie auf den Pfeilern ruhen. Die mittleren, am stärksten gepressten Vertikalpfosten, King post oder Königsposten genannt, bestehen gleichfalls aus außen achteckigen, innen runden, oben 20 Cntr. (8" engl.), unten 15 Cntr. (6" engl.) starken Röhren, während die von ihrem unteren Ende ausgehenden Zugbänder *b* aus 10 Cntr. (4" engl.) hohen und 2,5 Cntr. (1" engl.) starken Schienen gebildet sind. Diese, sowie die übrigen 5 Cntr. (2" engl.) hohen, 1,8 Cntr. ($\frac{3}{4}$ " engl.) starken Zugbänder sind unten mittels Desen und Bolzen, oben mittels Schrauben regulierbar befestigt. Bei Eintheilungen der Brückenträger in $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ u. der ganzen Länge, wie bei der im Jahre 1852 auf der Baltimore = Ohio = Bahn erbauten Brücke über den Monongahela mit 30 Oeffnungen von je 62,48 Mtr. (205' engl.) Spannweite und der in Fig. 230 bis 242 dargestellten Brücke in der Ohio = Bahn von 30,48 Mtr. (100' engl.) Spannweite erhalten alle einzelne Felder Symmetrie und das System stellt sich übersichtlicher und gefälliger dar. Die Verbindungen der Röhrenstücke *b*, *c* und Vertikalpfosten *a* dieser Brücke, sowie der Zugbänder *h*, *g* mit den ersteren ergeben sich aus den Fig. 233 bis 235, wozu nur bemerkt wird, daß die an den Enden viereckigen, mittels Flanschen bündig zusammengesetzten Röhrenstücke zwischen zwei seitlichen Ansätzen der Pfosten, s. Fig. 235, ruhen und mit denselben durch vertikale Bolzen, unter sich aber mittels der Lappen *d* und Horizontalbolzen verschraubt sind, während die Zugbänder *g* durch an die Röhrenenden angegossene Bügel *e*, die

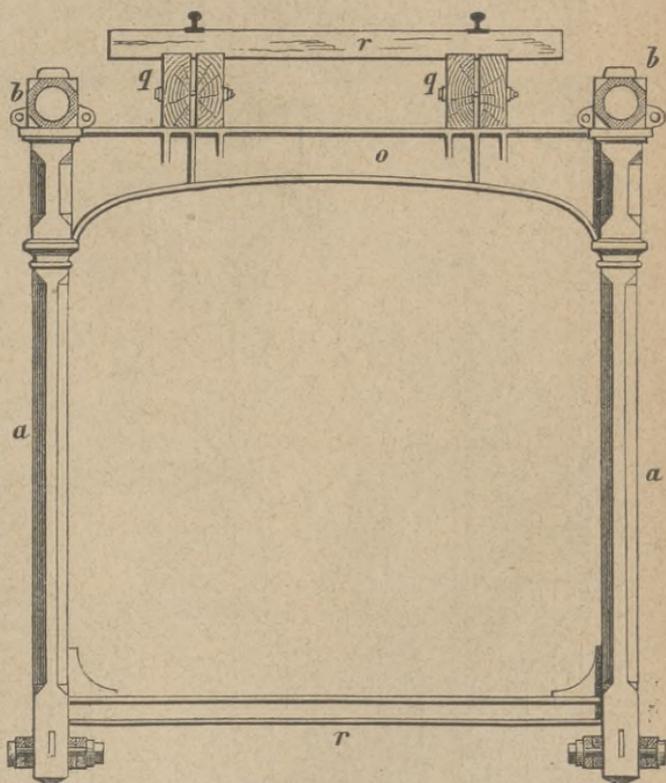


Fig. 232. Querschnitt der Brücke in der Baltimore-Ohio-Bahn.

Fig. 232. Querschnitt der Brücke in der Baltimore-Ohio-Bahn.

Zugbänder *h* dagegen durch jene Röhrenenden selbst gehen. Die Figuren 236 bis 239 stellen das Endstück eines Spannbalkens mit seinem Auflagereschuh in der Längen- und Seiten-Ansicht, sowie im Längen- und Querschnitt dar, woraus hervorgeht, daß die stärkeren Zugbänder mit Keilen, die schwächeren Zugbänder dagegen mit Schrauben regulirbar befestigt sind.

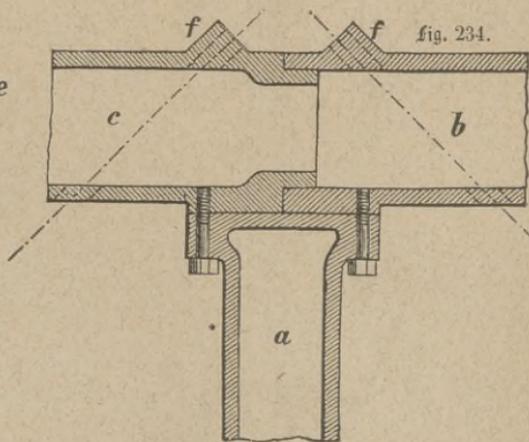
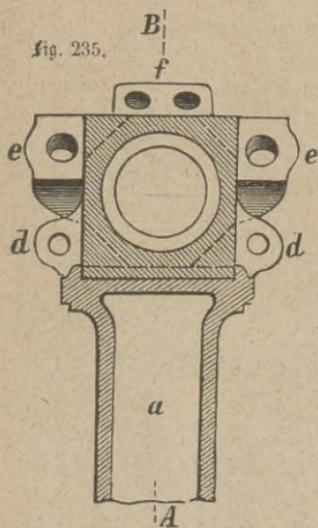
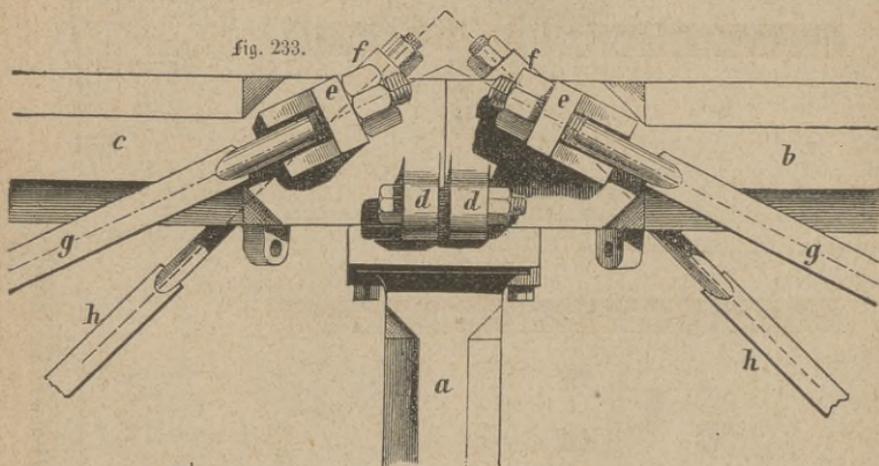


Fig. 233 bis 235. Details zur Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn.

Um jenen längeren Zugbändern an der Stelle, wo sie an den Pfosten vorbeigehen, eine Unterstützung zu geben, sind die letzteren mit den in den Figuren 240 bis 242 in Vorder- und Seiten-Ansicht, sowie im Grundriß dargestellten verschieblichen Lagern *s* versehen, welche sich durch Anziehen des, in einem an den Pfosten angegossenen Ansatz sich drehenden, Bolzens in die richtige Höhenlage bringen lassen.

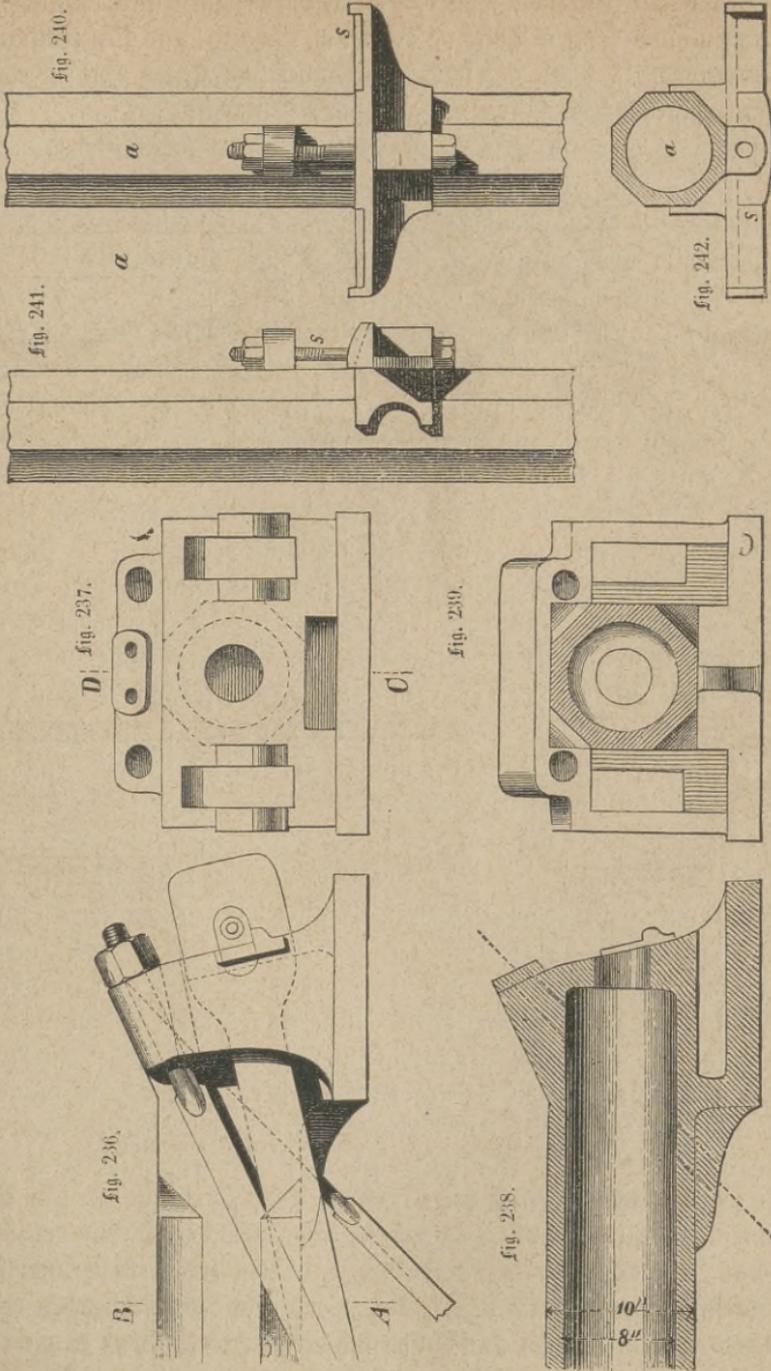


Fig. 236 bis 242. Details zur Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn.

2. Die gemischteisernen Bogenträger. Die durch Fachwerk versteiften Bogenbrücken waren die ersten, von den Amerikanern im Anschluß an die europäischen Holzbogenbrücken von Gauthey und Wiebeking ausgeführten, Konstruktionen in Holz, wie dieses die bereits im vorigen Jahrhundert von Burr ausgeführte Bogenhängwerfbrücke über den Delaware bei Trenton beweist, wobei der unversteifte Bogen mit dem amerikanischen Fachwerk kombinirt ist. Das letztere erscheint dabei in der Form schmiedeiserner, vertikaler, durch ein Schraubenschloß regulirbarer Hängstangen und hölzerner, nach der Mitte hin abwärts geneigter Streben. Die Entwicklung der Long'schen Fachwerkbrücken, bei welchen die senkrechten Verbindungstheile der parallelen Rahmen als gedrückte, die nach der Mitte hin abwärts geneigten Verbindungstheile als gezogene ausgebildet waren, mag alsdann in Verbindung mit jenen versteiften Bogenkonstruktionen Burr's die Veranlassung zu dem in Guß- und Schmied-Eisen ausgebildeten, durch Fachwerk versteiften, Bogenträger von Murphy Whipple⁸²⁾ gegeben haben, bei welchem die obere Gurtung die Form eines in eine Parabel eingeschriebenen Polygons hat und zur Beseitigung des Seitenschubs an den Enden mit der untern Gurtung verbunden ist, während zwischen beiden Gurtungen ein System von vertikalen Pfosten und diagonalen Spannbolzen angebracht ist. Das System ist wegen seiner Leichtigkeit hauptsächlich bei Straßenbrücken vertreten, unter welchen wir die Brücken über den Newyork-Erie-Kanal bei Buffalo mit einer Spannweite von 21,94 Mtr. (72' engl.), bei Rochester mit einer Spannweite von 15,59 Mtr. (51' 2" engl.) und bei Albany mit einer Spannweite von 24,38 Mtr. (80' engl.) hervorheben.

Die erstgenannte Brücke, s. Fig. 243 bis 253, besitzt einen Fahrweg von 5,58 Mtr. (18' 4" engl.) und zwei Fußwege von je 1,83 Mtr. (6' engl.) Breite zu beiden Seiten, welche von zwei der beschriebenen, zwischen Fahrbahn und Fußweg angeordneten Bogenrippen getragen werden. Die obere Gurtung dieser Bogenrippen ist aus gußeisernen, durchbrochenen, nach dem Fuß hin zur Vermehrung der Stabilität verbreiterten Gliedern, s. Fig. 244 und 248, mit umgekehrt U-förmigem Querschnitt, s. Fig. 247, gebildet, welche stumpf zusammenstoßen und nur von den durchgehenden Schrauben der hier aus Rundeisen von 4,37 Cmr. (1³/₄" engl.) Durchmesser bestehenden Vertikalpfosten c zusammengehalten werden, an deren unteren Enden g gußeiserne Stücke, s. Fig. 250 und 251, zur Auflagerung der Querschwellen, sowie zur Befestigung der unteren Gurtungstheile und der Diagonalbolzen dienen. Die Theile h der unteren Gurtung bestehen in länglichen, aus Rundeisen zusammengeschweißten Schlingen, welche jene, in ovale Zapfen endigende, Gußstücke umfassen, während die diagonalen Spannbolzen d und e dieselben durchsetzen und so nach Bedürfniß angespannt werden können. Die an den Enden 20 Cmr. (8" engl.), in

der Mitte 30 Emtr. (12" engl.) hohen Querschwellen der Fahrbahn sind für die Pfosten durchbohrt und tragen mittels schmiedeiserner Bügel, s. Fig. 252 und 253, die ebenso hohen, zwischen sie eingeschalteten, Längsschwellen, worauf der Querböhlenbelag aufgenagelt ist.

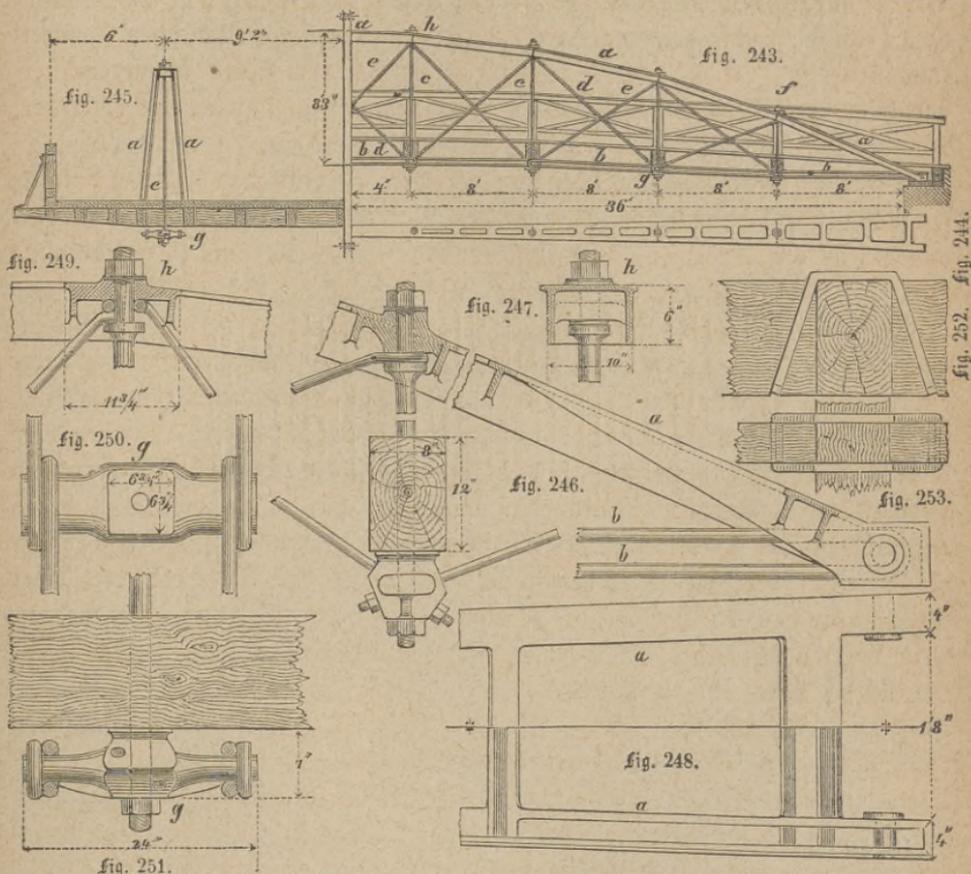


Fig. 243 bis 253. Straßenbrücke über den Newyork-Erie-Kanal bei Buffalo.

Die im 17. Jahrgange der „Allgemeinen Wiener Bauzeitung“ mitgetheilte Brücke in Rochester, s. Fig. 254 bis 259, besitzt zwei polygonale, aus zwei winkelförmig gegossenen, im Scheitel sich berührenden, gegen die Fußenden hin der größeren Stabilität wegen bis auf 0,76 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ engl.) sich von einander entfernenden Schenkeln gebildete Gurtungen a, welche aus einzelnen Stücken bestehen und da, wo sie die Hängeisen aufnehmen, so gegossen sind, daß sie nach Maßgabe der Verlängerung oder Verkürzung der Glieder des Fachwerkes eine kleine Drehung annehmen können, ohne daß dabei ihre relative Festigkeit in Anspruch genommen wird. Der Horizontalschub jeder dieser Polygonalgurtungen wird durch zwei gerade und parallele Ketten b aufgehoben, welche von Fuß zu Fuß derselben laufen und um die Breite eines solchen Fußes voneinander abstehen.

Der die Schlingen beider Ketten verbindende Dorn dient auch zur Befestigung der Hängeisen *c* und Diagonalen *d*, welche letztere nur durch denselben gesteckt und dann durch Müttern festgehalten sind. Die Hängeisen hängen oben in hohlen, an die Bogenstücke angegossenen Cylindern und sind, wo sie einfach sind, mittels eines schmiedeisernen Stegs an jenem Dorn befestigt, wo sie doppelt sind, gleich den Diagonalen durch denselben gesteckt und mit ihm verschraubt.

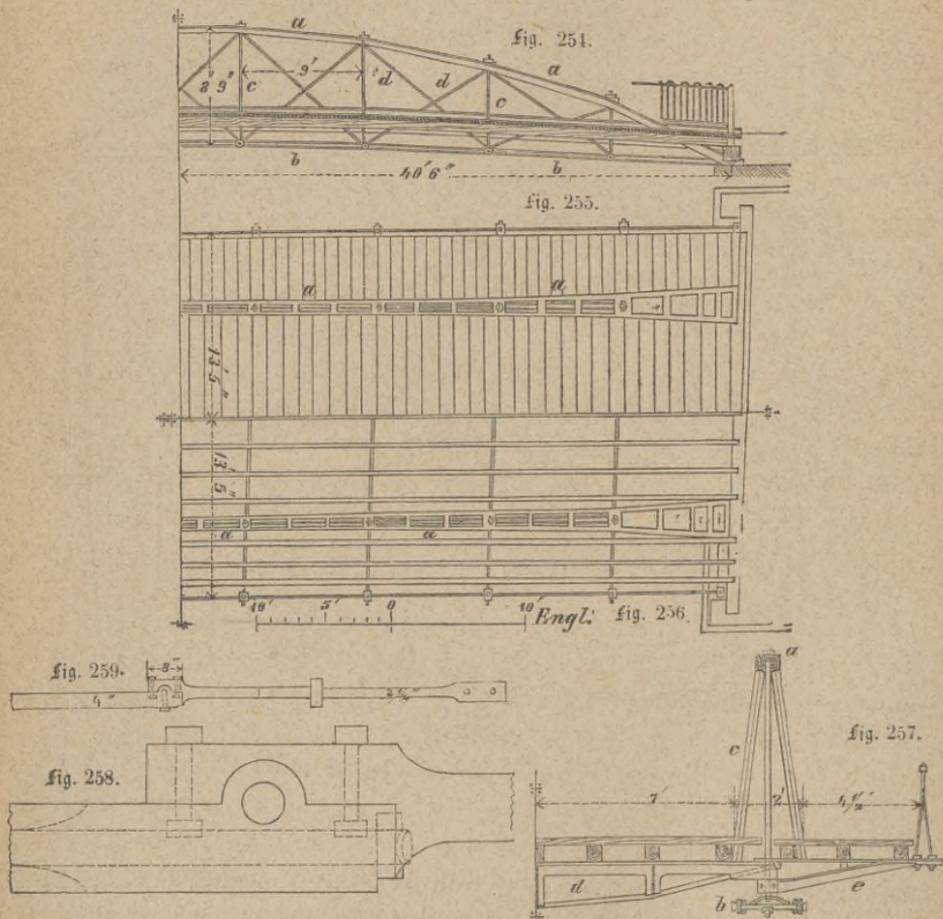


Fig. 254 bis 259. Straßenbrücke über den New-York-Erie-Kanal in Rochester.

Die oberen Enden der Diagonalen umfassen mittels daselbst angebrachter Dehre die Hängeisen und werden durch die an diese angeschmiedeten Wulste am Abgleiten verhindert. Die Fahrbahn wird von gemischteisernen, in Fig. 257 dargestellten, Querbalken *d* getragen, deren Enden verstärkt sind, um in der Mitte die schmiedeisernen Spannstangen, daneben das Hängeisen aufzunehmen. Die konsolenartigen Bankettträger *e* sind nur an einem Ende befestigt und daher, den verschiedenen Anspruchnahmen entsprechend, deren oberer Theil aus Schmiedeisen, deren unterer Theil aus Gußeisen hergestellt. Der gußeiserne, streben-

artige Theil e umfaßt das Hängeisen c und stemmt sich noch an den Querbalken d; die obere schmiedeiserne Platte hängt mit dem inneren Ende am Hängeisen, wie aus den Fig. 258 und 259 deutlich hervorgeht, und ist am äußeren Ende mit der gußeisernen Strebe verschraubt. Ueber jenen Querträgern und diesen Konsolen der Bankette liegen Langschwellen, welche die beziehungsweise stärkeren und schwächeren Bohlen der Fahr- und Fuß-Bahn aufnehmen.

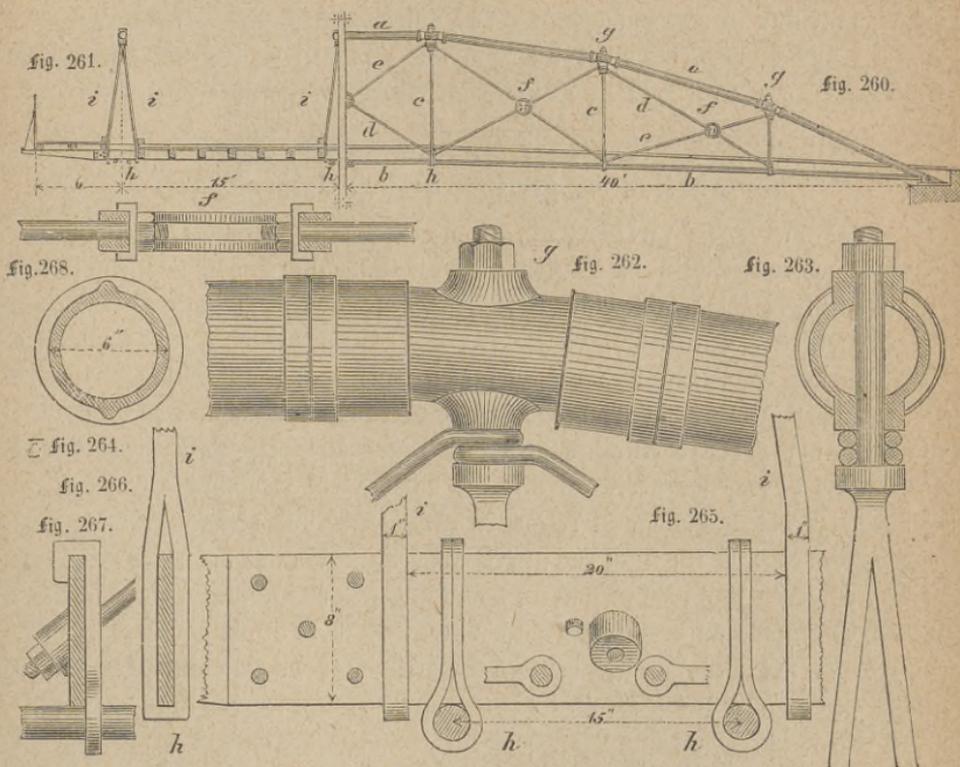


Fig. 260 bis 268. Brücke über den Newyork-Erie-Kanal bei Albany.

Die erwähnte Brücke bei Albany, s. Fig. 260 bis 268, trägt zwei Fahrbahnen und zwei Fußwege mittels dreier, 4,57 Mtr. (15' engl.) voneinander entfernter Träger, deren obere Gurtungen aus gußeisernen Röhrenstücken a von 15 Cmtr. (6" engl.) Durchmesser bestehen, die an ihren Enden durch Muffen verbunden sind. Durch diese gehen die schmiedeisernen, zur Herstellung ihrer erforderlichen Stabilität nach unten auseinander gespreizten Pfosten i, Fig. 161, 264 und 265, deren untere Enden, wie Fig. 265 bis 267 zeigt, die aus Flachstäben von 20 Cmtr. (8" engl.) Breite und 1,875 Cmtr. ($\frac{3}{4}$ " engl.) Dicke bestehenden Querträger umfassen. Die untere Gurtung b enthält zwei Rundstäbe h von 4,37 Cmtr. ($1\frac{3}{4}$ " engl.) Durchmesser, welche nach Fig. 265 und 267 an die Querträger aufgehängt sind und durch Schraubenschlösser gespannt werden können, während die Dia-

gonalbolzen unten, s. Fig. 265 und 267, durch die Querträger gehen, oben mittels Desen, s. Fig. 262 und 263, die Vertikalstäbe umfassen und sich zwischen doppelten Ringen s. Fig. 260 und 268, kreuzen, wo man sie mittels Muttern anzieht. Zwischen und an den Querträgern hängen mittels Bügeln Längschwellen, worauf der Bohlenbelag befestigt ist. Ein leichtes Horizontalgitter aus Rundstäben ist unter den Längschwellen zwischen die Querträger, s. Fig. 265, eingespannt und in jene Länghölzer etwas eingeschnitten. Die Fußbahnträger bestehen aus Flacheisen von 1,25 Cmt. ($1/2''$ engl.) Stärke und sind an die Querträger, wie Fig. 261 und 265 zeigt, seitwärts angeschraubt.

IV. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der gemischteisernen Balkenträger.

Was die Konstruktionsmaterialien der gemischteisernen Balkenträger angeht, so erscheint die Kombination des Guß- und Schmied-Eisens in den europäischen Staaten als eine Uebergangsstufe von dem gußeisernen zum schmiedeisernen Balkenträger, welche seit den vierziger Jahren zum allmäligen Ausschluß des Gußeisens und der alleinigen Anwendung des Schmiedeisens zu Balkenträgern geführt hat, während in den vereinigten Staaten von Nordamerika die gleichzeitige Anwendung beider Materialien zu Balkenträgern von Brücken die herrschende geblieben und die alleinige Anwendung des Schmiedeisens hierzu als Ausnahme zu betrachten ist. Der Grund dieser Erscheinung ist sowol in der besseren Qualität des in Nordamerika — wo nur die besten Eisenerze verhüttet werden und nach vielfachen, damit angestellten Versuchen die Zugfestigkeit des Gußeisens an der Bruchgrenze mindestens zu 1760 Kilogr. p. □ Cmt. (220 Ctr. p. □" hess.), diejenige des Schmiedeisens durchschnittlich zu 8640 Kilogr. p. □ Cmt. (540 Ctr. p. □" hess.) angeschlagen werden kann — produzierten Eisens überhaupt und Gußeisens insbesondere, als auch in den geringeren Anforderungen der Amerikaner an die Festigkeit und Dauer der Brückenträger, sowie in den dort gestellten Bedingungen einer, durch die Anwendung des Gußeisens beförderten, möglichst leichten und billigen Zusammensetzung derselben zu suchen.

In Betreff der Konstruktionsysteme der gemischteisernen Balkenträger ergibt sich, daß in Europa außer den Reichenbach'schen Bogenhängerwerkträgern vorzugsweise die gemischteisernen Parallelträger mit geschlossenen und offen gebauten Wandungen zur Ausführung gelangt sind, während in Amerika gemischteiserne Träger mit geschlossenen Wandungen fast nicht, dagegen sowol Parallelträger als Bogenträger mit offen gebauten Wandungen in großer Zahl mit Erfolg ausgeführt werden. Unter den ersteren werden die Rider'schen Brückenträger in Folge zu geringer Abmessungen ihrer Theile und der dadurch hervorgerufenen Einstürze mehrerer derselben bei Neubauten wenig oder nicht mehr, die Whipple'schen, im Konstruktionsystem den Mohrie'schen nicht

unähnlichen Parallelträger wegen ihrer Leichtigkeit zu Eisenbahnbrücken mit höheren Tragwänden, welche eine obere und untere Querversteifung zulassen; die Bollmann'schen, besonders aber die Fink'schen Konstruktionsysteme wegen der Leichtigkeit ihrer Zusammensetzung, Billigkeit ihrer Herstellung und Dauerhaftigkeit ihrer Konstruktion, vorzugsweise bei Eisenbahnbrücken vielfach ausgeführt. Unter den gemischteisernen Balkenträgern mit gekrümmten Rahmen erscheinen die Whipple'schen Bogenträger als die vorherrschenden, wenn nicht einzigen, und kommen dieselben vorzugsweise bei Erbauung von Straßenbrücken theils mit verkehrt U-förmigen Ober- und aus Schlingen zusammengesetzten Unter-Rahmen, theils mit röhrenförmigen Ober- und aus durchgehenden Runden eisen zusammengesetzten Unter-Rahmen, beide aber mit steifen und stabilen Vertikalpfosten und gespannten regulirbaren Diagonalstangen zur Anwendung.

Drittes Kapitel.

Die schmiedeeisernen Brücken.

War bis zu den vierziger Jahren unseres Jahrhunderts das Gußeisen häufig zum Bau eiserner Brücken verwendet worden, so weisen doch nach dieser Zeit einerseits die geringe Zugfestigkeit und die durch Erschütterungen erfahrungsgemäß vermehrte Sprödigkeit desselben, andererseits die verbesserte Fabrikation des Schmiedeeisens und dessen durch Versuche erkannte vorzügliche Eigenschaften der größeren Zähigkeit und Zugfestigkeit auf die alleinige Anwendung des Schmiedeeisens zu Brückenkonstruktionen hin. Zu jener Verbesserung der Fabrikation des Schmiedeeisens hatten Henry Cort, welcher in den Jahren 1783 und 1784 auf ein vervollkommnetes Gärben und Walzen Patente genommen hatte, und Parnell, welcher in dem Jahre 1787 ein Patent auf ein verbessertes Puddeln und Walzen nahm, wesentlich beigetragen, wodurch zugleich der Preis des Stabeisens bedeutend erniedrigt worden war.

Noch vor Herstellung der bereits erwähnten, im Jahre 1808 von Bruyère erbauten, auf Druck in Anspruch genommenen Bogenbrücke über den Crou, s. S. 106, wendete man sein Augenmerk zunächst hauptsächlich der Zugfestigkeit des Eisens und den hierauf berechneten Hängbrücken zu.

I. Die schmiedeeisernen Hängbrücken.

1. Die ältesten Hängbrücken. Die ersten Hängbrücken finden sich bereits im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts bei den Indiern, Chinesen und Amerikanern und waren Seilbrücken, welche entweder aus, über Flüsse oder Schluchten gespannten, Seilen bestanden, längs welchen in daran aufgehängten

Körben die Reisenden sammt Gepäck hinübergeschafft wurden, oder eine aus Baumstämmen gebildete, auf Seilen ruhende Fahrbahn besaßen, welche von Fußgängern und selbst leichten Fuhrwerken benutzt werden konnte.

Auch bei den zur Bewerfstellung von Flußübergängen von dem Militär angewandten Seilbrücken⁸³⁾, deren schon im Anfang des sechzehnten Jahrhunderts Erwähnung geschieht, lag die Brückenbahn unmittelbar auf den Seilen und besaß demnach eine nach oben konkave Form, wenigstens ist nicht bekannt, ob die von Faustus Verentius in seinem 1625 erschienenen Werke⁸⁴⁾ beschriebene Brücke, deren Fußbahn mittels Flaschenzügen oder Rollen an einem gespannten Seile aufgehängt werden sollte, — eine Idee, welche, wie die allgemeine Ausstellung in Paris von 1867 lehrte, noch jetzt von dem französischen Geniecorps zur Herstellung von Militärbrücken benutzt wird — damals irgendwo zur Ausführung gekommen ist.

Anstatt der Seile wurden schon frühe eiserne Ketten verwendet, deren Fabrikation bereits den Alten bekannt war, denn schon Kircherus erwähnt in seinem 1667 erschienenen Werke über China⁸⁵⁾ eine Brücke bei Kingtung, welche eine aus 20 Ketten gebildete, mit Bretern belegte Bahn besaß. Auch die Träger der von Berg haus⁸⁶⁾ bei Beschreibung der Bauwerke von Thibet und Butan erwähnten, für Fußgänger bestimmten Hängbrücken bei dem Schlosse Dürbi im Distrikt Paro und von Schuka in Butan bestanden aus Ketten, bei deren ersterer zwei, über hohe an den Ufern errichtete Pfeiler führende und in großen Steinen befestigte Ketten die an Lianenseilen hängende, aus Bretern bestehende Bahn trugen, und bei deren letzterer fünf, an zwei gemauerten Pfeilern befestigte Ketten die aus Bambusrohr hergestellte, mit Brustwehr versehene Brückenbahn aufnahmen. Alle diese, sowie die in dem achtzehnten Jahrhundert zu militärischen und anderen Zwecken aus Ketten hergestellten Hängbrücken Deutschlands und Englands⁸⁷⁾ bezeichnen die ersten rohen Anfänge des Hängbrückenbaues.

2. Die schmiedeisernen Hängbrücken der Vereinigten Staaten Nordamerika's. Als die erste Kettenbrücke mit ausgebildetem Konstruktionsystem, wobei eine ebene Fahrbahn mittels Tragstangen durch frei aufgehängene Ketten getragen wird, kann die, im Jahre 1796 von Finlay über den Jakobs=Creek auf der Straße zwischen Union=Town und Greenburgh mit 21,33 Mtr. (70' engl.) Spannweite ausgeführte, angesehen und demnach Finlay die Erfindung der eigentlichen Kettenbrücken zugeschrieben werden, auf die er im Jahre 1801 ein Patent nahm und worauf, nach Cordier⁸⁸⁾, bis zum Jahre 1811 vierzig dergleichen Brücken ausgeführt wurden. Nach diesem Patent sollte die Pfeilhöhe $\frac{1}{7}$ der Bogensehnen betragen; Trag- und Rückhalt-Ketten sollten aus einem Stücke bestehen, über Tragpfeiler geführt und letztere mit den Widerlagspfeilern verankert werden; die Fahrbahn, aus Querträgern und Lang-

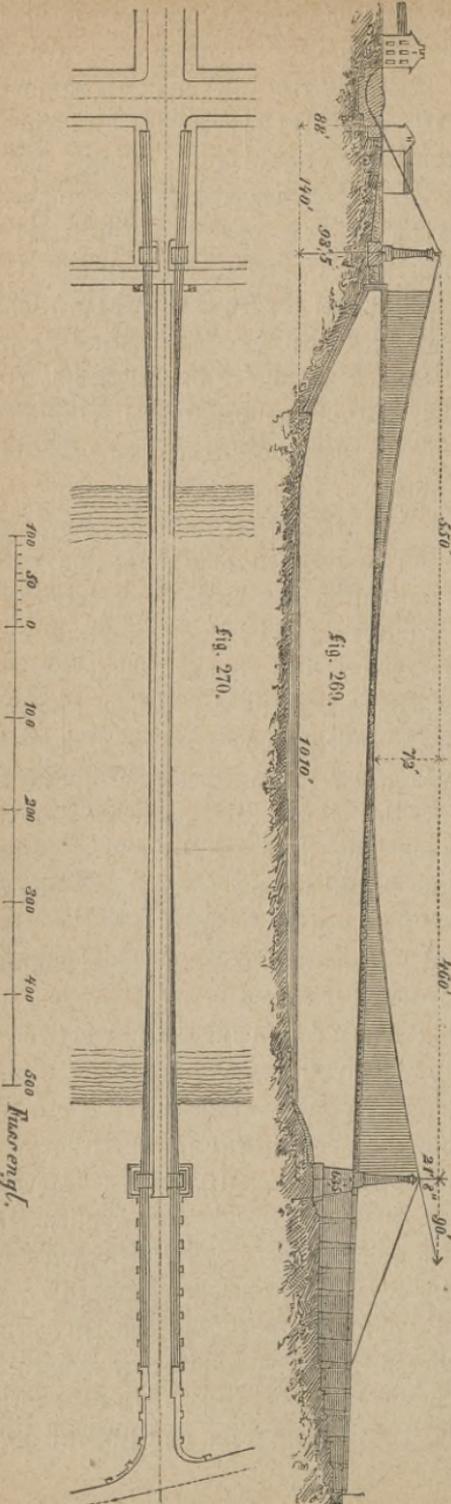
balken mit Bohlenbelag bestehend, sollte in der Mitte auf den Ketten ruhen und nach den Tragpfeilern hin durch Tragstangen an sie angehängen werden.

Die größte dieser Brücken besaß 93,27 Mtr. (306' engl.) Spannweite und führte über den Katarakt des Schuylkill-Flusses. Die Brückenbahn wurde von zwei Ketten aus $1\frac{1}{2}$ zölligem Quadrateisen getragen, die zu beiden Seiten derselben aufgehängt waren. Die vier Ketten der Hängbrücke über den Brandywine-Fluß bei Wilmington von 44,19 Mtr. (145' engl.) Spannweite und 9,14 Mtr. (30' engl.) Breite bestanden aus $1\frac{3}{8}$ zölligem Rundeisen. Die im Jahre 1809 von John Tempelmann im Staate Massachusetts drei Meilen oberhalb Newbury-Port über den Merrimack um die Summe von 25,000 Dollars erbaute Hängbrücke mit einer Oeffnung von 74,37 Mtr. (240' engl.) Spannweite besitzt zwei Fahrbahnen von 4,57 Mtr. (15' engl.) und zehn, über den Auflagerstellen kurzgegliederte Ketten, wovon je drei zu deren Seiten und vier in deren Mitte hängen. Der mittlere Theil der Brückenbahn ruht unmittelbar auf diesen Ketten, während deren übrige Theile mittels Tragstangen an die letzteren angehängt sind. Die Pfeiler sind bis zur Höhe der Brückenbahn massiv, von da bis zu der Höhe von 10,67 Mtr. (35' engl.) der Kettenlager aus, mittels eiserner Stangen abgesteiftem, Holzwerk hergestellt. Die im Jahre 1815 erbaute Hängbrücke über den Lehigh bei Northampton besteht bereits aus zwei ganzen und zwei, die Verankerung erleichternden, halben Kettenbogen von 144,78 Mtr. (475' engl.) Gesammtlänge, deren aus $1\frac{3}{8}$ zölligem Quadrateisen gefertigte Ketten die Brückenbahn in zwei Fahrwege in der Mitte und zwei Fußwege zu beiden Seiten scheiden. In demselben Jahre wurden, gestützt auf die Beobachtung, daß Eisen, zu Draht ausgezogen, eine beträchtlich größere Zugfestigkeit annehme, zu den Trägern einer Hängbrücke über den Schuylkill bei Philadelphia von 124,36 Mtr. (408' engl.) Spannweite Drahtseile aus je sechs Drähten von $\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser statt der Ketten verwendet.

Die im Jahre 1845 über den Fluß Monongahela bei Pittsburg ausgeführte Drahtbrücke mit acht Spannungen von durchschnittlich 57,3 Mtr. (188' engl.) von Mitte zu Mitte der Pfeiler, erhielt zur Vermeidung der Längenschwankungen bei Sturmwind eine hinreichende Versteifung der Brückenbahn durch Schutzgeländer zwischen der 6,09 Mtr. (20' engl.) breiten Fahrbahn und den je 1,52 Mtr. (5' engl.) breiten Fußwegen, welche eine ähnliche Konstruktion wie die Wände der Gitterbrücken zeigte. Jedes Brückensfeld wird von zwei Drahttauen von 11,25 Cmt. ($4\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser getragen, welche über den Kabelthürmen an, auf massiven Gußstücken ruhenden, Pendeln befestigt sind und sich gleichfalls zwischen der Fahrbahn und den Fußwegen befinden.

Im Anfang der fünfziger Jahre baute Ellet über den Ohio bei Wheeling eine Drahtbrücke⁸⁹⁾ mit der bedeutenden Spannweite von 307,85 Mtr.

fig. 269 und 270. Drahhängebücke über dem Ohio bei Melling.



(1010' engl.) bei 18,59 Mtr. (61' engl.) Pfeilhöhe (s. Fig. 269 u. 270. Die Kabel bildeten Parabeln, welche an den Spitzen der ungleich hohen Kabelthürme 10,06 Mtr. (33' engl.) von einander entfernt waren, während ihre tiefsten Punkte oder Sohlen nur 7,92 Mtr. (26' engl.) von einander abstanden; eine Anordnung, welche zur einfachsten Herstellung der erforderlichen Seitenversteifung, resp. zum Ersatz der an anderen Brücken angebrachten Windstreben dienen sollte, aber dennoch die am 17. Mai 1865 erfolgte Zerstörung durch heftigen Sturmwind nicht verhindern konnte. Jedes der beiden Kabel bestand aus sechs nebeneinander liegenden Drahtsträngen zu 550 Drähten, welche an jedem der vier Kabelthürme über je drei, auf schweren gußeisernen Unterlagsplatten rollenden Walzen von verschiedenem Durchmesser ruhten und so den durch den Temperaturwechsel bewirkten Längenveränderungen nachgeben konnten. Jenseits der Thürme waren die Kabel in eigens hierzu konstruirten Kammern des natürlichen Bodens verankert und zum Schutz gegen Rosten mit Firniß, die Anker mit Kalk überzogen. Die 9,14 Mtr. (30' engl.) langen Querbalken der 5,18 Mtr. (17' engl.) breiten Fahrbahn und beiderseitigen je 1,07 Mtr. (3½' engl.) breiten Banketten hängen mittels einer Schlinge und eines Drahtstranges an, quer über die Kabel gelegten,

je 1,07 Mtr. ($3\frac{1}{2}'$ engl.) voneinander entfernten, Quereisen, während die vier, unter beiden Banketten hinlaufenden, Langschwellen in Verbindung mit dem aus Fachwerk konstruirten Geländer zur Versteifung der Brückenbahn dienten. Um Knicke und Brüche zu vermeiden, wurde die Biegung jedes Drahtstranges über hufeisenförmigen Unterlagen bewirkt. Die Aufstellung der Brücke wurde durch zwei dünnere, später zu den Hauptkabeln verwendete, Kabel von je 100 Drähten bewirkt, deren jedes man mittels eines Seiles von einem Thurm über den anderen zog und provisorisch an den Ankern befestigte. Ueber diese, 0,91 Mtr. ($3'$ engl.) von einander entfernten, Kabel wurden die, später wieder zu den Banketten verwendeten, Breter gelegt und auf diese Weise eine Hilfsbrücke gebildet, an welcher man in Entfernungen von je 15,24 Mtr. ($50'$ engl.) eine Rolle mit, dem Kabeldurchmesser entsprechender Rehle aufhing, über die dann jedes Hauptkabel mittels eines an einem Göpel befestigten Handseils hinübergewunden wurde.

Der von Ellet zu einer Drahtkabelbrücke unterhalb der Niagarafälle⁹⁰⁾ entworfene Plan gelangte nicht zur Ausführung, indem die zum Aufschlagen derselben etwas solider als beim Bau der Ohio-Brücke bei Wheeling hergestellte Hilfsbrücke von den Brückenaktionären vorläufig und bis zur Herstellung der zu verbindenden Eisenbahnlinien, für Fußgänger und ganz leichtes Fuhrwerk als genügend erklärt wurde. Die Spannweite dieses Stegs beträgt 231,65 Mtr. ($760'$ engl.) von Kabelthurm zu Kabelthurm, bei 13,72 Mtr. ($45'$ engl.) Pfeilhöhe. Die Kabelthürme bestehen aus je zwölf aufrecht stehenden, unter sich wohlverbundenen Pfosten, welche in einer Höhe von 16,76 Mtr. ($55'$ engl.) über dem Boden mittels eines, aus vier Langschwellen und sechs Querschwellen gebildeten Kests doppelte Sattelhölzer von 0,3 Mtr. ($1'$ engl.) Höhe mit einer muldenartigen Vertiefung tragen, in welcher eine Walze von 45 Cmtr. ($18''$ engl.) Durchmesser, worauf die Kabel ruhen und sich bewegen, rollen kann. Die Kabel selbst bestehen aus vier stärkeren und sechzehn schwächeren Drahtseilen mit im Ganzen 1767 Drähten von zusammen 162,5 □ Cmtr. (26 □" engl.) Querschnitt. Die Fahrbahn ist nur 2,23 Mtr. ($7' 8''$ engl.) breit und besteht aus einem 6,25 Cmtr. ($2\frac{1}{2}''$ engl.) starken Bohlenbelag, der in Entfernungen von je 1,52 Mtr. ($5'$ engl.) durch einen Querbalken von 3,05 Mtr. ($10'$ engl.) Länge und 0,36 Mtr. ($\frac{6}{5}'$ engl.) unterstützt wird. Je zwei Langschwellen über und unter der Fahrbahn bilden deren Versteifung. Das Geländer besteht aus je drei, in die Drahtstränge, mittels deren die Fahrbahn an den Kabeln hängt, eingeflochtenen Latten. Um beim Aufschlagen dieses Drahtsteiges die einzelnen Drahtseile in einer Höhe von 70,1 Mtr. ($230'$ engl.) über das breite, nicht schiffbare Felsenbett des Stromes bringen zu können, ließ man auf dem einen Ufer bei günstigem Wind einen Drachen steigen und die Schnur schießen, als er über dem anderen Ufer

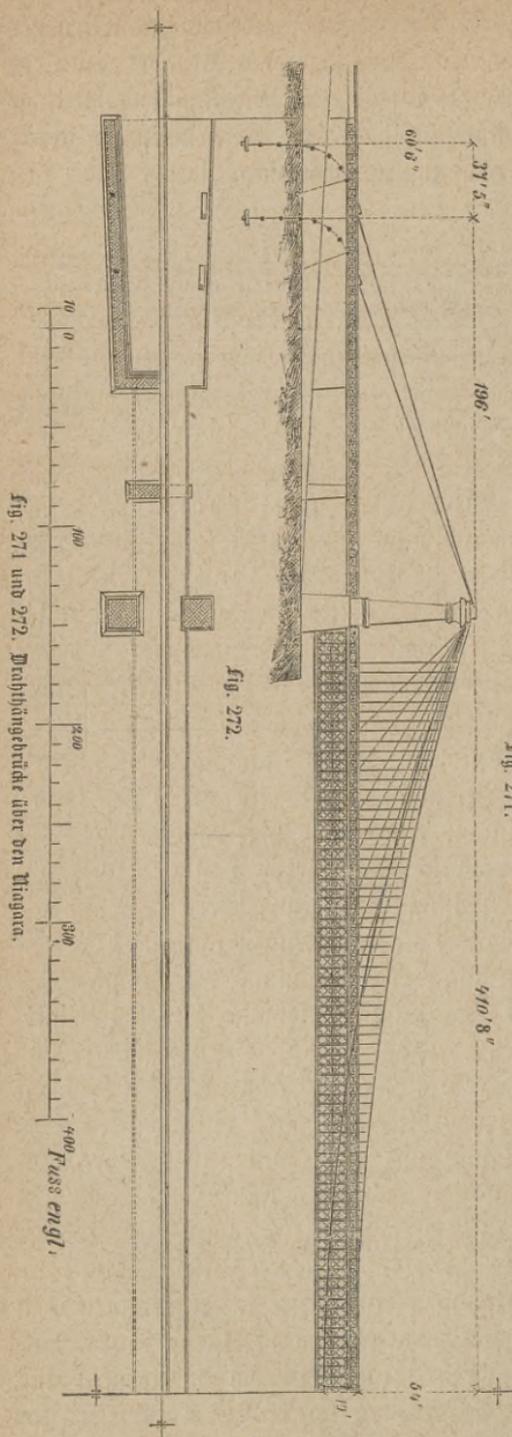


Fig. 271 und 272. Drahhängbrücke über den Niagara.

stand. An dem aufgefängenen Ende der Schnur zog man einen Draht und an diesem ein dünnes Drahtseil hinüber.

Die zu Anfang der fünfziger Jahre von Serrel sieben Meilen unterhalb der Fälle über den Niagara mit einer Spannweite von 316,99 Mtr. (1040' engl.) und Pfeilhöhe von 22,86 Mtr. (75' engl.) erbaute Hängbrücke erhielt zwei, aus je fünf Drahtseilen mit zusammen 1250 Drähten bestehende Tragbalken zu beiden Seiten der 6,09 Mtr. (20' engl.) breiten Fahrbahn, welche nicht direkt, sondern mittels eines gußeisernen Sattels, auf Walzen sich bewegen. Sechs weitere Einschnitte dieses Sattels waren zur Aufnahme von ebenso viel weiteren Balken für den Fall vorgesehen, daß die Brücke auch für Eisenbahnbetrieb eingerichtet werden sollte.

Die erste, von Köhling für Eisenbahnbetrieb erbaute, zur Verbindung der New-York-Central-Eisenbahn und der großen Westbahn in Canada bestimmte, Drahhängbrücke über den Niagara⁹¹⁾ von 250,34 Mtr. (821' engl.) Spannweite, s. Fig. 271 bis 275, wurde im Jahre 1855 dem Verkehr übergeben und besitzt zwei, an vier Balken mit je 25 Cmt. (10" engl.) Durchmesser und 3640 Drähten hängende Brückenbahnen, wovon, wie Fig. 273 bis 275 zeigt, die obere für eine einzeleisige Eisenbahn, die untere für

Straßenfahrwerke bestimmt ist und welche unter sich, behufs gleichmäßiger Anspruchnahme aller vier Drahtseile, durch Gitterwände aus Holz und Eisen verbunden sind, während zur Vermehrung der Steifigkeit vom Auflagerpunkte der Kabel aus Hängestäbe nach Fig. 271 fächerartig nach den Brückenbahnen geführt, ebenso, zum Schutz gegen Windstöße, im Uferfelsen besetzte schräge Zugseile mit der Brückenbahn in Verbindung gebracht sind.

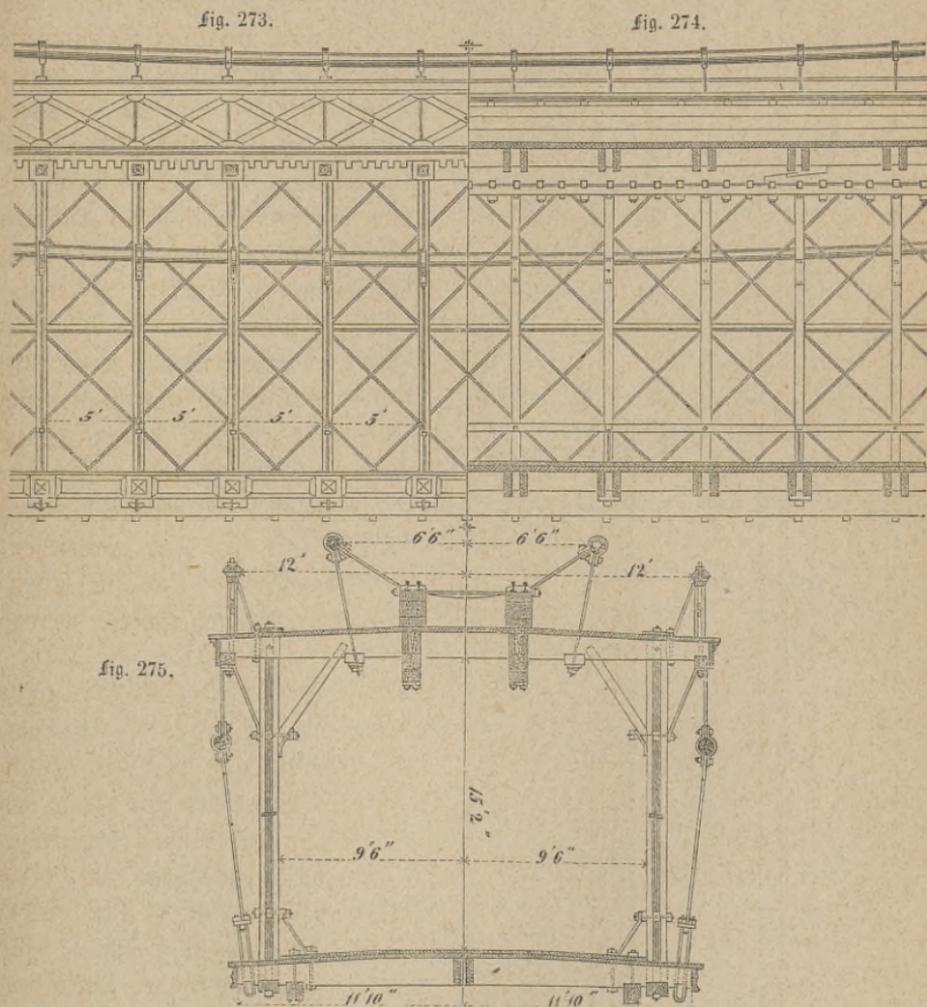


Fig. 273 bis 275. Details zur Drahthängebrücke über den Niagara.

Die Drahtseile liegen über steinernen Stützpfeilern auf gußeisernen, mittels Walzen verschiebbaren, Sätteln und werden landwärts von Spannketten festgehalten, deren Enden an Platten befestigt und mit diesen in eigens ausgesprengten Schächten des Uferfelsens eingemauert sind. Die Stützpfeiler sind

unter dem Niveau der Eisenbahn durch Gewölbebogen verbunden, unter welchen alle, die untere Fahrbahn der Brücke benutzenden, Straßenfuhrwerke passiren. Zwischen den Stützfeilern und dem Dammförper beider Ufer befinden sich Viadukte mit je zwei Oeffnungen zu je 18,29 Mtr. (60' engl.) Weite für den Verkehr längs des Flusses. Den Lieferungsbedingungen des Drahts zu den Kabeln entsprechend, bestand derselbe aus kalt erblasenem Holzkohleneisen und war aus Blöcken von 0,61 Mtr. (2' engl.) fast mit Federdrahtstärke bis zu einer Stärke von 0,45 Kilogr. (1 Pfd. engl.) für 6,09 lfd. Mtr. (20' engl.) Länge gezogen. Das Reißen des Drahts durch eine Probestannung von 590 Kilogr. (1300 Pfd. engl.) durfte erst nach einer Dehnung von 22,5 Cmtr. (9" engl.) auf 121,92 Mtr. (400' engl.) stattfinden. Die Drähte eines jeden Kabels sind in sieben Strängen à 520 Drähten gebunden und an den Enden umgeschlagen, sodaß sie eine Schleife bilden, worin gußeiserne Schuhe mit Löchern, zur Aufnahme der Verbindungsbolzen mit den Ankerketten, stecken. Die Herstellung der Drahtkabel erfolgte an Ort und Stelle mittels eigener, über auf Drahtseilen ruhenden Gerüsten aufgestellter, Maschinen mit einer möglichst gleichmäßigen Zugspannung aller Drähte. — Zum Schutze gegen Oxidation wurden die Kabel mit Oelfirniß und Farbe, die Spannketten zweimal mit Oelfarbe angestrichen, die letzteren ferner mit Gyps überzogen und die Schachte zur Vermeidung starker Temperaturwechsel vollständig mit Cementmauerwerk ausgefüllt.

Eine ähnliche Konstruktion zeigt die im Frühjahr 1867 vollendete Brücke über den Ohio bei Cincinnati⁹²⁾ von 304,8 Mtr. (1000' engl.) Hauptspannweite und sollte auch die, wegen Mangel an Geldmitteln unvollendete, Brücke über den Kentucky auf der Lexington-Danville-Bahn mit 373,06 Mtr. (1224' engl.) Spannweite erhalten. Die von der Fundamentoberfläche bis zu ihrer Spitze 73,76 Mtr. (242' engl.) hohen Kabelthürme der ersteren, zur Verbindung von Cincinnati und Covington dienende Brücke, s. Fig. 276, sind 322,17 Mtr. (1057' engl.) von Mittel zu Mittel entfernt, während die beiden durch Aufhängung an den Rückhalttauen überbrückten Oeffnungen eine Weite von je 85,65 Mtr. (281' engl.) besitzen. Die beiden, zum Tragen der Brückenbahn bestimmten Drahttaue, deren Pfeilhöhe bei mittlerer Temperatur 27,13 Mtr. (89' engl.) oder etwa $\frac{1}{12}$ der Spannweite mißt, bestehen aus 5180 Drähten und bilden einen Cylinder von 30,82 Cmtr. ($12\frac{1}{3}$ " engl.) Durchmesser, dessen größte Anstrengung 4212½ Tonnen, also etwa 5500 Kilogr. p. □ Cmtr.) beträgt. Um eine gleichmäßige Annahme der einzelnen Kabeldrähte zu bewirken, wurde jedes der beiden Drahtkabel aus sieben Strängen so zusammengesetzt, daß sechs Stränge um einen mittleren ein regelmäßiges Sechseck bildeten. Alle einzelnen Drähte dieser sieben Stränge wurden nun mittels einer, für die Arbeiter bestimmten, provisorischen Fußbrücke mit Hilfe der von diesen gegebenen Signale über der Haupt-

öffnung mit einem etwa 40' engl. geringeren Pfeile, d. h. so aufgehängt, daß sie durch ihr Eigengewicht ebenso beansprucht wurden, wie es nach vollendeter Brückenausführung durch die ganze von ihnen zu tragende Last der Fall sein sollte. Nach Vereinigung der erforderlichen Anzahl Drähte zu einem Stränge wurde jeder der letzteren in seine definitive Lage herabgelassen und so, gleichzeitig auf beiden Seiten, die Drahtkabel aus den sieben Strängen in der Weise gebildet, daß erst die beiden unteren, dann die drei mittleren und schließlich die beiden oberen Stränge angefertigt wurden. Nachdem die sieben, ohnehin in Sechseckform zusammenpassenden Stränge überdies scharf zusammengepreßt waren, wurden die Kabel mit einem dreimaligen Anstrich von Leinölfirnis versehen und wasserdicht mit verzinktem Eisendraht umwickelt. Ueber den Pfeilern ruhen die Drahttaue auf schwach gekrümmten, auf 32 Rollen verschieblichen massiven 3,35 Mtr. (11' engl.) langen Sätteln. An diesen Auflagern beträgt die Entfernung der Drahtkabel voneinander 15,24 Mtr. (50' engl.), in der Mitte der Oeffnung nur 7,32 Mtr. (24' engl.), so daß die Kabel zur Verminderung der Seitenschwankungen nicht in vertikalen, sondern in etwa $\frac{1}{7}$ geneigten Ebenen hängen. Zur Verhütung der Längsschwankungen dienen je neunzehn, von jedem Kabelsattel nach verschiedenen Punkten

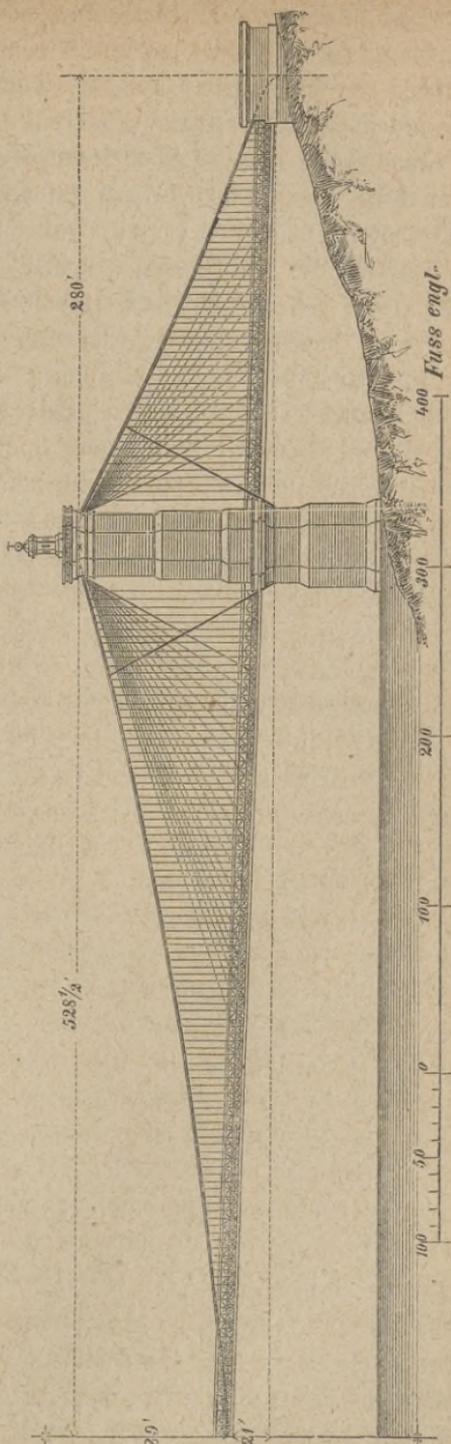


Fig. 276. Brücke über den Ohio bei Cincinnati.

der Brückenbahn ausgehende Drahtseile von 5,63 Cmt. ($2\frac{1}{4}$ " engl.) Durchmesser. Auch die Aufhängung der Brückenbahn an den Kabeln ist durch Drahtseile in Entfernungen von 1,52 zu 1,52 Mtr. (5 zu 5' engl.) bewirkt. Die 10,97 Mtr. (36' engl.) breite Brückenbahn besteht aus einer 6,7 Mtr. (22' engl.) breiten, auch mit Pferdebahn-Gleisen versehenen, Fahrbahn innerhalb und aus zwei 2,13 Mtr. (7' engl.) breiten Fußwegen mit Außengeländern außerhalb der Kabel. Die Versteifung der Brückenbahn besteht aus einem 3,05 Mtr. (10' engl.) hohen Gitterwerke aus Façoneisen, dessen je 9,14 Mtr. (30' engl.) lange Abtheilungen unter sich mittels Verbindungsplatten, deren Bolzenlöcher mit Rücksicht auf die Längenveränderungen durch Temperaturwechsel oval gearbeitet wurden, vereinigt sind. Die Verankerungen der beiden Drahtkabel bestehen aus zwei Ketten, deren Glieder aus fünfzehn bis sechzehn, 3,05 Mtr. (10' engl.) langen, 22,5 Cmt. (9" engl.) breiten und 3,33 Cmt. ($1\frac{1}{3}$ " engl.) starken Stäben zusammengesetzt sind, mit einer Anspruchnahme von etwa 25 Tonnen p. □" engl. (1800 Kilogr. p. □ Cmt.). Das Fundament der, aus Kalkstein im unteren und Sandstein im oberen Theile bestehenden, Kabelthürme besteht aus einer, durch fest verbundene Holzstämme gebildeten Plattform von 33,58 Mtr. (110' engl.) unterer Länge und 22,86 Mtr. (75' engl.) unterer Breite. Diese Stämme sind rechtwinklig beschlagen und liegen in zwölf Lagen kreuzweise, von unten nach oben treppenartig zurückspringend, übereinander.

Die größte, bis jetzt zur Ausführung gekommene Spannweite von 385,27 Mtr. (1264' engl.) besitzt die im Jahre 1867 in Angriff genommene und im Jahre 1869 vollendete Drahthängenbrücke über die Niagarafälle, welche sich von einem Punkte etwas unterhalb der amerikanischen Fälle bis zu einem gleich unterhalb des Clifton House gelegenen Punkte auf der kanadischen Seite erstreckt und vorzugsweise dazu bestimmt ist, den alljährlich in großer Zahl herbeiströmenden Touristen den besten Standpunkt zur Betrachtung des erhabenen Schaupiels der Niagarafälle zu bieten. Die Tragkabel der „Cliftonhängenbrücke“ enthalten je sieben 6,25 Cmt. ($2\frac{1}{2}$ " engl.) starke parallele Drahtseile von 579 Mtr. (1900' engl.) Länge, deren jedes wieder aus sieben, von je neunzehn Drähten gebildeten, Litzen besteht, wovon je sechs auf der siebenten geraden centralen Litze spiralförmig aufgewunden sind. Zur Aufhängung derselben sind auf jedem Ufer zwei 30,48 Mtr. (100' engl.) hohe, 12,19 Mtr. (40' engl.) voneinander entfernte, abgestumpfte pyramidenförmige, aus starken Balken konstruirte, auf festen Felsen gegründete Kabelthürme errichtet, auf welchen die Kabel in einer Entfernung von 12,8 Mtr. (42' engl.) ruhen, während sie sich in der Brückenmitte auf 3,658 Mtr. (12' engl.) nähern. Die aus zwei Lagen, 3,8 Cmt. ($1,5$ " engl.) starken, auf Querträgern befestigten, Bohlen gebildete 3,05 Mtr. (10' engl.) breite Brückenbahn ist mittels schwächerer, 1,524 Mtr. (5' engl.) voneinander entfernter Drahtseile an die Kabel aufgehängt und der Länge nach

durch hölzerne Geländer ausgesteift. Die Haupttragseile tragen nur die mittlere Hälfte der Brückenbahn, die übrigbleibenden Viertel der Brückenbahn werden auf jeder Seite durch je sieben besondere, von verschiedenen Punkten der Bahn schräg über die Spitzen der Kabelthürme laufende Tragseile getragen. Zur weiteren Sicherung gegen Seiten- und Vertikal-Schwankungen ist die Brückenbahn wie bei der auf Seite 174 bis 176 betrachteten Niagarabrücke mit zahlreichen, in wagerechter und vertikaler Richtung an dem Felsen befestigten, Ankerseilen versehen. Die Verankerung der Drahtkabel und Tragseile ist auf der canadischen Seite in massivem Felsen, auf der amerikanischen Seite in ausgemauerten Gruben derart bewirkt, daß die einzelnen Stränge der Seile mit den, aus Lössmooreisen gebildeten, Wurzelgliedern verbunden und diese an den, auf dem Boden der Verankerungsgruben ruhenden, Gußplatten befestigt und mit 6,1 Mtr. (20' engl.) hohem Mauerwerk belastet sind. Zur Vermeidung von Ueberlastung der Brücke durch das, sich mit dem Wasserstaub der Fälle ansetzende, Eis wird im Winter der Bohlenbelag abgenommen.

Eine besondere Anwendung machten die Amerikaner von den Drahtkabeln, indem sie dieselben zu Trägern von Schiffskanälen benutzten, wie bei dem, im Jahre 1844 erbauten, Aquadukt des Pennsylvaniakanals über den Alleghany in Pittsburg, s. Fig. 277 und 278, mit sieben Oeffnungen von je 48,77 Mtr. (160' engl.) im Lichten Weite und von 4,27 Mtr. (14' engl.) Pfeil, dessen aus Holz

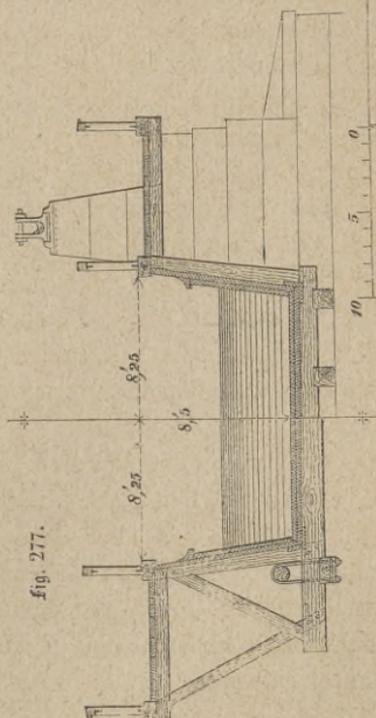
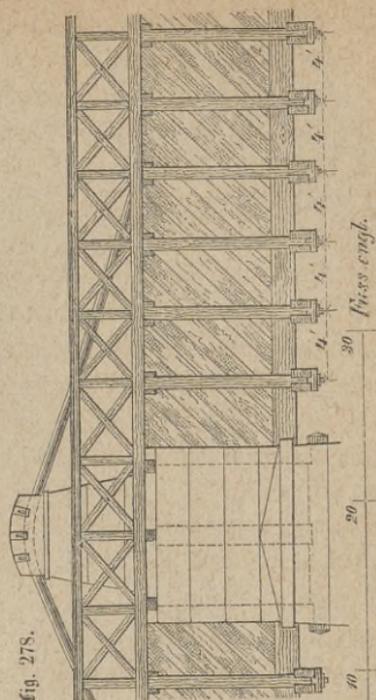


Fig. 277 und 278. Aquadukt des Pennsylvaniakanals über den Alleghany bei Pittsburg.

hergestelltes 347,47 Mtr. (1140' engl.) langes Kanalbett an zwei zur Seite angebrachten Drahtseilen, von je 17,5 Cmtr. (7" engl.) Durchmesser mit 1900 Drähten und 165,62 □Cmtr. ($26\frac{1}{2}$ □" engl.) Querschnitt, aufgehangen ist. Jedes Kabel ist mit 0,3 Cmtr. ($\frac{1}{8}$ " engl.) starkem Draht umspinnen und mit Delanstrich versehen, die Querträger des Kanals durch eiserne Bügel an den Kabeln aufgehängt. Die Ankerketten besitzen eine Länge von je 16,46 Mtr. (54' engl.) und bestehen aus Flachstäben, 10 Cmtr. (4" engl.) breit, 2,8 Cmtr. ($1\frac{3}{8}$ " stark, mit 225 □Cmtr. (36 □" engl.) Querschnitt und sind nach einem Kreisbogen in das Mauerwerk des Endpfeilers geführt. An den Auflagern und über den Pfeilern sind die Seile verstärkt und in jedem Sattel durch drei Keile festgeklemmt.

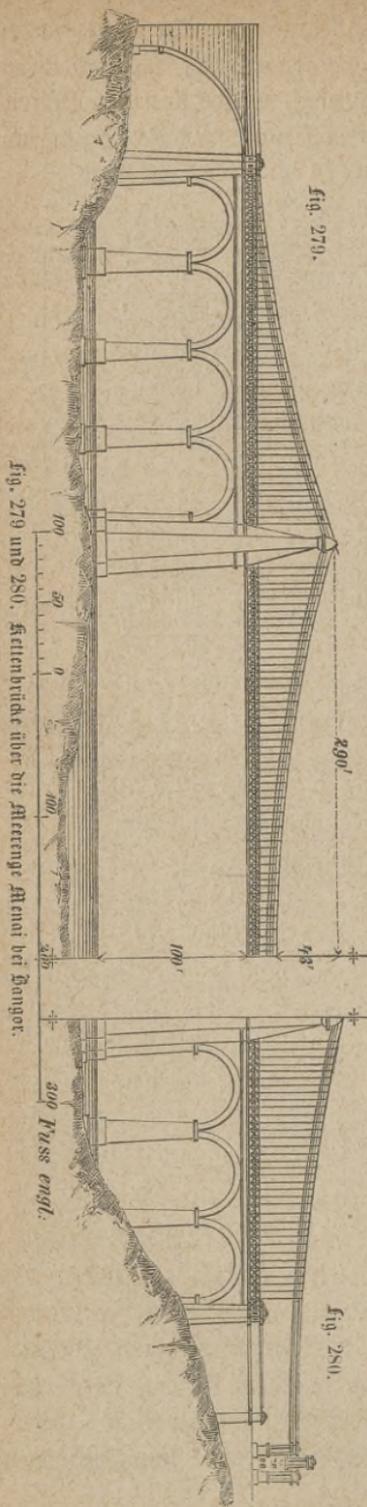
3. Die schmiedeisernen Hängbrücken Englands. Die erste eiserne Hängbrücke, welche in England und zugleich in Europa um das Jahr 1741 erbaut wurde, stellte eine Verbindung der Graffschaften Durham und York her, führte bei *Winch* über den Fluß *Tees*, besaß eine Spannweite von 18 Mtr. und war nur für Fußgänger bestimmt. Ihre Verkehrsbahn lag direkt auf den Ketten, welche in die, an beiden Ufern vorhandenen, Felsen eingelassen waren.

Nachdem im Jahre 1811 die geschweißten Ankerketten statt der Ankertaue mit Erfolg in die englische Marine eingeführt worden waren, erbaute im Jahre 1814 *Samuel Brown* auf seiner Ketten Schmiede *Mill-Wall* zu London, nach dem System der Kettenkurve, eine Fußbrücke von 32 Mtr. (105' engl.) Spannweite mit einem Eisenaufwand von 1930 Kilogr. (38 Centnern), indem er zu den Ketten auf die hohe Kante gestellte Flach Eisen verwandte. Unter einigen, kurz darauf erbauten Hängbrücken für Fußgänger wurde im Jahre 1817 auch diejenige über den *Tweed* bei *Kings-Meadow* mit 33,53 Mtr. (110' engl.) Spannweite und 1,22 Mtr. (4' engl.) Breite von den Ingenieuren *Ned path* und *Brown* aus *Edinburgh* nach dem sogenannten Diagonalkettensystem ausgeführt. Zufolge dessen war die Brückenbahn mittels schräg herablaufender Tragketten aus 0,75 Cmtr. ($\frac{3}{10}$ " engl.) starkem Draht an die Köpfe 2,74 Mtr. (9' engl.) hoher, 20 Cmtr. (8" engl.) im Durchmesser haltender, auf den Landpfeilern aufgestellter, gußeiserner Säulen aufgehängt, während die aus 1,87 Cmtr. ($\frac{3}{4}$ " engl.) starkem Rundeisen bestehenden Rückhaltketten gleichfalls jene Säulenköpfe faßten und unten im Boden befestigt waren. Die Brückenbahn bestand aus schmiedeisernen Trägern, worauf sich ein hölzerner, 3,75 Cmtr. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) starker Belag befand. Die im Jahre 1817 von *John* und *William Smith* nach demselben System erbaute, jedoch gegen Horizontal- und Vertikal-Schwankungen nicht genügend gesicherte, Fußbrücke über den *Tweed* bei *Dryburgh-Abbey* von 79,25 Mtr. (260' engl.) Spannung und 1,22 Mtr. (4' engl.) Breite, welche im Jahre 1818, nach sechsmonatlichem Bestande, umgestürzt war, wodurch das Diagonalkettensystem in Mißkredit gerieth, wurde

in demselben Jahre nach dem System der Kettenkurve wieder aufgebaut, jedoch durch Diagonalketten und mit an den Ufern befestigten Ankerketten zur Sicherung gegen Seitenschwankungen verstärkt. Auch vertauschte man die früher angewandten Kettenglieder aus schwachem Runderisen mit nur umgebogenen und einem Aufsteckringe versehenen Enden mit geschweißten Kettengliedern aus $1\frac{5}{8}$ zölligem Runderisen und verband dieselben, welche einzeln in vier Ketten — je zwei zu jeder Seite — aufgehängt waren, durch 22,5 Cmt. (9" engl.) lange Kuppelglieder. Zwei hölzerne Längsträger der 1,22 Mtr. (4' engl.) breiten Bahn wurden an Tragstangen von 1,25 Cmt. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser, die mittels einer Art Kreuzkopf auf den Kuppelgliedern ruhten, aufgehangen, welche die Querträger mit dem Brückenbelag aufnahmen.

Schon während des Baues jener wieder eingestürzten Tweed-Brücke suchte der um die Fabrikation der Ankerketten verdiente Samuel Brown ein Patent auf den Bau von Kettenbrücken nach, welches er auf das Modell seiner bereits im Jahre 1811 erbauten Brücke zu Mill-Wall stützte und im Beginn des Jahres 1818 erhielt. Die erste Anwendung davon machte er in den Jahren 1819 bis 1820 bei Erbauung der zur Verbindung von England mit Schottland bestimmten Union-Brücke über den Tweed bei Northam-Ford, fünf Meilen von Berwick⁹³, mit einer Oeffnung von 136,85 Mtr. (449' engl.), bei 9,14 Mtr. (30' engl.) Pfeilhöhe und 5,18 Mtr. (17' engl.) Breite. Zwölf Ketten, paarweise und in drei Reihen übereinander geordnet, tragen mittels 1,52 Mtr. (5' engl.) von einander entfernter Hängstangen die Brückenbahn und ruhen in den Tragpfeilern auf Rollen. Die Ketten bestehen aus 5 Cmt. (2" engl.) starkem Runderisen, das durch Umbiegen und Zusammenschweißen der Enden zu 4,57 Mtr. (15' engl.) langen Gliedern verarbeitet ist. Diese langen Glieder wechseln mit, aus 2,7 Cmt. ($1\frac{1}{8}$ " engl.) starkem Quadratischeisen geschmiedeten, durch ovale, 6,25 bis 5 Cmt. ($2\frac{1}{2}$ bis 2" engl.) starke Bolzen verbundenen kürzeren von nur 16,87 Cmt. ($6\frac{3}{4}$ " engl.) Länge. Die aus 2,5 Cmt. (1" engl.) starkem Runderisen hergestellten Tragstangen ruhen mit ihren oberen Enden in gußeisernen Sätteln auf den Kuppelbolzen und tragen mit ihren unteren gabelförmigen Enden und mittels durchgesteckter Keile die 7,5 Cmt. (3" engl.) hohen Langschienen der Brückenbahn. Auf diesen Langschienen ruhen in Entfernungen von 1,52 Mtr. (5' engl.) die tannenen Querträger mit einem 7,5 Cmt. (3" engl.) hohen Bohlenbelag. Die Rückhaltketten gehen 6,4 Mtr. (21' engl.) in den Grund und sind gegen starke gußeiserne Platten mittels ovaler Bolzen verankert.

Ungleich bedeutender als diese und die von demselben Erbauer in den Jahren 1820/21 im Meerbusen von Forth zu Newhaven bei Edinburgh und in den Jahren 1822/23 bei Brighton hergestellten Landungsbrücken war die in den Jahren 1819 bis 1826 von Telford zwischen der Küste von



Carnarvon und der Insel Anglesea erbaute Kettenbrücke über die Menai-Meerenge bei Bangor⁹⁴), s. Fig. 279 bis 285, mit einer Oeffnung von 176,6 Mtr. (580' engl.) Spannweite bei 13,07 Mtr. (43' engl.) Pfeilhöhe oder $\frac{1}{13,75}$ Pfeilverhältniß und 31 Mtr. (102' engl.) über den höchsten Springsluten hängenden Brückenbahn von 8,53 Mtr. (28' engl.) Breite. Zwei kolossale pyramidale Kettenpfeiler aus geflecktem, auf der Insel Anglesea brechendem, Marmor mit 21,34 Mtr. (70' engl.) auf 15,24 Mtr. (50' engl.) Basis erheben sich 16,15 Mtr. (53' engl.) über die Brückenbahn zu einer Höhe von 46,63 Mtr. (153' engl.) und sind mit den Ufern durch überwölbte Pfeilerreihen verbunden. Diese Pfeiler tragen mittels Walzen, die auf großen, zusammengesetzten Gußplattenrollen, die in vier Reihen nebeneinander hängenden und so geordneten Hauptketten, daß dieselben in der Mitte einen Fußweg, zu beiden Seiten desselben eine Fahrbahn begrenzen. Jede dieser Reihen enthält vier Stränge übereinander. Die Rückhaltketten, welche mit den Tragketten durch gebogene, auf den Walzen gelagerte Kettenglieder verbunden und zur Verminderung von Schwankungen durch lothrechte Zugstangen mit dem Mauerwerk der Bogenstellungen verbunden sind, laufen unter dem gleichen Aufhängungswinkel wie die Tragketten in den Felsengrund und sind daselbst mittels 15 Cmt. (6" engl.) starker, 2,74 Mtr. (9' engl.) langer Niesenbolzen mit gußeisernen Platten verankert. Die Tragketten sind abwechselnd aus fünf Hauptgliedern, von 2,74 Mtr. (9' engl.) langen, 7,31 Cmt. ($3\frac{1}{4}$ " engl.) breiten und 2,5 Cmt. (1" engl.) dicken rechteckigen Schienen, und sechs Kuppelgliedern von 26,87 Cmt. ($10\frac{3}{4}$ " engl.) Länge, 20 Cmt. (8" engl.) Breite und 2,5 Cmt. (1" engl.) Dicke

mittels dreizölliger Bolzen zusammen gesetzt. Zur Regulirung sind sowol in den Tragketten, nahe an den Tragpfeilern, als in den Spannketten, nahe an ihrem Austritt aus dem Boden, Stellglieder angeordnet, welche statt der Bolzenlöcher Schlitz haben und mittels Keilen eine Verlängerung oder Verkürzung um bzw. 47,5 Cmtr. (19" engl.) und 23,75 Cmtr. (9 $\frac{1}{2}$ " engl.) zulassen.

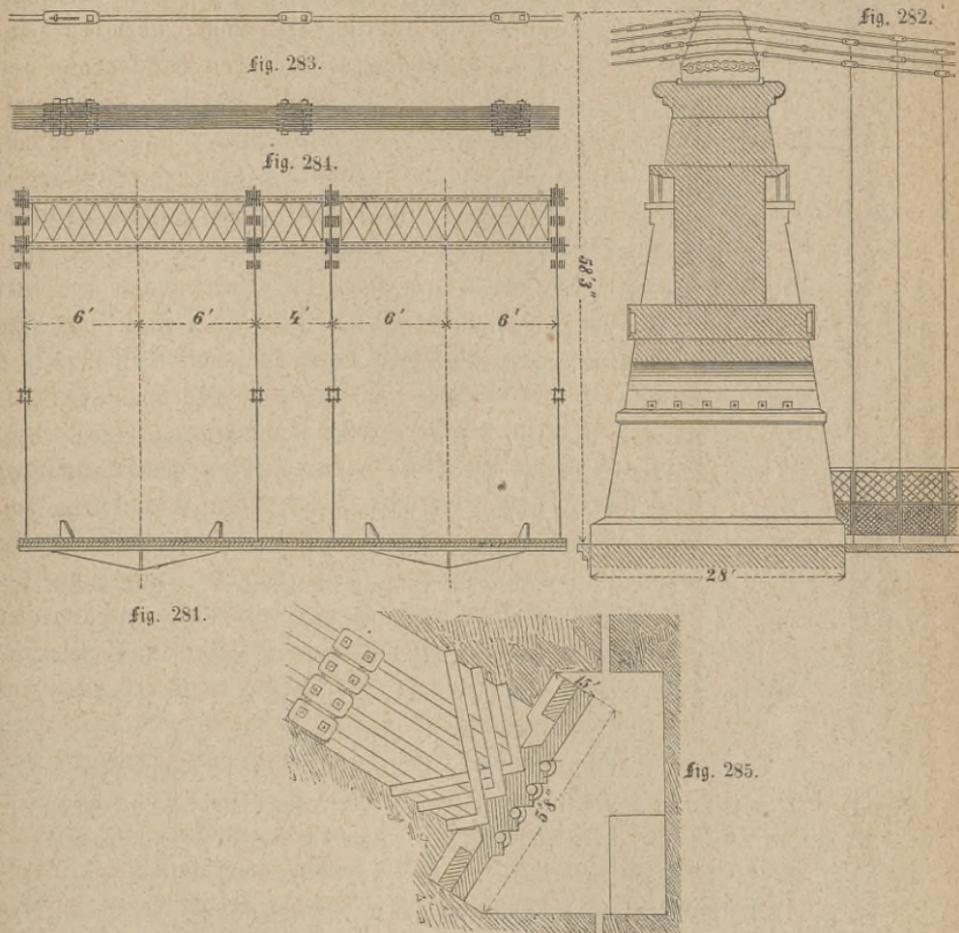


Fig. 281 bis 285. Details zur Kettenbrücke über die Meerenge Menai bei Bangor.

Zur Vermeidung seitlicher Schwingungen wurden die Tragketten viermal, die Spannketten zweimal durch gußeiserne Röhren nach der Breite der Brücke verbunden. Die je 1,52 Mtr. (5' engl.) voneinander entfernten Tragstangen von 6,25 □ Cmtr. (1 □" engl.) Querschnitt, deren jedesmal vier in eine lothrechte, zur Länge der Brücke normale Ebene treffen, durchsetzen die, mit einem schmiedeisenen Sprengwerke versehenen, aus je zwei, 2,5 Cmtr. (1" engl.) voneinander abstehenden, mit Holz ausgefüllten, schmiedeisenen

Schienen von 8,75 Cmtr. ($3\frac{1}{2}$ " engl.) Höhe und 1,25 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " engl.) Dicke bestehenden Querträger, auf welche der, aus zwei Lagen von 7,5 Cmtr. (3" engl.) und 5 Cmtr. (2" engl.) Stärke bestehende kieferne Brückenbelag der Fahrbahn befestigt ist. Die, zur Seite durch eichene Spurbalken abgegrenzten, Fahrwege erhielten noch einen dritten Bohlenbelag von 7,5 Cmtr. (3" engl.) Stärke bei 2,28 Mtr. ($7\frac{1}{2}$ ' engl.) Breite, zwischen die je eine Lage getheerten Patentfilzes gelegt wurde. An den Seiten erhielt die Brücke ein einfaches, wenig versteifendes Geländer aus eisernen Vertikalstäben.

Obwol die, für die damalige Zeit trefflich konstruirte Brücke dreizehn Jahre dem Verkehre gedient und den Seestürmen getrotzt hatte, so litt sie doch im Januar 1839 unter einem heftigen Sturme so, daß ihre Querträger und Brückenbahnen erneuert und verstärkt werden mußten. Insbesondere wurde die Brückenbahn durch, von unten angeschraubte, Längsbalken sowie durch Verstärkung der Spurbalken bedeutend versteift und sowol die Querträger zur gleichmäßigen Vertheilung der Lasten auf die Tragketten auch bei Sturm, als auch die Tragstangen, zur Vermeidung nachtheiliger Biegungen, mit Gelenken versehen wurden.

Gleichzeitig mit der Menai-Brücke und über dieselbe Meerenge erbaute Telford in den Jahren 1822/26 die Conway-Kettenbrücke mit 99,67 Mtr. (327' engl.) Spannweite und 6,81 Mtr. ($22\frac{1}{3}$ ' engl.) Pfeilhöhe oder mit $\frac{1}{14,64}$ Pfeilverhältniß und mit, bis auf die Querverbindungsrohren der Tragketten und die Verbindungsstangen der Rückhaltketten mit den Bogenstellungen, fast ganz übereinstimmender Konstruktion. Die 5,33 Mtr. ($17\frac{1}{2}$ ' engl.) breite Brückenbahn wird durch acht Kettenstränge aus je fünf Gliedern von 7,31 Cmtr. ($3\frac{1}{4}$ " engl.) Höhe und 2,5 Cmtr. (1" engl.) Stärke getragen.

Die in den Jahren 1823 bis 1827 von Clark, zwei Meilen oberhalb London, über die Themse erbaute sogenannte *Hammer Smith-Brücke*⁹⁵⁾, s. Fig. 286 und 287, mit drei Oeffnungen von 121,8 Mtr. (400' engl.) in der Mitte und zwei Seitenöffnungen mit Halbbogen von 44,34 Mtr. (145,5' engl.), gilt hinsichtlich ihrer Anordnung im Ganzen und Einzelnen als das Muster einer Kettenbrücke. Vier, aus je zwei, in einem Abstände von 0,3 Mtr. lothrecht übereinander hängenden, Ketten bestehende Tragketten theilen die 9 Mtr. breite Brückenbahn in einen 6 Mtr. breiten Fahrweg und zwei zu dessen Seiten liegende 1,5 Mtr. breite Fußwege. Die äußeren und schwächeren Kettenpaare bestehen aus je drei nebeneinander hängenden 2,69 Mtr. (8' 10" engl.) von Auge zu Auge langen, 12,5 Cmtr. (5" engl.) breiten, 2,5 Cmtr. (1" engl.) dicken Gliedern mit je vier kürzeren, 38,13 Cmtr. ($15\frac{1}{4}$ " engl.) langen, 20 Cmtr. (8" engl.) breiten und 2,5 Cmtr. (1" engl.) dicken Kuppelgliedern, die inneren und stärkeren Kettenpaare aus je sechs neben-

einander hängenden langen Gliedern mit je sieben kürzeren Kuppelgliedern von denselben Abmessungen. Die Tragketten gehen durch Oeffnungen der Mittelpfeiler, worin sie auf zwei Säzen gußeiserner, genau auf 27,5 Cmt. (11" engl.) abgedrehter, Walzen ruhen. Mittels 7,5 Cmt. (3" engl.) starker geschmiedeter Zapfen laufen diese Walzen in metallenen Lagern, die an einen massiven gußeisernen, mit den Tragseilern verankerten, Sattel befestigt sind. Die Tragketten der Seitenbahnen gehen, zum Theil noch unter der Fahrbahn, durch das ganze 6,3 Mtr. (20,5' engl.) hohe, 14 Mtr. (45' engl.) starke, zur Vermeidung einer Verschiebung durch den Kettenzug auf einem Pfahlrost mit vorspringenden Querschwellen hergestellten Verankerungsmauerwerk hindurch, auf dessen Rückseite sie gegen starke, mit Rippen versehene gußeiserne Platten mittels elliptisch geformter Bolzen befestigt sind. — Die je fünf Fuß voneinander entfernten Tragstangen sind mittels kurzer Zwischengelenke und besonderer Bolzen an den Kuppelgliedern befestigt und nehmen mittels gußeiserner Plättchen und vorgesteckter Splinte die 9,75 Mtr. (32' engl.) langen doppelten hölzernen Brückenbalken auf, zwischen welchen längs und zur Versteifung der Brückenbahn hölzerne Kreuzversteifungen eingeschaltet sind. Zur weiteren Versteifung der Brückenbahn dienen doppelte, mit Hängwerken versehene, zu beiden Seiten aufgeschraubte Streckbalken. Aus 6,1 Mtr. (20' engl.) entfernten gußeisernen Säulen, hölzernen Holmen und Kreuzprofilen bestehende Geländer begrenzen die Fußwege.

Die größte aller bekannten Kettenbrücken ist die von Brunel für Fußgänger erbaute und im Jahre 1845 vollendete Charing-Croß oder Hungerford-Brücke⁹⁶ über die Themse in London, s. Fig. 288 und 289, mit drei ganzen Kettenbögen von 206,2 Mtr. (676' engl.) Spannweite und 15,2 Mtr. (50' engl.) Pfeilhöhe in der Mitte und zwei halben Kettenbögen von 103,48 Mtr. (340' engl.) zur Seite. Die 4,27 Mtr. (14' engl.) breite Brückenbahn wird an jeder Seite von zwei übereinander hängenden Ketten aus 7,31 Mtr. (24' engl.) langen, 17,5 Cmt. (7" engl.) hohen und 2,5

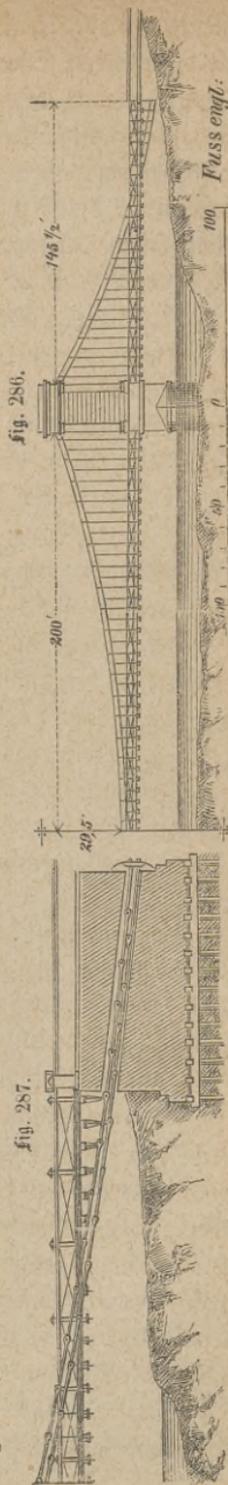


fig. 286 und 287. Gomer-Smith-Kettenbrücke über die Themse zu London.

Emtr. (1" engl.) starken Schienen und einer, der nach den Anfangspunkten hin wachsenden Spannung entsprechenden, Zunahme des Kettenquerschnitts, indem zehn und elf Schienen sich bzw. auf elf und zwölf vermehren, getragen. Ueber den aus hohlem Mauerwerk hergestellten steinernen Stützpfählern, s. Fig. 288, sind die übereinander hängenden Tragketten mittels Bolzen durch kurze 1,13 Mtr. ($3\frac{1}{2}'$ engl.) hohe Glieder untereinander verbunden, welche letztere mit einer, auf Rollen ruhenden, Gussplatte verschraubt sind. Die 3,66 Mtr. (12' engl.) von einander entfernten Hängstäbe von 14 □ Emtr. (2,25 □" engl.) Querschnitt ruhen mittels Balancier, s. Fig. 289, auf beiden Ketten und tragen Querbalken, welche zu beiden Seiten Längsbalken unterstützen. Auf diesen letzteren liegen die 0,98 Mtr. (3' engl.) voneinander entfernten Querbalken, welche die Längsbohlen der Brückenbahn aufnehmen.

fig. 288.

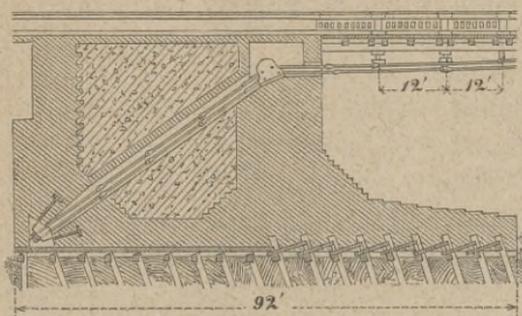


fig. 289.

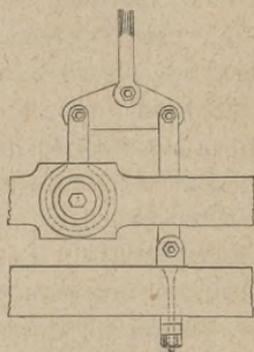


Fig. 288 u. 289. Details zur Charing-Cross Kettenbrücke über die Themse zu London.

Als eine hinsichtlich der Versteifung vervollkommnete Drahtbrücke ist die von Barlow im Jahre 1862 ausgeführte Lambeth-Hängbrücke in London⁹⁷⁾, s. Fig. 290 bis 296, zu betrachten, welche die Themse zwischen der Westminster- und Barchall-Brücke in drei gleich großen Oeffnungen von je 85,34 Mtr. (280' engl.) überspannt, und deren Verkehrsbahn von zwei, zwischen der Fahrbahn und den Banketten angebrachten, an je zwei auf gemeinschaftlichen Sätteln ruhenden Drahttauen aufgehängenen, sogenannten Röhren- oder Kasten-Trägern getragen wird. Das Eigenthümliche ihrer Konstruktion besteht in der weiteren Versteifung der Brücke innerhalb des, zwischen den Drahtkabeln und Röhrenträgern gelegenen, dreieckförmigen Bogenzwickels durch steife, aus je zwei T-Eisen und deren Verbindungsgitterwerk, s. Fig. 293 und 294, bestehende Vertikalpfosten und aus Flacheisen gebildete Diagonalstäbe.

Die vier Tragkabel sind aus je sieben Strängen zusammengesetzt, wovon sechs äußere den inneren siebenten Strang schraubenförmig umwinden und jeder dieser sieben Stränge besteht wieder aus sieben schraubenförmig gebildeten

Drahtseilen zu je sieben Drähten von 0,75 Cmt. ($\frac{3}{10}$ " engl.) Durchmesser. Jedes Tragabel enthält mithin 343 solcher Drähte mit 150 □ Cmt. (24 □" engl.) Querschnitt.

Die Brückenbahn wird von zwei, zwischen der Fahrbahn und den Fußwegen liegenden, 0,68 Mtr. (2' 3" engl.) hohen, 0,46 Mtr. (1' 6" engl.) im Innern breiten, hohlen Blechbalken als Längsträgern getragen, woran alle 1,22 Mtr. (4' engl.), mit durchgehenden Blechplatten gedeckte Querträger für die Fahrbahn und Konsolen für die Fußwege angeietet sind. Die Fahrbahnquerträger sind als doppelt T-förmige Blechbalken konstruirt und die darüberliegenden Blechplatten mittels Längswinkelisen zu beiden Seiten an die Hohlbalken genietet und dazwischen alle 0,91 Mtr. (3' engl.) mittels ähnlicher Eisen versteift. Die Fahrbahn besteht aus, in Cement verfesten Holzblöcken, die von der Blechplatte durch einen 1,25 Cmt. ($\frac{1}{2}$ " engl.) starken Asphaltbelag getrennt sind. Die Konsolen für die Fußwege wurden, zur gleichzeitigen Aufnahme von Wasserleitungsröhren, mittels Ringen, s. Fig. 293, und die darüber liegende Blechdeckplatte gleichfalls durch Längswinkelisen versteift, welche letztere als Unterlage für den in Portlandement verfesten Sandsteinbelag dient. Die Geländer der Trottoirs bestehen aus leichtem Gitterwerk, dessen obere Gurting zugleich als Schiene für die Rollen eines, mit herabhängender Leiter versehenen, Laufgerüstes zum Anstreichen und Besichtigen der nicht unmittelbar zugänglichen Brückentheile dient.

Sowol die Vertikalstäbe als Diagonalbänder der erwähnten Versteifungs-

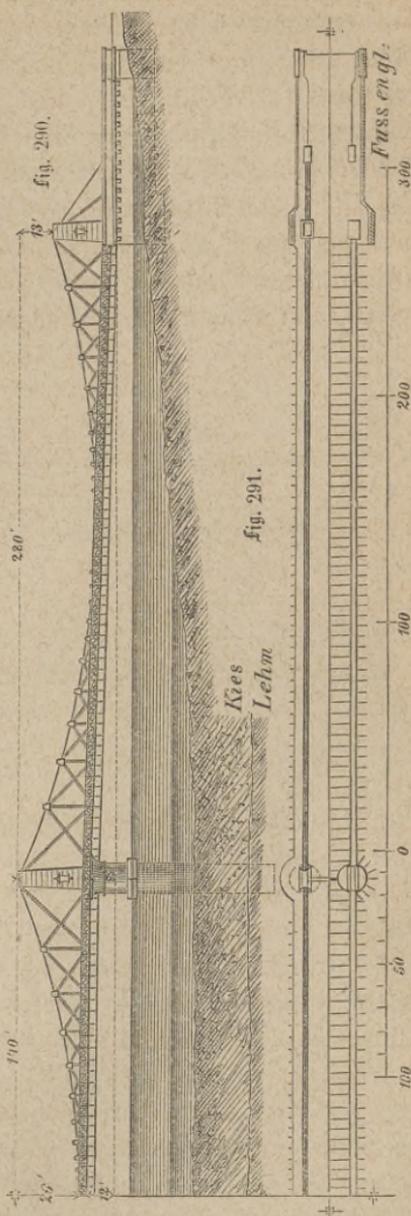


Fig. 290 und 291. Lombard-Hängbrücke über die Themse zu London.

Konstruktion der Kabelsättel in den Bogenzwickeln sind an die inneren Wandungen jener hohlen Längsröhrenbalken genietet, während die Zugbänder mit den Kabelsätteln mittels Keilen so verbunden sind, daß sie nur auf Zug in Anspruch genommen werden können.

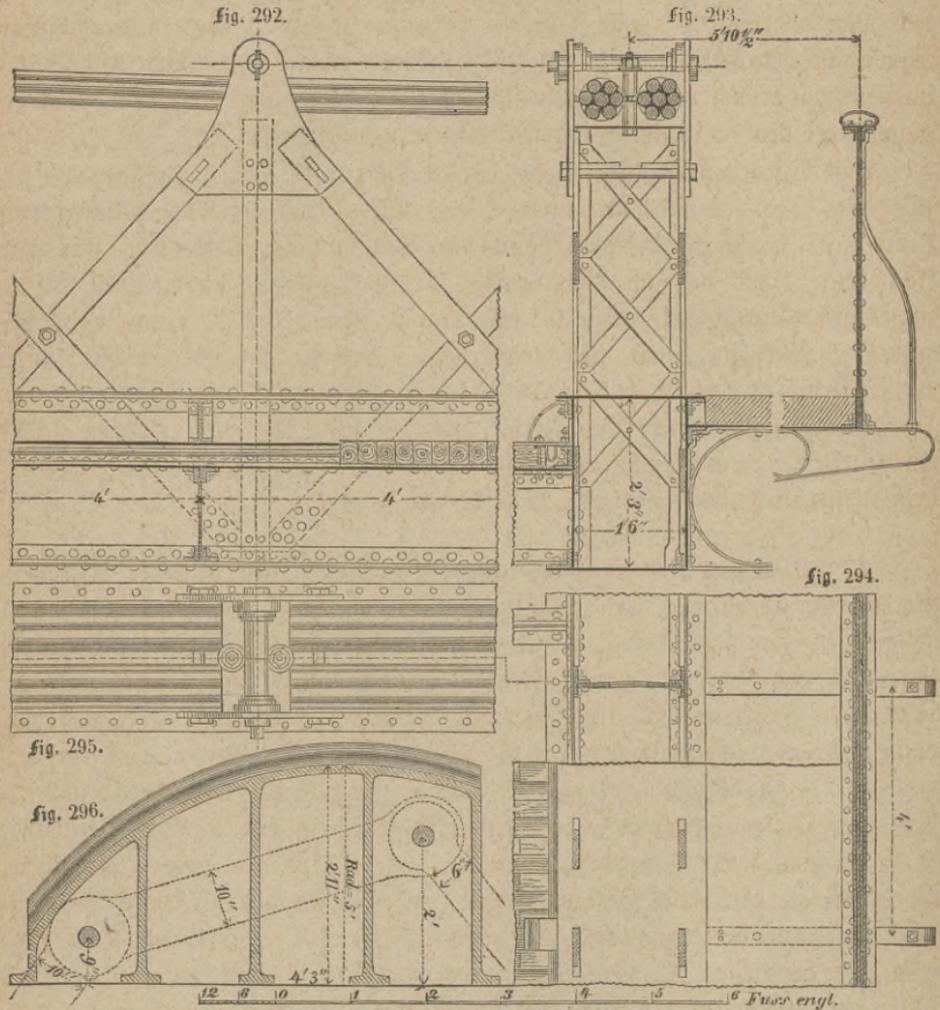


Fig. 292 bis 296. Details zur Lambeth-Hängbrücke über die Themse zu London.

Die Auflagerkonstruktion, welche den Kabeln und den angrenzenden Diagonalbändern gleichzeitig zur Unterstützung dient, wird von unbeweglichen gußeisernen Sätteln, s. Fig. 296, gebildet und ruht auf zwei gegenüberstehenden, zellenartig zusammengesetzten Auflagerthürmen, welche in geeigneter Höhe durch schmiedeiserne Bogen verbunden und deren Unterlagsplatten mit dem Mauerwerk der Widerlager und Pfeiler verankert sind.

Die beiden Strompfeiler bestehen aus je zwei gußeisernen, mittels gußeiserner Bogen an den oberen Enden verbundener, aus 3,13 Cmt. ($1\frac{1}{4}$ " engl.) dicken Cylinderstücken von 2,89 Mtr. ($9\frac{1}{2}$ ' engl.) Höhe und 3,66 Mtr. (12' engl.) Durchmesser zusammengesetzten Röhren, welche durch eine etwa 0,9 bis 1,2 Mtr. (3 bis 4' engl.) mächtige Sandschicht, ungefähr 2,4 bis 3,1 Mtr. (8 bis 10' engl.) in die darunter liegende, wasserundurchlässige Lehmschicht herabreichen und auf 2,7 Mtr. (9' engl.) von unten mit Beton ausgefüllt, darüber mit 0,9 Mtr. (3' engl.) starken, nach oben und unten in Kuppelgewölben endigenden, Backsteincylindern ausgekleidet sind.

Die Widerlager bestehen aus 14,63 Mtr. (48' engl.) langen, 10,06 Mtr. (33' engl.) breiten und 6,86 Mtr. ($22\frac{1}{2}$ ' engl.) starken Massen von Beton und in Portlandcement versetztem Backsteinmauerwerke und sind zur Herstellung eines besseren Verbandes von einem zusammenhängenden Eisensrippensystem durchzogen. Die Verankerung der Kabel und Diagonalzugbänder mit diesen Widerlagern ist durch untergelegte, mächtige gußeiserne Ankerplatten und Querbolzen bewirkt.

Die Bauzeit der Brücke umfaßte etwa vierzehn Monate, Anfang 1863 wurde dieselbe dem Verkehr übergeben und hat seitdem infolge ihrer Versteifungskonstruktion nur geringe Schwankungen gezeigt.

4. Die schmiedeeisernen Hängbrücken Frankreichs und Belgiens. Nach dem Vorbilde der Amerikaner und gestützt auf die Beobachtung, daß Eisen zu Draht ausgezogen, eine beträchtlich größere Zugfestigkeit annehme, hatten die Gebrüder Seguin von Annouay im Jahre 1821 in Frankreich die ersten Drahthängbrücken für Fußgänger in Ausführung gebracht. Die erste, für den Uebergang von Fuhrwerken bestimmte Drahtbrücke wurde im Jahre 1824 von denselben Erbauern über die Rhone, zwischen Tournon und Tain, hergestellt und erhielt zwei Oeffnungen von je 89 Mtr. lichter Weite und 8 Mtr. Pfeilhöhe, deren Brückenbahn zu beiden Seiten von sechs 27 Cmt. dicken, 0,4 Mtr. übereinander, aber in verschiedenen untereinander parallelen Ebenen hängenden Drahttauen getragen wird. Die gleichfalls aus Draht bestehenden Hängseile, von derselben Stärke wie die Drahttaue, sind in Entfernungen von 1,2 Mtr. abwechselnd an den sechs Tauen mittels eiserner Ringe befestigt.

Die zweite in Frankreich von den Gebrüdern Seguin ausgeführte Drahtbrücke für Fuhrwerke zu Farnac mit einer Oeffnung von 70 Mtr. Weite und einer Breite von 7,75 Mtr. wurde im Jahre 1828 vollendet und besitzt zwölf Drahttaue zur Aufhängung der Brückenbahn.

Schon im Anfang der zwanziger Jahre waren die englischen Kettenbrücken zum Ausfuhrartikel geworden und scheinen die im Jahre 1823 von Brunel, dem berühmten Miterbauer des Themsetunnels, für die französische Kolonie

auf der Insel Bourbon übernommenen und ausgeführten Hängbrücken die ersten Kettenbrücken auf französischem Boden zu sein.

Dem Fehler zu geringer Versteifung begegnete Brunel bei dem Bau dieser beiden Kettenbrücken, deren größte über den St. Suzanne-Fluß⁹⁸⁾ führt und zwei halbe Kettenbögen mit je 40,2 Mtr. Spannweite besitzt, durch Ketten von entgegengesetzter Krümmung unter der Bahn, sogenannte Gegenketten. Die in drei Reihen, zwei Fahrbahnen von je 2,95 Mtr. in sich einschließenden, Tragketten hängen über dem, aus einem gemauerten Unterbau und einem durchbrochenen gußeisernen Aufsatz bestehenden Tragpfeiler, sowie über den auf den Landpfeilern aufgestellten gußeisernen Böden in vertikalen, um einen Bolzen pendelartig sich drehbaren Gliedern, wodurch nachtheilige Einwirkungen derselben auf die Pfeiler bei Temperaturwechsel vermieden wurden.

Außer jenen, bis an die Brückenbahn reichenden Gegenketten und zur weiteren Verhütung stärkerer Verschiebung der Tragketten sind in etwa zwei Drittel der Höhe der gußeisernen Tragpfeiler von diesen aus horizontale Stangen nach den Tragketten geführt, welche bei einseitigen Belastungen zur Wirkung kommen, übrigens hierbei den Tragpfeiler einem einseitigen Zuge aussetzen.

Nach Vollendung und nach dem Muster der Hammersmithbrücke wurde im Jahre 1827 bis 1829 dem Invalidenhanse gegenüber eine Kettenbrücke über die Seine erbaut, welche jedoch nach ihrer Eröffnung bedeutende Vibrationen zeigte und infolge hierdurch entstandener Risse im Mauerwerk im Jahre 1853 wieder abgetragen wurde, um im Jahre 1854 durch eine steinerne ersetzt zu werden.

Im Jahre 1828, also noch vor Beendigung des Baues der neuen Invalidenbrücke, begann Martin den Bau der Kettenbrücke zu Langon über die Garonne in der Straße von Montauban nach Bordeaux, mit einer Mittelöffnung von 80 Mtr. und zwei Seitenöffnungen von 60 Meter Spannweite bei $\frac{1}{10}$ Pfeilhöhe, welche er im Jahre 1831 vollendete.

Die Tragketten, welche zu beiden Seiten der Mittel- und Land-Pfeiler auf, in deren Mauerwerk befestigten, Sätteln ruhen, schließen eine Fahrbahn von 5,4 Mtr. nutzbarer Breite ein. Jede dieser Tragketten besteht aus zwei, in einer Entfernung von etwa 0,6 Mtr. untereinander aufgehängten, alle 1,5 Mtr. durch senkrecht auf ihre Richtung angebrachte und mit Schließen befestigte Schienen miteinander verbundenen, Strängen, deren Glieder offen und ringförmig und aus langen Haupt- und kurzen Kuppel-Gliedern gebildet sind. Jene Verbindungsschienen der Tragketten haben an ihren unteren Enden Augen, woran die Tragstangen hängen und die 1,5 Mtr. voneinander entfernten, $\frac{37}{27}$ Emtr. starken Querträger der Brückenbahn aufnehmen. Auf diesen lagern acht Reihen Längsbalken von $\frac{15}{12}$ Emtr. Stärke, welche die aus einer unteren Lage eichener Bohlen von 8 Emtr. Stärke, aus einer oberen 5 Emtr. starken Lage kieferner Bohlen und aus einer, durch Theer gebundenen

Riesdecke bestehende Brückenbahn unterstützen. Ein 1 Mtr. hohes hölzernes, aus in die Querträger verzapften, oben verholmten, an den Seiten verstrebt und unter sich durch Andreaskreuze versteiften Ständern bestehendes Geländer begrenzt die Fahrbahn.

Die 11,5 Mtr. über die Brückenbahn sich erhebenden Tragpfeiler der Mittelöffnung haben in der Höhe der Brückenbahn eine Dicke von 5,8 Mtr. bei einer Länge von 10 Mtr. und bilden Portale mit 4 Mtr. weiten, überwölbten Durchfahrten. Dagegen bilden die auf den Widerlagern ruhenden Ankerpfeiler parallelepipedische Mauerkörper, worin die Rückhaltketten auf eisernen Sätteln mit Rollen ruhen.

Aus den nachfolgenden Jahren stammen die beiden, jetzt gleichfalls durch steinerne ersetzt, Drahthängbrücken Bercy aus Louis Philippe über die Seine in Paris, die von Le Blanc trefflich ausgeführte Drahtbrücke über die Vilaine bei Roche Bernard auf der Straße von Nantes nach Brest und die ihr nachgebildete bei Orient über den Scorff, ferner die Drahtbrücken über die Seine zu Conflans St. Honorine auf der Straße von Versailles nach Pontoise und über die Charente zu Rochefort, ferner die im Jahre 1839 vollendete, mit hohen eisernen, unter sich durch Spanndrähte versteiften, Auflagerpfeilern versehene Drahthängbrücke über die Dordogne zu Cubzac.

Die Drahtkabel der ersterwähnten, im Jahre 1835 von einer Gesellschaft erbauten, jetzt durch eine Steinbrücke mit fünf elliptischen Bogen ersetzt, Brücke Bercy zu Paris mit drei Oeffnungen von je 47 Mtr. Spannweite und $\frac{1}{10}$ Pfeilhöhe liefen ohne Rollen über die Stützpfeiler fort, welche ihrer Verschiebung eine beträchtliche Reibung entgegensezten und demgemäß, bei 7 Mtr. Höhe, nach der Ase der Brücke 3,5 Mtr. dick und nach deren Breite 1,5 Mtr. stark waren.

Unter den weiter angeführten Drahtbrücken ist die bei Roche-Bernard⁹⁹⁾, s. Fig. 297 und 298, eine der schönsten, gediegensten und übersetzt den Vilaine-Fluß mit einer Spannweite von 193,17 Mtr. in einer Höhe von 33 Mtr. über dem Wasserspiegel. Zwischen den, auf den felsigen Ufern stehenden, 198,27 Mtr. von Mitte zu Mitte entfernten Pilonen sind auf jeder Seite der 6,1 Mtr. breiten Brückenbahn, wovon 4,72 Mtr. auf die Fahrbahn, je 0,65 Mtr. auf jeden Fußweg kommen, zwei Drahtkabel von je 17 Cntr. Durchmesser und sechzehn Strängen zu je achtundachtzig Drähten, mit einem Längspfeil von 15,2 Mtr. aufgehängt, welche mittels geneigter, massiver Hängstangen von 3 Cntr. Durchmesser die 1,09 Mtr. voneinander entfernten Unterzüge der um 1,32 Mtr. nach der Mitte ansteigenden Brückenbahn tragen. Die oben mit Ohren versehenen Hängstangen wurden an den Kabeln mittels umgewickelter Drähte befestigt. Die Tragkabel selbst ruhen an jedem Auflager auf je drei gußeisernen hohlen, durch schwere gußeiserne Platten unterstützten

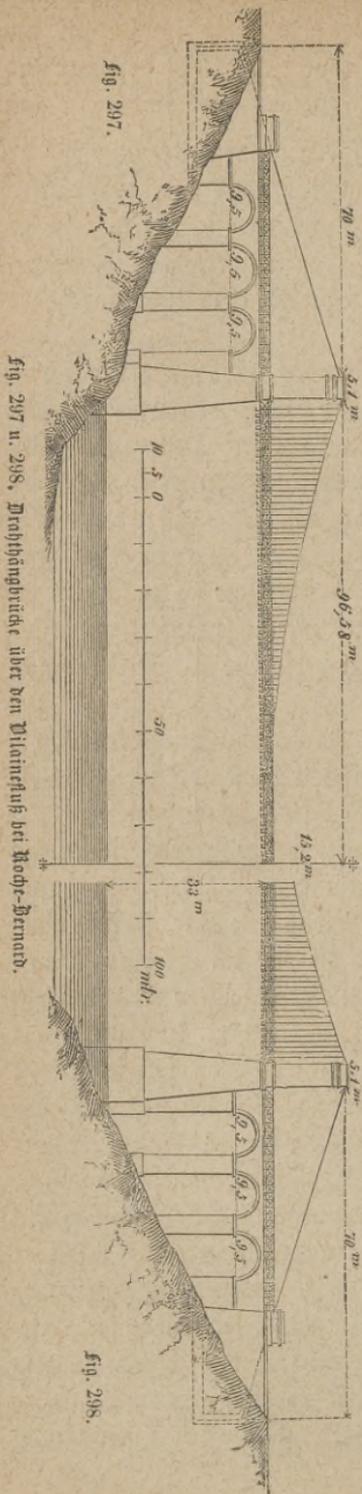


Fig. 297 u. 298. Drehhängebrücke über den Rheinfluß bei Hoch-Bernach.

Walzen. An die 17,62 Mtr. über die Brückenbahn sich erhebenden, mit 9,8 Mtr. hohen und 4,8 Mtr. breiten Durchgängen versehenen, Auflagerpfeiler schließen sich nach beiden Ufern hin je drei gewölbte Halbkreisbögen von je 9,5 Mtr. Weite mit 3,55 Mtr. starken Zwischenpfeilern, hinter welchen die Spannkabel auf einer Seite in die Verankerungsschachte eintreten, sich durch einen 14 Mtr. tiefen zugänglichen Stollen hindurchziehen und auf der anderen Seite hervortreten, um sich wieder mit den Tragkabeln zu vereinigen. Auf diese Weise ist ein Continuum der Trag- und Spannkabel hergestellt und die Möglichkeit gegeben, die Verankerungskabel jederzeit zu besichtigen und von Zeit zu Zeit neu zu firnissen.

Die Drahttaue wurden mit Hülfe eines, von einem Pfeiler zum andern in der Höhe der Brückenbahn hergestellten, Drahtstegs auf der Baustelle derart zusammengesetzt, daß man in dem rechtsseitigen Verankerungsmauerwerk das Ende eines Drahts befestigte und denselben auf der einen Seite der Brückenbahn in vollkommen richtiger Lage über beide Pfeiler in das jenseitige Verankerungsmauerwerk, von da auf der anderen Seite der Brückenbahn bis zu dem Ausgangspunkte zurückführte und so fortfuhr, bis alle Drähte in gleicher Weise aufgehängt waren. Auf diese Weise erhielt man eine gleiche Anspannung aller Drähte, auch erwies sich diese Aufhängungsart als die beste und billigste, indem nur geringe Lasten zu heben die einzelnen Drähte leicht von einer Seite zur andern zu führen und dabei in die richtige Lage zu bringen waren.

Die Drahtkabel der Seinebrücke zu Conflans St. Honorine, s. F. 299 bis 305, welche einen Mittelbogen von 77,5 Mtr. und zwei Seitenbögen von 37,85 Mtr. besitzt, bestehen aus je vier Tauen auf jeder Seite,

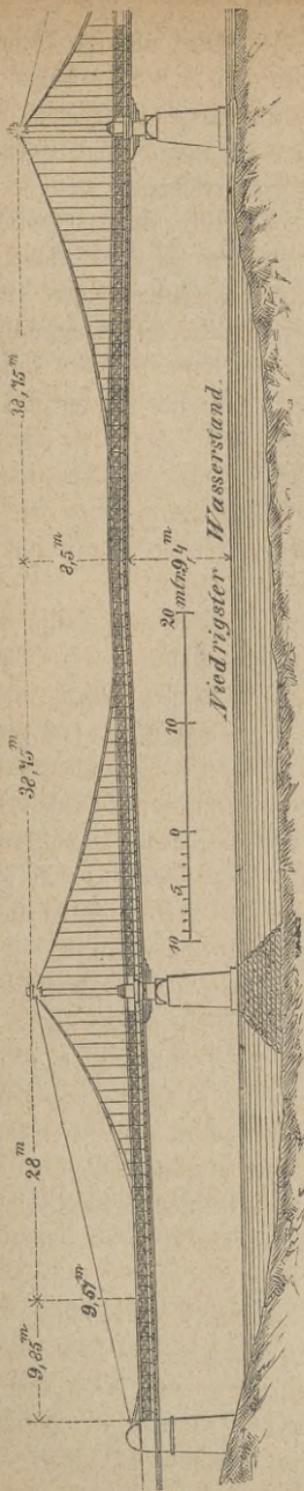


Fig. 299. Hängbrücke über die Seine in Conflans St. Honorine.

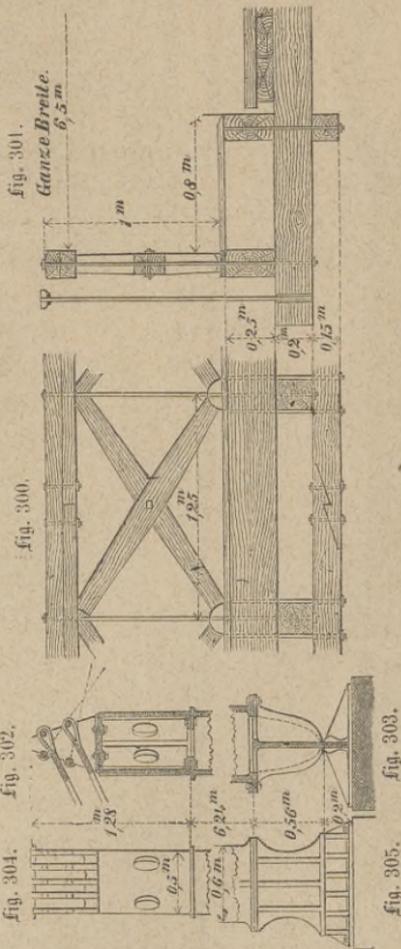


Fig. 300 bis 305. Details zur Drahthängbrücke in Conflans St. Honorine.

bau, welche sich um ihre untere, etwa 0,75 Mtr. breite, stumpfe Schneide, s. Fig. 303 und 305, drehen. Die je vier Drahttaue zu jeder Seite der Seitenöffnungen bilden je zwei Trag- und je zwei Spann-Seile, welche in gemeinschaftlichen Schächten der Widerlagspeiler verankert sind.

Zur Versteifung der Mittelspeiler sind die eisernen Kabelstützen der Drahtbrücke über die Charente zu Rochefort über der Mittelöffnung durch Diagonalseile unter sich und innerhalb der beiden Seitenöffnungen mit dem steinernen Unterbau der Widerlagspeiler verankert, während ein wagrechtes, auf den Balkenköpfen der Brückenbahn ruhendes Spannseil gleichfalls an den Widerlagspeilern befestigt und die Horizontalbewegungen der Mittelspeiler aufzuheben bestimmt ist.

Fig. 306. Drahthängbrücke über die Dordogne bei Cubzac.

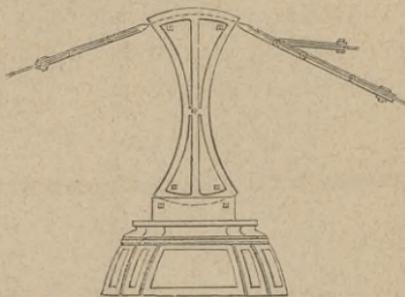
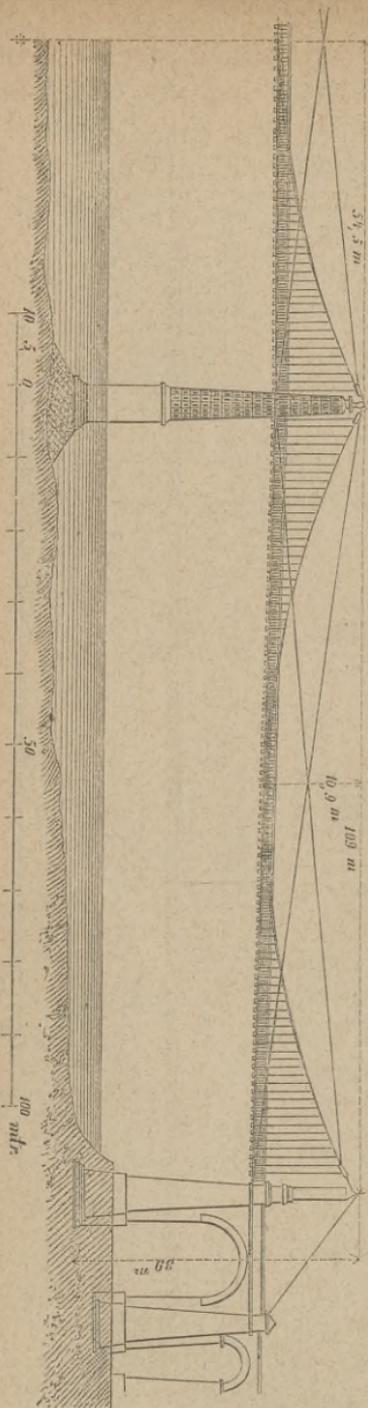


Fig. 307. Pendel der Hängbrücke über die Dordogne bei Cubzac.

Auch die zwei hohen steinernen Endspeiler und vier gußeisernen, gekuppelten, unter der Brückenbahn durch doppelte Bogen verbundenen, im zweiten Abschnitt dargestellten und beschriebenen Zwischenpeiler der mit fünf Hauptöffnungen von je 109 Mtr. versehenen Drahthängbrücke über die Dordogne bei Cubzac¹⁰⁰⁾, s. Fig. 306 und 307, welche letztre aus einzelnen gußeisernen, durch Radialsprossen mit einem gußeisernen Kern verbundenen, Trommeln bestehen und auf einem 13 Mtr. über den niedrigsten Wasserstand hervorragenden Steinsockel ruhen, sind über der Brückenbahn innerhalb jeder Oeffnung durch je 24 Diagonalbänder aus je 102 Drähten von 4 Mmtr. Stärke versteift. Die horizontalen Bänder, welche sich mit den Diagonalen vereinigen und deren acht für jeden Bogen vorhanden sind, bestehen aus je 146 Drähten. Die 7,5 Mtr. breite Brückenbahn wird von zwölf, aus je 202 Drähten von 4 Mmtr. Stärke und 600 Kg.

Tragsfähigkeit bestehenden Drahttauen getragen, welche über, auf den obersten Kuppen der Stützpfeiler ruhende, gußeiserne Pendel, f. Fig. 307, geführt sind.

Eine von derjenigen der Hängbrückenträger aus Ketten oder Drahtseilen abweichende Anordnung wendete Flachat im Jahre 1834 bei der Erbauung eines Hängstegs zu Abainville an, dessen Träger aus gewalzten und an den Enden umgekröpften, durch gußeiserne Klemmbüchsen zusammengehaltenen Bänderisenstreifen bestanden. Obwol auf Grund der angestellten Versuche dieses System der Bänderisenbrücken sich als brauchbar erwies, so kam doch erst im Jahre 1840 eine größere Brücke dieser Art und zwar in Surèsnes bei Paris über die Seine, f. Fig. 308 bis 311, zur Ausführung.

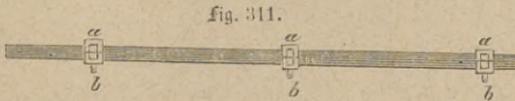


Fig. 311.

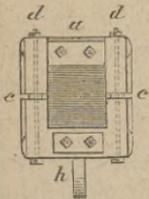


Fig. 310.

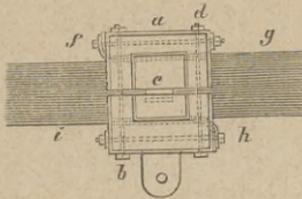


Fig. 309.

Fig. 308 bis 311. Details zur Bänderisenbrücke über die Seine in Surèsnes.

Dieselbe besitzt eine Mittelöffnung von 62 Mtr. Spannweite mit $\frac{1}{10}$ Pfeilhöhe und zwei Seitenöffnungen von 43,5 Mtr. Weite. Die aus einer 5 Mtr. breiten Fahrbahn und aus zwei, zusammen 1,68 Mtr. breiten, Fußwegen bestehende Brückenbahn wird von zu beiden Seiten hängenden, für jede Doffnung isolirten Bändern getragen, welche auf kleinen Rollen über die cylindrischen Köpfe der Pfeiler, an diesen herab geführt und 1 Mtr. über Niederwasser im Fuße des Pfeilermauerwerks verankert sind. Die Verankerung der Bänder erfolgte durch 8 Cntr. starke, gußeiserne, mit viereckigen Doffnungen versehene Platten, durch welche sie hindurchgesteckt und mittels Keilen festgehalten wurden.

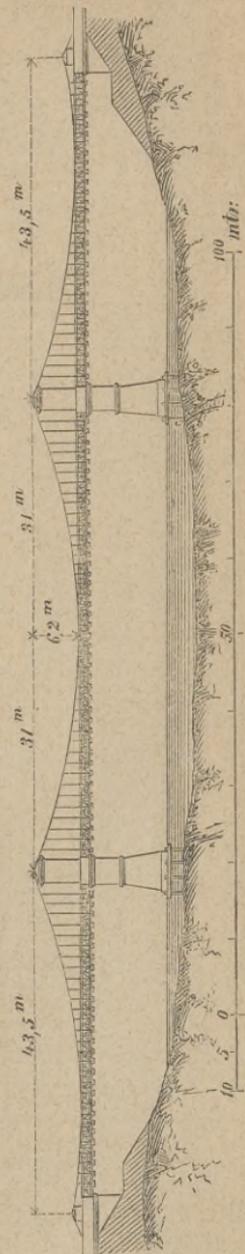


Fig. 308. Bänderisenbrücke über die Seine in Surèsnes.

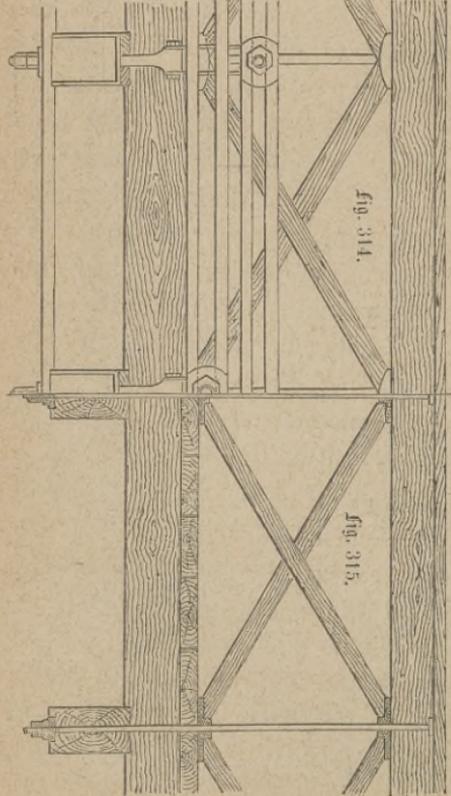
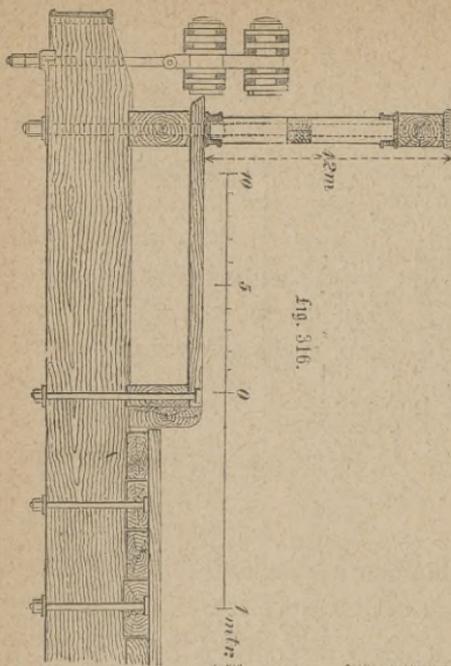
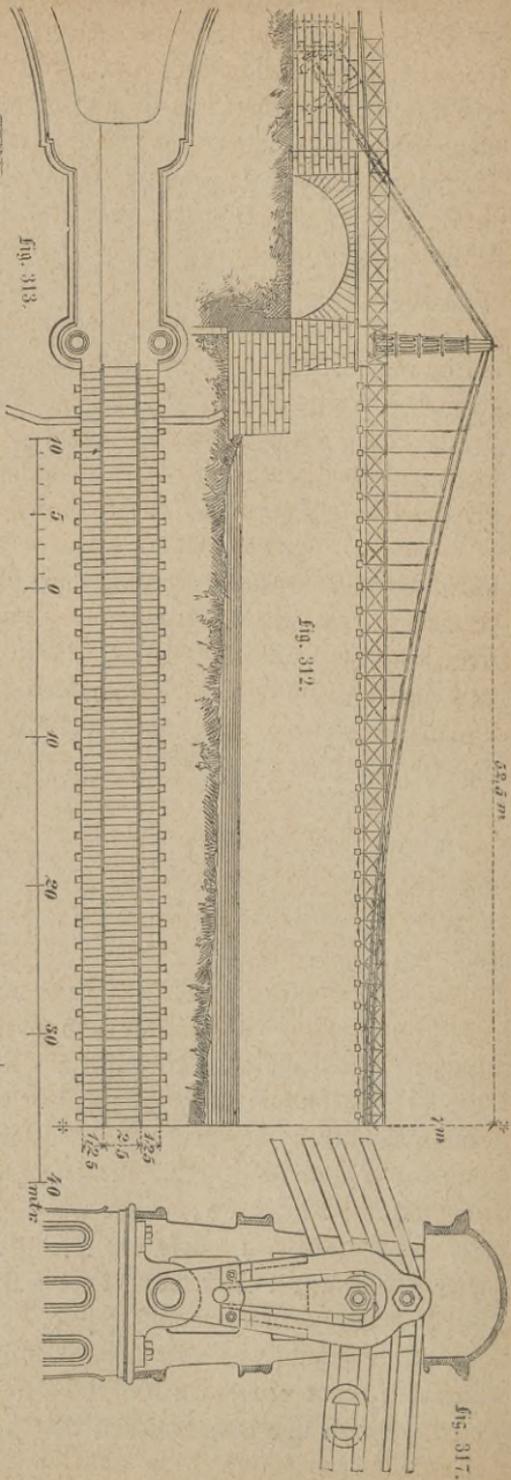


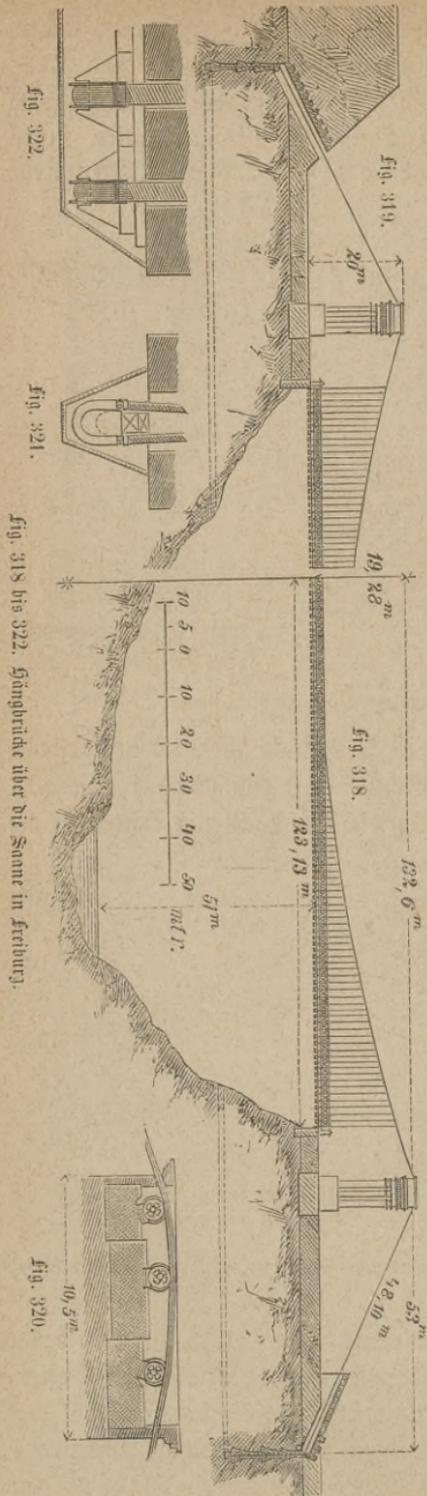
fig. 312 bis 317. Kettenbrücke über die Aaare bei Serainy.

Jedes Tau besteht aus zwanzig, 14 bis 15 Mtr. langen Streifen von 81 Mmtr. Breite und 4 Mmtr. mittlerer Dicke, wovon an den Bundstellen a, Fig. 311, je zwei anfangende und je zwei endigende Streifen g und i, Fig. 309, bei f und h, umgekröpft und so mittels der, in Fig. 309 und 310 dargestellten, Klemmbüchse festgehalten sind. Die Zusammensetzung der Streifen zu einem Tragband geschah sogleich in der Form, die dasselbe erhalten sollte, derart, daß die Streifen in einen, genau in die Linie befestigten, mit einem, ihnen entsprechenden Einschnitt versehenen Klotz eingelegt und durch Holzkeile seitlich angetrieben, hierauf zunächst der Bundstellen mittels Keilzwingen zusammengepreßt und zuletzt mittels der Klemmbüchsen verbunden wurden. Jedes Tau wurde auf einer Reihe gekuppelter Rähne an Ort und Stelle gefahren und mittels geeigneter Rüstungen und Winden gehoben und verlegt. Die beim Transport zwischen den Klemmbüchsen entstandenen Ausbauchungen der Streifen verschwanden theilweise schon bei dem Einhängen der Tragbänder und verloren sich unter der aufgebrauchten Probelastung gänzlich.

In den Jahren 1842/43 wurde in Seraing von einer Aktiengesellschaft zur Verbindung der großartigen Maschinenbauanstalt der Gesellschaft J. Cockerill mit dem auf dem linken Flußufer gelegenen Dorfe Tempepe eine Kettenbrücke¹⁰¹⁾ über die Maas, s. Fig. 312 bis 317, mit 105 Mtr. Weite von Mitte zu Mitte der Kettenpfeiler und 7 Mtr. Pfeil erbaut. Die vier Tragketten derselben sind nach dem Brunel'schen System konstruirt, haben je vier Glieder von 2500 □ Mmtr. Querschnitt und nehmen in Entfernungen von 1,5 Mtr. die Hängträger mit den hölzernen Unterzügen auf. Die Länge der Tragketten kann an vier Punkten durch Keile regulirt werden, ebenso lassen sich die Hängeisen durch, an ihren unteren Enden zur Herstellung einer richtigen Lage der Brückenbahn angebrachte, Schrauben verlängern und verkürzen. Die gußeisernen, nach oben sich verjüngenden Kettenpfeiler bestehen aus einer Hülle und einem fest mit derselben verbundenen Kern und nehmen an ihrem oberen Ende starke schmiedeeiserne Pendel, s. Fig. 317, von 1,3 Mtr. Höhe auf, über welchen die Tragketten liegen und sich voneinander unabhängig bewegen können.

5. Die schmiedeeisernen Hängbrücken Deutschlands und der Schweiz. Die erste Kettenbrücke Deutschlands scheint diejenige zu sein, welche Schnirch im Jahre 1824 über einen Arm der March bei Schloß Straßnitz in Mähren ausführte. Ihr folgten zunächst die 1825 erbaute Sophienbrücke, sowie die 1828 eröffnete Karlsbrücke, beide über den Donaukanal in Wien¹⁰²⁾, sowie die 1829 vollendete Kettenbrücke zu Bamberg über die Regnitz mit 64,26 Mtr. Spannweite und 4,31 Mtr. Pfeilhöhe.

Die hölzerne, 8,7 Mtr. breite und 1,16 Mtr. über dem höchsten Wasserspiegel liegende, Brückenbahn der Bamberger Hängbrücke besteht aus einundvierzig eichenen, durch schmiedeeiserne Schienen verstärkten, Unterzügen und 7 Strebäulen mit den 14,5 Cntr. starken Querböhlen für die Fahrbahn und



mit den 7 Cntr. starken Bohlen der, um 14 Cntr. erhöhten, Fußwege. Diese Brückenbahn wird von vier, auf jeder Seite zu je zwei vertikal übereinander hängenden, Ketten aus je vier Gliedern von 90 Mmtr. Höhe und 18 Mmtr. Dicke mittels 48 Mmtr. breiter und 12 Mmtr. dicker Hängeisen getragen. Je drei dieser Hängeisen laufen aus einem Kettenverbindungsgliede herab und nehmen mittels besonderer Sättel je zwei 9 Cntr. starke, mit der Brückenaxe parallele, Eisenschienen zur Unterstützung der hölzernen Querträger auf. Die Tragketten ruhen mittels gußeiserner Lagerplatten auf den Kettenpfeilern und laufen als Rückhaltketten direkt in das Verankerungsmauerwerk, worin sie mittels gußeiserner Platten und 1,16 Mtr. langer, starker, eiserner Bolzen befestigt sind. Dieses Mauerwerk ist, zur Vermehrung der dem Kettenzug entgegenwirkenden Ankerkräfte, durch einhüftige Bogen mit den Kettenpfeilern verbunden und außerdem durch eine, bis zur Fahrbahn und über die ganze Breite derselben reichende, Uebermauerung belastet.

Die zur Zeit längste Drahhängbrücke in Europa baute im Jahre 1832 Chaley über das Saane- oder Sarine=Thal¹⁰³⁾ zu Freiburg in der Schweiz, s. Fig. 318 bis 331, mit einem Abstände von 273 Mtr. Weite von Mitte zu Mitte der Kabelpfeiler. Die je zwei, auf jeder Seite der 6,46 Mtr. breiten Brückenbahn nebeneinander liegenden Kabel haben bei einer lichten Oeffnung von 265,2 Mtr. einen Pfeil von 19,28 Mtr., tragen eine 246,26 Mtr. lange, 51 Mtr. über dem Wasserspiegel des

Flusses liegende Brückenbahn und sind hinter den Kabelpfeilern in 16 Cmt. tiefen, mit umgekehrten Quadrigewölben ausgemauerten Schächten, s. Fig. 318, 319, 321, 322 u. 329, bei s verankert. Jedes der Drahtkabel enthält zwanzig Stränge, zwölf von 56 und acht von 48 Drähten, also zusammen 1056 Drähte von je 7,44 □Mm. Querschnittsfläche und 610 Kilogr. Zugfestigkeit.

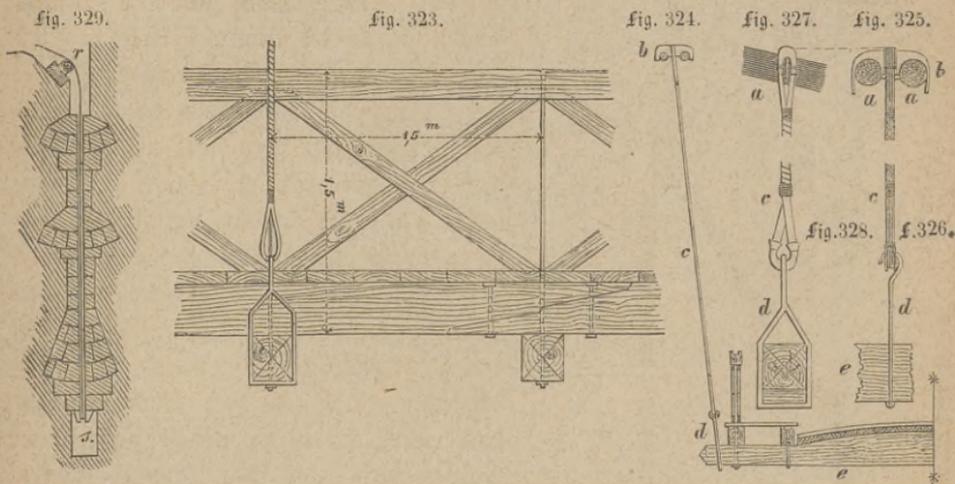


Fig. 323 bis 329. Details zur Drahthängbrücke über die Saane bei Freiburg.

Die Vereinigung der Drähte erfolgte durch Umwicklung ihrer 10 Cmt. übereinander greifenden Enden mit ausgeglühtem Draht. Die Hängeisen, s. Fig. 324 bis 328, bestehen ebenfalls aus schwachen, mittels Desen an den Sätteln b der Tragkabel, sowie an den Bügeln d der Brückenquerbalken e befestigten Drahtseilen c, welche zur Vermehrung der Seitensteifigkeit nach oben divergiren, sodas die Horizontalprojectionen der Kabel einwärts gekrümmte Linien bilden.

Die Tragkabel gehen verbreitert über dreifache Rollen, s. Fig. 320, endigen, wie Fig. 330 u. 331 zeigen, in Schleifen g und sind in der Nähe der Brückenbahn mit den gleichfalls in Schlingen f

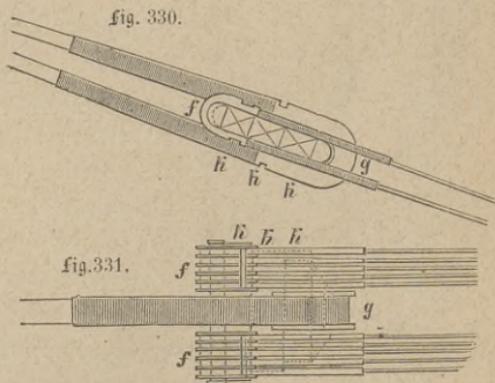
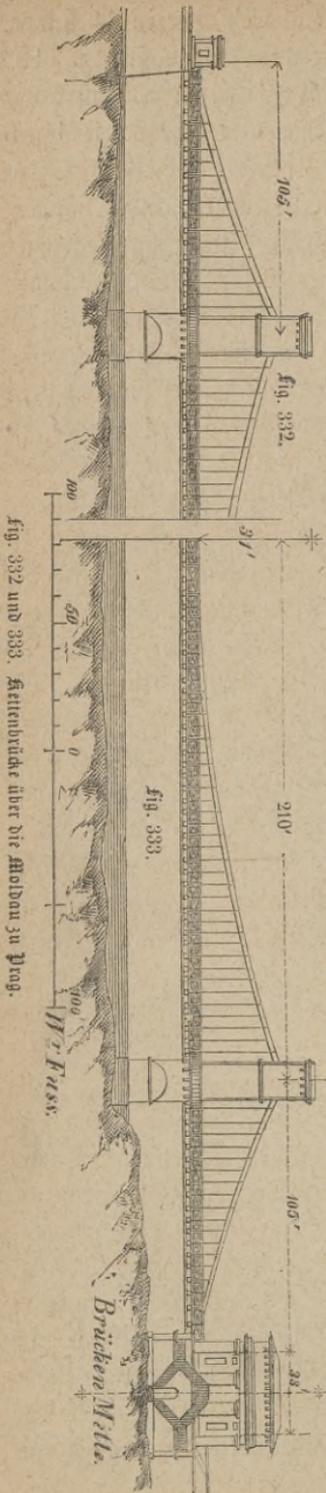


Fig. 330 u. 331. Verbindung der Rückhalt-Kabel und Anker-Kabel an der Hängbrücke über die Saane bei Freiburg.

endigenden Ankerkabeln durch zwei halbcylindrische Bolzen mit eisernen Keilen verbunden, welche man durch die übereinander greifenden Endschlingen steckte und durch Antreiben der Keile k die Anspannung der Tawe bewirkte. Vor dem Eintritt in die vertikalen Ankerschächte laufen die Ankertawe über feststehende, in Fig. 328 angedeutete Rollen r.



Die Brückenbahn besteht aus den erwähnten, an den Hängseilen aufgehängenen, in der Mitte höheren Querbalken *e*, welche in der Mitte den doppelten Bohlenbelag der Fahrbahn, an den Seiten je zwei Längschwellen zur Unterstützung der Fußwege und zur Längsverbinding aufnehmen. Ueber den äußeren Längschwellen ist ein stark versteiftes Geländer zur Verminderung der Vertikalschwankungen angebracht, zu dessen Verstrebung jedesmal der vierte Unterzug um 1,4 Mtr. über die Bahn vorsteht.

Die mit dieser Brücke angestellten Belastungsproben ergaben günstige Resultate, nur zeigten sich bei ungleichförmiger Senkung der Tragtaue nachtheilige Biegungen an den Endschlingen der daran aufgehängenen Hängdrähte.

Unter die später in Deutschland ausgeführten Hängbrücken gehört die von 1838 bis 1842 erbaute, aus zwei kleineren Kettenbrücken mit einem gemeinschaftlichen Verankerungspfeiler auf der in der Mitte des Flusses gelegenen Schiefinsel bestehende, Kaiser Franzens = Kettenbrücke über die Moldau zu Prag¹⁰⁴), s. Fig. 332 u. 333, die in den Jahren 1830 bis 1845 von dem englischen Ingenieur Clark ausgeführte Kettenbrücke über die Donau zwischen Pesth und Ofen¹⁰⁵) mit einer größeren Mittelöffnung und zwei kleineren Seitenöffnungen und die in den Jahren 1842 bis 1845 erbaute Franz = Karl = Kettenbrücke über die Mur in Graz¹⁰⁶).

Die zwei vereinigten Moldaufettenbrücken zu Prag, welche die Altstadt mit der Kleinfeste verbinden, erhielten je eine Mittelöffnung von 132,72 Mtr. (420' österr.) von Mitte zu Mitte der Stützpfeiler mit 9,79 Mtr. (31' österr.) Pfeilhöhe und je zwei Seitenöffnungen von je 33,18 Mtr. (105' österr.) Weite. Um jeder der beiden Brücken einen von der andern unabhängigen Bestand zu verschaffen, wurden die Ketten sowol an den beiden Ufern, als auch auf der Insel in beson-

deren Kettenkammern mittels starker Gußeisenplatten und Bolzen verankert. Die 9,48 Mtr. (30' österr.) breite Brückenbahn mit einer Fahrbahn von 6,32 Mtr. (20' österr.) und zwei Fußwegen zu je 1,58 Mtr. (5' österr.) wird von je vier Ketten zu beiden Seiten, jede aus sechs Gliedern bestehend, getragen, wovon je zwei in einem Abstände von 7,8 Cmtr. (3' österr.) neben- und je zwei in einem Abstände der Mittel von 42 Cmtr. (6' österr.) übereinander hängen. Je vier, 1,58 Mtr. (5' österr.) voneinander entfernte, Hängstangen tragen einen mittels Eisenstangen armirten Unterzug, welcher in der Mitte den doppelten Bohlenbelag der Fahrbahn und an den Enden je zwei Langschwellen mit den Querbohlen der Trottoirs aufnimmt. Das über den beiden äußersten Langschwellen errichtete, mit Diagonalverstreibungen versehene Geländer dient zugleich zur Längsversteifung der Brückenbahn. Die Stützpfeiler, über welchen die auf Rollen verschieblichen Kettenfättel ruhen, sind auf die Breite des Fahrwegs durchbrochen, während die Fußwege um die Pfeiler herumgeführt sind.

Die Mittelöffnung der Donaubrücke zwischen Pesth und Ofen, s. Fig. 334 bis 338, ist 202,99 Mtr. (666' engl.) von Mitte zu Mitte der Stützpfeiler lang, mit 14,5 Mtr. (47,58' engl.) Krümmungspfeil, während die Seitenöffnungen eine Länge von je 90,83 Mtr. (298' engl.) mit 18,29 Mtr. (60' engl.) Abstand der Auflagerpunkte von der Sehne besitzen. Die Brückenbahn, welche von den Ufern nach der Mitte um 3,66 Mtr. (12' engl.) ansteigt und eine 7,39 Mtr. (24' 3" engl.) breite Fahrbahn und zwei je 1,83 Mtr. (6' engl.) breite Fußwege besitzt, wird an jeder Seite von je zwei, zwischen Fahrbahn und Fußweg in einem Abstand von 30,48 Cmtr. (1' engl.) übereinander aufgehängten Ketten getragen, deren abwechselnd zehn und elf Glieder sämtlich 3,66 Mtr. (12' engl.) von Mitte zu Mitte der Dehre lang, im Querschnitt rechteckig und durch Bolzen von 11,25 Cmtr. (4 $\frac{1}{2}$ " engl.) Stärke vereinigt sind.

Die Hängstangen, deren immer je zwei außerhalb der Kettenglieder an jenen Verbindungsbolzen in wagerechten Entfernungen von 1,83 Mtr. (6' engl.) abwechselnd an der oberen und unteren Kette hängen, umfassen, wie Fig. 335 zeigt, mittels Bügeln, an die sie zur Berichtigung ihrer Länge durch Schläsfer und Schrauben befestigt sind, die 14,32 Mtr. (47' engl.) langen, gußeisernen Querträger der Brückenbahn, welche den tannenen Bohlenbelag mit dem lärchenen Klopfpflaster der Fahrbahn und den tannenen Bohlenbelag der Fußwege aufnehmen.

Die Vertikalversteifung der Brückenbahn ist durch vier, in Fig. 335 u. 336 dargestellte, zum Theil unter dieselbe reichende Geländergitterwände zu beiden Seiten der Hängstangen, durch die äußeren Geländer der Fußwege und durch von unten gegen die Querträger angeschraubte Streckbäume, die Seitenversteifung der Brücke dagegen durch Diagonalketten, s. Fig. 335, bewirkt, welche in ihrem Kreuzungspunkte in ein gemeinschaftliches Mittelfettenglied eingehängt sind.

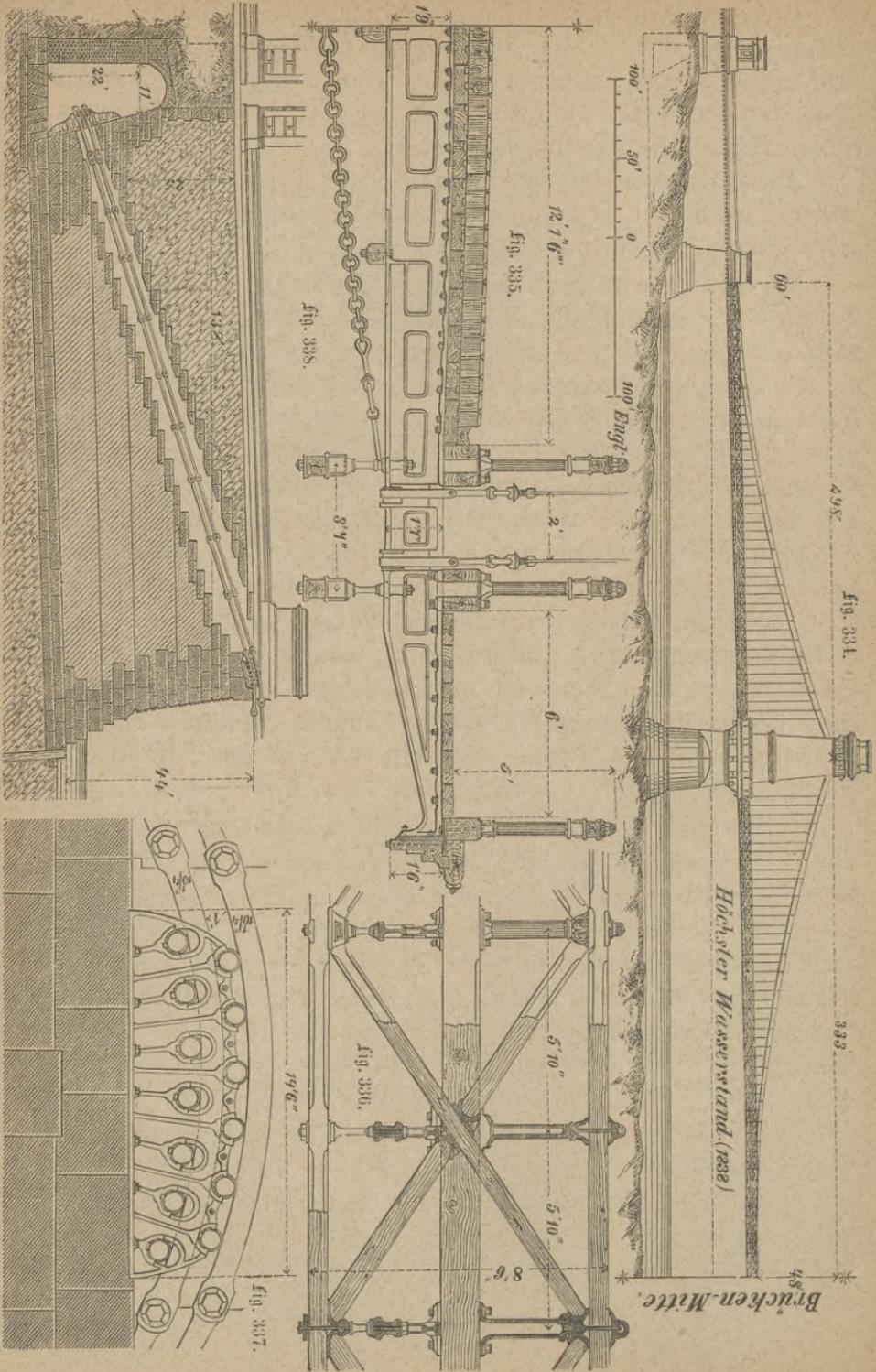


fig. 334 bis 338. Seitenbrücke über die Donau zwischen Peth und Wien.

Ueber den Kettenpfeilern, s. Fig. 337, sowie beim Eintritt in das Verankerungsmauerwerk, s. Fig. 338, sind die Glieder der oberen und unteren Kette schwach gebogen und ruhen mittels schmiedeiserner Walzen von bzw. 25 Cmtr. (10" engl.) und 12,5 Cmtr. (5" engl.) Durchmesser auf starken gußeisernen Lagerstühlen und Unterlagsplatten.

Die Verankerung der Spannketten geschieht, wie Fig. 338 zeigt, durch mächtige, mit Rippen verstärkte, an dem Mauerwerk anliegende Gussplatten, gegen welche sie mit Riesenbolzen befestigt sind.

Die Murrücke zu Graz besitzt 63,8 Mtr. lichte Weite zwischen den Tragpfeilern. Die 0,93 Mtr. über dem höchsten Wasserstand liegende, 14,5 Mtr. breite, aus einer 6,2 Mtr. breiten Fahrbahn in der Mitte und zwei je 4,1 Mtr. breiten Fußwegen zur Seite bestehende Brückenbahn ist zwischen der Fahrbahn und den Fußwegen an je zwei nebeneinander liegenden Ketten, zu je vier Gliedern von je 2,52 Mtr. Länge mit rechteckigem Querschnitt, mittels Hängstangen aufgehängt. Die Brückenbahn selbst besteht aus lärchenen Querträgern, über welche zur Unterstützung der, aus zwei Lagen Querböhlen bestehenden Fahrbahn sieben Streckbäume und zur Unterstützung der, aus ebenfalls zwei Böhlenlagen bestehenden Fußwege je vier doppelte Streckbäume gelegt sind. Um bei der Auswechslung von Unterzügen eigene Krüstungen zu ersparen, wurden unter denselben und unter den Tragketten eiserne, parallel zur Brückenaxe laufende Schienen eingezogen. Innerhalb des Kettenpfeilers ruhen die Tragketten auf einem Steinquadranten von 3,79 Mtr. Halbmesser, auf welchem die Reibungsflächen der Kettenglieder-Dehre mit gußeisernen, in den Stein eingelassenen Plättchen unterlegt sind.

Die Befestigung der Kettenenden, welche in jedem Pfeiler aus zehn Gliedern bestehen, ist in je zwei, tief im Mauerwerk gelegenen, von außen zugänglichen, unter sich durch einen Quergang verbundenen Verankerungskammern angebracht, und zwar ist durch alle zehn Wurzelglieder ein 1,58 Mtr. langer und 16 Cmtr. dicker Bolzen gesteckt, welcher mit seinen Enden gegen gußeiserne Pfannen gepreßt wird. Durch eine doppelte Lage schmiedeiserner Unterlagschienen wird der Zug der Ketten möglichst vertheilt. Die je fünf Wurzelglieder einer Kette sind 1,26 Mtr. lang, 13 Cmtr. breit und 33 Mmtr. dick.

Das größtentheils aus Quadern ausgeführte Mauerwerk ruht in einer Tiefe von 63 Cmtr. unter dem niedrigsten Wasserstande auf Pfahlrosten mit 3,8 Mtr. tief eingerammten Pfählen und erhebt sich über der Brückenbahn in zwei, 6,3 Mtr. voneinander entfernten, zur Aufnahme der Tragketten bestimmten Pfeilern.

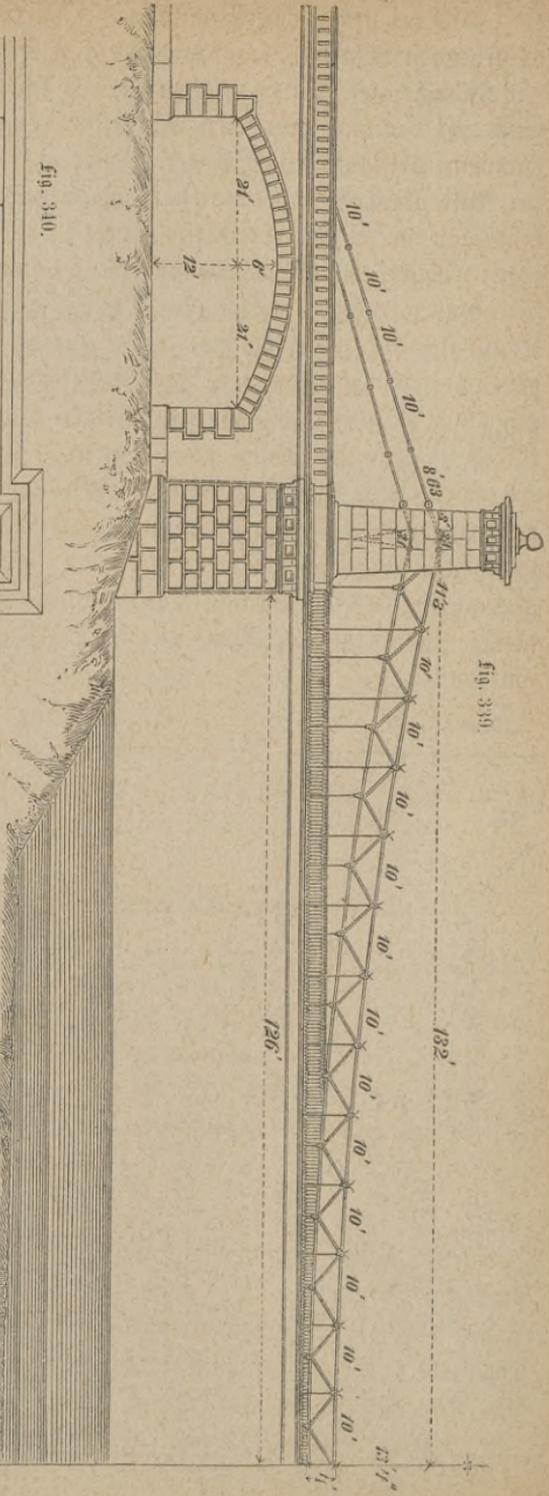


Fig. 339.

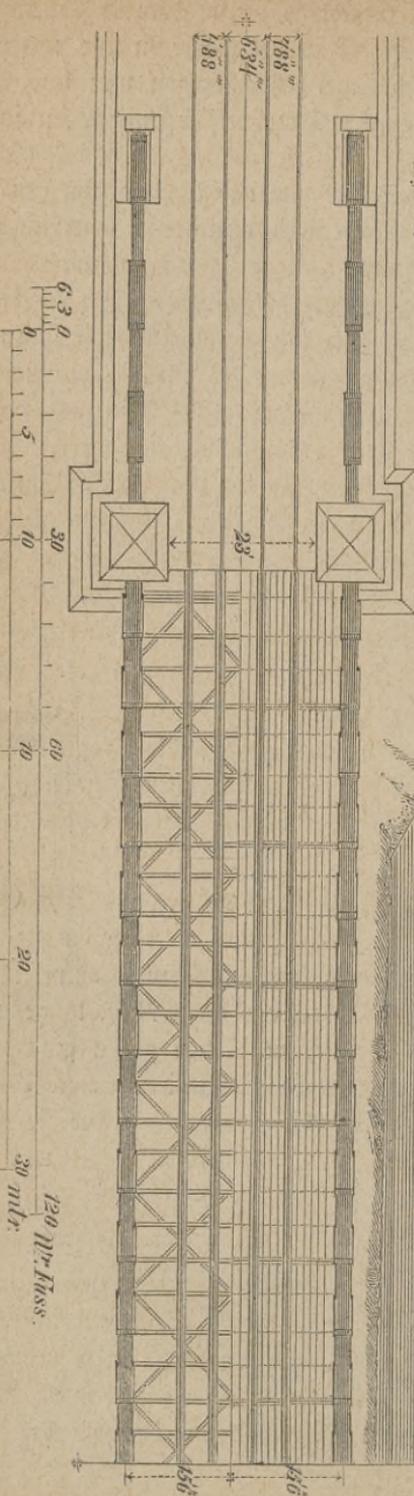


Fig. 340.

Fig. 339 und 340. Eisenbahn-Straßenbrücke über den Donau-Kanal in Wien.

Die bei ungleichen Belastungen, Verkehrsstößen und heftigen Stürmen entstehenden Vertikalschwankungen der, selbst mit Vertikalversteifungen versehenen Hängbrücken hatten das Bedürfniß einer zweckmäßigeren Versteifung erweckt und den hannover'schen Baurath Wendelstadt bei Erbauung der Kettenbrücke über die Weser bei Hameln¹⁰⁷⁾ in den Jahren 1836 bis 1839 zur Anwendung von versteiften Ketten an einer Stelle der Brückenbahn veranlaßt, von wo ein Weg nach einer nicht in der Mitte des Flusses liegenden, bebauten Insel abgezweigt werden sollte, und wo deshalb, zur Herstellung einer Durchfahrt, drei Paar Hängstangen weggelassen werden mußten. Da sich diese Konstruktion so vollkommen bewährte, daß alle aus der ungleichen Belastung der Tragketten befürchteten Nachteile beseitigt waren, so führten die hierbei gemachten Erfahrungen zur vollständigen Durchführung dieses Prinzips, demzufolge je zwei Tragketten durch einen Dreiecksverband vereinigt werden und erst an diese so versteifte Kette die Brückenbahn mittels vertikaler Hängstäbe angehängen wird, an der in den Jahren 1842 bis 1845 zur Ausführung gekommenen Brücke über den Neckar bei Mannheim¹⁰⁷⁾, welche sehr geringe Vertikalschwankungen zeigt und von welcher im Auftrage des Mannheimer Magistrats im Jahre 1855 Spezialzeichnungen angefertigt und gedruckt wurden.

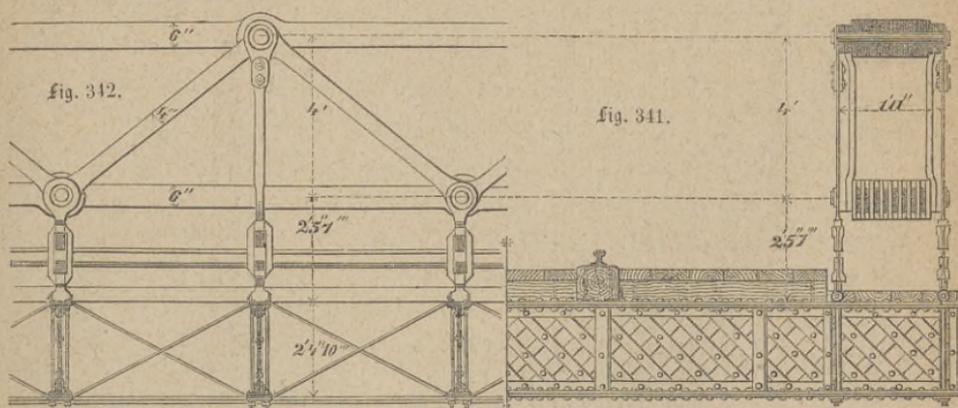


Fig. 341 und 342. Details zur Eisenbahn-Kettenbrücke über den Donau-Kanal in Wien.

Dieses Prinzip, welches auch bei der im Jahre 1844 erbauten Kettenbrücke über die Mar in Arau angewendet ist, fand unter dem Namen „System von Hängbrücken mit versteiften Kettenwänden“ an der von Schürch über den Donaukanal zu Wien¹⁰⁸⁾ im Jahre 1859 begonnenen und im Jahre 1860 eröffneten Kettenbrücke, s. Fig. 339 bis 342, eine weitere und jedenfalls erste Anwendung für den Eisenbahnbetrieb. Diese zweigeleisige Kettenbrücke, welche den an beiden Ufern des Donaukanals 8,85 Mtr. (28' österr.) hohen Viadukt zwischen dem Hauptzollamtsgebäude und dem

Nordbahnhofe in Wien verbindet, hat eine Spannweite von 83,42 Mtr. (264' österr.) mit 4,21 Mtr. (13' 4" österr.) Pfeilhöhe und besteht aus einer durch versteifte Ketten getragenen Fahrbahn, welche an jedem Ufer über je zwei getrennten Kettenpfeilern ruhen, sich als gerade Spannketten bis zu dem Verankerungsmauerwerke fortsetzen und dort in einem Polygon bis zur Verankerungsstelle geführt sind.

Auf jeder Seite der Brückenbahn befindet sich im Abstände von 1,26 Mtr. (4' österr.), wie Fig. 341 und 342 zeigt, eine obere und eine untere Kette aus abwechselnd je 8 und je 9,15 Cmt. (6" engl.) breiten Gliedern von 3,16 Mtr. (10' österr.) Länge bei der oberen und 3,18 Mtr. (10,06' österr.) Länge bei der unteren Kette, welche mittels 9,45 Cmt. (3,6" österr.) im Durchmesser starker, abgedrehter, schmiedeiserner Bolzen untereinander befestigt sind. Diese Bolzen nehmen zu beiden Seiten der Ketten die diagonalen, in Form gleichseitiger Dreiecke angeordneten, Versteifungsglieder derselben und am äußersten Ende der Bolzen die Tragstangen auf, welche letztere mittels Spannringen in einer ausgedrehten Nuth an den Enden der Bolzen festgehalten werden. Die Fahrbahn besitzt Querträger mit Gitterwerk, die an je vier jener Tragstangen hängen. Letztere sind an dem unteren Ende mit Drehmuttern versehen, um die Brückenbahn in die normale Lage heben zu können. Um eine seitliche Bewegung der Brückenbahn zu verhindern und die Belastung unter den Querträgern mehr zu vertheilen, sind die Querträger an der unteren Gur tung durch wagerechte und unter den Kettenwänden durch lothrechte Kreuzbänder verbunden. Ueber und senkrecht zu den Querträgern liegen Längschwellen zur Unterstützung der Schienenstränge, und zwischen denselben Querschwellenstücke mit einem Belage von Längsbohlen. Die je zwei übereinander hängenden Tragketten laufen durch die vier Stützpfeiler und ruhen daselbst auf einem gemeinschaftlichen, auf zehn Stahlwalzen beweglichen Auflagerkasten. Die Verankerungsketten sind nach einem Polygon über eiserne, an den Ecken des Polygons unterlegte Platten zu den Wurzelpunkten geführt und dort mittels Anker-Platten und Bolzen festgehalten. Um diese Verankerung möglichst zu sichern, sind die Gewölbebogen der beiderseits an das Verankerungsmauerwerk angrenzenden Oeffnungen des Viadukts bis zu der Verankerungsstelle fortgesetzt und über der letzteren durch Mauerwerk noch besonders belastet.

Die Brückenköpfe und Stützpfeiler sind massiv von sehr festen Quadern, der übrige Theil der Widerlagsmauern und des Lastmauerwerkes, mit Ausnahme der von den Wurzelpunkten aufsteigenden Quadergurten, mit Stein- und Ziegel-Mauerwerk ausgemauert und blos mit Quadern verkleidet.

Die theoretische Behandlung der steifen Hängbrücken führte im Jahre 1860 und 1861¹⁰⁹⁾ auf den Vorschlag R ö p k e ' s, zur Vermeidung von schädlichen Spannungen durch Belastung und Temperaturwechsel zwei, durch Dreiecksver-

band in sich steif konstruirte, Brückenhälften nur in einem Punkte mittels eines Charniers zu verbinden, während sie an ihren Auflagern ebenfalls um Charniere drehbar sein sollten, ein Vorschlag, den Schwedler im Jahre 1861¹¹⁰⁾ unter gewissen Modifikationen der Versteifungsweise gleichfalls theoretisch behandelte. Jedoch sind sowol diese als verschiedene andere Vorschläge zur Versteifung von Hängbrücken von Langer¹¹¹⁾ und Franz¹¹²⁾ bis jetzt nicht zur Ausführung gelangt.

Eine eigenthümliche Anordnung zeigt die, im Jahre 1868 vollendete, dritte Brücke über die Moldau in Prag von Ordish-Lefevre mit einer Mittelöffnung von 146,62 Mtr. (464' österr.) und zwei Seitenöffnungen von je 47,7 Mtr. (150' österr.), deren Brückenbahn 2,21 Mtr. (7' österr.) hohe Blechträger besitzt und an geradgespannten, über Kettenpfeiler geführten Tragketten aufgehängt ist. Die drei Aufhängpunkte der mittleren Oeffnung liegen in deren Mitte und rechts und links in Abständen von 25,91 Mtr. (82' österr.) und 51,82 Mtr. (164' österr.) von derselben, die Aufhängpunkte der Seitenöffnungen 25,91 Mtr. (82' österr.) von den Widerlagern. Zur Verhütung von nachtheiligen Spannungen bei einseitigen Belastungen und Temperaturveränderungen sind die erwähnten Blechträger der Mittelöffnung an den drei mittleren Aufhängungspunkten mittels gelenkartiger Verbindungen aufgehängt. Die am 29. und 30. April während 24 Stunden aufgebrauchte und wieder entfernte gleichmäßige Probelastung von nur 212 Kilogr. p. □ Mtr. (13,6 Ctn. p. □⁰ österr.) ergab in der Mitte der mittleren Brückenöffnung eine totale Einsenkung von 19,7 Cmtr. (7" 7''' österr.) und eine bleibende Einbiegung von 2,18 Cmtr. (10''' österr.) bei einer befriedigenden Gleichmäßigkeit der Senkung an den übrigen Knotenpunkten.

6. Die schmiedeeisernen Hängbrücken Rußlands. In Rußland kamen durch französischen Einfluß schon in den zwanziger Jahren Kettenbrücken zur Ausführung¹¹³⁾. Hierzu hatte das von Kaiser Alexander bereits zu Anfang dieses Jahrhunderts gegründete Institut für Straßen- und Brückenbau-Ingenieure beigetragen, an welchem Eleven der Polytechnischen Schule zu Paris als Lehrer wirkten, die eine beständige Verbindung mit ihren französischen Kollegen unterhielten. Schon im Jahre 1823 entwarf der Ingenieur Oberst G. de Traiteur¹¹⁴⁾ fünf Kettenbrücken zur Verbindung der von Kanälen durchschnittenen Stadttheile Petersburgs, wovon im Jahre 1824 die Pantelaimonsbrücke über die Fontanka, zwischen der Siméonof- und Pratcheshnoy-Brücke, sowie eine zwischen der blauen und Pogelouesbrücke gelegene Brücke für Fußgänger über die Moïka, die sogenannte Postbrücke, ausgeführt wurde.

Die erstere besteht aus einer Oeffnung von 37,03 Mtr. (121,5' russ.) mit einer Kettenkurve von 42,91 Mtr. (140,8' russ.) Sehne und nahe

4,1 Mtr. (13,5' russ.) Pfeilhöhe. Die nach der Mitte sanft ansteigende Brückenbahn wird durch fünf Reihen Ketten in zwei nebeneinander liegende Fahrwege zu je 3,81 Mtr. (12,5 russ.) in der Mitte und in zwei Fußwege zu je 1,52 Mtr. (5' russ.) auf beiden Seiten getheilt.

Die Tragketten ruhen mittels gebogener Glieder auf konvexen Sätteln der 7,01 Mtr. (23' russ.) hohen gußeisernen, mit Schmiedeisen armirten Portalen, welche auf granitenen, in die Fontanka einspringenden, zugleich die Widerlager für die Rückhaltketten bildenden Pfeilern errichtet sind. Jede der fünf Tragkettenreihen besteht aus fünf Gliedern nebeneinander, welche 4,9 Cmtr. ($1\frac{7}{8}$ " russ.) Durchmesser und an den Enden eingebogene und zusammengeschweißte Augen haben. Die Hauptglieder von etwa 1,37 Mtr. ($4\frac{1}{2}$ ' russ.) Länge wechseln mit ringförmigen Kuppelgliedern von 15,24 Cmtr. (6" russ.) Länge aus Quadrasteisen von 2,5 Cmtr. (1" russ.) Stärke, welche durch Bolzen von 5 Cmtr. (2" russ.) verbunden sind. Die mittleren Tragketten besitzen überdies Glieder zur Ausgleichung ihrer Länge. Auf jeder Kuppelung der Hauptglieder ruht ein gußeiserner Sattel mit halbkugelförmiger, durchlochter Vertiefung, worin eine schmiedeiserne Tragstange von 2,5 Cmtr. (1" russ.) Durchmesser hängt, welche, damit sie sich senkrecht stellen kann, am oberen Ende in ein Gewinde mit einer, jener Vertiefung des Sattels entsprechenden halbkugelförmigen Mutter und unten in eine Gabel endigt. Mit diesen Gabeln umfassen die Tragstangen, deren je fünf nach der Breite der Brücke vorhanden sind, fünf schmiedeiserne Langschienen, auf welchen in 1,52 bis 1,83 Mtr. (5 bis 6' russ.) Entfernung die $30/22,5$ Cmtr. ($12\frac{1}{9}$ " russ.) starken kiefernen Querträger mit einem unteren längs und einem oberen quer laufenden Bohlenbelag ruhen. Die Querträger sind mit ihren Stirnenden in Längsbalken verzapft, deren Enden in dem Mauerwerk der Landpfeiler befestigt sind. Zur Versteifung der Brückenbahn sind längs derselben neben den Fahrwegen vier Spurbalken von $32,5/22,5$ Cmtr. ($13\frac{1}{9}$ " russ.) Stärke festgebolzt.

Das zu den Kettengliedern verwendete sibirische Eisen hielt auf der vom General Betancourt entworfenen Prüfungsmaschine mit hydraulischen Pressen 22 bis 24 Tonnen p. □" engl. bis zum Zerreißen, und 14 bis 16 Tonnen p. □" engl. bis zur Elastizitätsgrenze aus, worauf man sämmtliche Kettenglieder mit 12 Tonnen p. □" engl. auf jener Maschine prüfte.

Mit besonderer Vorsicht verfuhr man, um das Eisen vor Oxidation zu schützen. Die Rückhaltketten, soweit sie im Mauerwerk liegen, wurden mit einer Mischung von Del und Ziegelmehl eingerieben und hierauf mit einem fettigen Firniß aus Seife, Wachs und Leinöl überzogen. Man bewickelte sie dann mit einer, zuvor mit dem erwähnten Firniß getränkten, Flanelllage und füllte zuletzt den Raum zwischen Ketten und Mauerwerk mit Wachs aus. Alle übrigen Eisentheile wurden auf dieselbe Weise behandelt und mit einer dünnen Lage

aus einfachem Firniß und glänzendem Lack gedeckt. Die hölzernen Träger wurden getheert und der untere Bohlenbelag getheert und kalfatert.

Die obengenannte Postbrücke besteht aus einer Oeffnung von 35,03 Mtr. (114' 11" russ.) Weite bei etwa 36,27 Mtr. (119' russ.) Kurvensehne und $\frac{1}{18}$ der letzteren Pfeilhöhe mit nach der Mitte etwas steigender Brückenbahn. Die letztere wird an jeder Seite von je zwei nebeneinander liegenden Ketten getragen, deren 1,83 Mtr. (6' russ.) lange Hauptglieder aus 3,44 Cntr. ($1\frac{3}{8}$ " russ.) starkem Rundenisen gefertigt sind. Ein Hauptglied wechselt stets mit zwei Kuppelgliedern von je 6,25 □ Cntr. (1 □" russ.) Querschnitt, womit dasselbe durch Bolzen von 3,75 Cntr. ($1\frac{1}{2}$ " russ.) im Durchmesser verbunden ist. Sechsz- und dreißig Tragstangen von 1,5 Cntr. ($\frac{5}{8}$ " russ.) Durchmesser tragen die Brückenbahn und zwar fassen je zwei derselben einen, auf 2,18 Mtr. (7' 2" russ.) freiliegenden, Querträger, worauf ein doppelter Bohlenbelag ruht.

Die Trag- und Rückhalt-Ketten sind hier von gleicher Anordnung. Die letzteren sind wegen, in nicht großer Entfernung quer vorbeiführender, Straßen und um großen Schwankungen nicht ausgesetzt zu sein, über gußeiserne, an die gleichfalls gußeisernen Tragpfeiler angelehnte, Quadranten senkrecht in das Widerlagermauerwerk hinabgeführt, wo sie gegen gußeiserne Ankerplatten befestigt sind.

Von demselben Erbauer wurden in den Jahren 1825 bis 1826 noch die drei folgenden Kettenbrücken in Petersburg zur Ausführung gebracht.

Die ägyptische Brücke über die Fontanka¹¹⁵⁾ daselbst besitzt bei einer Breite von 10,67 Mtr. (35' russ.) eine Oeffnung von 54,86 Mtr. (180' russ.) mit $\frac{1}{10}$ Pfeilhöhe und wird von drei, die Fahrbahn unmittelbar berührenden Reihen Ketten zu je zwei Strängen getragen. Die aus 1,5 bis 2,1 Mtr. (5 bis 7' russ.) langen, hohl geformten Kettengliedern von 25 □ Cntr. (4 □" russ.) Querschnitt bestehenden Tragketten ruhen in beweglichen Sätteln mit Walzen auf je drei, 1,83 Mtr. (6' russ.) hohen ägyptischen Säulen an jedem Ende der Brücke, die durch zwei gußeiserne Strebpfeiler und durchgehende Gebälke zu einem Portale mit zwei Durchfahrten und zwei Durchgängen verbunden sind. Die Rückhaltketten, welche in geneigter und gerader Richtung in das aus Granit bestehende Widerlagermauerwerk hinabgehen, sind darin gegen gußeiserne Platten von etwa 1,22 Mtr. (4' russ.) Länge, 7,5 bis 12,5 Cntr. (3 bis 5" russ.) Stärke befestigt und zum Schutz gegen Oxidation von einer gußeisernen, mit einer Mischung aus Wachs und Theer gefüllten, Röhre umschlossen. Auch hier umfassen die den vorbeschriebenen ähnlich gebildeten Tragstangen Längsschienen, worauf in Entfernungen von 1,52 Mtr. (5' russ.) hölzerne Querträger mit doppeltem Bohlenbelag ruhen. Sechs eichene, zur Seite der Tragstangen festgeschraubte Spurbalken begrenzen und versteifen die Fahrbahnen und sind zur Vermehrung dieser Versteifung mit den Enden in die Pfeiler eingemauert.

Die 2,13 Mtr. (7' russ.) breite, nur für Fußgänger bestimmte, über den Katharinenkanal führende Vier-Löwen-Brücke besitzt eine Spannweite von 23,47 Mtr. (77' russ.) und 1,52 Mtr. (5' russ.) Pfeil. Nur zwei, aus dem Rachen von vier, sehr dünn in Eisen gegossenen Löwen hervortretende Tragketten aus 4,75 Cmtr. (1,9" russ.) starkem Kundeisen tragen die, derjenigen der vorigen Brücke ähnliche, nur noch mit liegenden Kreuzen zwischen den Querträgern versehene, Brückenbahn, führen als Rückhaltketten rückwärts über gußeiserne, die Tragpfeiler bildende Quadranten, in welche sie mittels einer Ruth eingelassen sind, und gehen durch eine gußeiserne Röhre in das Fundament des Mauerwerks hinab. Die Hauptkettenglieder haben 1,52 bis 2,13 Mtr. (5 bis 7' russ.) Länge und wechseln mit kurzen, hohlen Gliedern.

Die gleichfalls über den Katharinenkanal führende Vier-Greifen-Brücke ist eine Fußbrücke wie die vorige, besitzt dieselbe Spannweite bei 1,83 Mtr. (6' russ.) Pfeilhöhe und ist derselben ähnlich konstruirt, nur nehmen statt der vier Löwen vier Greifen die Ketten auf.

Im Jahre 1825 entwarfen der Generalmajor Bazaine und die Majore Lamé und Clapeyron eine kolossale Kettenbrücke über die Nawa von 311,51 Mtr. (1022' engl.) Spannweite, ferner im Jahre 1829 Generalmajor Janisch eine Kettenbrücke über den Fluß Kotorosle zu Jaroslawle; Projekte, welche indessen nicht zur Ausführung kamen.

7. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der Hängbrücken. Nach der vorhergehenden geschichtlichen Betrachtung des Hängbrückenbaues ist die Idee der Hängbrücke und die Anwendung der Seile hierzu schon alt, die Anwendung der Ketten und Drahtseile zu Hängbrücken und die Ausbildung ihres Konstruktionsystems aber den Nordamerikanern zuzuschreiben. Während die erste Kettenbrücke daselbst schon im Jahre 1796 zur Ausführung kam, sind die Drahtbrücken etwa zwei Jahrzehnte später, nachdem man die bedeutende Zugfestigkeit des Drahts und seine Verarbeitung zu Seilen kennen gelernt hatte, entstanden. Von Nordamerika aus wurden die Hängbrücken den Engländern bekannt, welche fast ausschließlich die Kettenbrücken anwendeten und in eigenthümlicher, vollkommener Weise ausbildeten. Erst in den zwanziger Jahren wurden die englischen Kettenbrücken und die amerikanischen Drahtbrücken den Franzosen und Deutschen bekannt, welche erstere sich dabei vorwiegend der Drahtseile bedienten, auch Anwendung von Bändeisen zu Hängbrückenträgern machten, während letztere fast ausschließlich die Ketten anwandten. Ende der zwanziger Jahre gelangten die Kettenbrücken durch französische Vermittler und Konstrukteure auch in Rußland zur Anwendung. Die Ausführung der Ketten- und Drahtkabel-Brücken reicht bis in die neueste Zeit, und zwar sind dieselben noch in den sechziger Jahren in Nordamerika (Draht-

brücke über den Ohio bei Cincinnati), England (Lambethbrücke mit Drahtkabel in London) und Deutschland (Kettenbrücke über den Donaukanal in Wien) mit Erfolg ausgeführt worden.

In dem Konstruktionsystem der Hängbrücken lassen sich drei Stadien der Entwicklung erkennen, deren erstes keine oder nur eine unvollkommene Versteifung derselben zeigt, deren zweites eine mehr oder minder ausgebildete Versteifung der aufgehängten Verkehrsbahn als solcher bewirkt, und deren drittes, in welchem wir uns gegenwärtig befinden, eine Versteifung des zwischen Verkehrsbahn und Tragkette oder Tragkabel befindlichen Zwischenraums oder eine Versteifung der Tragwand beabsichtigt. Das einfache System des ersten Stadiums erscheint infolge der, bei Sturm und bei, namentlich im Takt einwirkenden Verkehrsstößen beobachteten, Schwankungen und Einstürze wenigstens für starken Straßenverkehr verlassen und für Eisenbahnverkehr überhaupt nicht tauglich.

Das kombinirte System des zweiten Stadiums, welches zuerst in Nordamerika und England, vorzugsweise durch Versteifung der aufgehängten Fahrbahn mittels Fach- oder Gitterwerk erhalten wurde, hat zwar die, selbst für Eisenbahnbetrieb erforderliche Steifigkeit erzielt, wie die Fachhängwerkbrücke mit Drahtkabeln über den Niagara beweist, besitzt aber den Nachtheil jeder Kombination, daß uns über den Antheil, welchen je eine der kombinirten Konstruktionen an der Uebertragung der angreifenden Kräfte auf die festen Stützpunkte nimmt, ein theoretisch scharfes Urtheil und darauf gegründetes Berechnen und Dimensioniren nicht zusteht. Unter den hierher gehörigen Systemen zeigt sich dasjenige der Lambethhängbrücke zu London als das konstruktiv am meisten entwickelte, indem hier eine, selbst in den Bogenwickeln versteifte, fast schon für sich tragfähige Brückenbahn an Tragkabeln aufgehangen erscheint.

Hierauf und aus dem Bedürfniß nach noch beträchtlicherer Versteifung folgte das Bestreben des dritten Stadiums, von dieser kombinirten Konstruktion abzusehen und ein homogenes System zu schaffen, bei welchem jede nachtheilige Schwankung entweder durch eine Versteifung der Tragketten vermieden werden, oder die Schwierigkeit unbestimmbarer innerer Spannungen der versteiften Tragwand durch die Anwendung je zweier Charniere an den Stützpunkten und je eines Charniers in der Mitte beseitigt werden soll. Zeigt uns die versteifte Kettenbrücke der Verbindungsseisenbahn über den Donaukanal in Wien ein, wenn auch wegen fehlender, genügender Seitengurtungen und deshalb mangelhafter Versteifung der Fahrbahntafel nicht in allen Stücken gelungenes, Beispiel jener ersten Anordnung, so bleibt die Aus- und Einführung dieser zweiten Anordnung der Zukunft vorbehalten.

Was die Konstruktion der Tragketten betrifft, so ist die Anwendung von

Kettengliedern aus Flacheisen mit Drehen in der neueren Zeit die vorwaltende, während bei Herstellung der Tragkabel allen einzelnen Drähten, woraus jene zusammengesetzt sind, der Uebertragung der angreifenden Kräfte auf dem kürzesten Wege entsprechend, fast durchgängig eine parallele Lage gegeben wurde, und daß die schraubenförmige Lagerung der Drähte, wie sie bei Anfertigung der Tragkabel für die Lambethbrücke in London ausgeführt ist, als eine Ausnahme von der Regel erscheint.

Unter den Schiebeplatten, Rollen, Rollenstühlen und Pendeln als Unterlagen der Hängträger an den Stützpfälern verdienen die Rollenstühle auf Rollen von möglichst großem Durchmesser, welche übrigens Cylinderauschnitte bilden können, und wo es, wie z. B. bei schwachen Stützpfälern, auf eine besonders ruhige, den Auflagerdruck nicht örtlich verändernde Verschiebung der Hängträger ankommt, aufrechte Pendel von hinreichender Länge mit einer, an ihrem unteren Ende befindlichen, festliegenden Drehaxe den Vorzug.

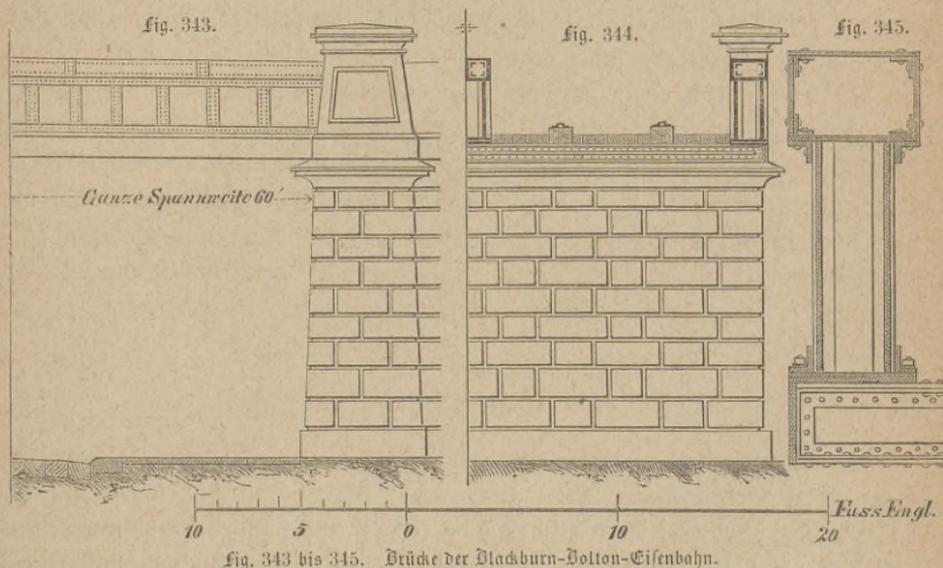
Hinsichtlich der Verankerungen ist die Anwendung von Ankerplatten mit Querbolzen ohne oder mit Anwendung zugänglicher Verankerungskammern die herrschende geblieben und in beiden Fällen eine Anwendung der besten uns zu Gebote stehenden Schutzmittel des Eisens gegen Rosten entweder durch luft- und wasserdichten Abschluß oder durch die Möglichkeit der Besichtigung und Erneuerung der schützenden Anstriche beabsichtigt worden.

II. Die schmiedeisernen Balkenbrücken.

1. Allgemeines. Durch die bei Erbauung der eisernen Hängbrücken gesammelten Erfahrungen hatte man sich vollkommen überzeugt, daß das Schmiedeisen das geeignetste Material für alle, einem Zug ausgesetzten Konstruktionstheile sei. Diese Ueberzeugung und das Bestreben, die kostspieligen Auflagerpfiler und Verankerungen der eisernen Hängbrücken durch einfachere Substruktionen zu ersetzen und besonders für den Eisenbahnbetrieb steifere Träger, als sie die unversteiften Hängbrücken bilden, zu schaffen, führten im Anfang der vierziger Jahre in England auf den Gedanken, den einem Zuge ausgesetzten Fuß, sowie die wenigstens theilweise einem Zug ausgesetzten Vertikalplatten der bislang ganz aus Gußeisen bestehenden Balkenbrücken aus Schmiedeisen herzustellen.

2. Die schmiedeisernen Balkenbrücken Englands. Eine der ältesten gemischteisernen Brücken ist die von Stephenson im Jahre 1846 erbaute, auf Seite 129 und 130 dargestellte und beschriebene Wegbrücke über die North-Western-Eisenbahn am Ende der Eisenbahnstation Camden¹¹⁶⁾, bei welcher die Fußplatten und die beiden Vertikalplatten aus Kesselblech gebildet sind, die auf Druck in Anspruch genommene Kopfplatte

dagegen noch aus Gußeisen besteht. Da Stephenson diese und andere Brücken gleicher Art in der Maschinenfabrik von W. Fairbairn ausführen ließ, so erhielten sie auch den Namen Fairbairn'sche Brücken. Um diesen Balkenbrücken mehr Seitensteifigkeit zu geben, wählte Stephenson die Röhrenform mit rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt, wofür beziehungsweise eine Brücke über die Althorpe-Street¹¹⁷⁾ von 18,29 Mtr. (60' engl.) Spannweite und eine Brücke über die Court-Street¹¹⁷⁾ auf der Eisenbahn von Rugby nach Leamington von 12,8 Mtr. (42' engl.) Spannweite, sowie die 27,4 Mtr. (90' engl.) weit gespannte Eisenbahnbrücke in Gates-head, Vorstadt von New-Castle upon Tyne, auf Seite 130 bis 133 dargestellte und beschriebene Beispiele sind.



Schon im das Jahr 1846 erklärten englische Maschinenbauer sich mit dem gußeisernen Kopf dieser Brücken nicht einverstanden, indem sie zwar zugaben, daß das Gußeisen die zweckmäßigste Eisengattung zur Unterstützung großer und beständig ruhender Lasten sei, dagegen aber behaupteten, daß das Kesselblech für alle diejenigen versteiften Tragrippen vorzuziehen wäre, welche bewegte Lasten zu tragen bestimmt seien; eine Ansicht, welche mit den Ergebnissen der später angestellten, auf Seite 76 beschriebenen Versuche vollkommen übereinstimmte. Infolge dieser Ansicht und weil man behauptete, Kesselblech sei wohlfeiler als Gußeisen, da die Dimensionen aller gußeisernen Konstruktionstheile weit stärker gegriffen werden müßten, als die aufzuhebenden Kräfte erheischten, wurden seit 1846 mehrere, namentlich bewegliche Brücken, wie Landungs-, Dreh- und Schiebe-Brücken, ganz aus Kesselblech hergerichtet. Hierher gehört die seit dem Jahre 1848 von W. Fairbairn,

der i. J. 1846 ein Patent auf die Verbesserung eiserner Brückenbalken erhalten hatte, aufgestellte Brücke der Blackburn-Bolton-Bahn über eine Chaussée¹¹⁸⁾ von 18,20 Mtr. (60' engl.) Spannweite, mit 3 Trägern, s. Fig. 343 bis 345, sowie die beiden, von der Raimauer zu dem großen Landungsfloß führenden, von Cubitt konstruirten Landungsbrücken nächst der Schiffswerfte St. Georg in Liverpool.¹¹⁹⁾, s. Fig. 346 bis 348.

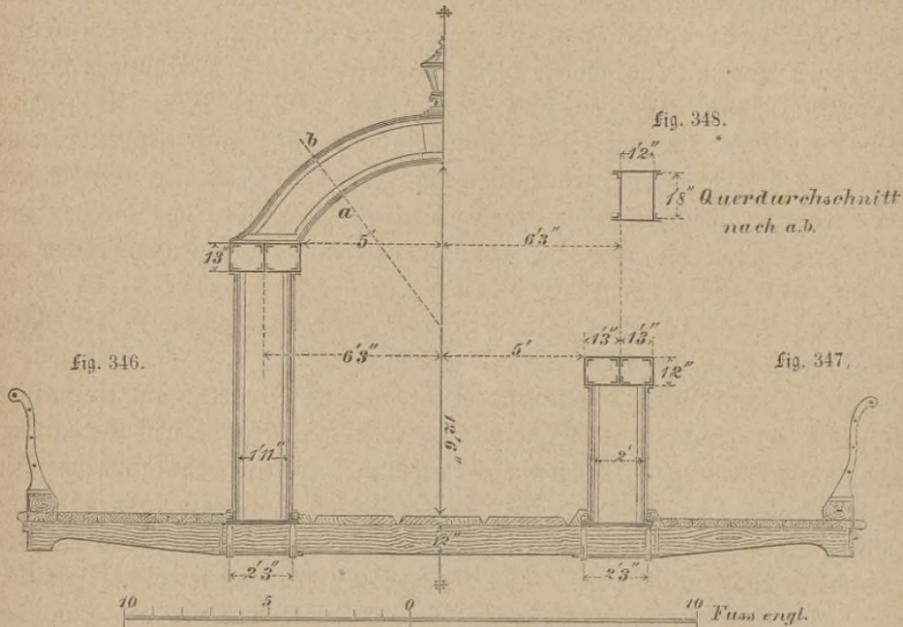


Fig. 346 bis 348. Landungsbrücke nächst der Schiffswerfte St. Georg in Liverpool.

Jenes Landungsfloß, welches aus einer, auf schmiedeeisernen Pontons ruhenden, hölzernen Plattform von 152,4 Mtr. (500' engl.) Länge und 24,38 Mtr. (80' engl.) Breite besteht und in einer Entfernung von beiläufig 36,58 Mtr. (120' engl.) von der Ufermauer sorgfältig verankert ist, fällt und steigt infolge der Ebbe und Flut alle 12 Stunden 18 bis 24 Fuß, weshalb die Befestigungen der Brückenenden auf der Plattform und Raimauer beweglich und so eingerichtet sind, daß sich die Pontons mit dem Landungsfloß, sowie die Landungsbrücken seitwärts, aufwärts und abwärts bewegen können. Die Gesammtlänge jeder der beiden Brücken beträgt 46,43 Mtr. (152' 4" engl.) oder 43,28 Mtr. (142' engl.) im Lichten zwischen den gußeisernen Lagern. Die Balken von 1,67 Mtr. (5½' engl.) Höhe an den Enden und 2,59 Mtr. (8½' engl.) Höhe in der Mitte bestehen aus je einer, durch eine Scheideplatte in zwei gleiche, rechteckige Zellen abgetheilten Kopf-, einer Fuß- und doppelten Vertikal-Platte, welche sämmtlich mittels Winkelseisen untereinander vernietet sind. Diese Balken liegen zu beiden Seiten der 3,35 Mtr. (11' engl.) breiten

Fahrbahn und sind in der Mitte durch schmiedeeiserne Bogen mit rechteckigem Querschnitt, s. Fig. 348, verbunden. Die Fußwege liegen außerhalb derselben und sind mit leichten Geländern aus gußeisernen Stäben und schmiedeeisernen Verbindungsstangen versehen, die hölzernen Querbalken sind mit jedem Hauptträger durch zwei eiserne Schraubenbolzen sowie durch eiserne Bügel verbunden.

Unter die ersten kastenförmigen Träger aus Eisenblech gehören ferner die, den Fluß unter einem schiefen Winkel von 50° schneidende, schiefe Brücke über den Trent zu Gainsborough¹²⁰⁾ in der Linie der Manchester-Sheffield und Lincolnshire-Eisenbahn mit 2 Oeffnungen von je 46,94 Mtr. (154' engl.) Spannweite und zwei 102,41 Mtr. (336' engl.) langen, 3,66 Mtr. (12' engl.) hohen, und 0,94 Mtr. (3' 1" engl.) breiten Längsträgern aus Eisenblech mit zellenförmigem, aus 2 Abtheilungen bestehendem Kopf, doppelten Fußplatten und Blechquerträgern, darüber Längschwellen mit Bohlenbelag, sowie die von Cubitt konstruirten vier Landungsbrücken an dem Kai des Prinzenplatzes zu Liverpool¹²¹⁾ von 34,44 Mtr. (113' engl.) Länge bei einer Höhe von 3,05 Mtr. (10' engl.) in der Mitte und von 1,52 Mtr. (5' engl.) an den Enden.

Für die Konstruktion kastenförmiger Träger aus Eisenblech und die weitere Erkenntniß der Natur dieses Materials wurden die Versuche von Bedeutung, welche vor Herstellung der Conwaybrücke und der Eisenbahnbrücke über die Menaisstraße bei Bangor¹²²⁾ auf der Chester-Holyhead-Bahn auf Veranlassung Stephenson's durch Professor Hodgkinson von London und den Maschinenfabrikanten W. Fairbairn angestellt wurden, um sowol die Festigkeit der zu diesen Brücken zu verwendenden Materialien zu prüfen, als auch über das bei diesen Brücken anzuwendende Konstruktionsystem zu entscheiden.

Als nämlich der Bau einer Eisenbahn zur Verbindung der Insel Anglesea nach Wales von Chester nach Holyhead beschlossen war und sowol die Verhandlung über die Mitbenutzung der im Jahre 1826 von Telford über die Menaisstraße erbauten, auf Seite 182 beschriebenen, Kettenbrücke zur Ueberführung dieser Eisenbahn über die Menaisstraße gescheitert war, als auch das infolge dessen von Stephenson im Jahre 1844 entworfene, auf Seite 98 erwähnte, großartige Projekt einer besonderen gußeisernen Bogenbrücke über die Menaisstraße, wegen zu bedeutender Schmälerung der Durchfahrtsöffnungen, die Genehmigung des Parlaments nicht erhalten hatte, kam Stephenson nach dem Vorgang Mendel's, welcher im Jahre 1838 die Montrose-Kettenbrücke durch Gitterwerk genügend versteift hatte, und der Amerikaner, welche die Kanalbrücke zu Pittsburg mit gewöhnlichem Fachwerk so versteift hatten, daß sie seit vielen Jahren den schweren Kanaldienst aushielt, auf den Gedanken, die Tragwände einer Kettenbrücke statt des Fachwerkes durch volle eiserne Wände und statt der oberen und unteren Streckbäume durch Plattenwerk von der nöthigen Stärke so zu ver-

steifen, daß die für den Eisenbahnbetrieb hinderlichen Schwankungen vermieden würden. So erhielt das zweite Projekt der Menai-Brücke die Gestalt einer an Ketten aufgehängenen, rechteckigen, schmiedeiserne Röhre. Um den Anprall starker Seestürme auf die Seitenwandungen dieser Röhre und die hierdurch zu gewärtigenden Seitenschwankungen zu vermindern, projektirte indeß *Stephenson* später Röhren von kreisförmigem und elliptischem Querschnitt, welche sich jedoch bei den erwähnten Versuchen aus theoretisch leicht erklärlichen Gründen relativ schwächer, als die rechteckigen Röhren erwiesen. Die Resultate dieser Versuche sind in der „Allgemeinen Wiener Bauzeitung“, Jahrgang 1849, S. 175 ff. im Auszuge mitgetheilt. Die große Tragfähigkeit der rechteckigen Röhren veranlaßte *Stephenson*, nunmehr die Röhre und nicht die Kette als den Hauptträger zu betrachten und demgemäß den ersten Entwurf dieser Brücke mit einer rechteckigen Röhre auszuarbeiten, der auch 1845 vom Parlament genehmigt wurde. Zur Bestimmung der Abmessungen ihrer einzelnen Theile wurde eine Modellröhre in $\frac{1}{6}$ ihrer natürlichen Größe oder von 23,77 Mtr. (78' engl.) Länge, 0,89 Mtr. (2' 11" engl.) Breite und 1,37 Mtr. (4' 6" engl.) Höhe angefertigt und neuen Versuchen unterworfen. Diese Versuche, welche im April 1847 geschlossen wurden und einen Aufwand von 6530 £. oder 78,360 Fl. rh. erforderten, zeigten deutlich, daß der hohle Balken in sich Tragfähigkeit genug besitze, um der Ketten zu seiner Unterstützung nicht zu bedürfen, und führten zur Herstellung großer, rechteckiger, ganz schmiedeeiserner Röhren, deren oberer und unterer Boden doppelt ist und aus Zellen besteht, während die sie verbindenden Blechwände durch Winkelbleche versteift sind; sie ergaben ferner die nahezu gleiche Widerstandsfähigkeit des Walzeisens gegen Zug und Druck und veranlaßten zur Erhöhung der Festigkeit gegen Zerknicken eine Vermehrung der Zellen in dem, einem Druck ausgesetzten, oberen Boden der Röhre. Noch ehe die Probeversuche ganz vollendet waren, wurde im Winter 1846/47 das definitive Projekt der Brücke ausgearbeitet und hierbei nochmals erwogen, ob es nicht zweckmäßig sei, zum Aufschlagen der Röhren, statt der Schifffahrt hinderlicher Rüstungen, Kettenbrücken anzuwenden, auf diesen die Röhren zusammenzunieten und zuletzt, um einen Ueberschuß an Tragfähigkeit zu erhalten, die Ketten beizubehalten und die Röhre daran aufzuhängen. Dieser Absicht entspricht auch die Anlage der drei mittleren, die beiden großen Spannweiten einschließenden, Pfeiler der Menai-Brücke, s. Fig. 349, welche hoch über die Röhre hinaus ragen und oben Oeffnungen zur Aufnahme der Kettenfüße besitzen. Erst als der, wahrscheinlich von *Stephenson's* Assistenten *Clark* herrührende, Plan, die Röhren am Ufer auf Breterböden zu erbauen, sie auf großen Booten zwischen die Pfeiler zu flößen und von da mittels hydraulischer Pressen an ihren Bestimmungsort zu heben, angenommen, die erste Röhre erbaut und deren Tragfähigkeit als

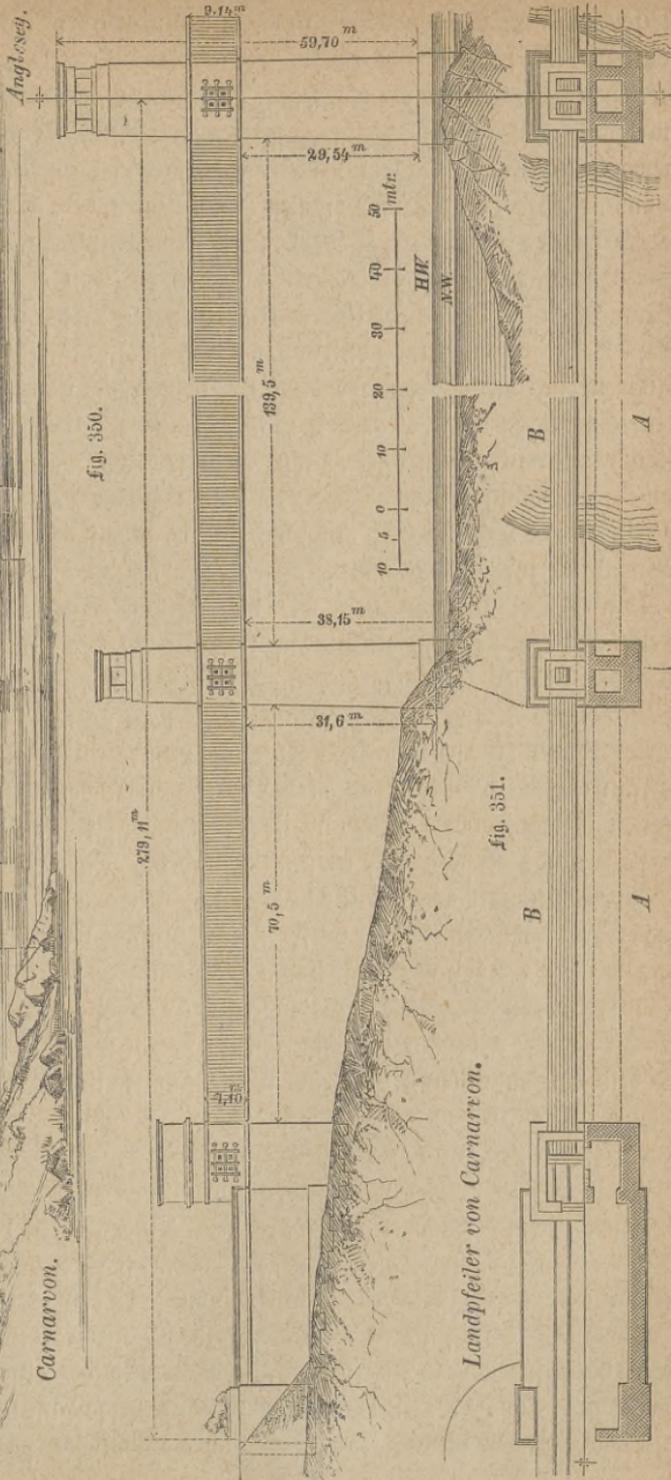
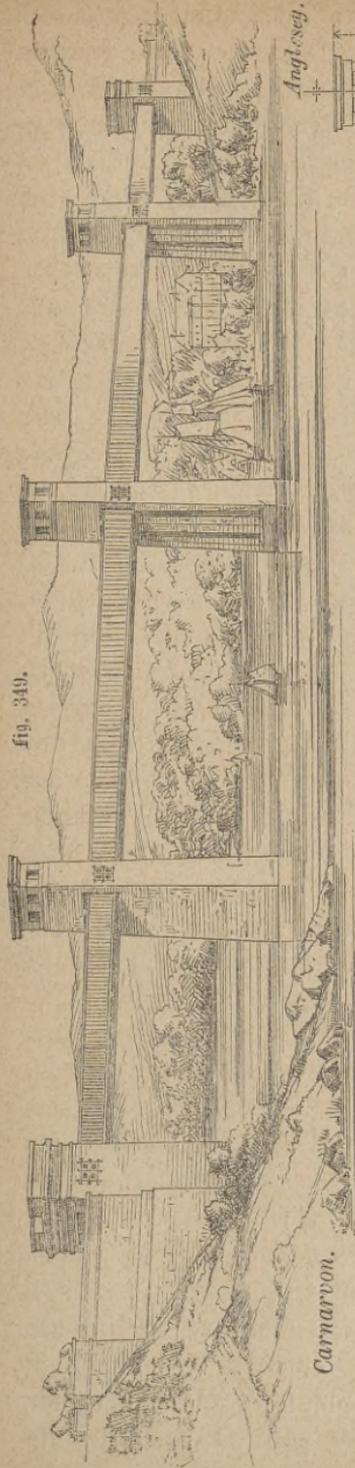


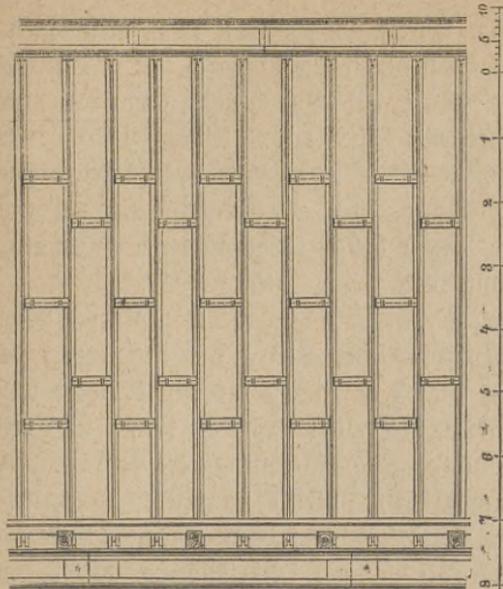
Fig. 349 bis 351. Britanniabrücke über die Meerenge, Menai bei Bangor.

vollkommen ausreichend erkannt war, nahm man von der Anwendung der Ketten Abstand.

Der erste Niet zur Conwaybrücke wurde am 8. April 1847 geschlagen, und am 18. April 1848 ging der erste Eisenbahnzug hindurch. Der Grundstein zur Menaibrücke wurde am 10. April 1846 gelegt, der Bau der Röhren am 10. August 1847 begonnen und am 5. März 1850 fuhr Stephenson zum ersten Mal durch seinen Röhrentunnel. Diese großartige Brücke, auch Britanniabrücke genannt, weil ihr Mittelpfeiler auf den Britanniafelsen gegründet ist, s. Fig. 349 bis 361, besitzt vier Oeffnungen, zwei von 140,21 Mtr. (460' engl.) und zwei von 70,40 Mtr. (230' engl.) Spannweite mit zwei nebeneinander liegenden, durchgehenden Röhren von 464,52 Mtr. (1524' engl.) Länge, welche über den Pfeilern aus je 4 Röhrenstücken zusammengesetzt wurden, nachdem man die beiden kürzeren derselben auf besonderen Rüstungen an Ort und Stelle erbaut, die beiden längeren derselben am Ufer erbaut, auf Pontons herangefloßt und mittels hydraulischer Pressen an ihren Bestimmungsort gehoben hatte. Diese, nunmehr zusammenhängenden Röhren wurden, wie die Figuren 352 und 353 zeigen, an dem einen Ende oben und unten auf feste Unterlagen, am anderen Ende, um eine leichte, der Längenveränderung der Röhre durch den Temperaturwechsel entsprechende Verschiebung zu ermöglichen, oben mittels Querbalken und Stützen auf Kugeln und unten mittels Unterlagsplatten auf Rollenstühle gelegt. Zur Verstärkung der Röhren gegen die vertikalen Scheerkräfte wurde sie an den Auflagern im Innern durch gußeiserne Rahmen, s. Fig. 352, ausgesteift.

Figur 351 stellt den Grundriß und die Daraußsicht dieser Brücke, Fig. 350 den Aufriß derselben auf der Seite von Carnarvon bis zu deren Mitte, Fig. 349 deren vollständige perspektivische Ansicht dar. Aus Fig. 352, 353 u. 354 ergiebt sich bezw. der Querschnitt an den Auflagern und in der Mitte einer Röhre, aus Figur 355 der Längenschnitt und aus Fig. 356 der Grundriß einer Röhre, während die Figuren 357, 358, 359 und 360 die Details zu den Querschnitten, zu dem Längenschnitt und zu dem Grundriß darstellen. Fig. 352 und 354 zeigt, daß, der verschiedenen Festigkeit des Eisens gegen Zerknicken und Zerreißen entsprechend, der obere Boden der Röhre in 8, der untere Boden derselben nur in 6 Zellen getheilt ist, und geht hieraus, sowie aus Fig. 357, der Querschnitt dieser Böden deutlich hervor. Die oberen kleinsten Zellen messen 0,53 (1' 9" engl.) im Lichten, besitzen einen Querschnitt von 4187,5 □ Cntr. (670 engl. Quadratzoll) und sind so weit, daß ein Mann sie durchkriechen, anstreichen und nöthigenfalls ausbessern kann. Der untere, einer Ausdehnung ausgesetzte, Boden erforderte eine besonders sorgfältige Anordnung und Vertheilung des Materials, insbesondre möglichst wenige Fugen und in

fig. 355.



f. 356.

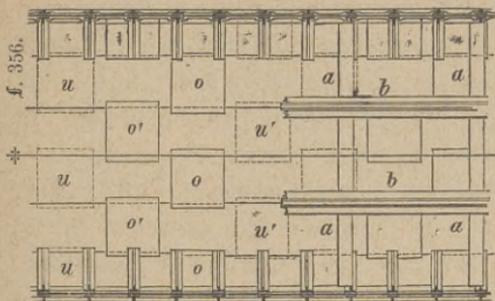


fig. 358.

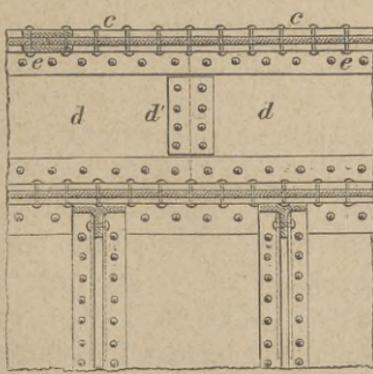


fig. 359.

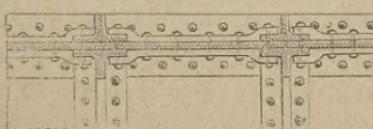


fig. 352.

fig. 354.

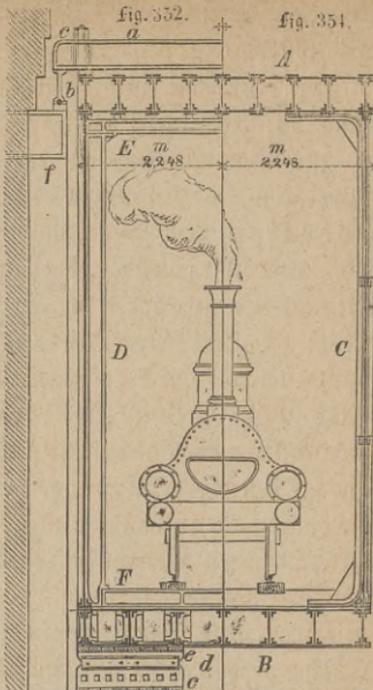


fig. 353.

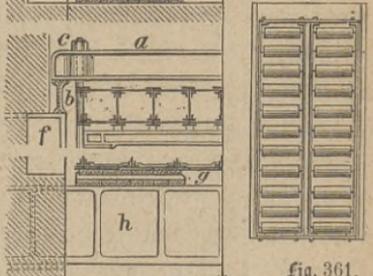


fig. 357.

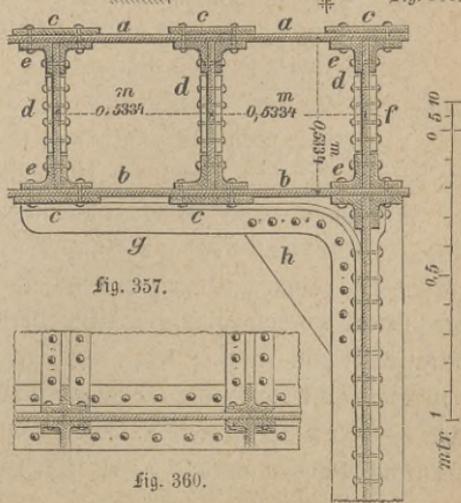


fig. 360.

Fig. 352 bis 361. Details zur Britanniabrücke.

den Fugen keine Verschwächung des Querschnitts. Man erreichte dies sowol durch die Anwendung von 3,66 Mtr. (12' engl.) langen Eisenplatten, als durch die Herstellung der beiden Böden aus je 2 Plattenlagen, welche so angeordnet waren, daß die Fuge je zweier der unteren Platten genau der Mitte der oberen entsprach, während auf der offenen Seite die Fuge mit einer Stoßplatte von derselben Breite und Dicke bedeckt wurde, in Verbindung mit der sogenannten Kettennietung, bei welcher die Niete längs der Platte aufeinander folgen und dadurch deren Querschnitt und absolute Festigkeit am wenigsten schwächen. Durch die Anwendung jener Stoßplatten und Kettennieten wurde die Forderung einer gleichförmigen Stärke des unteren Bodens derart erfüllt, daß eine gleiche Anstrengung des Eisens in der vollen Platte und in einer Fuge anzunehmen war. Die Dicke der Platten wächst von den Enden, wo sie 1,1 Cmt. ($\frac{7}{16}$ " engl.) ist, gegen die Mitte, wo sie 1,4 Cmt. ($\frac{9}{16}$ " engl.) beträgt. Die senkrechten Platten der Zellen sind 1,25 Cmt. ($\frac{8}{16}$ " engl.) an den Enden und 1,4 Cmt. ($\frac{9}{16}$ " engl.) in der Mitte stark. Alle Niete in diesem Theile der Röhre haben 2,81 Cmt. ($1\frac{1}{8}$ " engl.) Durchmesser. Die Querschnittsfläche der unteren Zellen ist 3216 □ Cmt. (517 □" engl.).

Die in den Figuren 355 und 358 in dem Längenschnitt und in den Figuren 356, 359, 360 im Horizontalschnitt dargestellten Seitenwände der Röhren bestehen der Reihe nach abwechselnd aus drei und vier 0,61 Mtr. (2' engl.) breiten Platten, deren Dicke von der Mitte, wo sie 1,25 Cmt. ($\frac{8}{16}$ " engl.) beträgt, gegen die Enden bis zu 1,56 Cmt. ($\frac{10}{16}$ " engl.) wächst. Die Verbindung der senkrechten Fugen wird durch zwei, beiderseits mittels einzölliger, 3" entfernter Niete über die Fuge genietet, T-Eisen bewirkt. An den wagrechten Fugen stoßen die Platten genau aneinander und sind beiderseits mit verköpften Stoßplatten verbunden. In der Nähe der Unterstützungspunkte sind die Seitenwandungen dadurch verstärkt, daß deren Vertikalfugen durch je 4 Winkelseisen mit je 2 dazwischen geschobenen, starken Platten verwahrt sind.

Die Versteifung der Röhren an den Auflagern durch die gußeisernen Rahmen E, D und F, Fig. 352, die bewegliche Auflagerung der Röhren auf den eingemauerten gußeisernen Balken f mittels der gußeisernen, mit der Röhre bei c verschraubten Querbalken a und der Stützen und Kugeln b am oberen Boden, sowie auf der gußeisernen, mit Holz unterfütterten Auflagerplatte c mittels der gußeisernen, mit Holz überlegten Unterlagsplatte e und des, in Figur 361 besonders dargestellten, Rollenstuhls d, ferner die feste Auflagerung der Röhren mittels der gußeisernen Balken a, die festen Stützen b und festen Unterlagen bei g, f. Fig. 353, geht aus den Holzsnitten hervor.

Die Konstruktion der Conwaybrücke mit nur einer Oeffnung von 121,92 Mtr. (400' engl.) ist dieselbe, wie diejenige der Britanniabrücke und nur hinsichtlich ihrer Abmessungen von derselben verschieden. Die Röhren der Conway-

brücke wurden zuerst, und zwar, um den Transport so viel wie möglich zu erleichtern, nahe bei deren Baustelle erbaut. Der Werkplatz war so gewählt, daß eine Plattform errichtet werden konnte, unter welche man später die zum Flößen bestimmten Pontons brachte und für welche der das Ufer bildende feste Schieferfelsen ein gutes Fundament darbot. Nach Vollendung der ersten Röhre errichtete man unter deren Enden, genau in der Entfernung ihrer Spannweite, steinerne Pfeiler, worauf man die Plattform und Gerüste wegnahm und zur Prüfung der Röhre schritt, deren letztes Ergebniß bei einer gleichförmigen Belastung mit 1320800 Kgr. oder 1300 Tonnen Röhrengewicht und 305816 Kgr. oder 301 Tonnen beweglichem Gewicht eine Durchbiegung von 27,37 Cmtr. (10,95" engl.), also von $\frac{1}{438}$ ergab. Hierauf brachte man am 6. März 1848 sechs starkgebaute Pontons von zusammen 2400 Tonnen Tragkraft, mit wasserdichten Decken und Klappen zum Wassereinflassen und augenblicklichen Senken versehen, unter die Röhre und bewirkte nach eingetretener genügender Fluthöhe das Flößen an die Baustelle. Die Einschwenkung der Röhre, für welche man nur einen Spielraum von 30 Cmtr. (12" engl.) zwischen den Pfeilern vorgesehen hatte, erfolgte ohne Anwendung von Dampfkraft durch Winden, welche auf den Pontons aufgestellt waren und von hier aus bewegt wurden, so genau und glücklich, daß in weniger als $\frac{3}{4}$ Stunden die Röhre auf die für sie, etwa 8 Fuß über dem gewöhnlichen Flutwasserstand, hergerichteten starken Quadervorsprünge abgesetzt war.

Das Heben der Röhre an ihre definitive Auflagerstelle wurde mittels zweier, auf den beiden Landpfeilern aufgestellter hydraulischer Pressen bewirkt, deren Kolben oben mit einem Querjoch versehen waren, woran man links und rechts die Röhren mittels zweier Ketten anhing, deren Gliedlängen der Hubhöhe des Kolbens entsprachen. Auf jenen Joche, sowie auf den starken, gußeisernen Balken, worauf die hydraulischen Pressen standen, befanden sich in, jenen Gliedlängen entsprechenden, lothrechten Abständen auf jeder Seite einer Presse zwei Klemmapparate, deren Klammern durch Schraubenspindeln geöffnet und geschlossen und auf diese Weise zum Abfangen der mit Schultern versehenen Kettenglieder benutzt werden konnten. Beim Heben der Röhre wurden die oberen Klammern zusammengeschraubt und hierdurch die Kettenglieder an ihrem oberen Ende gefaßt, die unteren Klammern geöffnet und die Presse in Thätigkeit gesetzt. Da die Länge der Kettenglieder gleich der Hubhöhe war, so kamen im gleichen Augenblick, in dem der Kolben an das Ende seines Hubes kam, die Schultern andrer Kettenglieder zwischen die unteren Klammern und konnten mittels dieser festgeklemmt werden. Hierauf wurden die oberen Klammern geöffnet, die Kolben mit den oberen Klammern herunter gelassen und die Schultern des nächstfolgenden unteren Kettenglieds mit denselben gepackt. Zur Vermeidung der heftigen Oscillationen, welche Anfangs beim gleichzeitigen

Arbeiten der Pumpen, die das Wasser in die hydraulischen Pressen drängten, entstanden, ließ man später die Hube der Pumpen auf beiden Pfeilern abwechseln und schaffte dadurch die Röhre, während man sie von einem fliegenden Gerüst aus gleichzeitig untermauerte, glücklich auf die ihr angewiesene Höhe. Die zweite gleiche Röhre der Conwaybrücke war am 23. Sept. 1848 vollendet, am 12. Oktober zwischen die Landpfeiler geflüßt und am 8. Dezember auf ihre Höhe gehoben. Die am 2. Januar vorgenommene Probe bestand aus einer Belastung von 239776 Kgr. oder 236 Tonnen über den mittleren, 91 Mtr. (300' engl.) langen Theil der Brücke, wodurch eine Senkung von 3,5 Cmt. (1,4" engl.) verursacht wurde, die jedoch nach Entlastung der Röhre wieder vollkommen verschwand.

Die Röhren der Britannia-Brücke wurden in ähnlicher Weise aufgebaut, geprüft, unter mehr oder minder glücklichen Nebenumständen zwischen die Pfeiler geflüßt und an ihre definitive Lagerstelle gehoben.

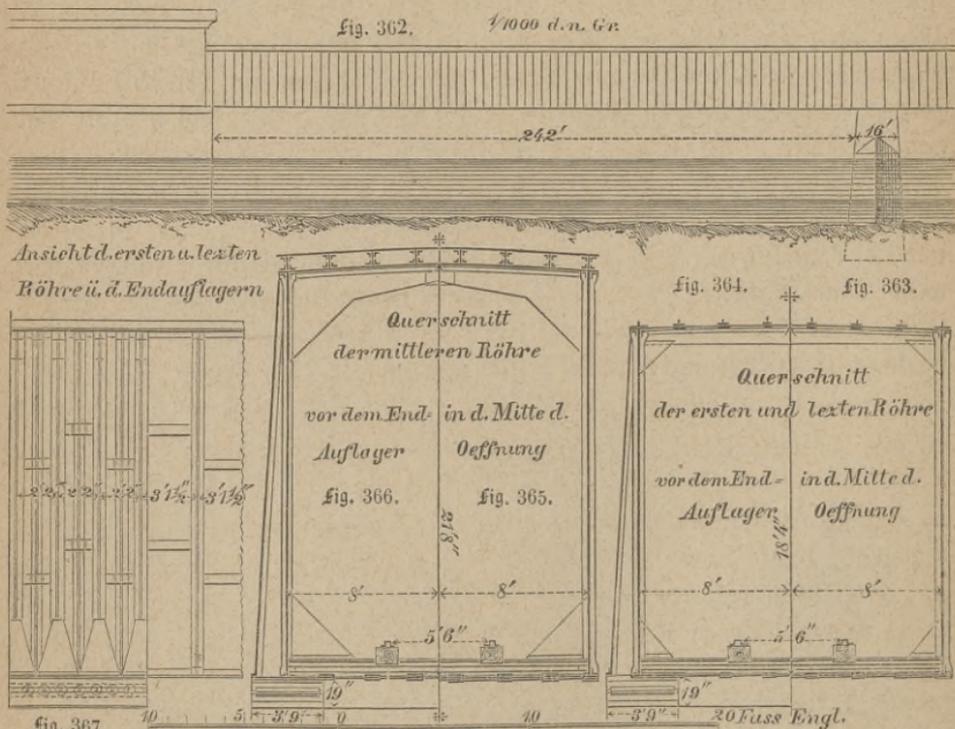


Fig. 362 bis 367. Victoriabrücke über den St. Lorenzstrom bei Montreal in Canada.

Die Anordnung und Konstruktion der Britannia- und Conway-Brücke riefen einige Nachbildungen, worunter die Brücke über den Airefluß zu Brotherton und die fast 2 englische Meilen lange Victoriabrücke über den St. Lorenzstrom bei Montreal in Canada die bedeutendsten sind, hervor und

gaben zu einer vermehrten Anwendung und sorgfältigen Ausbildung der schmiedeiserne kastenförmigen Träger auch von kleinerem Maßstabe, besonders in England und Frankreich, Veranlassung.

Die genannte Brücke über den Airefluß bei Brotherton¹²³⁾ hat eine Oeffnung von 68,58 Mtr. (225' engl.) Spannweite und besitzt zwei 30 Cntr. (12' engl.) breite, durch eine gewölbte, 1,25 bis 1,87 Cntr. ($\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ " engl.) starke, mittels Vertikalblechen und Winkelseisen verstärkte Decke verbundene Oberrahmen, während der Unterrahmen aus einem durchgehend doppelten Boden von je 0,47 bis 0,78 Cntr. ($\frac{3}{16}$ bis $\frac{5}{16}$ " engl.) Stärke besteht.

Die Victoriabrücke bei Montreal¹²⁴⁾, s. Fig. 362 bis 367, enthält 25 Oeffnungen, deren mittlere 100,58 Mtr. (330' engl.), während jede der übrigen 72,86 Mtr. (242' engl.) Weite besitzt. Die lichte Höhe von dem gewöhnlichen Sommerwasserspiegel des St. Lorenz bis zu der Unterfläche der mittleren Röhre beträgt 18,29 Mtr. (60' engl.) und nimmt nach jeder Seite hin mit einer Neigung von 1 : 130 bis zu 10,97 Mtr. (36' engl.) an den Ufern ab. Die Röhren, welche ganz in derselben Weise und mit derselben Maschine, wie bei der Britanniabrücke, zusammengesetzt und vernietet wurden, sind an jedem Ende 5,79 Mtr. (19' engl.) hoch und nehmen bis zu einer Höhe von 6,86 Mtr. (22' 6" engl.) in der Mitte zu. Die Weite jeder Röhre beträgt 4,88 Mtr. (16' engl.) oder 3,20 Mtr. (10' 6" engl.) mehr, als die in Canada landesübliche Geleise-Spurweite von 1,68 Mtr. (5' 6" engl.). Die 24 Strom- und 2 Land-Pfeiler sind aus Blöcken von blauem Kalkstein aufgemauert, welche, zur Herstellung der nöthigen Widerstandsfähigkeit gegen den Eisstoß, selten unter 7 Tonnen schwer und mittels des besten hydraulischen Kalks und starker eiserner Bolzen nebst Bleiverguß untereinander verbunden sind.

Unter die Nachbildungen in kleinerem Maßstabe ist die von Fowler erbaute zweigeleisige Torkseybrücke über den Trent¹²⁵⁾, s. Fig. 368 bis 370, mit 2 Oeffnungen von 39,62 Mtr. (130' engl.) Spannweite zu rechnen, deren Fahrbahn auf zwei, zu beiden Seiten derselben angebrachten, 3,05 Mtr. (10' engl.) hohen, kontinuierlichen Kastenträgern B, s. Fig. 369, ruht, deren oberer Boden aus je 2 Zellen a, s. Fig. 370, und deren unterer Boden g aus einer doppelten, etwas vorspringenden Platte besteht. Auf den inneren Vorsprüngen der letzteren liegen schmiedeiserne, doppelt T-förmige Querträger f, welche auf Langschwellen einen Bohlenbelag mit dem doppelten Schienengeleise aufnehmen.

Auch Brunel stellte Balkenträger ganz aus Kesselblech her, indem er eine Kopf- und eine Fuß-Platte durch Winkelbleche mittels Nieten verbinden ließ; eine Konstruktionsweise, womit er auf der Süd-Wales-Bahn Oeffnungen bis zu 30 Mtr. überbrückte.

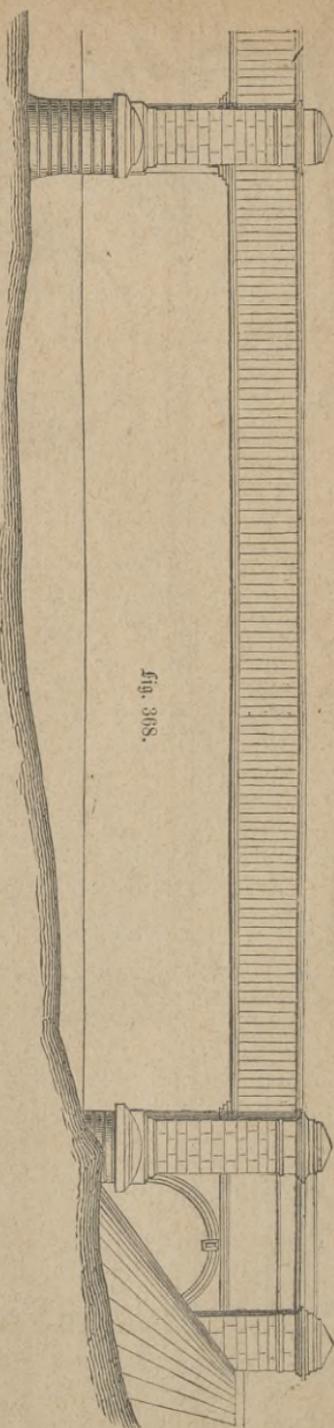


fig. 308.

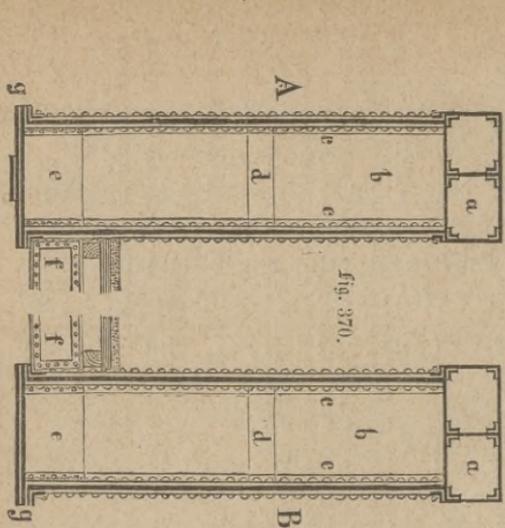


fig. 370.

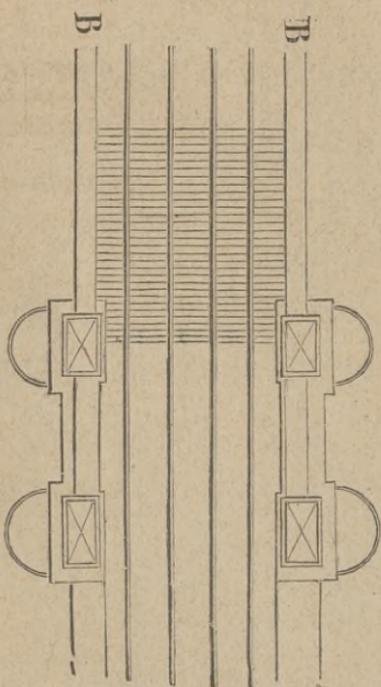


fig. 369.

fig. 368 bis 370. Drehsehbürde über dem Gerinn.

Gloucestershire.

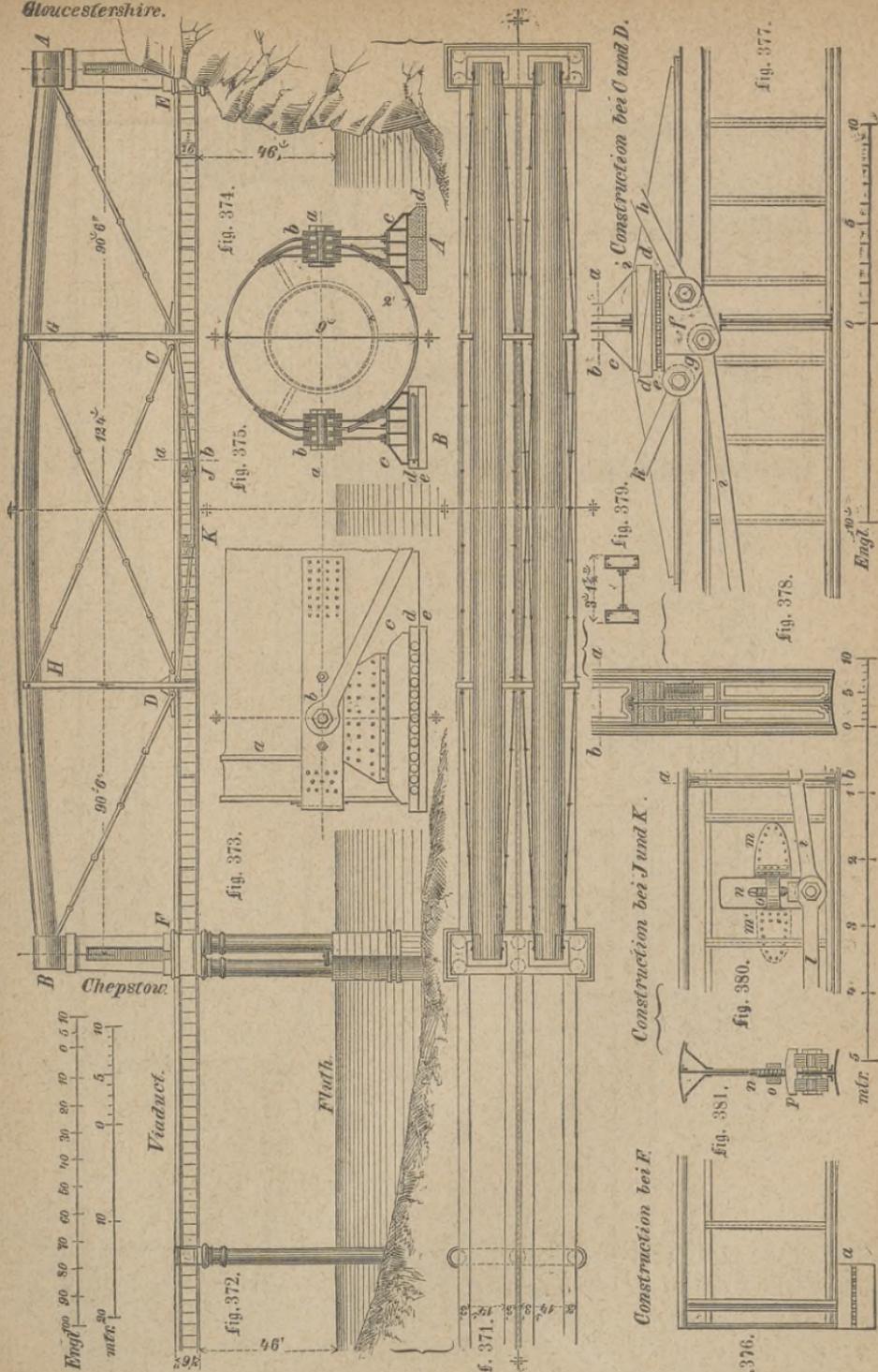


fig. 371 bis 381. Brücke über den Weye bei Chepstow.

Eine der größten Brücken dieser Art ist die in den Jahren 1850 bis 1852 für den Verkehr mit Süd-Wales erbaute zweigeleisige Eisenbahnbrücke über den Wye bei Chepstow ¹²⁶⁾, s. Fig. 371 bis 388, mit einer Oeffnung von 91,44 Mtr. (300' engl.) und drei Oeffnungen von je 30,48 Mtr. (100' engl.) Weite. Ueber sämmtliche vier Oeffnungen laufen 4 nebeneinander liegende Träger aus Kesselblech von dem angedeuteten und aus den

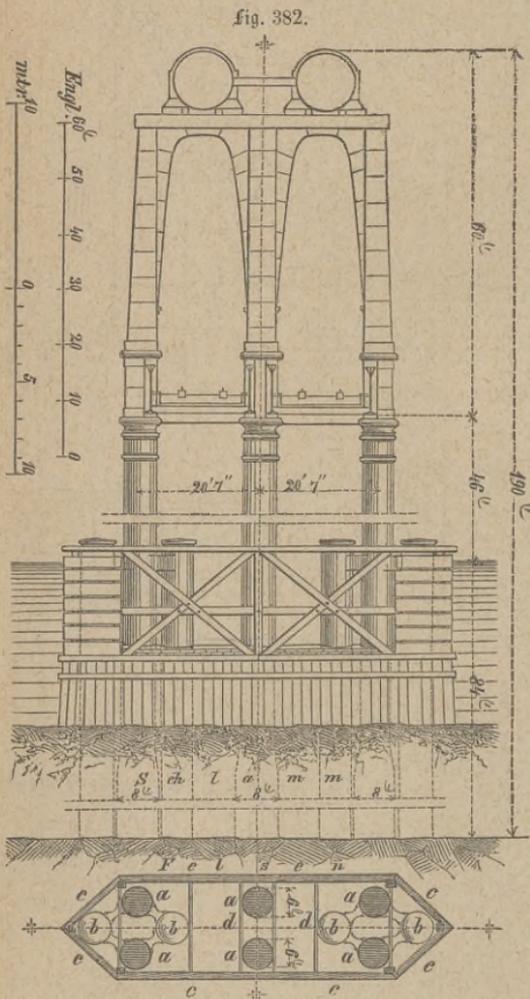


Fig. 383.

Fig. 382 u. 383. Pfeiler der Brücke über den Wye bei Chepstow.

und 375 in Ansicht und halbem Querschnitt gegebene Auflager B beweglich ist und auf Rollen ruht. Fig. 376 stellt die gleichfalls bewegliche Auflagerung der Fahrbahnträger bei F, Fig. 377 die Aufhängungsweise der letzteren bei C und D dar. Ob die in Fig. 378 im Vertikalschnitt und in

Figuren 384 u. 386 ersichtlichen Querschnitt, wovon je zwei ein Eisenbahngleise tragen und wovon die Träger der größten Oeffnung durch einen umgekehrten, der entsprechenden Holzkonstruktion nachgebildeten, versteiften, doppelten Sprengbock mit aufgehobenem Horizontalschub an zwei Punkten nochmals unterstützt sind. Sowol die zur Vernichtung dieses Horizontalschubs bestimmten zwei Röhren mit rundem Querschnitte und die zwei Vertikalpfosten der Hängwerke, als auch die zur Unterstützung der Fahrbahn bestimmten eisernen Röhrenpfiler, deren eigenthümliche Gründung im zweiten Abschnitt dieser Abtheilung besprochen ist, sehen wir bereits aus Kesselblech hergestellt. Die Figuren 371 u. 372 geben den Grund- u. Aufsriß dieser Brücke, sowie des sich daran anschließenden Viadukts. Das in Figur 374 in halbem Querschnitt dargestellte Auflager A ist fest, während das durch Fig. 373

Fig. 379 im Horizontalschnitt nach a b dargestellten lothrechten Pfosten CG und HD des beweglichen Fußes bei d, Fig. 377, bedurft hätten, ist zu bezweifeln, da die Ausdehnung der großen schmiedeeisernen Stemmrohren, sowie der aus dem gleichen Materiale hergestellten Fahrbahnträger als die gleiche anzunehmen ist. Dagegen erscheint die regulirbare, durch die Figuren 380 und 381 bezw. in Ansicht und Querschnitt dargestellte Aufhängung der Fahrbahnträger über den Ketten bei I und K als

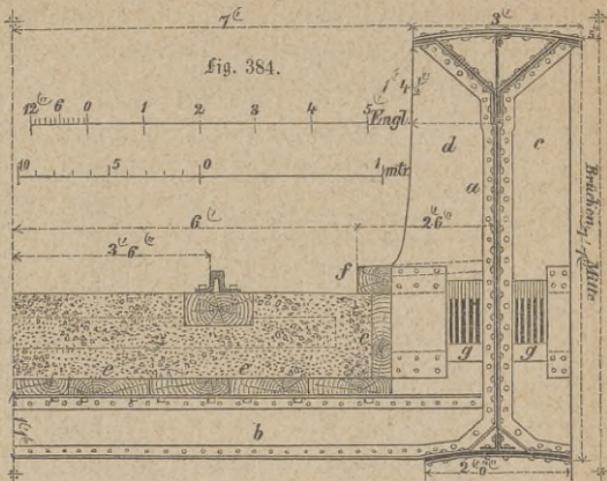


Fig. 384. Querschnitt der Chepstowbrücke in der Mitte der Hauptöffnung.

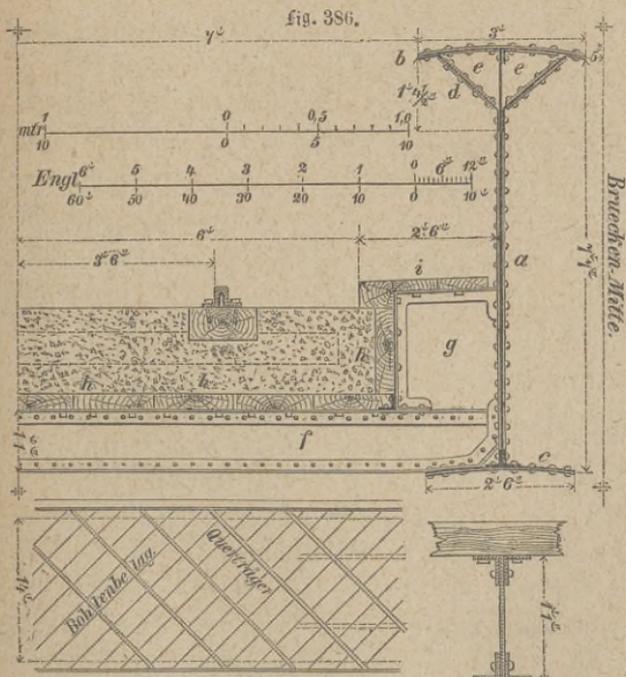


Fig. 386.

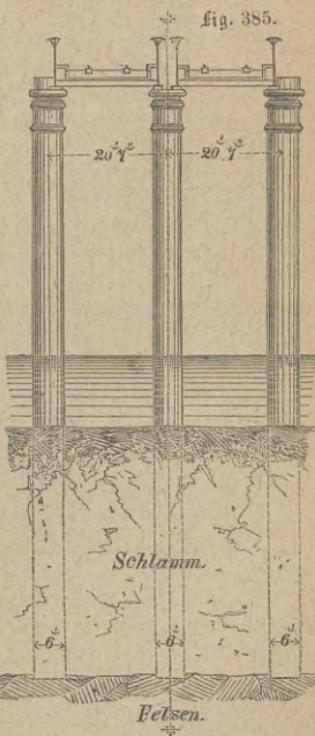


Fig. 385.



Fig. 387 Blechwand.



Fig. 388.

Fig. 385 bis 388. Viadukt der Brücke über den Wehe bei Chepstow.

gerechtfertigt und zweckmäßig. Die Figuren 382 und 383 enthalten bezw. die Ansicht und den Grundriß des aus 6 längeren und 4 kürzeren Röhren

bestehenden Hauptstrompfeilers mit der ihn umgebenden Schutzwand, während Fig. 384 den Querschnitt der Fahrbahnträger mit den sie unterstützenden Ketten und der Fahrbahn im Mittelfelde in größerem Maßstabe wiedergiebt. Die Konstruktion des sich an die Brücke anschließenden Viadukts geht aus der Ansicht des, aus nur drei Röhren gebildeten, Strompfeilers, s. Fig. 385, dem Querschnitt der Fahrbahnträger und Fahrbahn, s. Fig. 386, und die Konstruktion der letzteren aus Fig. 387 und 388 hervor, wobei die letztere den Querschnitt der schrägliegenden Eisenbahnquerträger mit dem darauf liegenden Bohlenbelag darstellt.

Die einfache Vertikalrippe der Brunel'schen Träger gestattete eine Materialersparniß gegen die doppelten Wände der Kastenbrücken, wozu noch der Vortheil der zweckmäßigen Auflagerung der Querträger, insbesondere bei beschränkter lichter Höhe der Brückenöffnung, sowie der bequemerer Beobachtung und Instandhaltung gegenüber jenen, mit Hohlraum versehenen Trägern trat. Es lag daher nahe, statt der letzteren mit Beseitigung aller, auch der oberen, durch die Versteifungsbleche der Kopfplatte gebildeten, Hohlräume der Brunel'schen Brücken, Träger aus Kesselblech von der Form eines doppelten T oder eines umgelegten H zu verwenden, wobei Kopf- und Fuß-Platte durch eine Stehrippe und vier anschließende Winkelbleche mittels Nieten zu einem Ganzen verbunden waren; eine Anordnung, welche fast gleichzeitig in England und Hannover aufkam und bald eine allgemeine Verbreitung zu Eisenbahn- und Straßen-Brücken auch in Frankreich fand. Mit den Fortschritten, die man später, insbesondere bei Herstellung der Eisenbahnschienen, im Walzen machte, wurden solche Doppelt-T-Träger von geringeren Höhen auch aus einem Stück gewalzt, wodurch zugleich die Nachtheile ihrer Zusammensetzung mittels Winkelblechen und Nietung wegfielen.

Bei den bisher betrachteten schmiedeisernen Balkenbrücken aus Kesselblech waren Kopf- und Fuß-Platte der Tragrippe durch volle Wandungen verbunden, mittels deren die Zug- und Druck-Kräfte auf jene Platten übertragen wurden. Aus den mit der Modellröhre der Britanniabrücke dargestellten Versuchen hatte man schon erkannt, daß die Verbiegung der Vertikalwände die Folge von Druckkräften sei, welche von oben nach unten wirkten, ohne sich jedoch über das Wesen und Wirken dieser, sowie der gleichzeitig auftretenden, von unten nach oben wirkenden, Zugkräfte klar zu sein. Die Natur dieser Kräfte war aber durch die hölzernen Fachwerk- und Gitter-Konstruktionen der Amerikaner, worunter die Long'schen sogenannten suspension bridges und die Town'schen lattice-bridges hervorzuheben sind, bereits praktisch aufgeklärt worden; man wußte, daß die obenerwähnten Kräfte auch durch einzelne Stäbe übertragen, mithin die vollen Wandungen in einzelne stabartige Glieder aufgelöst werden könnten. Nachdem Howe bei einer Verbesserung der Long'schen Brücken

bereits eiserne Zugstangen in Verbindung mit hölzernen Gurtungen, Streben und Gegenstreben angewendet hatte, bildete der Maschinenfabrikant Räder dieselben ganz in Eisen in einer Weise nach, welche bewies, daß er schon eine klare Einsicht in die Wirkung jener Zug- und Druck-Kräfte besaß, da er denselben beziehungsweise Schmied- und Guß-Eisen entgegengesetzt hatte.

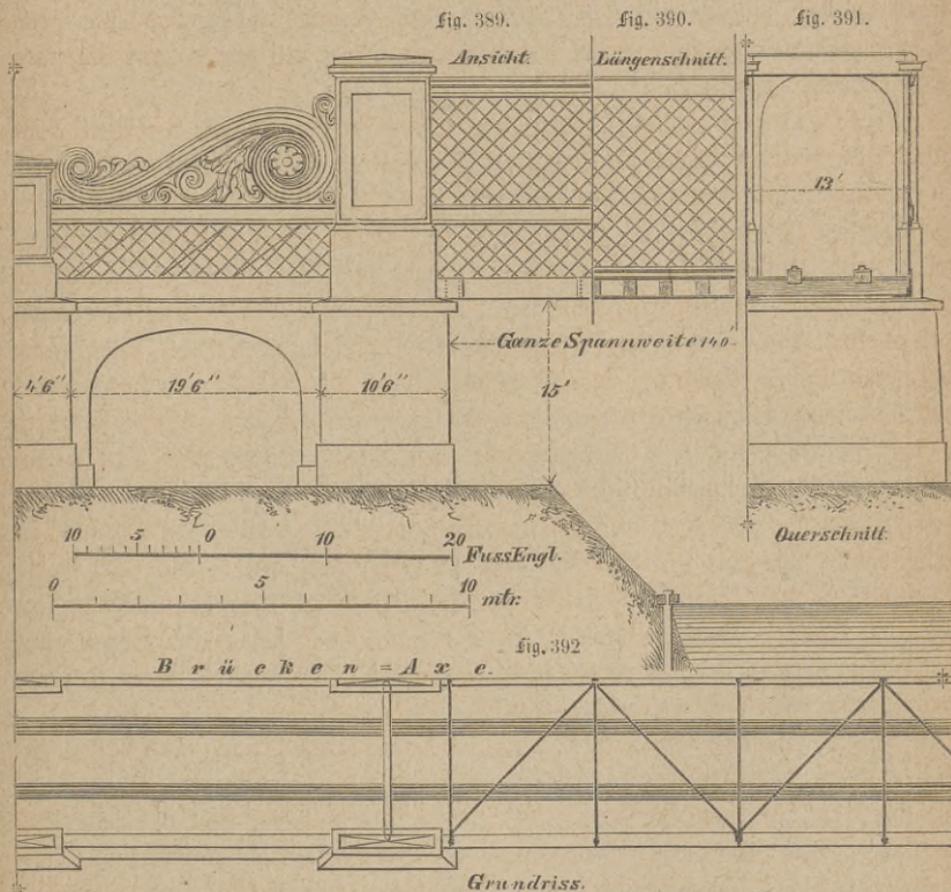


Fig. 389 bis 392. Brücke der Dublin-Drogheda-Eisenbahn über den Royal-Kanal bei Dublin.

Das erste Beispiel einer Nachbildung der Town'schen Gitterbrücken in Eisen von größerer Spannweite in England ist die im Jahre 1845 zur Ueberführung des Royal-Kanals bei Dublin erbaute Brücke der Dublin-Drogheda-Eisenbahn¹²⁷⁾, s. Fig. 389 bis 392, von 42,67 Mtr. (140' engl.) Spannweite, deren doppeltes Geleise von drei 5,34 Mtr. (17,5' engl.) hohen Gitterwänden getragen wird, welche aus 1,25 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " engl.) starken, Maschen von 30 Cmtr. (12" engl.) Seite bildenden, Stäben ohne Absteifung oder Verstärkung gegen seitliches Verbiegen konstruirt sind und deshalb in der Folge eine zu geringe Steifigkeit zeigten¹²⁸⁾.

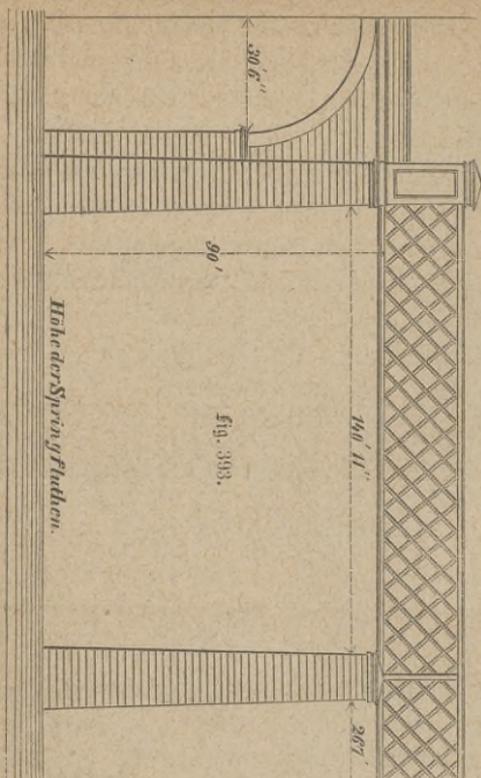


Fig. 393.

Fig. 393 u. 394. Brücke über dem Boynefluß bei Drogheda.

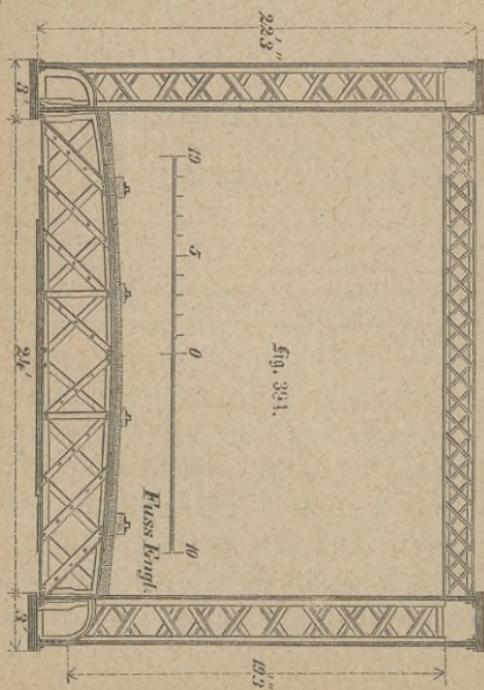


Fig. 394.

Die Mängel dieser Konstruktion wurden bei der im Jahre 1855 von James Barton erbauten kontinuierlichen Gitterbrücke über den Boynefluß bei Drogheda¹²⁹⁾ in der Linie der Dublin-Belfast-Eisenbahn, s. Fig. 393 und 394, welche eine mittlere Oeffnung von 81,38 Mtr. (267' engl.) und zwei Seitenöffnungen von 42,97 Mtr. ($140^{11}/_{12}$ ' engl.) überspannt, dadurch vermieden, daß für die zweigleisige Bahn nur zwei Träger, und zwar aus doppelten, 0,76 Mtr. ($2\frac{1}{2}$ ' engl.) von einander abstehenden Gitterwänden mit 2,26 Mtr. (7' 5" engl.) nach der Diagonale weiten Maschen angeordnet wurden, deren gedrückte Stäbe man zur Vermehrung der Seitensteifigkeit durch aufgenietete Winkel-eisen von 7,5 Cmtr. (3" engl.) Schenkellänge und 0,94 Cmtr. ($\frac{3}{8}$ " engl.) Dicke verstärkte und je zwei gegenüberliegende derselben nach der Breite der Brücke überdies durch Gitterwerk aus 6,25 Cmtr. ($2\frac{1}{2}$ " engl.) breiten, 0,63 Cmtr. ($\frac{1}{4}$ " engl.) starken Stäben, s. Fig. 394, verband. Im Uebrigen erhielten die Gitterstäbe eine durchgängige Stärke von 1,56 Cmtr. ($\frac{5}{8}$ " engl.) bei einer zunehmenden Breite von 11,25 Cmtr. ($4\frac{1}{2}$ " engl.) in der Mitte der mittleren Oeffnung bis zu einem Maximum von 26,25 Cmtr. ($10\frac{1}{2}$ " engl.) an den Auflagern. Die Brückenbahn wird durch 2,26 Mtr. (7' 5" engl.)

von einander entfernte Querträger aus Gitterwerk getragen. Auf den Querträgern ruhen 15 Cntr. (6" engl.) starke eiserne Planken und hierauf Längshölzer für die starken Barlow-Schienen der beiden Geleise. Unter den Querträgern liegen zur Versteifung der Fahrbahn gegen Windstöße einfache Horizontalkreuze von 15 Cntr. (6" engl.) breiten, 1,25 Cntr. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) starken Stäben. Die obere, über der Fahrbahn angebrachte Querverbindung besteht aus leichten, gitterförmigen Querträgern, welche in Entfernungen von 6,78 Mtr. ($22\frac{1}{4}$ ' engl.) über jedem dritten unteren Querträger angebracht sind und zwischen welchen behufs seitlicher Versteifung ebenfalls einfache Horizontalkreuze liegen.

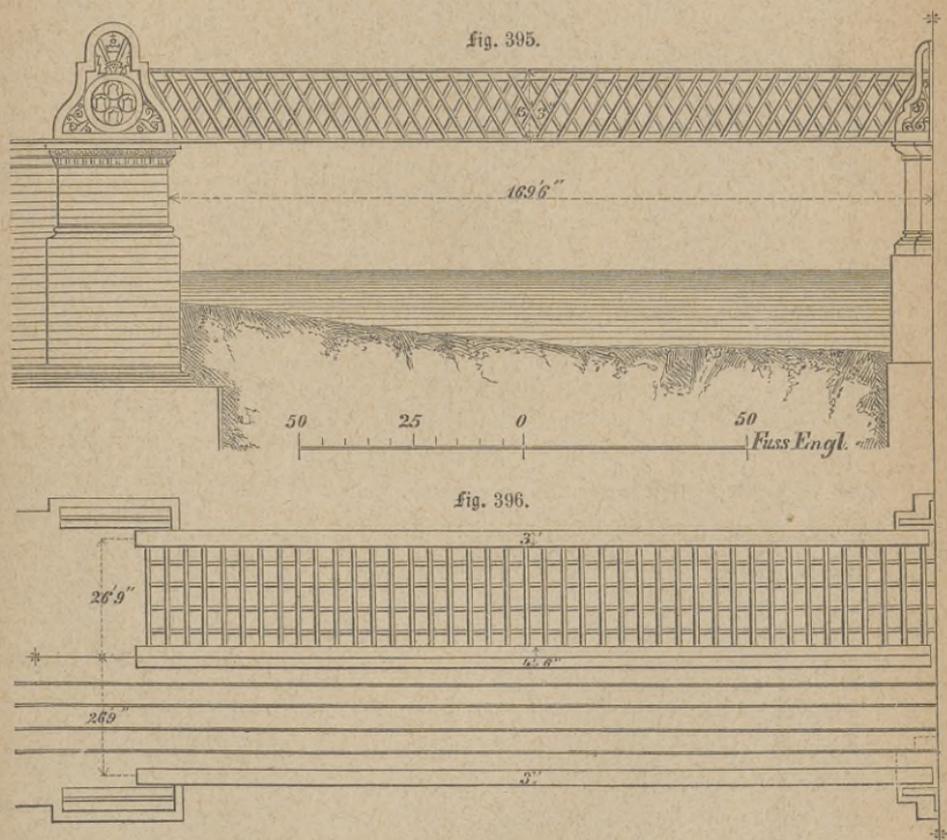


Fig. 395 und 396. Brücke über die Themse zu Blackfriars.

Eine im Wesentlichen ähnliche, aus gefuppelten Gitterwänden bestehende Konstruktion besitzt die in den Jahren 1863 und 1864 von Cubitt und Turner erbaute London-Chatam- und Dover-Eisenbahnbrücke über die Themse bei Blackfriars zu London¹³⁰⁾, s. Fig. 395 und 396, deren gezogene Stäbe aus Flacheisen bestehen und deren gedrückte, aus einem

Stück gewalzte Streben zur Herstellung der nöthigen Steifigkeit einen U-förmigen Querschnitt und Querverbindungen aus starken Eisenstangen erhalten haben. Diese Brücke hat 5 Oeffnungen, deren mittlere eine Weite von 62,48 Mtr. (205' engl.), deren beide darauffolgende eine Weite von 51,66 Mtr. (194' 8" engl.) und deren äußerste eine Weite von 59,33 Mtr. (169' 6" engl.) von Mitte zu Mitte der Pfeiler besitzen. Dieselben sind mit je drei, über den Pfeilern abgesetzten Gitterträgern für zwei Geleise überbrückt, wovon der mittlere die seitlichen an Stärke übertrifft. Die Querträger sind fischbauchartig geformt und bestehen aus schmiedeisernen Platten, während die über dem Fahrraum angebrachten 3 Querverbindungen der Träger für jede Oeffnung nach oben konvex und aus Gitterwerk gebildet sind. Die Landpfeiler bestehen aus Ziegel- und Konkret-Mauerwerk, die Mittelpfeiler, wie Fig. 395 zeigt, aus Mauerwerk in deren unterem, und aus je 4 gekuppelten, gußeisernen Säulen in ihrem oberen Theile.

Hatte man bis dahin vorzugsweise Parallelträger mit Gitterwerk ausgeführt, so gab das im Jahre 1846 von dem belgischen Ingenieur Neville vorgeschlagene Brückensystem mit, in der Form eines gleichschenkligen Dreiecks angeordneten, Stäben zwischen den Gurtungen Veranlassung zu dessen weiterer Ausbildung in England durch Kapitän Warren, welcher darauf ein Patent nahm. Nach dem hiernach benannten Warren-System, welches zunächst darin bestand, daß die einem Druck und Zug ausgesetzten Theile eines Neville'schen Trägers beziehungsweise aus Guß- und Schmied-Eisen gebildet, richtig dimensionirt und verbunden wurden, baute Cubitt im Jahre 1851 die auf Seite 134 bis 136 dargestellte und beschriebene, noch betriebene Brücke der Great-Northern-Bahn über den Trent bei Newark mit einer Spannweite von 73,3 Mtr. (240 $\frac{1}{2}$ ' engl.) und einer Länge von 84,38 Mtr. (276 $\frac{3}{4}$ ' engl.). Ein mit durchweg schmiedeisernen Trägern ausgeführtes Beispiel des Warren-Systems zeigt der im Jahre 1853 nach den Entwürfen von Piddle und Gordon begonnene Crumlin-Biadukt¹³⁴⁾, s. Fig. 397 bis 404, mittels dessen die Newport-Abergavenny-Hereford-Eisenbahn bei Crumlin in der Nähe von Newport in South-Wales ein Thal überschreitet. Derselbe besteht aus zwei, durch einen etwa 35,36 Mtr. (116' engl.) breiten Gebirgsrücken von einander getrennten, Theilen und hat zehn Oeffnungen von je 45,72 Mtr. (150' engl.) von Mittel zu Mittel der Pfeiler. Auf der einen Seite des Gebirgsrückens liegen drei Oeffnungen mit 2 Zwischen- und 2 End-Pfeilern, s. Fig. 397, auf der anderen Seite sieben Oeffnungen mit 6 Zwischen- und 2 End-Pfeilern, so daß dessen Gesamtlänge mit Einschluß des Gebirgsrückens und der Endpfeiler 498,04 Mtr. (1634' engl.) beträgt.

Fig. 397.

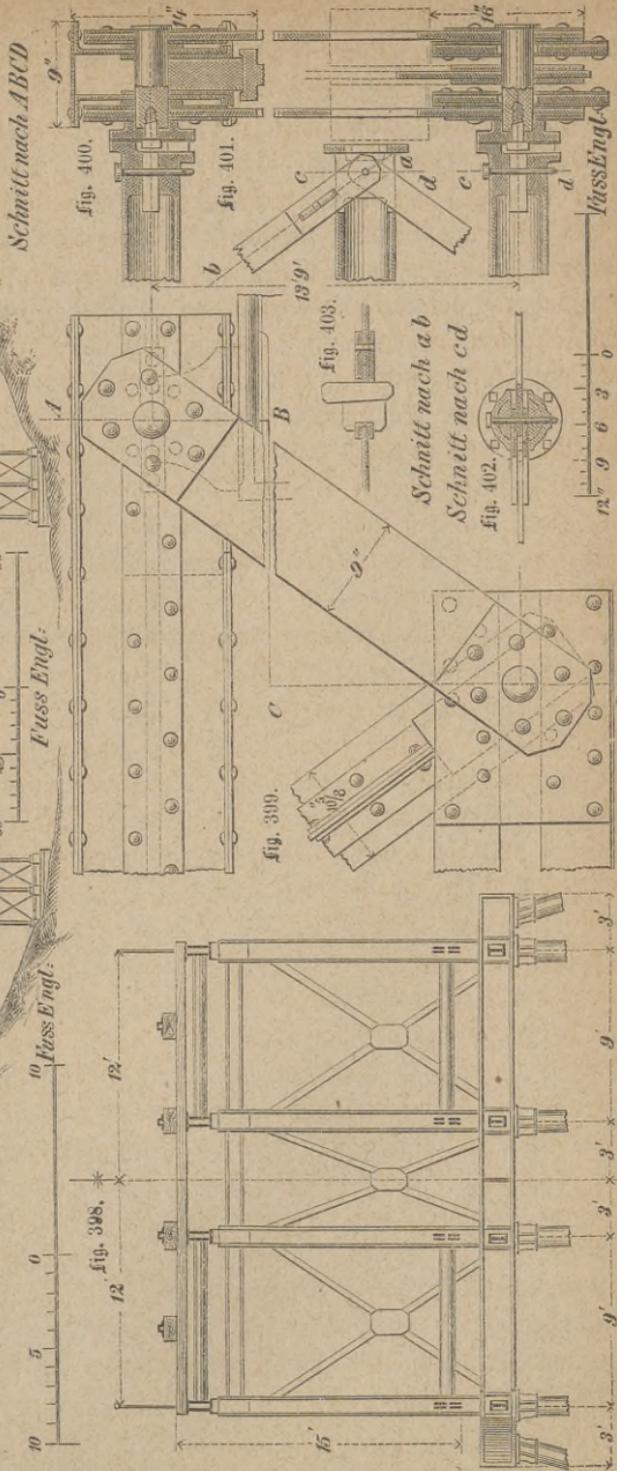
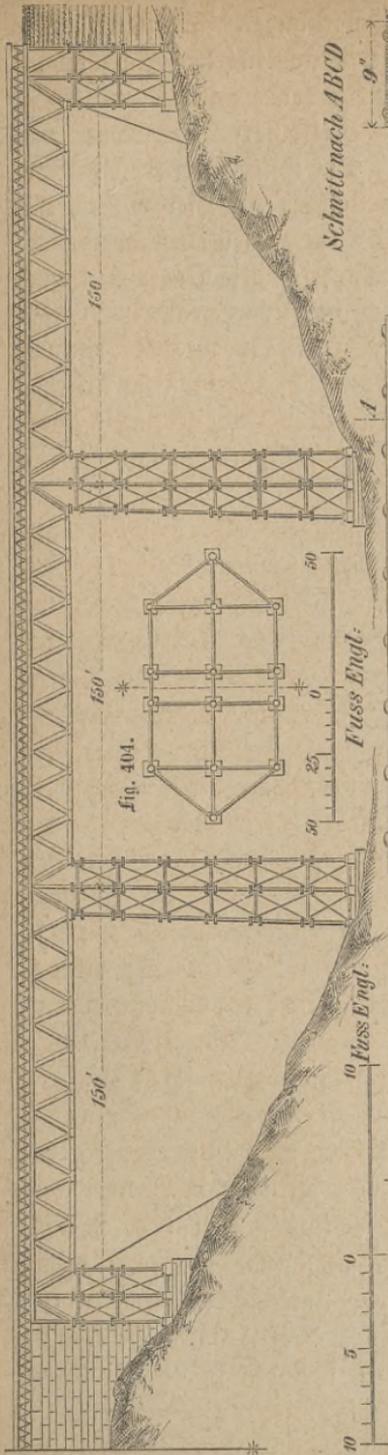


Fig. 397 bis 404. Dandakt der Aemport-Abriegelung-Herford-Eisenbahn bei Crumlin.

Die ungleiche Tiefe des überbrückten Thales gab Veranlassung zur Herstellung eiserner Pfeiler in Etagen von je 5,18 Mtr. (17' engl.) Höhe, deren höchste zehn solcher Etagen, mithin eine Eisenhöhe von 51,9 Mtr. (170' engl.) und eine Gesamthöhe von 61,87 Mtr. (203' engl.) vom Fundamente bis zur Schienenoberkante des Fahrgeleises besitzen. Die Konstruktion dieser Pfeiler wird im zweiten Abschnitt dieser Abtheilung näher betrachtet werden. Die Tragwände bestehen aus einem kastenförmigen Oberrahmen aus Eisenblech mit rechteckigem Querschnitt, s. Fig. 400, einem aus aufrecht gestellten schmiedeeisernen Schienen konstruirten Unterrahmen und unter Winkeln von circa 60° geneigten, schmiedeeisernen Verbindungsstäben, von welchen die einem Zug ausgesetzten aus Flacheseisen, die einem Druck ausgesetzten aus, in Kreuzesform zusammen-genieteten, Winkeleisen gebildet sind.

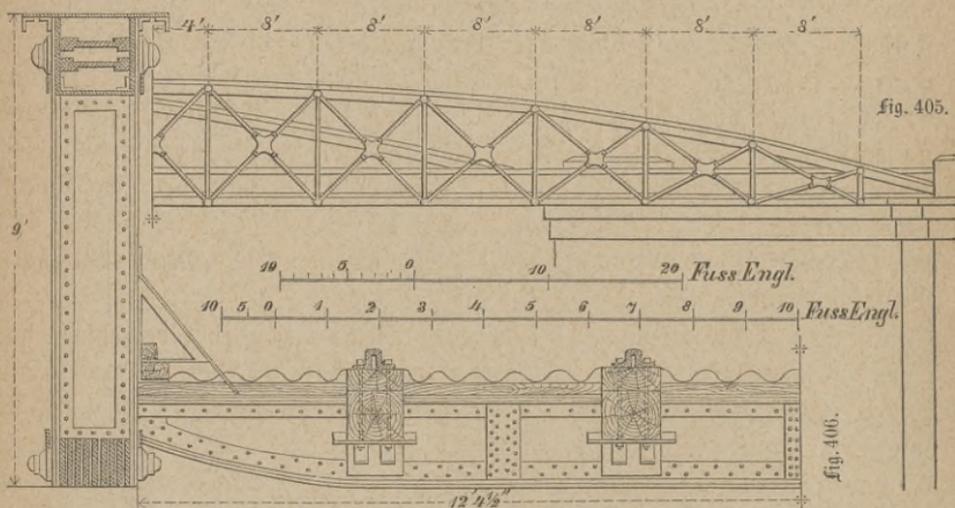


Fig. 405 und 406. Brücke der Verbindungsbahn der Blackwall- und Eastern-Counties-Bahn.

Ober- und Unter-Rahmen beider Tragwände sind durch horizontale Quer- und Kreuz-Verbindungen, ferner an den Stößen ihrer Bleche, welche wechselt sind, durch aufgenietete Laschen verbunden. Die Verbindungsstäbe der Rahmen sind an dieselben durch Bolzen von 15,63 Cmt. ($6\frac{1}{4}$ " engl.) Durchmesser befestigt. Jeder Tragbalken liegt nur mit dem oberen Rahmen auf, während der untere Rahmen durch schräge Schienen an demselben aufgehängt ist. Das ganze Gewicht des unteren Rahmens und der Dreieckverbindungen ruht also mit dem Ende des Tragbalkens auf den beiden letzten Bolzen, welche auf zwei, wegen der durch die Temperaturdifferenzen erzeugten Ausdehnung und Zusammenziehung der Träger verschieblich angeordneten, Gußeisenblöcken gelagert sind. Die Brückenbahn

besteht aus 15 Cmt. (6" engl.) starken Schwellen, welche dicht aneinander auf die oberen Rahmen gelagert und mit diesen in Zwischenräumen verschraubt sind. Ueber diesen Querschwellen liegen Längsschwellen mit den Brückenschienen der Geleise. Leichte gußeiserne Geländer begrenzen die Brückenbahn.

Waren bis dahin fast ausschließlich Parallelträger zur Anwendung gekommen, so gaben wahrscheinlich die, schon seit dem Jahre 1835 von Laves¹³¹⁾ in Holz und Eisen ausgeführten, Brückenträger nach der Form eines Körpers von gleichem Widerstand, wovon derselbe im Jahre 1834 ein Modell mit einer nach der Kettenlinie geformten Spanngurte dem Ingenieur Brunel vorgelegt hatte, den englischen Brückeningenieuren Veranlassung zur Ausführung auch bogenförmiger Brückenträger aus Schmiedeisen, der sogenannten bow-string-girder-bridges, worunter die von den Ingenieuren Fox und Henderson unter der Leitung von Josef Loke erbaute zweigeleisige Brücke auf der Verbindungsbahn der Blackwall- und Eastern-Counties-Bahn¹³²⁾ mit 36,57 Mtr. (120' engl.) Spannweite und zwei Tragwänden, s. Fig. 405 u. 406, sowie die von Brunel im Jahre 1849 erbaute schiefe Brücke über die Themse zur Verbindung einer Zweigbahn mit der Great-Western-Bahn bei Windsor¹³³⁾, s. Fig. 407 bis 413, von 60,96 Mtr. (200' engl.) Spannweite und 7,6 Mtr. (25' engl.) Pfeilhöhe hervorzuheben sind.

Erstere besitzt einen kastenförmig, im Bogen gebauten Oberrahmen und einen aus abwechselnd 9 und 10 aufrecht stehenden, 2,44 Mtr. (8' engl.) langen, unter sich steif vernieteten Kettengliedern von 20 Cmt. (8" engl.) Höhe und 1,87 Cmt. ($\frac{3}{4}$ " engl.) Stärke dargestellten wagrechten Unterrahmen, der durch doppelt T-förmige, je 2,44 Mtr. (8' engl.) von einander entfernte Vertikalständer und dazwischenliegende flache Diagonaltäbe mit dem oberen Rahmen verbunden ist.

Die Windsorbrücke enthält für 2 Geleise zu 2,13 Mtr. (7' engl.) Spurweite 3 Tragwände, wovon jede an beiden Enden auf je 2 gußeisernen Säulen von 1,83 Mtr. (6' engl.) Durchmesser, s. Fig. 408, ruht, und bildet ein versteiftes Bogenhängwerk, welches ganz aus Schmiedeisen konstruirt ist. Der bogenförmige, im Querschnitt dreieckige Oberrahmen derselben, s. Fig. 109, ist 106,86 Cmt. (42" engl.) breit und 96,44 Cmt. (38" engl.) hoch, während der wagrechte doppelt T-förmige Unterrahmen bei einer Höhe von 1,8 Mtr. (6' engl.) eine 75 Cmt. (30" engl.) breite, abwärts gebogene Kopf- und abwärts gebrochene Fuß-Platte besitzt. Zu beiden Seiten des Ober- und Unterrahmens sind Laschen angenietet, woran die versteiften, im Querschnitt H-förmigen Vertikalständer, sowie die flachen, regulirbaren Diagonalbänder befestigt sind, s. Fig. 410.

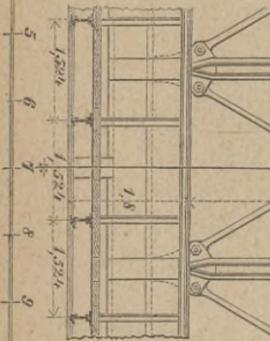
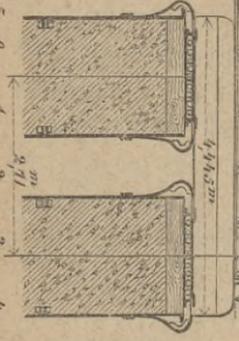
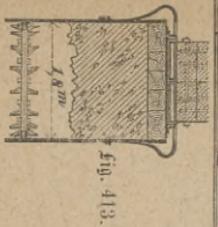
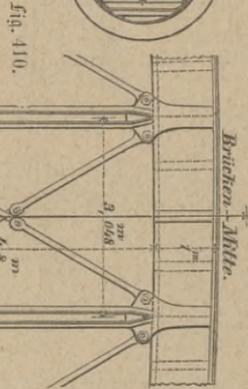
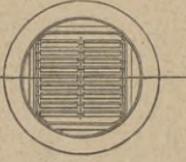
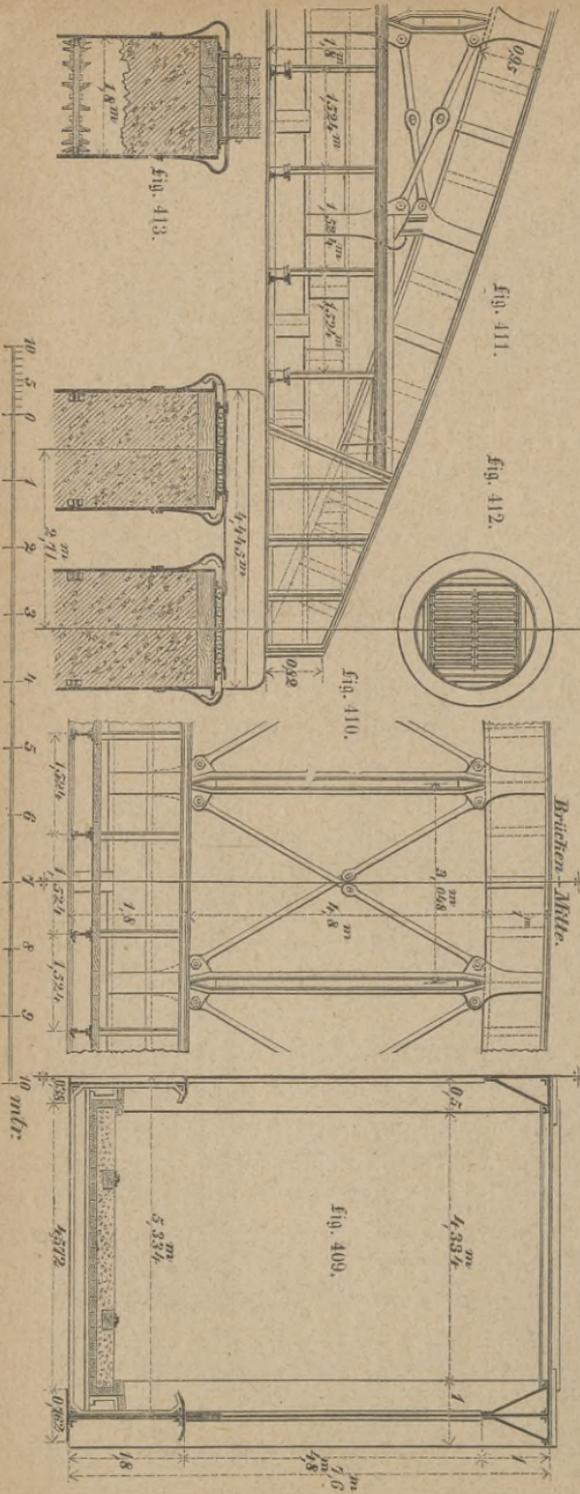
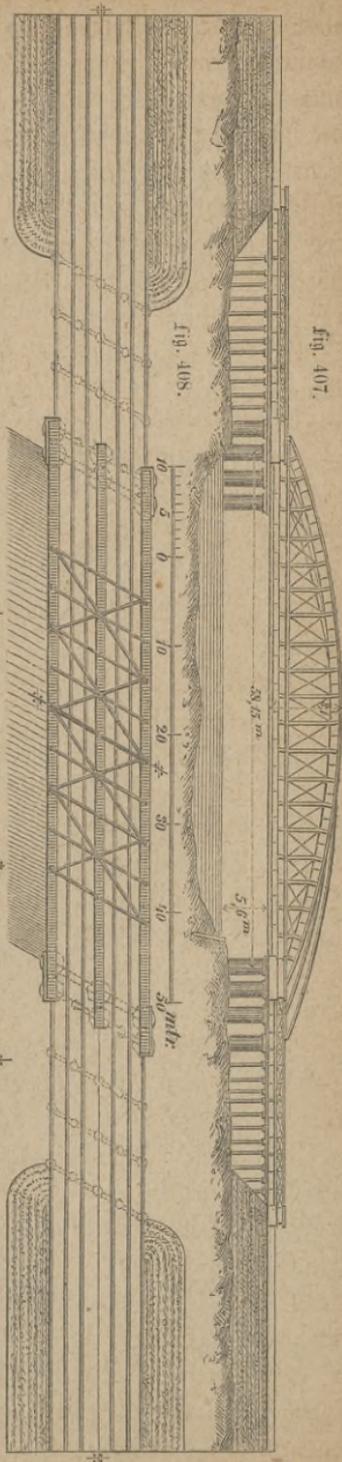


Fig. 407 bis 413. Brücke über die Rheinle bei Mindorf.

Die Fahrbahn besteht aus einem starken Bohlenbelag auf schmiedeisernen, doppelt T-förmigen Querträgern und ist durch die sich mit den Bohlen kreuzende Lage der letzteren hinreichend versteift, während zur Versteifung des oberen Theils der Bogen über deren Mitte und, soweit es der Fahrraum gestattet, schräge Querverbindungen mit dazwischen eingeschalteten schrägen Kreuzen angebracht sind. Die Figur 411 zeigt die bewegliche Auflagerung eines Bogenträgers, während Fig. 412 den Grundriß und Fig. 413 die Quersicht des hierbei angewendeten Rollenstuhls darstellt.

Statt des, mit einem gekrümmten Oberrahmen verbundenen, geraden Unterrahmens wandte Brunel bei der, Ende der vierziger Jahre erbauten, eingeleisigen Brücke über den Tamar bei Saltash¹³⁵⁾ in der Cornish-Eisenbahn unweit Plymouth, s. Fig. 414 bis 418, mit zwei Hauptöffnungen von 138,68 Mtr. (455' engl.) Spannweite und sieben kleineren Öffnungen von 21,18 bis 28,35 Mtr. (70' bis 93' engl.) einen gebogenen Unterrahmen an. Die 32 Mtr. (105' engl.) über dem Hochwasser gelegene Brückenbahn besteht, wie bei der Brücke über den Wye bei Chepstow, aus zwei wagrechten, 2,44 Mtr. (8' engl.) hohen, doppelt T-förmigen Blechwänden mit quergebogenem Oberrahmen, etwas

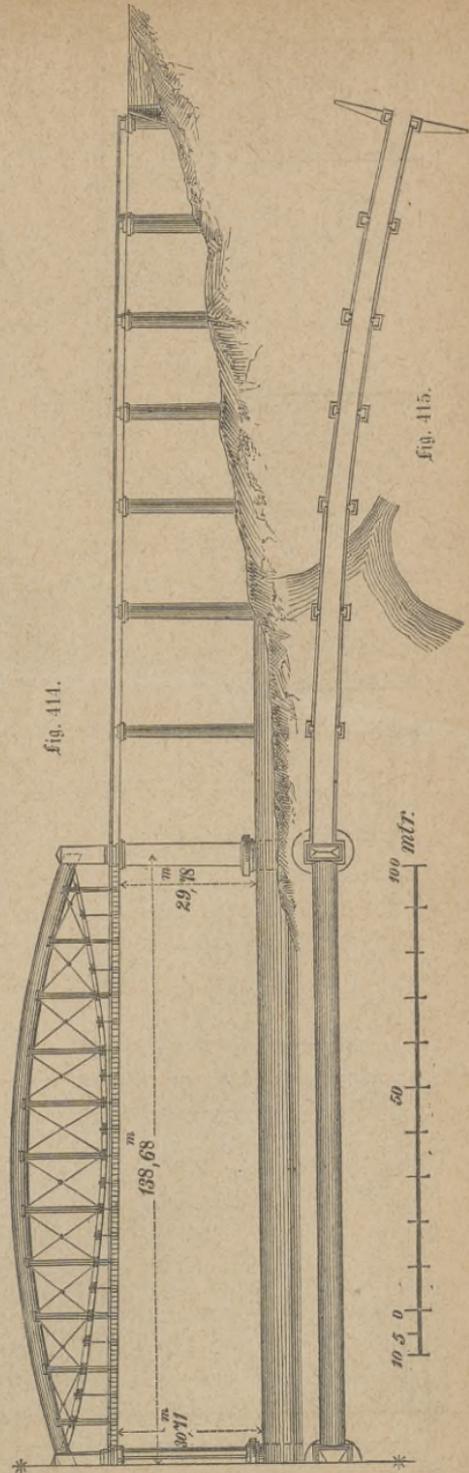


Fig. 414 u. 415. Brücke in der Cornish-Eisenbahn über den Tamar bei Saltash.⁷⁾

abwärts gebogenem Unterrahmen und dazwischenliegenden, schmiedeeisernen Querträgern. Diese Blechwände, für sich zu schwach, um über den beiden großen Oeffnungen sich allein zu tragen, sind über jeder dieser Oeffnungen an einen kolossalen Träger mit gekrümmtem Ober- und Unter-Rahmen und dazwischen befindlichen Vertikal- und Diagonal-Verbindungen angehängen.

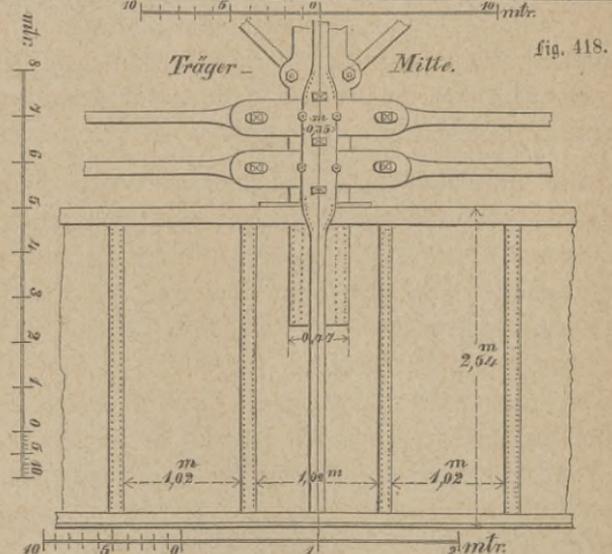
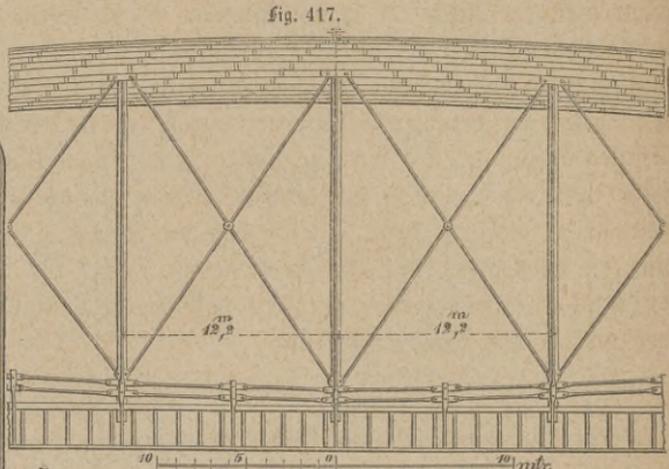
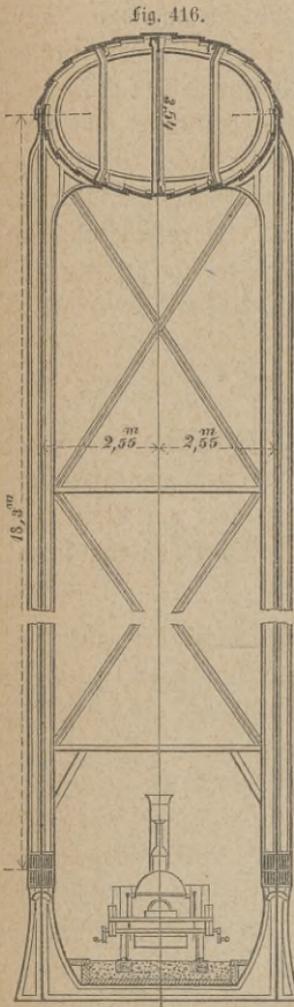


Fig. 416 bis 418. Details zur Brücke über den Camar bei Salsafh.

Der Oberrahmen besteht in einer gebogenen, über die ganze Bahnbreite reichenden Blechröhre mit elliptischem, 5,18 Mtr. (17' engl.) breitem, 3,66 Mtr. (12' engl.) hohem Querschnitt, an deren beiden Enden auf jeder Seite die je 2 übereinander hängenden Ketten mit je vierzehn, 17,5 Cmtr. (7" engl.) hohen, 2,5 Cmtr. (1" engl.) breiten, nebeneinander

liegenden Gliedern als Unterrahmen befestigt sind, die ähnlich wie bei den Hängebrücken angeordnet und an beiden Seiten mittels starker, auf Druck construirter, nach der Breite der Brücke durch Quer- und Diagonal-Stäbe verfeisteter Vertikalpfosten und flacher, gekreuzter Zugbänder mit dem Oberrahmen verbunden sind. Die Figur 416 und 417 stellt diese Anordnung in kleinerem und Figur 418 die Verbindung der Vertikalpfosten mit den Ketten und Blechwänden in der Mitte der Hauptöffnungen in größerem Maaßstab dar. Der mittlere, die Träger der beiden Hauptöffnungen stützende Pfeiler, dessen Gründung mit ernstlichen Schwierigkeiten verbunden war, besteht aus einem gemauerten Sockel, welcher vier gußeiserne, durch Andreaskreuze verbundene, achteckige Säulen aufnimmt, und wird im zweiten und dritten Abschnitt dieser Abtheilung näher besprochen werden, während die beiden, von der Fundamentsohle bis zum Niveau der Balken bezw. 33,38 und 40,76 Mtr. hohen Uferpfeiler massiv und die Pfeiler der anstoßenden kleineren Boche aus zwei völlig getrennten, durch schmiedeiserne Zugbänder und gußeiserne Verbindungsstücke vereinigten, gemauerten Pilastern gebildet sind.

3. Die schmiedeiserne Balkenbrücken Frankreichs, Belgiens und Hollands. Die ersten schmiedeiserne Balkenbrücken in Frankreich von größerer Spannweite waren Nachahmungen der englischen, insbesondere von Brunel und Stephenson construirten Brücken und wurden zum Theil von englischen Ingenieuren ausgeführt.

Als eine Nachbildung der Brunel'schen Balkenbrücken erscheint die in Fig. 419 bis 425 dargestellte im Jahre 1851, unter der Leitung Flachot's von Gouin und Cie. construirte viergeleisige, schiefe Brücke von Elchy¹³⁶⁾ der französischen Westbahn über die Straße von Paris nach Argentueil mit einer Spannweite von 21,65 Mtr., parallel zu den Geleisen gemessen. Sie schneidet die Straße unter einem Winkel von 25° und besteht aus zwei Brunel'schen Balken als Hauptträgern zu beiden Seiten der Eisenbahn und rechtwinklig zur Straßenaxe AB gelegten, in der Mitte der Brücke beiderseits auf den Landpfeilern, an den Enden der Brücke einerseits auf den Landpfeilern, andererseits auf jenen Hauptträgern ruhenden doppelten T-förmigen Querträgern. Auf diesen Querträgern ruht ein Belag von, parallel zur Straßenaxe gelegten, Bohlen und hierüber acht, zur Unterstützung der vier Fahrgeleise dienende Langschwelen. Die Figur 419 stellt den halben Grundriß, Fig. 420 den halben Querschnitt nach AB, Fig. 421 das Quersprofil eines Tragbalkens, Fig. 422 und 423 bzw. den Grundriß und Längenschnitt der festen, Fig. 424 und 425 bzw. den Grundriß und Längenschnitt der beweglichen Auflagerung der Brücke dar.

Kastenförmige Träger, nach dem Vorbild der Britannia-Brücke, jedoch in kleinerem Maßstabe, erhielten unter andern die im Jahre 1861 vollendete Brücke über die *Sambre*¹³⁷ in der Linie der belgischen Staatseisenbahn zwischen *Charleroi* und *Namür* mit einer Spannweite von 33,92 Mtr. (108' engl.) und die im Jahre 1852 von *Flachat* konstruirte Brücke über die *Seine* bei *Asnières*¹³⁸ in der Eisenbahnlinie von *Paris* nach *St. Germain* mit fünf Oeffnungen von je 31,4 Mtr.

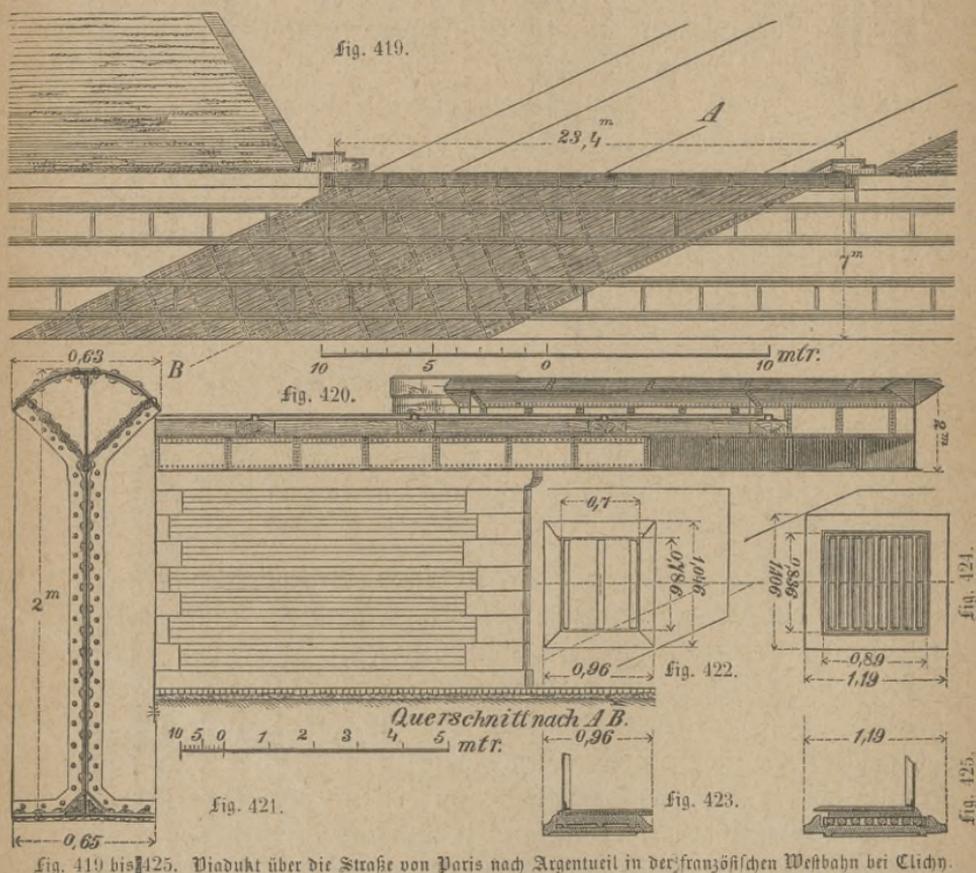


Fig. 419 bis 425. Viadukt über die Straße von Paris nach Argentueil in der französischen Westbahn bei Clidny.

Die *Sambre*brücke besitzt drei Kastenträger, zu beiden Seiten und zwischen den beiden Geleisen, mit 7,5 Cmr. (3" engl.) Sprengung, welche an den Enden auf gußeisernen, mit dem Mauerwerk verankerten Schiebeleplatten ruhen. Die etwas aufwärts gebogene Kopfplatte, sowie die ebene Fußplatte derselben, ist durch je zwei Winkelseisen mit den beiden Vertikalplatten vernietet. Die Querträger sind durch Winkelseisen mit den Hauptträgern verbunden und nehmen die je zwei Langschwellen der Schienenstränge mit einem darüberliegenden Bohlenbelag auf.

Die schiefe Brücke bei Asnières, s. Fig. 426 bis 430, überführt vier Geleise zwischen fünf kontinuierlichen, durch vertikale, schmiedeiserne Andraaskreuze, s. Fig. 429, unter sich verbundenen Kastenträgern, an deren beide äußere gußeiserne Konsolen, s. Fig. 429 und 430, zur Aufnahme der ausgekragten, mit schmiedeisernen Geländern versehenen Bankette, angeschraubt sind. Die Querverbindungen der Kastenträger sind normal zu denselben und bestehen oben und unten aus je zwei wagrechten, durch in den Ecken angebrachte Winkelbleche versteiften Winkleisen, an welche letztere die in U-Form gewalzten Stäbe der erwähnten Andraaskreuze angenietet sind.

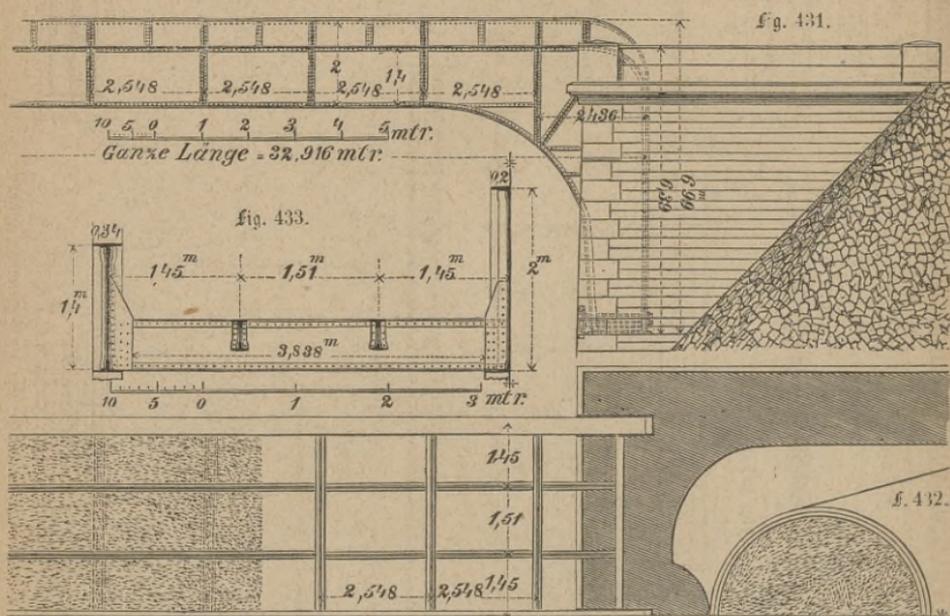


Fig. 431 bis 433. Brücke über den Ciron in der französischen Südbahn.

Auf den oberen wagrechten Querverbindungen und unmittelbar unter den Langschwelen, welche die Schienenstränge aufnehmen, liegen T-Eisen mit wagrechter Platte und vertikal abwärts gefehrtem Stege. Die Hauptträger ruhen über den Pfeilern auf Schiebplatten, welche mit Holzplatten unterlegt sind. Alle Holztheile der Fahrbahn, sowie die Kastenträger, sind zum Schutz gegen den Regen mit Blechplatten abgedeckt.

Wie in England, so fanden auch in Frankreich später die Träger ohne Hohlräume mit doppelt T-förmigem Querschnitt Anwendung. Eine bereits vorgeschrittene Ausbildung dieses Systems zeigt die im Jahre 1855 ausgeführte Eisenbahnbrücke über den Ciron¹³⁸⁾ und über die Garonne zu Langon¹³⁸⁾, beide in der französischen Südbahn.

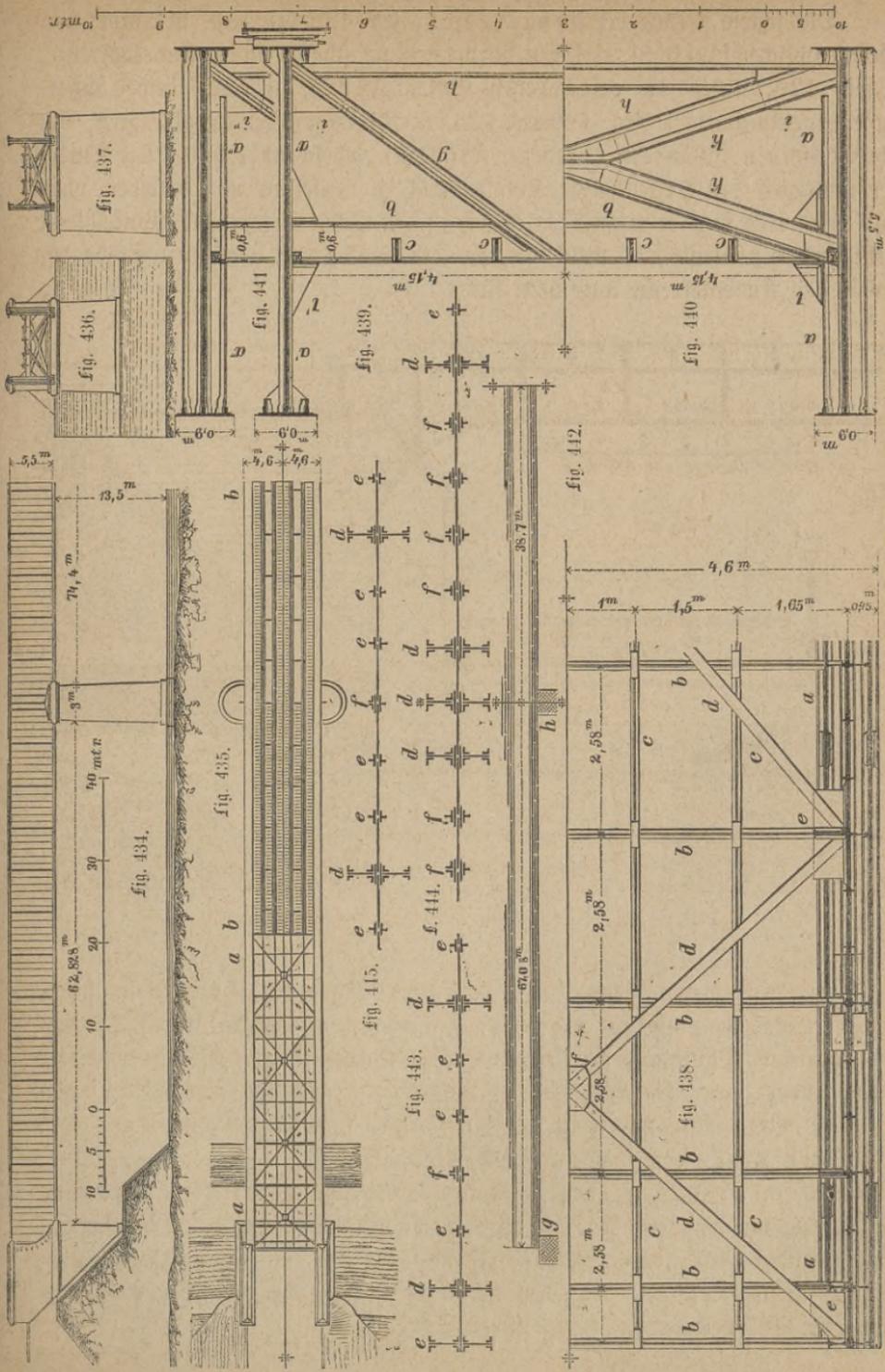


Fig. 434 bis 445. Brücke über die Garonne zu Longon.

Die in den Figuren 431 bis 433 dargestellte Brücke über den *Ciron* besitzt eine Spannweite von 30 Mtr. und drei Träger, zwischen welchen zwei Geleise liegen und wovon das mittlere höher und stärker gebaut ist als die beiden seitlichen. Ueber den Auflagern endigen dieselben, wie Fig. 431 zeigt, in einen nach unten gefehrten winkelförmigen Ansatz, auf welchem sie ruhen und mittelst dessen sie in die Landpfeiler eingelassen sind. Die Querträger bestehen aus Schmiedeisen, besitzen, nach Fig. 433, gleichfalls doppelt T-förmigen Querschnitt, sind mit den Hauptträgern durch Winkelbleche verbunden und nehmen gleichfalls doppelt T-förmige Zwischenträger zwischen sich auf, über welchen ein Belag von eichenen Bohlen mit den Geleisesträngen und eine Beschotterung zur Verhütung von Feuersgefahr liegt.

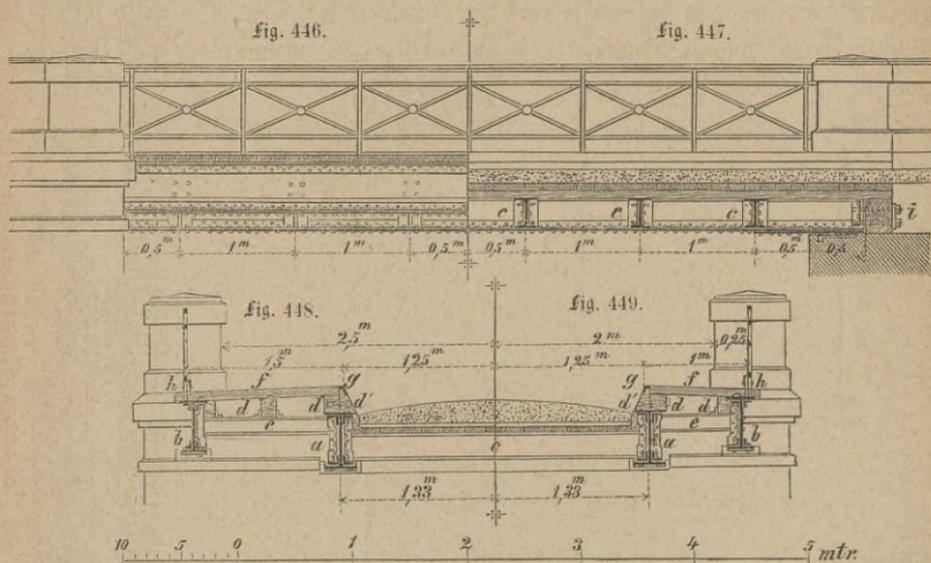


Fig. 446 bis 449. Französische Vicinalwegbrücken.

Die *Garonnebrücke* zu *Langon* in der Linie von *Bordeaux* nach *Cette*, s. Fig. 434 bis 445, hat drei *Deffnungen*, wovon die mittlere 74,4 Mtr. und die beiden seitlichen 64,08 Mtr. Spannweite besitzen, und zwei kontinuierliche Hauptträger, zwischen welchen zwei Geleise liegen. Fig. 434 zeigt deren halbe Ansicht, Fig. 435 deren halben Grundriß, Fig. 436 und 437 deren Querschnitt am Land- und Strom-Pfeiler. Die wagrechten Kopf- und Fuß-Platten der Hauptträger, deren Zusammensetzung längs der Brücke sich annähernd aus Fig. 442 ergibt, sind durch seitliche Vertikalbleche, s. Fig. 439 und 440, nochmals versteift, während ihre Vertikalwandungen auf die in den Figuren 443, 444 und 445 bei *d*, *e* und *f* angedeutete Weise durch T-Eisen, Winkel- und Flach-Eisen ausgesteift sind. An die Hauptträger sind die schmied-

eisernen Querträger mittels Winkleisen angenietet und dieselben überdies durch die in den Figuren 439, 440 und 441 angegebenen Diagonaleisen k und g verstrebt. Die zwischen die Querträger genieteten Längsträger c nehmen Längsschwellen mit den Geleisesträngen, dazwischen einen Bohlenbelag auf. Die Anordnung der Querträger b und Längszwischenträger c, sowie die Seitenversteifungen d der Fahrbahn ergeben sich deutlich aus dem vergrößerten Grundriß Fig. 438.

Die Anwendung der aus Kopf-, Vertical- und Fuß-Platte mittels Winkleisen zusammengenieteten Träger fand große Verbreitung, insbesondere auch für Brücken mit kleinen Spannweiten, wie die Figuren 446 bis 449 zeigen, welche zwei französische Vicinalwegbrücken von 4,5 und 5,5 Mtr. Lichtweite zwischen den eisernen Geländern dar-

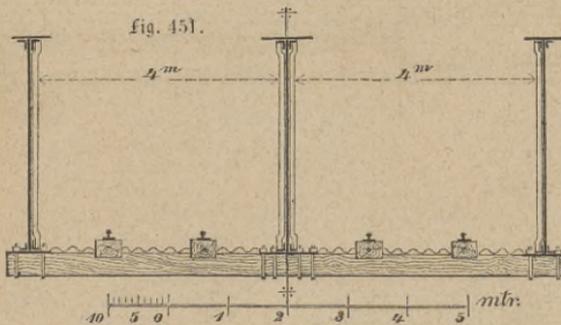


Fig. 451. Querschnitt der Brücke über die Yssel bei Westerwoort.

stellen. Die Fahrbahn ist in beiden Fällen gleich breit und ruht auf schmiedeeisernen Querträgern c, welche einen doppelten Bohlenbelag aus untenliegenden Längs- und darüberliegenden Quer-Bohlen mit einer Beschotterung aufnehmen. Die aus Querbohlen bestehenden und behufs Wasserabfluß nach außen geneigten Bankette sind im ersten Fall je 1 Mtr., im zweiten Fall je 1,5 Mtr. breit.

Eine eigenthümliche Ausbildung zeigen die drei kombinierten Tragwände der in Fig. 450 und 451 in halber Ansicht und im Querschnitt dargestellten zweigeleisigen Eisenbahnbrücke über die Yssel bei Westerwoort in Holland, welche in der Mitte eine zweiarmige Drehbrücke von 41 Mtr. Länge und zu jeder Seite eine feste Brücke mit je zwei Oeffnungen zu je 49,99 Mtr. Spann-

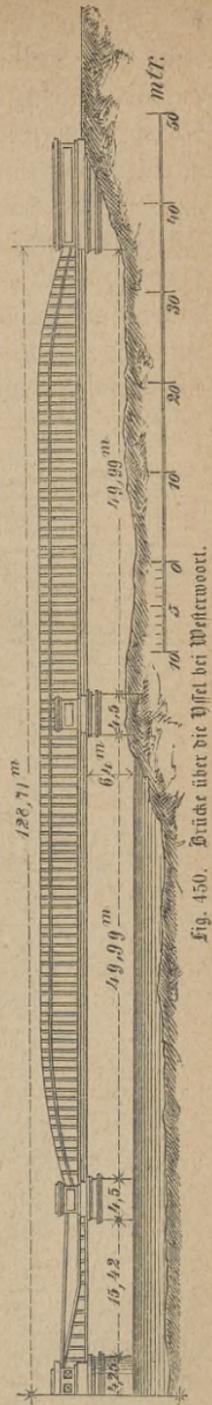


Fig. 450. Brücke über die Yssel bei Westerwoort.

Fig. 450.

weite besitzt, deren Höhe nach den Enden hin abnimmt und deren Oberrahmen aus Gußeisen besteht, über dem Mittelpfeiler aber durch Schmiedeeisen verstärkt ist. Ueber den Trägerenden befinden sich drei bogenförmige Querverbindungen, unter denselben hölzerne Querschwellen, welche an die Hauptträger angehängt sind und die Längsschwellen mit den Schienensträngen sowie gewellte Bleche zwischen denselben aufnehmen.

Die Fortschritte, welche man später, besonders in Frankreich, im Walzen von Doppel-T-Trägern aus einem Stück machte, führten in neuerer Zeit auf die Anwendung von solchen Trägern auch zum Brückenbau, s. die Figuren 452 bis 455, welche eine französische Eisenbahnbrücke von 4 Mtr. Spannweite unter Anwendung solcher aus Einem Stück gewalzter Doppel-T-Balken darstellen.

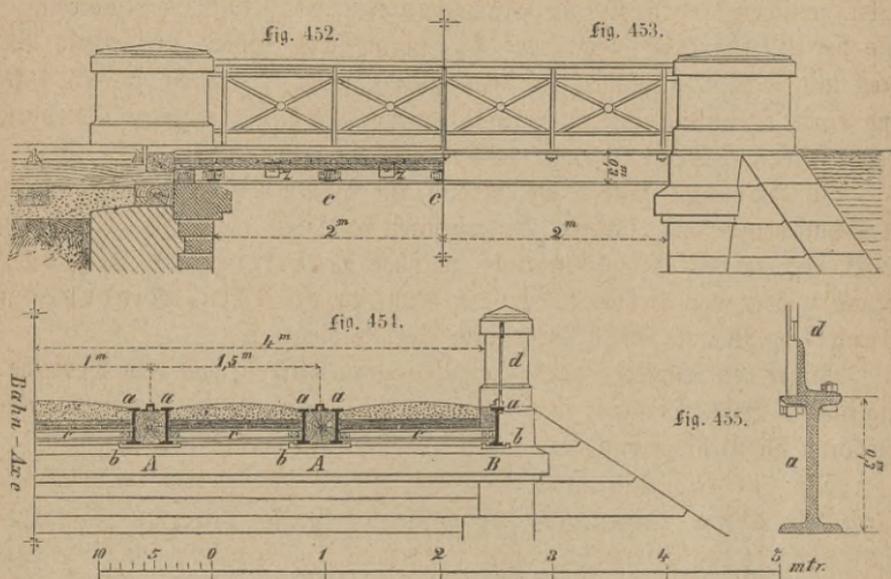


Fig. 452 bis 455. Französische Eisenbahnbrücke.

Wie man sieht, werden hier die Hauptträger der Geleisestränge aus je zweien solcher Balken mit dazwischen liegender Längschwelle für die Schienenstränge, die Seitenträger aus einem solchen Balken gebildet, auf welchem mittels Winkelseisen *d*, s. Fig. 455, das eiserne Geländer befestigt ist. Zwischen den Haupt- und Seiten-Trägern und auf deren Fußplatten liegen die durch Ecklappen mit ihnen vernieteten Querverträger *c*, welche einen doppelten Belag aus Längsbohlen unten und Querböhlen oben mit darüber liegender Beschotterung aufnehmen.

Unter die eisernen Parallelträger, welche in Frankreich und Belgien Anwendung fanden, ist ferner noch das unter den gemischteisernen Trägern, auf Seite 132 und 133 besprochene System zu rechnen, welches der

belgische Ingenieur Neville im Jahre 1846 vor der erforderlichen Herstellung von Brücken über mehrere Kanäle und kleine Flüsse auf der Eisenbahn von Charleroi nach Erquelines in Vorschlag brachte und welches darin bestand, statt voller Wandungen zur Verbindung der beiden parallelen Gurtungen Stäbe zu benutzen, welche mit diesen und unter sich gleichseitige oder wenigstens gleichschenkelige Dreiecke bildeten. Trotzdem die von der belgischen Regierung zur Prüfung dieses Systems niedergesetzte Kommission dasselbe zwar zu Eisenbahnbrücken für anwendbar erklärt, jedoch wegen der verhältnißmäßig großen Einsenkungen des 21,6 Mtr. freiliegenden Versuchsträgers bei den Probelastungen an dessen Anwendung Bedingungen geknüpft hatte, welche seiner Verbreitung nicht günstig waren, fand dasselbe unter Anderem Anwendung bei einer Brücke über die Sambre auf der Eisenbahn zwischen Charleroi und Erquelines von 21,6 Mtr. Spannweite, sowie bei einer solchen über den Ruyel zwischen Boom und Petit Willebroeck mit sechs Oeffnungen zu 26,5 Mtr., einer Oeffnung zu 25,4 Mtr. und einer Oeffnung mit einer zweiarmigen, 45,3 Mtr. langen Drehbrücke, welche beide auf Seite 133 und 134 näher beschrieben sind.

In Holland fanden die bereits im Jahre 1845 in England ganz in Schmiedeeisen ausgeführten Gitterbrücken bald nach dieser Zeit Anwendung, z. B. bei einer Eisenbahnbrücke zwischen Haarlem und Leyden¹³⁹), welche wieder den Brücken über die Ruhr in der Köln-Mindener und Bergisch-Märkischen Bahn zum Vorbild diente.

Außer den schmiedeeisernen Parallelträgern wurden nach dem Vorbilde der englischen Bow-Strings auch Träger mit gekrümmten Rahmen erbaut, worunter die Brücken von Caën und Isgny zu nennen sind.

Die, in Fig. 456 und 457 in halber Ansicht und im Querschnitt durch die Mitte dargestellte, zweigeleisige Brücke über die Orne bei Caën¹⁴⁰) in der Eisenbahn von Paris nach Cherbourg mit einer Oeffnung von 44 Mtr. lichter Weite ist im Jahre 1858 durch einen englischen Ingenieur erbaut worden und besitzt drei 46,5 Mtr. lange, 4 Mtr. in der Mitte hohe Bogenträger mit oberen gekrümmten und unteren geraden Rahmen, welche an den Enden durch Eisenblechtafeln, im Uebrigen durch lothrechte Ständer und Diagonalbänder miteinander verbunden sind. Die oberen und unteren Gurtungen der Tragrippen haben T-förmigen Querschnitt, welcher bei der oberen Gurtung des mittleren, zwischen den Geleisen liegenden, Trägers durch Winkleisen verstärkt ist, die deren wagerechte Gurtungsplatte säumen, während die Pfosten aus je zwei Querplatten und je acht Winkleisen, die gezogenen und gedrückten Diagonalbänder beide aus Winkleisen bestehen. Die aus Eisenblech bestehenden, 2,54 Meter voneinander entfernten, 0,36 Mtr. zwischen den Gurtungen hohen Querträger haben I-förmigen

Querschnitt und ruhen auf der wagrechten Platte der unteren Gurtungen. Die zwischen dieselben eingeschalteten Längsträger bestehen aus paarweise, direkt unter den Geleisesträngen, angeordneten Balken aus Eichenholz, welche auf schmiedeisernen, an die Querträger von unten angenieteten Platten ruhen und einen, von Tragrippe zu Tragrippe reichenden, Bohlenbelag mit den auf einer Unterlagsplatte liegenden Fahrstienen sammt Beschotterung aufnehmen. Die seitliche Versteifung besteht in Kreuzen aus Flacheisen, welche unter den Querträgern angebracht sind. Die Träger liegen auf dem einen Landpfeiler fest und können sich über dem andern auf Rollen verschieben, welche sich auf einer gußeisernen Unterlagsplatte wälzen.

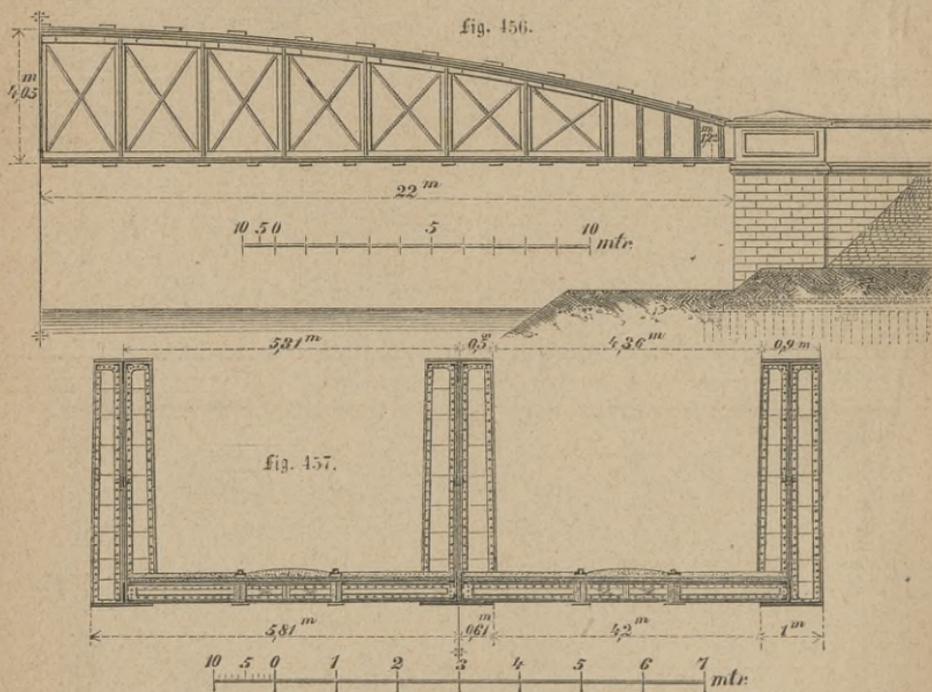


Fig. 456 und 457. Brücke über die Orne bei Caen.

Die Unbestimmtheit der Lage der Druckkurve in den bogenförmigen Rahmen der Bow-Strings veranlaßte den belgischen Ingenieur Dallet, die Tragbogen der auf der Hennegau-Flandrischen Eisenbahn in Belgien erbauten und im Jahre 1861 vollendeten schiefen Brücke über die Schelde bei Dudenarde¹⁴¹⁾, s. Fig. 458 bis 462, aus je zwei, im Scheitel nur gegen niedrige Keile gestemmten, Stücken bestehen zu lassen und hierdurch eine Verlegung und Fixirung der Drucklinie in die halbe Scheitelhöhe, selbst bei einseitigen Belastungen, zu bewirken, während deren Fußenden mit dem

horizontalen Zugbände fest vernietet und beide Rahmen durch Vertikalstäbe und Diagonalstangen untereinander verbunden wurden. Die Brücke übersetzt die Schelde unter einem Winkel von $59^{\circ} 51' 25''$ mittels einer Deffnung von 24 Mtr. zu den Widerlagern normaler oder 27,8 Mtr. zu der Bahn-axe paralleler Weite.

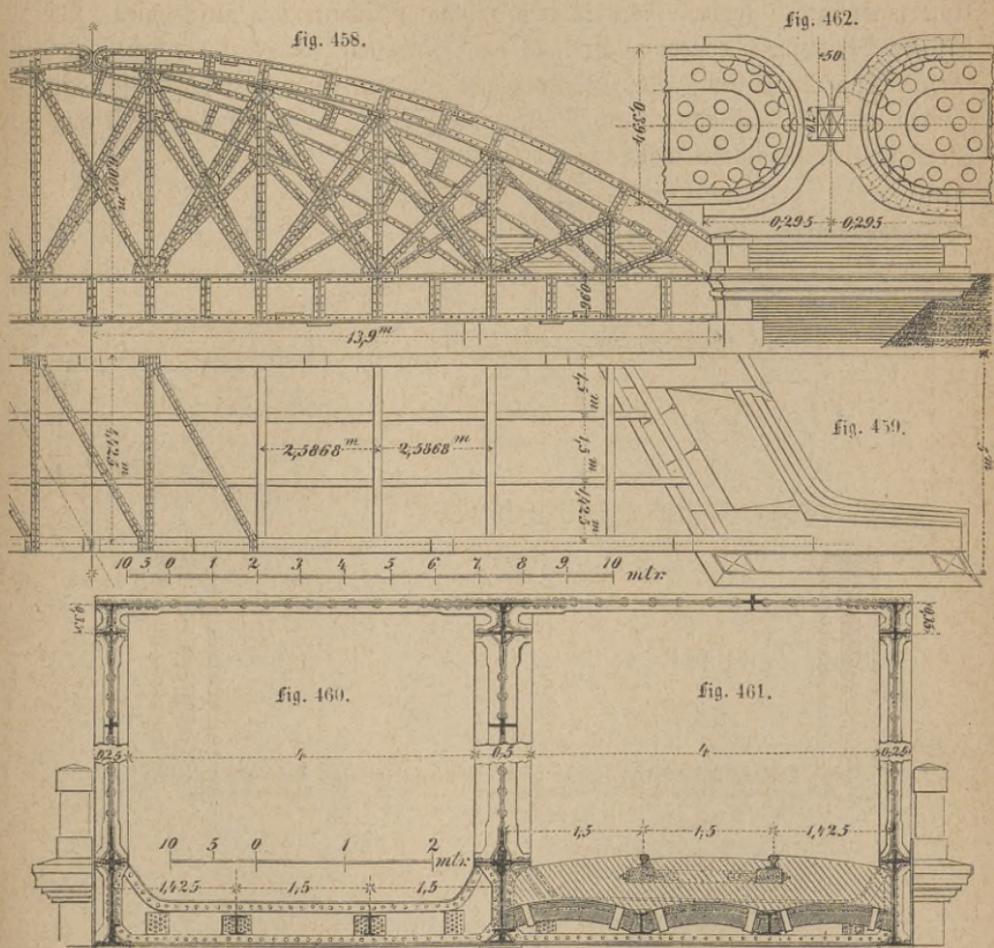


Fig. 458 bis 462. Brücke über die Schelde bei Oudenarde.

Die zweigleisige Fahrbahn ruht auf drei, je 4,425 Mtr. von Mittel zu Mittel und 4 Mtr. im Lichten voneinander entfernten Tragwänden von der erörterten Zusammensetzung, deren Zugbänder durch je 2,587 Mtr. im Mittel entfernte, mit senkrecht zu den Fahrstienen gerichteten Riegeln versehene, Querträger verbunden sind. Die hierdurch gebildeten leeren Räume sind durch kleine, mit einer 3 Centimeter starken Cementschicht bedeckte, durch gußeiserne Röhren entwässerte Backsteingewölbe von 16 Centimeter Stärke

und 14 Cntr. Pfeilhöhe geschlossen, die sich gegen steinerne Kämpfer legen, welche von den unteren Rippen der Mittelschienen und den horizontalen Flügeln von vier Reihen, längs der Zugbänder angenietet, Winkel-eisen getragen werden. Diese Gewölbe nehmen das über ihren Scheiteln 55 Cntr. starke Kiesbett auf, in welches die durch hölzerne, 15 Cntr. im Quadrat starke, mit Winkelbändern befestigte Verstrebungen verbundenen, 28 Cntr. breiten und 18 Cntr. hohen Langschweller mit den Fahr-schienen frei, d. h. ohne Zusammenhang mit den eisernen Konstruktionstheilen, eingebettet sind.

Die Tragwände besitzen eine innere Bogensehne von 27,8 Mtr. Länge und bei einer Höhe des Pfeils von 4,675 Mtr., des Zugbands von 96 Cntr. und des Bogens im Scheitel von 35 Cntr., eine Gesammthöhe von 5,985 Mtr. Der Querschnitt der von dem Scheitel bis zu den Bogenfüßen von 35 bis 80 Cntr. zunehmenden Tragbogen und der Zugbänder hat die doppelte T-Form und ist in den geeigneten Abständen durch beiderseits angenietete T-Eisen ausgesteift. Die Verbindung der Tragbogen mit den Querbändern ist durch eine auf die Länge von 1,55 Mtr. bewirkte Vernietung der unteren Gurtung des Tragbogens mit der oberen Gurtung des Zugbandes hergestellt. Die beiden Tragbogenhälften endigen am Scheitel in halbkreisförmige, mit starken Stahlbügeln armirte Köpfe, s. Fig. 462, welche in der Mitte zwei Vorsprünge mit einem Einschnitt zur Aufnahme der gußstählernen Schlußkeile haben. Damit sich letztere infolge der bei einseitigen Belastungen im Scheitel auftretenden, lothrechten Schwerkraft nicht lothrecht verschieben können, sind sie oben und unten mit flachen Schienen bedeckt.

Die Vertikalständer und Diagonalstäbe bestehen aus T-Eisen, deren Verbindung mit den Tragbogen und Zugbändern durch halbkreisförmige Klappen aus Eisenblech bewirkt ist. In dem Durchschnittspunkt der Diagonalstäbe ist der eine ganz, der andere durchschnitten und eine kreisförmige Scheibe von Eisenblech dagegen genietet.

Die Querverbindung der Bogen besteht aus zwei Systemen von Stangen, wovon die einen parallel mit den Widerlagern und die anderen senkrecht zur Bahnare laufen.

Die Tragwände ruhen an einem Ende auf einer, mit zwei Rippen versehenen, in eine Grundplatte eingreifenden, 2 Mtr. langen und 2 Cntr. starken Gegenplatte, zwischen welche eine Bleitafel von 1 Mtr. Stärke eingeschaltet ist. Der zur Längenverschiebung durch die Temperatur bestimmte bewegliche Trägerfuß wälzt auf 13 gußeisernen, 15 Cntr. voneinander entfernten, hohlen Walzen von 10 Cntr. Durchmesser und 2 Cntr. Wandstärke, die mit schmiedeisernen, mit Seitenplatten verschraubten Zapfen ver-

sehen sind und dadurch in ihrem gegenseitigen Abstand erhalten werden. Die Verschiebung erfolgt auf einer 15 Mtr. starken, mittels einer Bleiplatte von 1 Cntr. Stärke auf dem Widerlagspfeiler ruhenden, Blechplatte, wodurch das Mauerwerk vor Stößen geschützt wird.

Die an den Enden erhöhten Querträger der Fahrbahn bestehen aus doppeltem T-Eisen mit einer Stehrippe von 8 Mmtr. Stärke und vier Winkeleisen von 75 Cntr. Breite bei 10 Cntr. Stärke, deren untere an den Stehrippen der Zugbänder umgebogen und an dieselben angenietet sind. Die zur Verspannung der Querträger dienenden doppelt T-förmigen Niegel sind mit den Querträgern durch Winkeleisen verbunden.

Eine besondere Konstruktion, welche übrigens in ihrer einfachsten Grundform ein frühes Vorbild in der hölzernen Brücke über den Desplain¹⁴²⁾ bei Soliet und ein späteres, ausgebildeteres Vorbild in den Brücken nach dem System Mc Callum, z. B. die der Brücke über den Delaware auf der New-York-Erie-Bahn in Nordamerika, findet und gleichsam die Vermittelung zwischen den Trägern mit parallelen und gekrümmten Rahmen bildet, bietet der eiserne Oberbau der Brücke über den Leef bei Ruilenburg¹⁴³⁾ auf der im Bau begriffenen Bahn von Utrecht nach Herzogenbusch mit einer Seitenöffnung von 80 Mtr., sieben Flutöffnungen von 57 Mtr. und einer Hauptöffnung von 150 Mtr., der größten bis jetzt ausgeführten Spannweite eines Fachwerkträgers. Der obere Rahmen desselben ist gekrümmt, der untere gerade, beide schneiden sich jedoch nicht über dem Stützpunkt, sondern sind selbst durch einen 7,52 Mtr. hohen Rahmen aus Fachwerk untereinander verbunden, während die Höhe des Trägers in seiner Mitte 19,79 Mtr. beträgt. Das Stabsystem besteht aus vertikalen, 4 Mtr. voneinander entfernten Pfosten aus vollen, durch Winkeleisen und Platten versteiften Blechwänden von 1 Mtr. Breite und sich nur in den Mittelfeldern kreuzenden, je zwei flachen Zugbändern und ist ein sogenanntes dreifaches. Die in derselben Eisenbahnlinie liegende Brücke über die Waal bei Bommel¹⁴³⁾ wird außer acht Flutöffnungen zu 57 Mtr., drei Oeffnungen zu 120 Mtr. mit einem, dem an der vorgenannten Brücke ähnlichen, Ueberbau erhalten. —

4. Die schmiedeeisernen Balkenbrücken Deutschlands und der Schweiz. Bis um die Mitte der 40er Jahre war in Deutschland zu eisernen Balkenbrücken fast ausschließlich das Gußeisen verwendet worden. Die ersten, in Deutschland verwandten, schmiedeeisernen Brückenträger waren die doppelte-T-förmigen Balken, welche um das Jahr 1846 in England, sowie bald darauf in Hannover, aufkamen und bei den Eisenbahnbrücken des letztgenannten Landes eine besondere Ausbildung erfuhren, ferner die zuerst auf preussischen Eisenbahnen ausgeführten schmiedeeisernen Gitterträger, sowie die Träger für Brücken mit

kleineren Spannweiten aus Eisenbahnschienen, welche entweder zu Parallel-Bogen- oder Fischbauch-Trägern zusammengesetzt wurden.

Die Anwendung der doppelt T-förmigen Träger, statt der in England und Frankreich vorher gebräuchlichen kastenförmigen, hatte den Zweck, den vertikalen Theil des Trägers nur so stark zu machen, als nöthig war, um die Uebertragung der Druckkräfte im oberen Rahmen auf den unteren und der Zugkräfte im unteren Rahmen auf den oberen zu bewirken, was zur Annahme nur einer Vertikalplatte, der Stehrippe, führte, wobei sich zugleich der Träger leichter und vollkommener, als dies bei den hohlgebauten der Fall war, besichtigen, im Stand halten und erforderlichen Falls ausbessern ließ. Die Verbindung des oberen und unteren Rahmens mit der Stehrippe wurde durch Winkelleisen, diejenige der einzelnen Blechtafeln der Stehrippe durch Laschen mittels Nieten bewirkt.

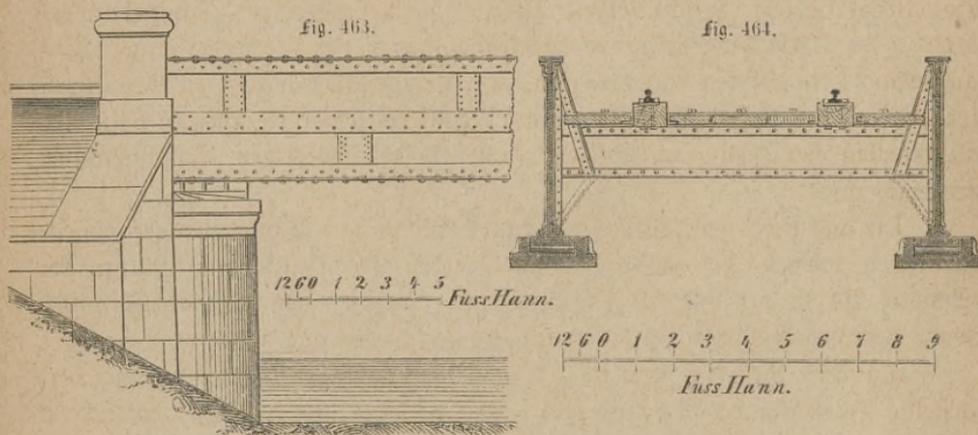


Fig. 463 bis 464. Brücke über die Leine in Göttingen.

Bei Spannweiten bis zu 8,76 Mtr. (30' hann.) wurden die hannoverschen Eisenbahnbrücken¹⁴⁴⁾ für jedes Geleise mit drei solchen Trägern versehen, welche in angemessenen Entfernungen durch gleich hohe Querträger aus Eisenblech verbunden wurden und zur Aufnahme von Querschwellen dienten, die man mit dem oberen Rahmen durch Schraubenbolzen verband und worüber man die Schienenstränge streckte.

Bei Brücken mit größeren Spannweiten, wie bei der in Fig. 463 bis 464 dargestellten Brücke über die Leine bei Göttingen, wandte man für jedes Geleise gewöhnlich nur zwei zur Seite liegende Doppelt-T-Träger von einer, durchschnittlich $\frac{1}{10}$ der Spannweite betragenden, Höhe an, deren Rahmen man, der größeren Anstrengung entsprechend, aus mehreren aufeinander genieteten Platten zusammensetzte und diese mit der Stehrippe gleichfalls durch Winkelleisen verband. Der Anschluß der niedrigen Querträger an die Haupt-

träger wurde überdies durch dreieckige Blechtafeln bewirkt, was zur Vermehrung der Seitensteifigkeit der letzteren nicht wenig beitrug. Zur Vermeidung seitlicher Schwankungen wurden Diagonalverbindungen aus schmiedeeisernen, bisweilen durch Schlöffer regulirbaren, Zugstangen in der Höhe der oberen und unteren Flanschen der Querträger angewendet. Die Brückenbahn bestand entweder, wie in Hannover, aus Langschwellen, welche direkt auf die Querträger gelegt wurden, mit den Fahrstienen oder, wie in der Schweiz und England, nur aus den Fahrstienen, welche man mittelst gußeiserner Stühle auf den Querträgern befestigte. Auch hat man bei Brücken mit kleinen, unter 8,76 Mtr. (30' hann.) betragenden Spannweiten die Fahrstienen direkt auf die oberen Flanschen der Längsträger festgelegt.

Bei Straßenbrücken mit geringer Spannweite wird die Fahrbahn gewöhnlich auf, bei solchen mit größerer Spannweite, gewöhnlich zwischen die Hauptträger gelegt, welche letztere alsdann durch Querträger verbunden werden. Zur Herstellung hölzerner Brückenbahnen werden entweder Querbalken angewandt, die auf den Längsträgern, oder Längsbalken, welche auf den Querträgern liegen. Auch Fahrbahnen mit Beschotterung werden auf den hölzernen Querbalken hergestellt, in welchem Falle sie mit hölzernen Saumschwellen eingefasst sind.

Die aus Stehrippe, Kopf- und Fuß-Platte mittels Winkelleisen zusammen-genieteteten doppelt T-förmigen Träger werden in Deutschland und in der Schweiz bis in die neueste Zeit verwendet und je nach den Verhältnissen sowie nach den Ansichten der Konstrukteure verschieden angeordnet.

Fig. 465 bis 469 und 470 bis 473 zeigen Ende der 50er Jahre hergestellte Durchlässe der Rheinischen Eisenbahn, bei welchem ersteren die Fahrstienen auf Langschwellen und diese mittels Winkelleisen, zwischen je zwei doppelt T-förmigen, aus je einer Stehrippe und je vier Winkelleisen bestehenden Trägern befestigt sind, während bei dem letzteren eine direkte Befestigung der Fahrstienen auf den, zwischen je zwei doppelt T-förmigen Hauptträgern angeordneten, Querträgern stattfindet. Die Konstruktion und Abmessung der ersteren geht aus der Seitenansicht Fig. 465, dem Längenschnitt Fig. 466, dem Horizontalschnitt Fig. 467, der Daraußsicht Fig. 468 und dem in größerem Maßstabe dargestellten Querschnitt, Fig. 469, deutlich hervor, wozu nur bemerkt wird, daß die durch z bezeichneten Zugstangen die zur Erhaltung der Geleiseweite erforderlichen Querverbindungen sind. Aus dem Längenschnitt Fig. 470, der Seitenansicht Fig. 471, dem Grundriß Fig. 472 und dem Querschnitt Fig. 473 ergeben sich die Detailanordnungen und Hauptabmessungen des schiefen Bahn-Durchlasses.

Aus den Fig. 474 bis 476 und 477 bis 479, welche zwei Durchlässe der Oesterreichischen Orientbahn darstellen, ersieht man, daß die

Fig. 465.

Fig. 466.

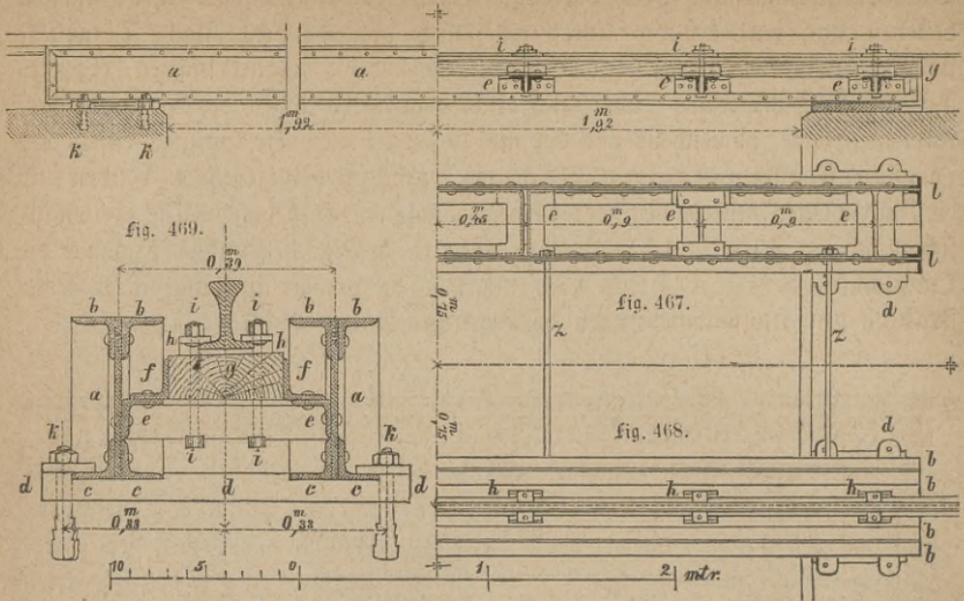


Fig. 465 bis 469. Durchlaß der Rheinischen Eisenbahn.

Fig. 470.

Fig. 471.

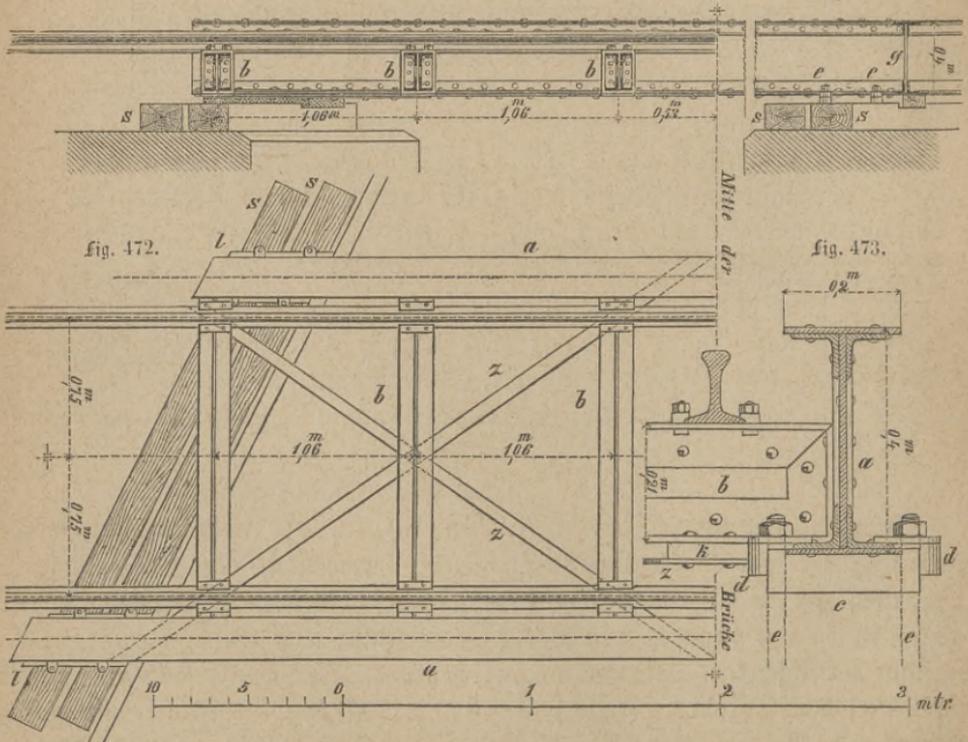


Fig. 470 bis 473. Schiefer Durchlaß der Rheinischen Eisenbahn.

Querverbindungen und Seitenhaltungen derselben an den Auflagern aus Gußeisen bestehen und jene ersteren unter sich durch schmiedeiserne, flache Diagonalstangen unverschieblich verbunden sind, während die schmiedeiserne, doppelt-T-förmigen Hauptträger einen aus einer wagrechten Platte bestehenden Oberrahmen, sowie, abweichend von der bisher betrachteten Anordnung, einen aus zwei lothrecht gestellten Flacheisen gebildeten Unterrahmen besitzen und die Fahrstienen mittels besonderer Unterlagsplatten aufnehmen. Die Seitenansichten in Fig. 475 und 477, die Längenschnitte in Fig. 474 und 478, sowie die Querschnitte in Fig. 476 und 479 enthalten die zur Erläuterung ihrer Konstruktion und Hauptabmessungen erforderlichen Anhaltspunkte.

Fig. 474.

Fig. 475.

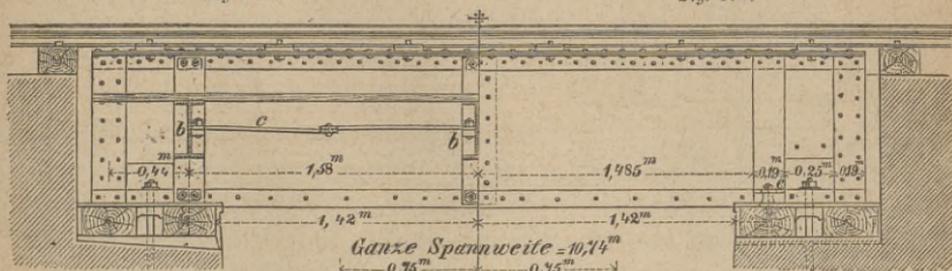


Fig. 476.

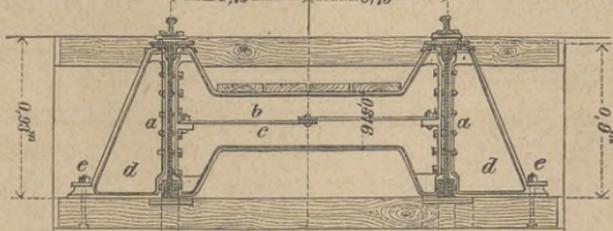


Fig. 477.

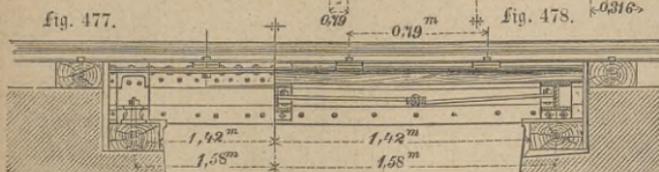


Fig. 478.

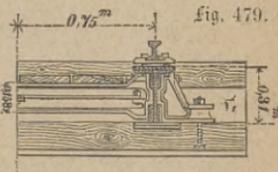


Fig. 479.

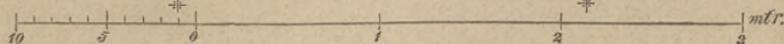


Fig. 474 bis 476 und 477 bis 479. Durchlässe der Oesterreichischen Orientbahn.

Bei Spannweiten von 3 bis 6 Mtr. wurde, mit entsprechender Abänderung der einzelnen Abmessungen, zur Herstellung von verschiedenen Viadukten auf der Hessischen Ludwigsbahn in den Jahren 1856 bis 1860 die in den Figuren 480 bis 492 dargestellte, von Gebr. Benkieser in Pforzheim gelieferte Konstruktion angewendet. Die in Fig. 485 und 486 im Querschnitt vor der Stenmröhre und durch dieselbe dargestellte, von dem Verfasser z. B. an dem Viadukt bei Oberingelheim in der Linie

fig. 480.

fig. 481.

fig. 489.

fig. 490.

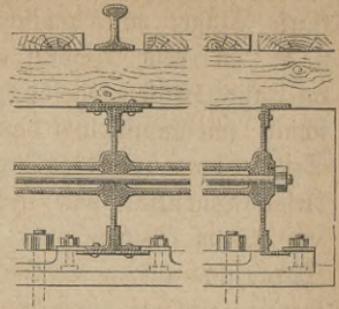
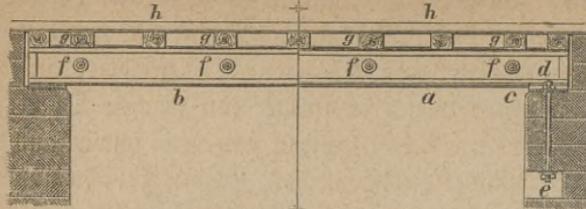


fig. 482.

fig. 483.

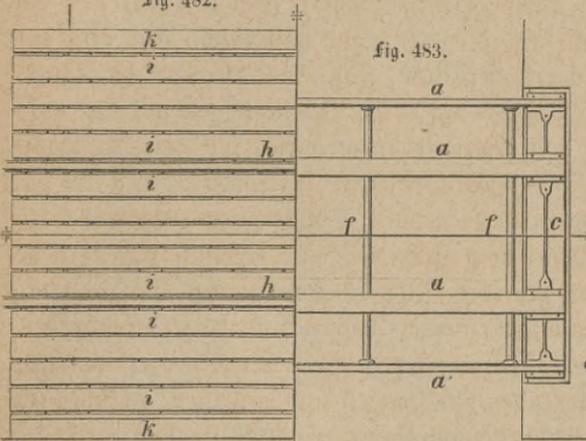
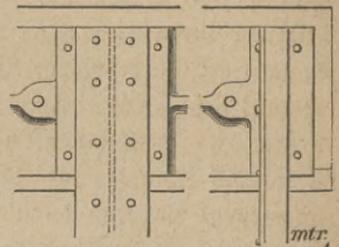


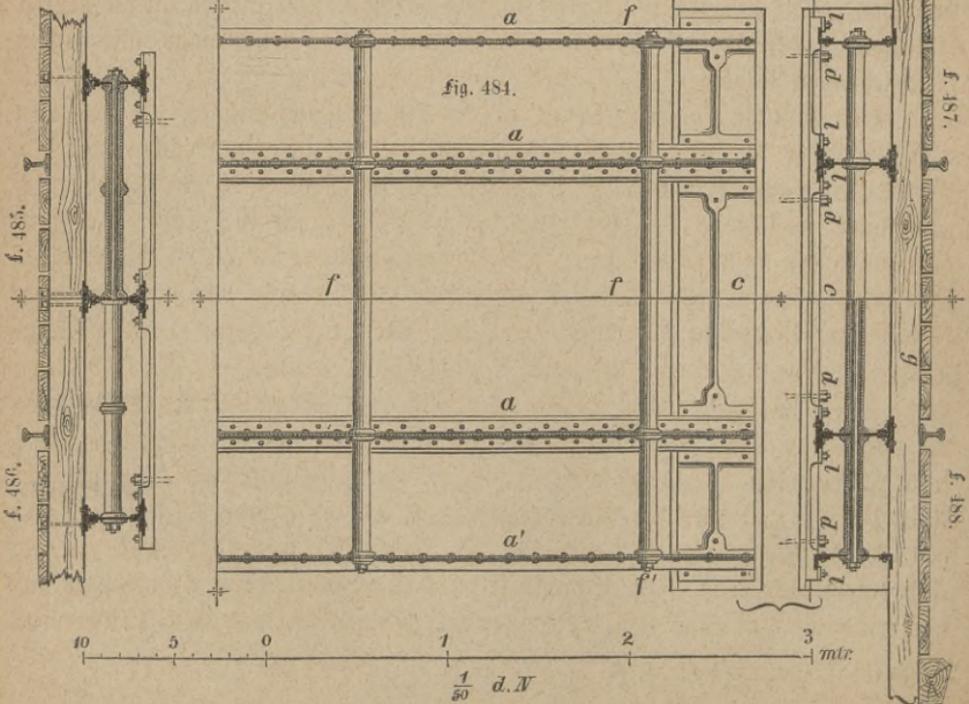
fig. 491.

fig. 492.



10 5 0 1 2 3 4 5 mtr. $\frac{1}{100} d.N$

$\frac{1}{25} d.N$



10 5 0 1 2 3 mtr.

$\frac{1}{50} d.N$

Fig. 480 bis 492. Viadukte der Hessischen Ludwigsbahn.

Mainz-Bingen im Jahre 1857 ausgeführte Anordnung zeigt drei gleich starke Träger mit dazwischenliegenden Geleisesträngen, während die von ihm z. B. an dem Viadukt auf der Bingerer Bleiche in derselben Linie im Jahre 1860 ausgeführte Konstruktion zwei Hauptträger von gleichem Querschnitt mit unmittelbar darüberliegenden Geleisesträngen und zwei schwächeren Seitenträgern zur Unterstützung der Bankette erhalten hat. Zu den Abbildungen dieses Viadukts, von welchen Fig. 480 und 481 den Längenschnitt bzw. vor einem Seiten- und vor einem Haupt-Träger, Fig. 482 und 483 die Daraußsicht auf die Konstruktion bzw. mit und ohne Fahrbahn, Fig. 484 den Horizontalschnitt durch die Trägerkonstruktion, Fig. 489 bis 492 die Querschnitte und Daraußsichten der Träger mit ihren Befestigungen auf den gußeisernen Unterlagsplatten und den Verankerungen dieser mit dem Auflagermauerwerk in größerem Maßstabe deutlich darstellt, sei bemerkt, daß die zur Verankerung jener Unterlagsplatten dienenden Splintbolzen unten bei e, f. Fig. 481, durch einen Keil gegen eine gußeiserne Widerlagsplatte und oben bei d mittels Spindel und Mutter gegen die Unterlagsplatte der Träger scharf angezogen, während die Träger mittels kleiner Laschen und kurzer Schraubenbolzen auf jenen Unterlagsplatten festgehalten sind. Die Querverbindungen der Träger bestehen aus durchgehenden Zugstangen und einzelnen, zwischen die Träger eingeschalteten, gußeisernen Stemmrohren, wodurch sie bzw. auf Zug und Druck widerstehen und den Stehrippen der Träger mehr Seitensteifigkeit verleihen. Die Querschwellen sind mittels durchgehender Bolzen an die oberen Flanschen der Träger geschraubt und nehmen die Geleisestränge mit einem durchgehenden Bohlenbelag und zwei Saumschwellen auf.

Eine ähnliche Konstruktion ist in der Linie Mainz-Bingen bei zwei von dem Verfasser in dem Jahre 1858 ausgeführten schiefen Brücken über den Eichenbach und den Flutgraben bei Gaualgesheim zur Anwendung gekommen, welche in den Fig. 493 bis 502 dargestellt ist. Die Querverbindungen der unmittelbar unter den Schienensträngen liegenden Hauptträger sind hierbei normal zur Bahnaxe angeordnet und ebenso wie bei den zuvor betrachteten Viadukten konstruirt. An den Stellen der Haupt- und Seitenträger, wo sie von den Querstangen e durchsetzt werden, f. Fig. 498 und 490, ist die Stehrippe durch Blechplatten verstärkt, welche mit den Winkelseisen der Kopf- und Fuß-Platte blüdig sind und an welche sich die Stemmrohren g und gußeisernen Vorlagsplatten bei e, f. Fig. 496 und 499, anschließen. Alles Uebrige geht aus den Abbildungen selbst hervor, wovon wieder Fig. 493 den Längenschnitt, Fig. 494 und 495 die Daraußsicht bzw. ohne und mit der Fahrbahnkonstruktion, Fig. 496 und 497 den Querschnitt bzw. durch eine und vor einer Stemmrohre, Fig. 498 einen Horizontalschnitt und Fig. 499 bis 502



Fig. 493.

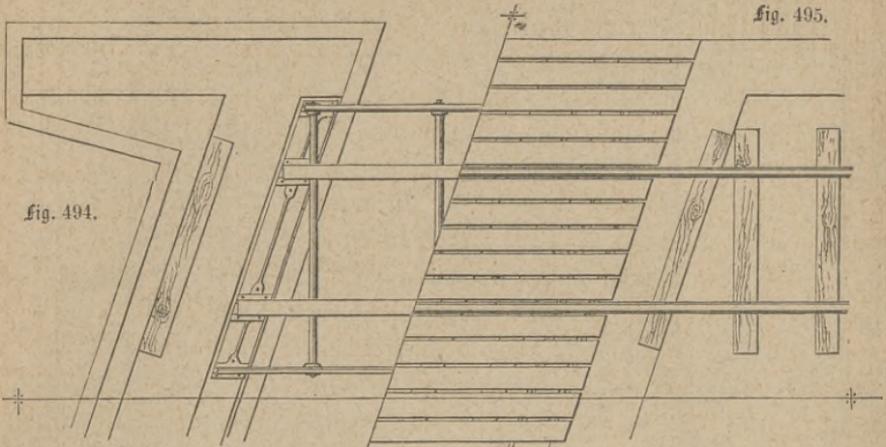


Fig. 494.

Fig. 495.

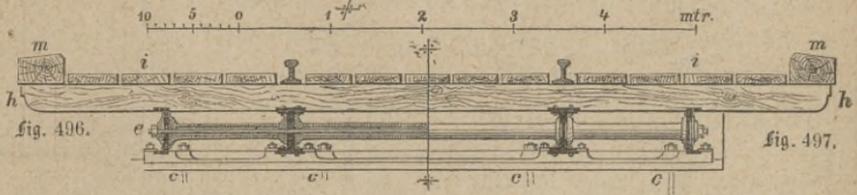


Fig. 496.

Fig. 497.

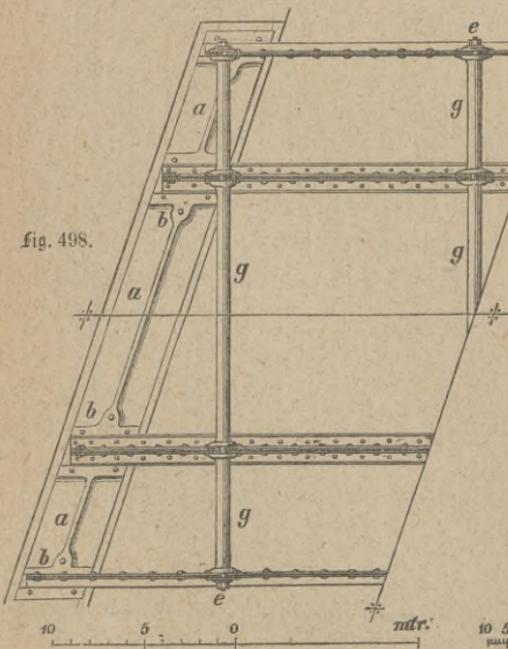


Fig. 498.

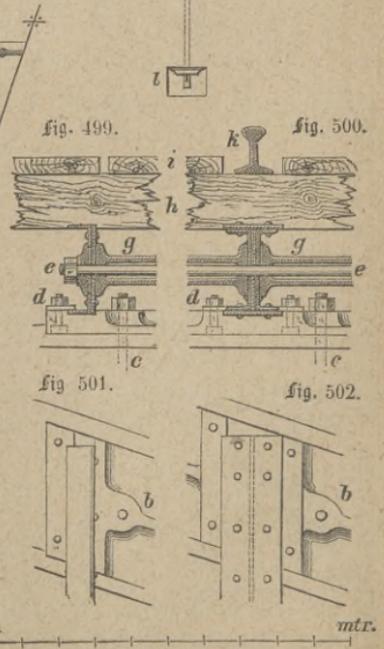


Fig. 499.

Fig. 500.

Fig. 501.

Fig. 502.

Fig. 493 bis 502. Schiefe Brücke über den Eichenbach bei Gausalgesheim.

die zugehörigen Details der Querverbindungen und Auflagerungen der Haupt- und Seiten-Träger darstellt.

Die Konstruktion einer größeren haussirten Straßenbrücke mit Doppelt-Trägern zeigt die in den Figuren 503 bis 507 dargestellte Brücke über die Murg in Kastatt mit drei mittleren Oeffnungen von 12,87 Mtr. Weite von Mitte zu Mitte der Strompfeiler und zwei seitlichen Oeffnungen von 11,66 Mtr. Weite von den Landpfeilern bis zur Mitte der nächsten Strompfeiler. Aus Fig. 506 ergiebt sich deren Situation, während Fig. 503 einen Theil ihrer Ansicht, Fig. 504 und 505 deren Daraußsicht bzw. mit und ohne Fahrbahn, und Fig. 507 deren Querschnitt in vergrößertem Maßstabe darstellt. Nach Fig. 505 und 507 wird die 5,1 Mtr. breite Brückenbahn von 0,8 Mtr. hohen Hauptträgern zur Seite, einem solchen von 0,6 Mtr. Höhe in der Mitte und zwei Zwischenträgern von 0,28 Mtr. Höhe in der Mitte der Fahrbahnhälften unterstützt. Die in Entfernungen von 7,09 Mtr. angebrachten Querträger q sind durch Winkelleisen und dreieckige Versteifungsbleche f mit den Hauptträgern und durch Bolzen mit den Zwischenträgern, alle Längsträger a , b , c und Querträger q aber zur Herstellung seitlicher Versteifung durch die fortlaufenden Diagonalfstangen d untereinander verbunden. Das auf den äußersten Hauptträgern befestigte eiserne Geländer ist behufs Erhaltung der ganzen Fahrbahnbreite durch außerhalb derselben angebrachte ornamentirte Stützen l seitlich befestigt.

Die Idee der Anwendung der Eisenbahnschienen zu Ueberbrückungen datirt etwa aus dem Jahre 1846. Um diese Zeit und behufs Herstellung dreier, möglichst flacher, die Durchflußöffnung möglichst wenig beengender Ueberbrückungen der Gerinne in der neuen Fahrstraße hinter den königlichen Mühlen am Mühlendam zu Berlin¹⁴⁵⁾, s. Fig. 508 bis 514, stellte man Versuche mit Probeträgern aus je zwei breitbasigen Schienen an, deren Basen man zuerst mit 47 Cmtr. (18" preuß.) voneinander entfernten Schraubenbolzen und dann, nachdem diese Verbindungsweise keine günstigen Resultate ergeben hatte, mit 31,5 Cmtr. (12" preuß.) abstehenden Nieten untereinander verbunden hatte. Von zwei vernieteten Probeträgern zu 0,94 Mtr. (36" preuß.) Länge waren die Schienenbasen des einen unmittelbar aufeinander, diejenigen des anderen 5,2 Cmtr. (2" preuß.) auseinander gelegt und an den Nietungsstellen 5,2 Cmtr. (2" preuß.) starke Gußplatten eingeschaltet worden. Das Endergebniß dieser Versuche war die Annahme der ersteren Konstruktion, wobei man jedoch, um die bei den Versuchen beobachtete Abscherung der Nieten zwischen den Schienenbasen zu vermeiden, 6,5 Cmtr. (4 $\frac{1}{2}$ " preuß.) lange Stahlkeile von 11,8 Cmtr. (2 $\frac{1}{2}$ " preuß.) Breite und 2 Cmtr. (3 $\frac{1}{4}$ " preuß.) Stärke zwischen je zwei Nietenpaaren zur Hälfte in jede Schienenbasis einließ und somit einen verdübelten

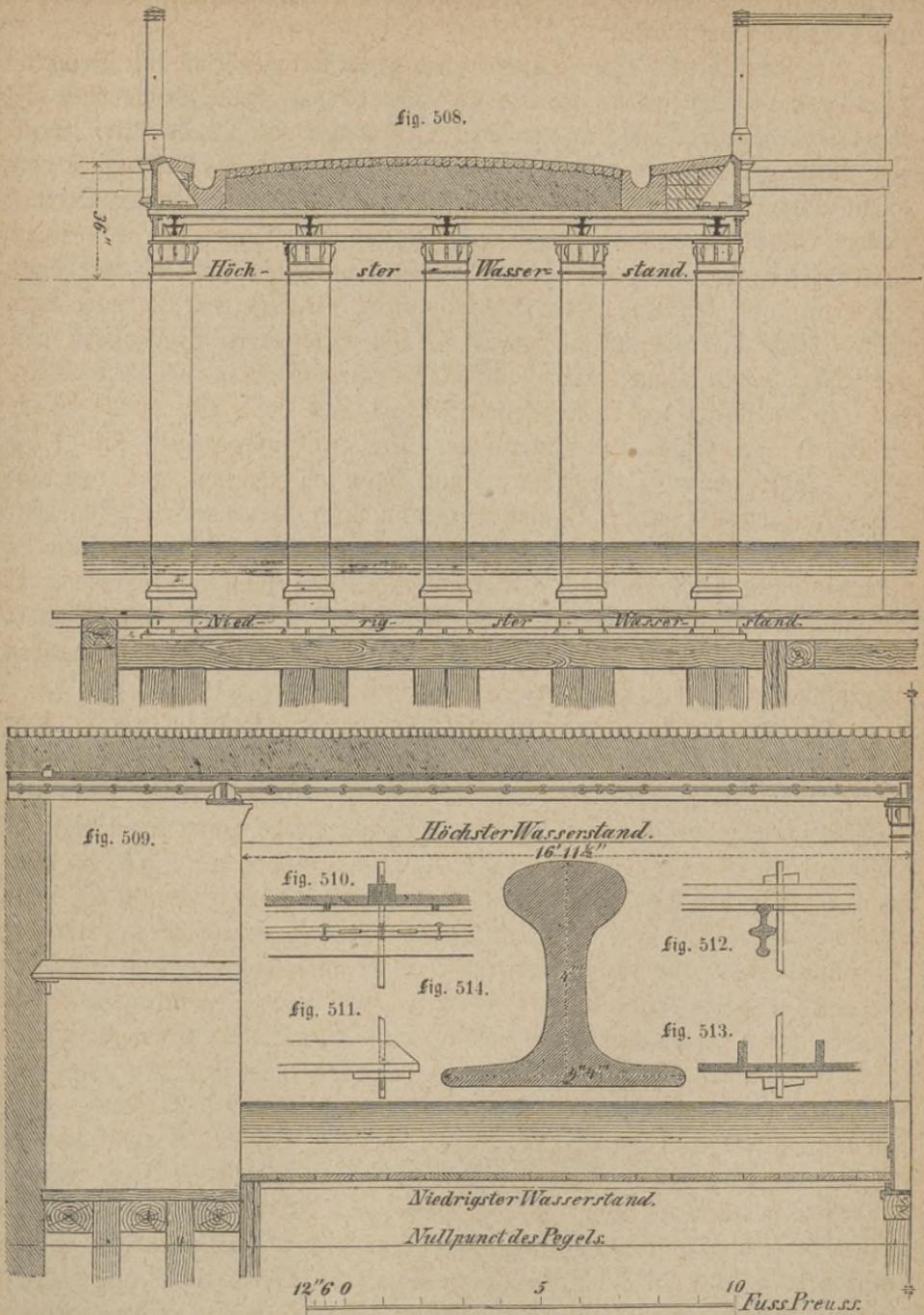


Fig. 508 bis 514. Schienenbrücken über die Gerinne am Mühlendamm zu Berlin.

Schienenbalken bildete. Die erwähnte Ueberbrückung erhielt eine Weite von 10,64 Mtr. (33' 11" preuß.) zwischen den Landpfeilern mit einem nach der Breite der Brücke aus fünf gußeisernen Säulen bestehenden, 4,71 Mtr. (15' preuß.) breiten Zwischenpfeiler. Ueber jeder dieser Säulen liegt einer der erwähnten Schienenträger, welche, an den Enden mit den Auflagepfeilern verankert und mittels gußeiserner Platten abgedeckt, die 3,14 Mtr. (10' preuß.) breite gepflasterte Fahrbahn mit den Kinnsteinen und Banketten aufnehmen.

fig. 517.

fig. 516.

fig. 515.

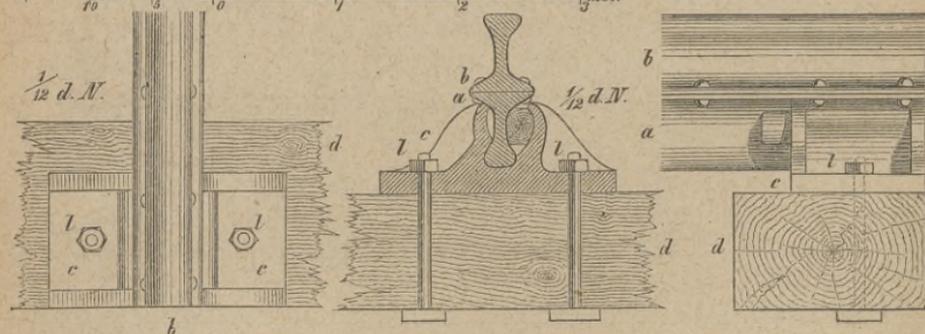
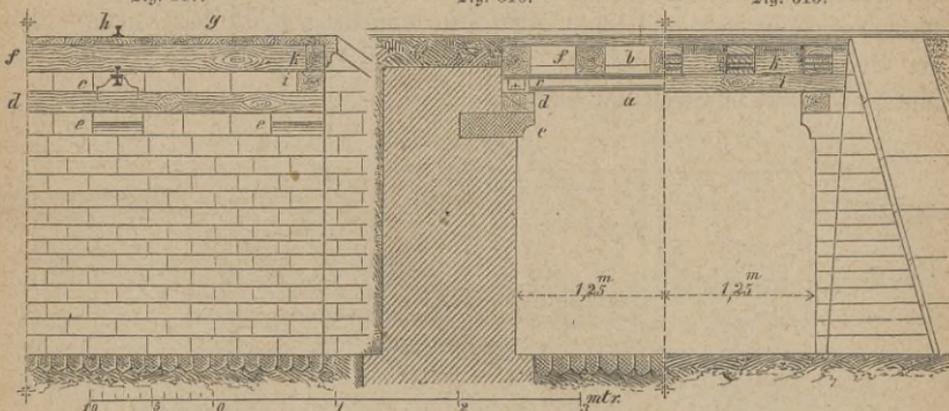


fig. 520.

fig. 519.

fig. 518.

fig. 515 bis 520. Viadukt der Thüringischen Eisenbahn.

Schon in den Jahren 1847 und 1848 fanden die Schienenträger eine ausgedehnte Anwendung auf deutschen Eisenbahnen. Die Figuren 515 bis 520 stellen die mehrfach angewendete Konstruktion eines um diese Zeit erbauten Viadukts der Thüringischen Eisenbahn¹⁴⁶⁾ in der Ansicht, dem Längen- und Querschnitt, sowie in seinen konstruktiven Details dar. Die lichte Weite der Auflagepfeiler von 2,5 Mtr. ist durch Kragsteine e auf eine Spannweite von 2,2 Mtr. der Schienenträger vermindert, welche letztere auf den über den Kragsteinen liegenden Mauerbalken d mittels gußeiserner Stühle c und Bolzen l und in den Stühlen durch Holzkeile festgehalten sind.

befestigt hat. Die Eigenthümlichkeit dieser Konstruktion besteht darin, daß die obere Schiene des Trägers zugleich die Fahrchiene bildet.

Bei Herstellung der Linie Mainz-Bingen in der Hessischen Ludwigsbahn während der Jahre 1856 bis 1860 wurden die kleinsten Durchlässe von $\frac{1}{2}$ Mtr. Spannweite, s. die Fig. 527 bis 530, oben offen gelassen und mit den Fahrchiene *d* so überbrückt, daß diese mittels Kloben auf besondere, in die Deckquader *a* eingelassene und durch die Niegel *c* verspreizte Querschwellen *b* befestigt wurden, während unmittelbar hinter den Deckquadern weitere Querschwellen in das Kiesbett verlegt wurden.

Fig. 524.

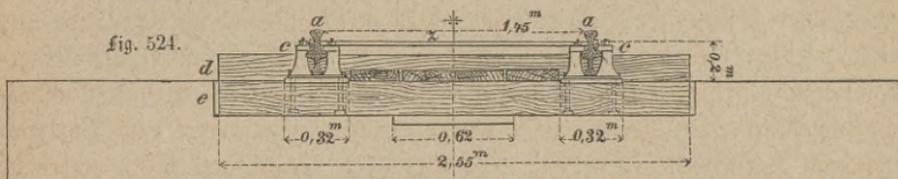


Fig. 525.

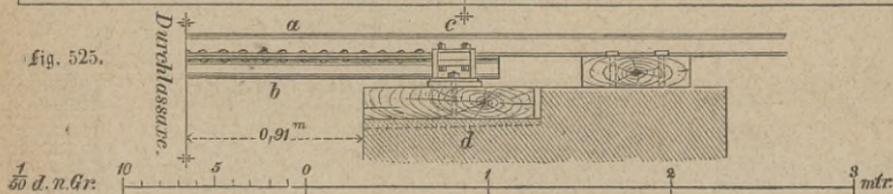


Fig. 526.

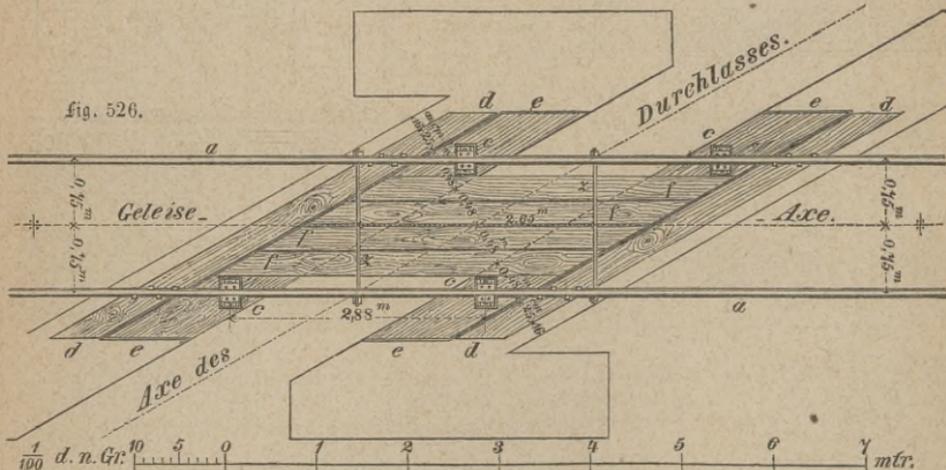


Fig. 524 bis 526. Durchlaß in der Linie Marburg-Villach der Lombardisch-Venetianischen Eisenbahn.

Zu den Hauptträgern von Durchlässen mit Spannweiten von 1 bis zu 2 Mtr. wurden in derselben Linie auch zwei nebeneinander liegende, in gußeiserne Stühle festgebolzte, Schienen verwendet, wie dies der in den Figuren 531 bis 539 in Ansicht und Längenschnitt, Querschnitt, Daraußsicht mit und ohne Fahrbahn, sowie in den Details dargestellte, von dem Verfasser im Jahre 1858 unweit Niederingelheim ausgeführte Durchlaß von 2 Mtr.

Spannweite zeigt. Aus dem Grundriß Fig. 535 und den Querschnitten Fig. 533 und 538 ersieht man, daß zu beiden Seiten der, aus je zwei Schienen zusammengesetzten, Hauptträger *e* nur einfache Schienen als Träger der Bankette angewendet sind. Zu den die Detailsverbindungen dieser Konstruktion darstellenden Figuren 536 bis 539 ist nur zu bemerken, daß die zur Festhaltung der Schienen auf den Querschwellen dienenden Laschen *f* wegen der nothwendigen Neigung der Schienbasis verschieden und daß mittels starker, durch sie, die Querschwellen und die Tragschienen, durchgehender Hakenbolzen *g* alle diese Theile fest untereinander verbunden sind. Die zur Verbindung der Tragschienen mit ihren Stühlen bestimmten Bolzen *h* und Laschen *d* sind bzw. mit Gewinde und Mutter, die zur Verankerung der Schienenstühle mit den gußeisernen Unterlagsplatten *a*, s. Fig. 536 und 538, und den darunter befindlichen, der Quaderschicht dienenden Splintbolzen mit Muttern *e* am oberen, sowie mit Vorlagsplatten und Vorsteckfeilen *g*, s. Fig. 532 und 533, am unteren Ende versehen.

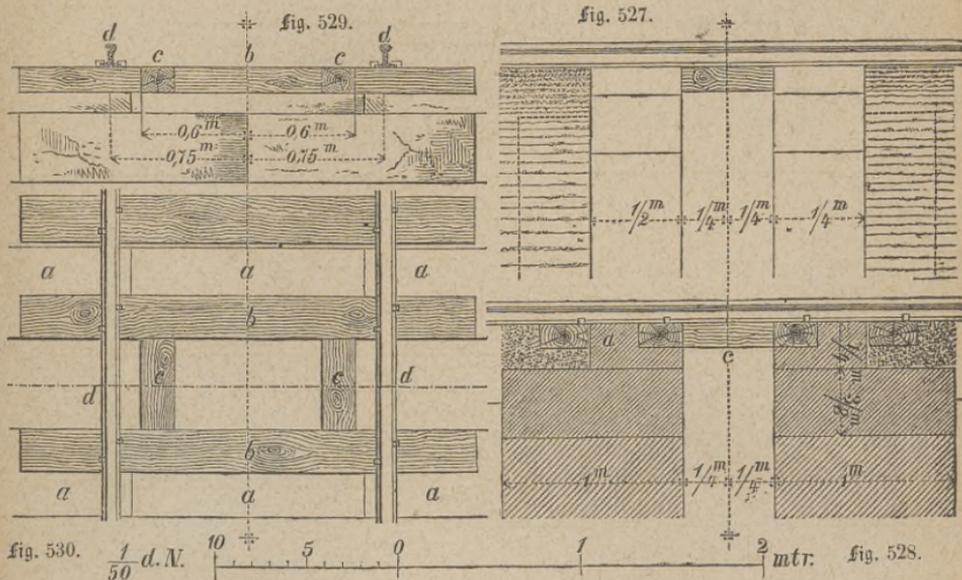


fig. 527 bis 530. Schienendurchlaß der Hess'schen Ludwigsbahn.

Zur Vermeidung einer unbefugten Lockerung oder Beseitigung der letzteren ist es zweckmäßig, die zu ihrer Aufnahme bestimmten, in die Quader eingearbeiteten Oeffnungen mittels kleiner, jedoch behufs Besichtigung der Eisentheile nicht fest einzusetzender Quaderstücke zu schließen.

Von der, z. B. bei den Hannoverschen Eisenbahnen, bewirkten Verarbeitung der Schienen zu Fischbauchträgern, wobei die obere Schiene zugleich die Fahrchiene bildet, geben die Figuren 540 bis 542 ein Beispiel. Der Zwischenraum zwischen der wagerechten und der gebogenen Schiene ist hierbei, nach

fig. 531.

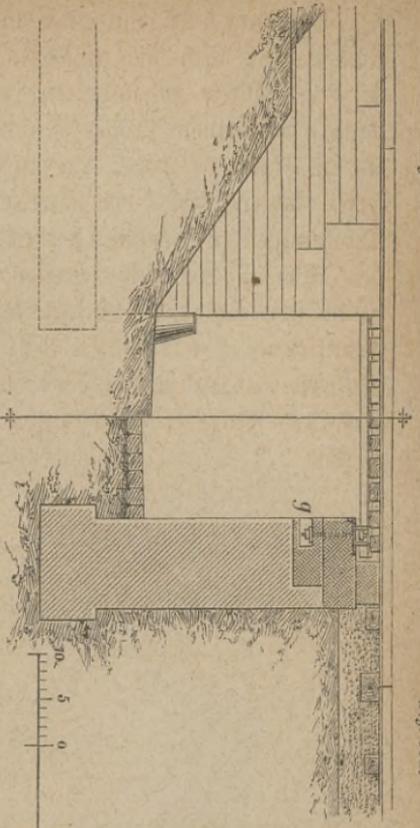


fig. 532.

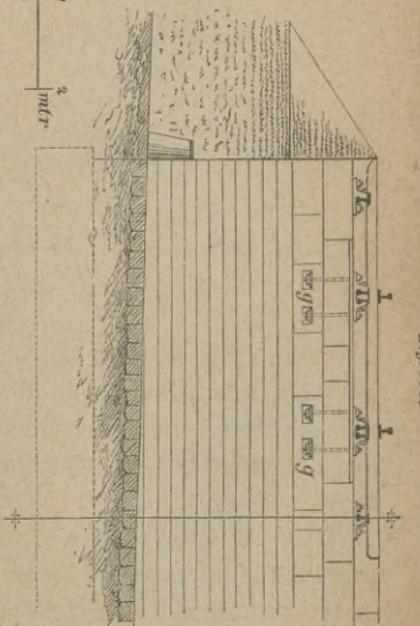


fig. 533.

fig. 534.

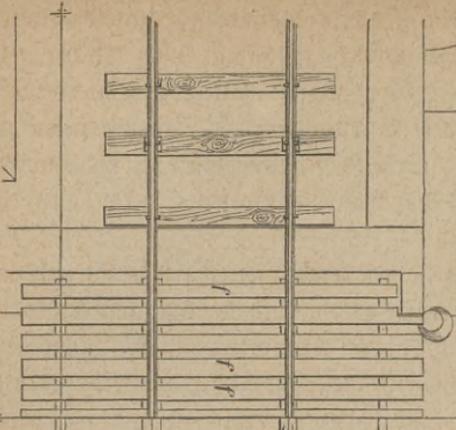


fig. 535.

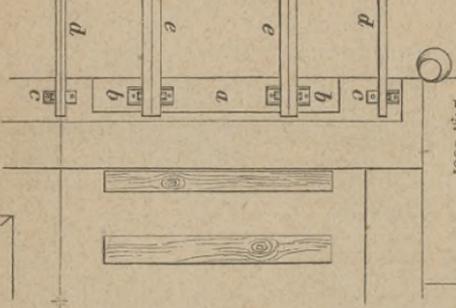


fig. 536.

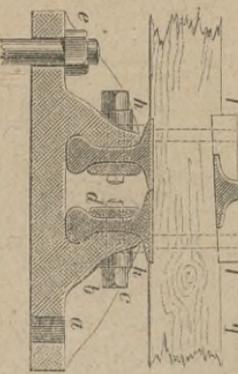


fig. 538.

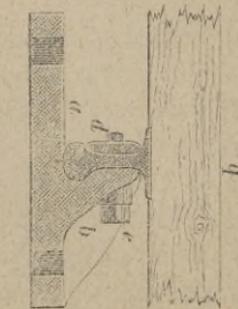


fig. 539.

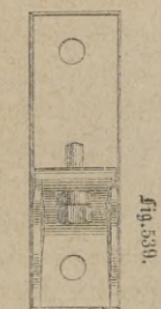
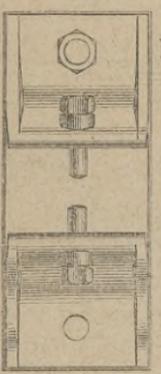


fig. 531 bis 539. Schienenverlauf bei Niederungsbau in der heftigen Luthwigsbahn.

Fig. 540 und 541, mit einer nach beiden Enden zugespitzten, mittels Winkel-
eisen an jene Schienen angenieteten Vertikalplatte ausgefüllt und durch einen,
in deren Mitte angebrachten, doppelt T-förmigen Balken eine Querverbin-
dung f der beiden Träger hergestellt. Die Befestigung der Schienenträger an
die in Fig. 540 und 542 dargestellten Schienenstühle c und die Verbindung
dieser letzteren mit den Querschwellen d durch die Bolzen e geht aus den
Abbildungen zur Genüge hervor.

Obwol die Schienenträger bis in die neueste Zeit Anwendung finden,
so dürften sie, theils wegen ihrer ziemlich empfindlichen und zeitraubenden
Montirung, theils wegen des hinsichtlich ihrer relativen Festigkeit nicht vor-
theilhaft ausgenutzten Querschnitts, mehr und mehr von den aus einem Stück
gewalzten Doppelt-T-trägern mit den entsprechenden Abmessungen verdrängt
werden.

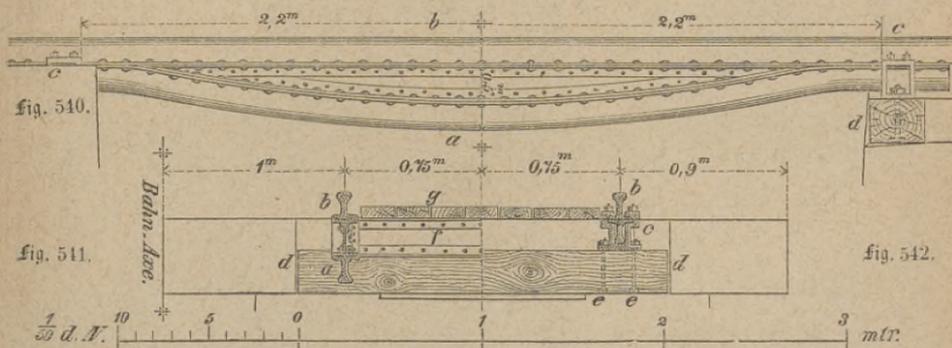


Fig. 540 bis 542. Fischbauchträger aus breitbaugigen Schienen.

Nachdem die in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ausgeführten
Gitterbrücken nach England und Holland übertragen worden waren, fanden
dieselben auch in Deutschland und zwar zunächst und vorzugsweise auf
preussischen Bahnen Eingang. Insbesondere wurden die Brücken über die
Ruhr in der Cöln-Mindener und in der Bergisch-Märkischen Bahn
nach dem Vorbild einer Eisenbahnbrücke zwischen Haarlem und Leyden¹³⁹⁾
erbaut. Jedoch wurde das Holz, welches noch als Konstruktionsmaterial
der Gitterbrücke über die Ruhr bei Altstaden in der Cöln-Mindener Eisen-
bahn mit fünf Oeffnungen zu 31,38 Mtr. (100' rhn.) Spannweite gedient
hatte und obwol sich die hölzernen Träger dieser Brücke durch große Trag-
fähigkeit und Steifigkeit ausgezeichnet hatten, bald als ein zu vergängliches
Material durch Eisen zu ersetzen versucht.

Für die Herstellung und Ausbildung eiserner Gitterbrücken in Deutschland
wurden die Versuche von Bedeutung, welche Henz bei Erbauung einer Brücke
in der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn über die Neisse bei Guben im

Jahre 1846 anstellte, indem deren günstiges Ergebnis dem System der eisernen Gitterbrücken ausgedehnte Anwendung bei preussischen und anderen deutschen Bahnen, z. B. bei der schiefen Brücke über die Havel bei Potsdam mit Spannweiten von 12,55 Mtr. (40' preuß.), auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger Bahn, bei den Elbbrücken zu Magdeburg mit Spannweiten bis zu 21,44 Mtr. ($68\frac{1}{3}'$ preuß.), auf der Magdeburg-Leipziger Bahn mit Spannweiten bis 14,75 Mtr. (47' preuß.), auf der Berlin-Hamburger Bahn, in dem zweiten Geleise der Brücke über die Ruhr bei Altstaden mit 31,38 Mtr. (100' preuß.) Spannweite, auf der Köln-Mindener Bahn, bei der Oderbrücke mit Oeffnungen bis zu 24,48 Mtr. (78' preuß.) Spannweite und anderer kleineren Brücken auf der Kreuz-Küstrin-Magdeburger Bahn und bei der Brücke über die Rüdow bei Schneidemühl mit Spannweiten von 15,69 Mtr. (50' preuß.) und anderen Brücken auf der preussischen Ost-Bahn, den braunschweigischen Bahnen zc. verschaffte.

Fig. 543.

Fig. 544.

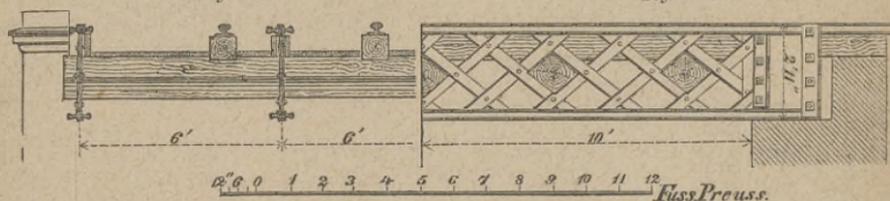


Fig. 543 und 544. Brücke über die Neiße bei Guben.

Die ersten in Deutschland und zwar bei der Brücke über die Neiße bei Guben¹⁴⁷⁾, s. Fig. 543 und 544, für 10,04 Mtr. (32' preuß.) weite Oeffnungen angewendeten, schmiedeeisernen Gitterwerke bestehen aus geflochtenen, an ihrer Kreuzungsstelle vernieteten, schmiedeeisernen Latten, welche oben und unten mit einer Gurtung von umgelegten, breitbasigen, mit den Füßen gegeneinander genieteten Fahrseilen umfaßt sind. Die Querverbindung besteht aus gußeisernen Platten, während die Querschwellen durch die Maschen der Gitter gesteckt und mittels Winkelleisen und Bolzen daran befestigt sind.

Von den vorherbeschriebenen Trägern, deren Anordnung einfach und bequem ist und später vielfach Nachahmung fand, wurden bei eingeleisigen Bahnen drei, bei zweigleisigen Bahnen fünf in gleichen Entfernungen verwendet, jedoch später das in Bezug auf die Steifigkeit der Tragwände unvortheilhafte Flechten der Stäbe aufgegeben und die zu den Gurtungen verwendeten breitbasigen Fahrseilen durch gewalzte, mittels Winkelleisen an die Gitterstäbe genietete Platten, s. Fig. 545 bis 547, sowie die gußeisernen Querverbinder durch solche aus Blech oder Gitterwerk ersetzt, wobei man die Eck- und Knie-Stücke zu deren Versteifung oft mit dreieckigen Blechen ausfüllte. Die obere, auf Druck in Anspruch genommene Gurtung

wurde nicht selten aus dem, mit der größeren Druckfestigkeit begabten Gußeisen gebildet. Statt der unmittelbaren Vernietung der Gitterstäbe mit den wagerechten Gurtungsplatten durch Winkleisen fügte man später in Folge der Versuche, bei welchen sich die Gitterstäbe aus jener Vernietung mit den oberen Winkleisen lösten, der wagerechten Gurtungsplatte zur Verstärkung dieser Stelle eine lothrechte Platte hinzu, welche man mit der wagerechten durch Winkleisen verband, und gegen welche erstere man nun die Gitterstäbe nietete. Zur Verhütung seitlicher Ausbiegung der Gitterwände wurden dieselben später mittels vertikaler, gewöhnlich doppelter, zu einem T zusammengesetzter Winkleisen verstärkt, welche man, der von der Mitte nach den Enden hin zunehmenden Spannung im Gitterwerk entsprechend, an den Widerlagern vermehrte und verstärkte. Zur Sicherung der Brückenbahnen gegen seitliche Verschiebung wurden zwischen oder auch unter den Querträgern Diagonalversteifungen aus Rund- oder Flach-Eisen angebracht. Zum Schutz der eisernen Konstruktionstheile gegen Rost wurden dieselben mit einem mehrfachen Delanstrich zuweilen auf einer Grundirung von Mennige versehen.

Fig. 547.

Fig. 546.

Fig. 545.

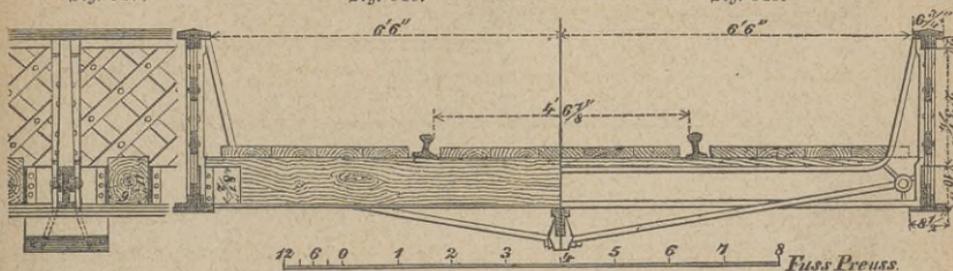


Fig. 545 bis 547. Aeltere Gitterbrücke auf preussischen Eisenbahnen.

Bei hinreichender lichter Höhe der Bauwerke, z. B. bei mehreren Brücken der Magdeburg-Wittenberger und der Westfälischen Eisenbahn, wurden unter Beibehaltung der oben angegebenen Zahl und Vertheilung der Träger die Querschwellen des Oberbaues auf die oberen Gurtungen gelegt und befestigt, am häufigsten jedoch und um möglichst an lichter Höhe zu sparen, wurden bei Brücken größerer Spannweiten seitlich je zwei gleiche Gitterträger pro Geleise, dagegen, wegen der ungleichartigen Inanspruchnahme eines Mittelträgers für zwei Geleise, selten deren drei für zwei Geleise verwendet.

Die oben erwähnte Brücke im zweiten Geleise der Rölln-Mindener Bahn über die Ruhr bei Altstaden¹⁴⁸⁾, s. Fig. 548 bis 550, besitzt schon ungeslochtene, aber gleich starke, flache Gitterstäbe, durchweg gleich starke Rahmen aus wagerechten Platten, wovon diejenigen des Oberrahmens noch aus Gußeisen bestehen, und durchlaufende Winkleisen, mittels deren die Gitterstäbe an jene Platten genietet sind. Die 4,39 Mtr. (14' preuß.) langen,

62,7 Cmtr. (24" preuß.) hohen Querträger bestehen in der Mitte aus Gitterwerk, sind mittels doppelter, T-förmiger Versteifungsbleche an die 3,14 Mtr. (10' preuß.) hohen Gitterwände in deren halber Höhe befestigt und in ihrer Mitte durch 36,7 Cmtr. (14" preuß.) hohe Längsträger aus Gitterwerk verbunden. Auf diesen letzteren, sowie auf besonderen, an den Gitterwänden befestigten Unterlagsplatten, also auf je drei Unterstützungen, ruhen die Querschwellen, welche die Fahrschienen aufnehmen.

Ein noch weiter vorangeschrittenes Konstruktionsystem zeigt die im Jahre 1848 über die Saale bei Grizehna¹⁴⁹⁾ unfern Calbe in der Magdeburg-Leipziger Eisenbahn ausgeführte Brücke, s. Fig. 551 bis 555, deren 29, je 2,51 Mtr. (48' preuß.) von Mitte zu Mitte der 15,06 Mtr. (8' preuß.) starken Pfeiler weite, Oeffnungen überdies durch kontinuierliche Gitterträger, welche je zwei Joche zugleich überspannen, überbrückt sind, und deren Schienen auf 36,7 Cmtr. (14" preuß.) im Geviert starken, über die, aus Eisenblech bestehenden, Querträger fortgesetzten Längschwellen ruhen.

Fig. 548.

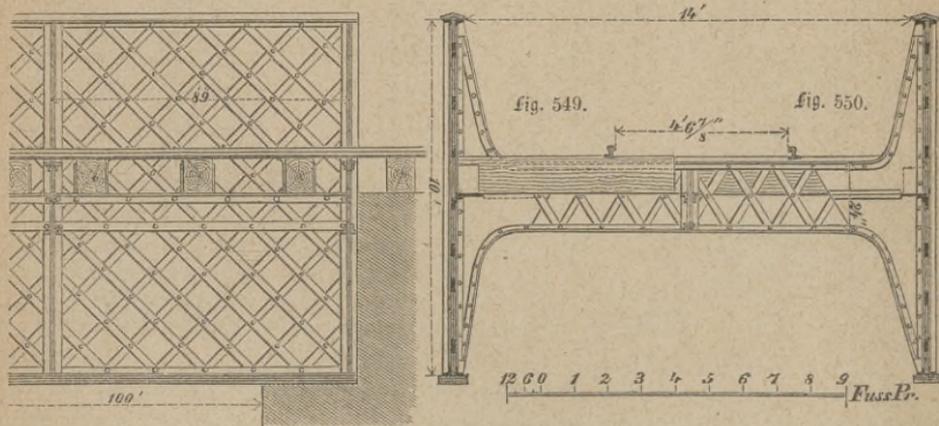


Fig. 548 bis 550. Brücke über die Kuhr bei Altstaden.

Die obere Gurtung ist hierbei in richtiger Erkenntniß ihrer gleichzeitigen Inanspruchnahme auf Zug und Druck bereits aus Schmiedeisen und die an den Auflagern stärker beanspruchten Gitterstäbe sind aus breiteren Blechen gebildet.

Mit der größten, bis dahin bekannten Spannweite von 60 Mtr. (200' bad.) konstruirte darauf v. Ruppert die im Jahre 1858 vollendete, zweigeleisige Brücke, mit außerhalb der Tragwände liegenden Banketten, über die Kinzig bei Offenburg¹⁵⁰⁾ in der badischen Eisenbahn, s. Fig. 556 bis 558, deren drei 6,23 Mtr. (20,78' bad.) hohe Gitterwände aus rechtwinklig gekreuzten, 34 Cmtr. im Lichten abstehenden Flachschienen in zwei gleich starken Lagen von 105 Cmtr. Breite, 2,1 Cmtr. Stärke bei jedem der

fig. 551.

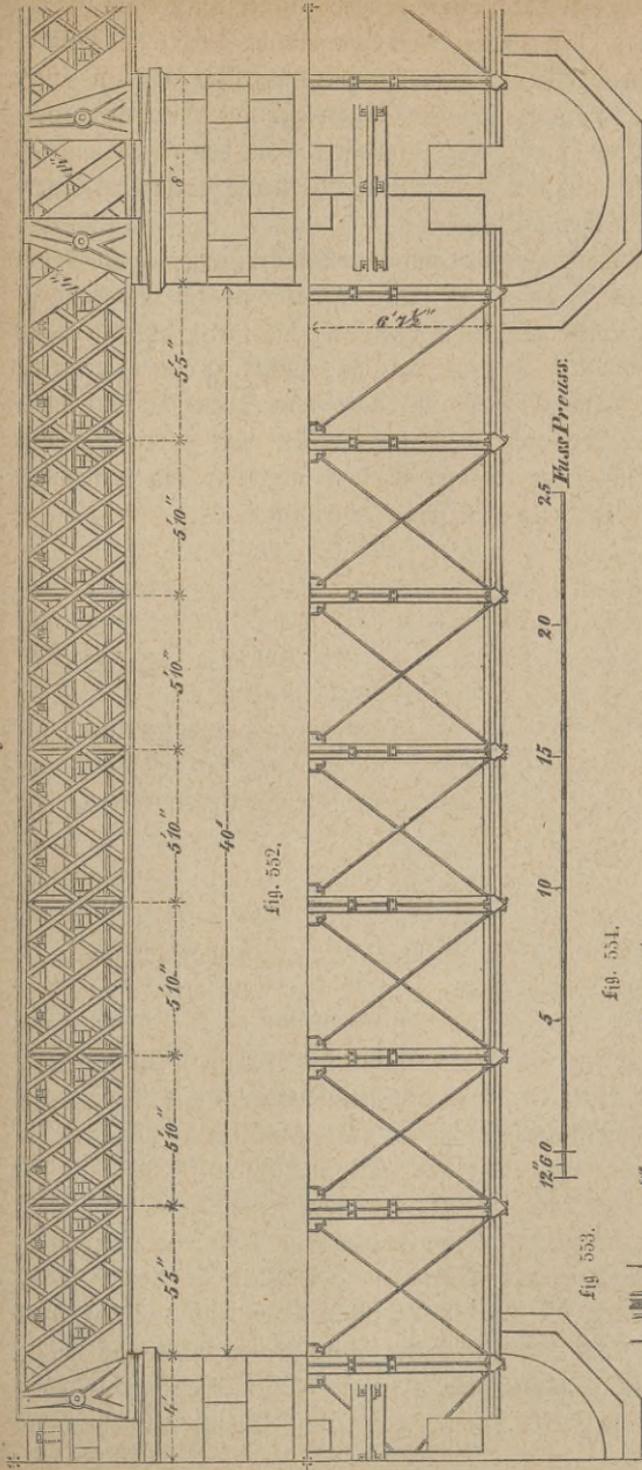


fig. 552.

Fuss Preis.

12'00 5 10 15 20 25

fig. 553.

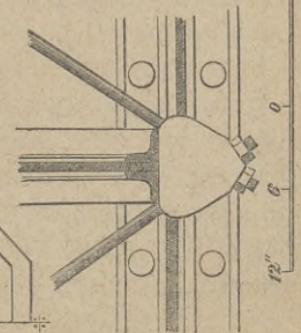


fig. 554.

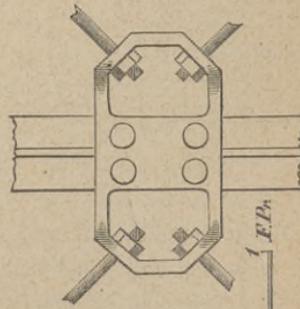


fig. 555.

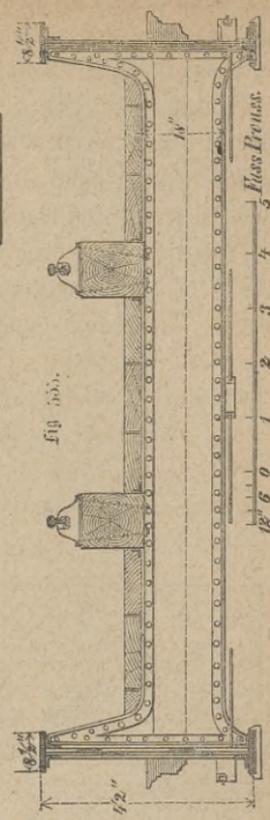


fig. 551 bis 555. Brücke über die Saale bei Grisehna, in der Magdeburg-Leipziger Eisenbahn.

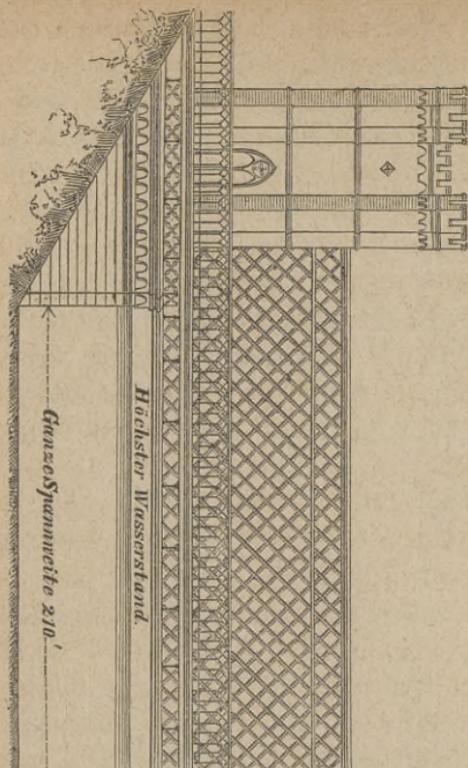


fig. 556.

fig. 556 bis 558. Brücke über die Ainsig bei Offenburg.

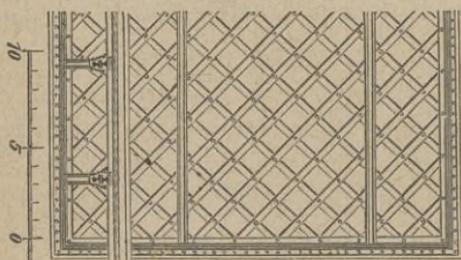


fig. 557.

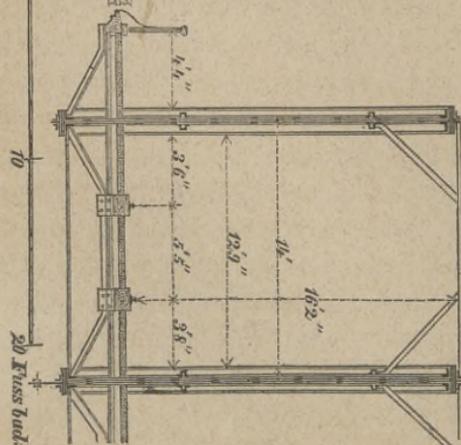


fig. 558.

beiden äußeren Gitterwände und in fünf Lagen von derselben Breite bei dem mittleren Gitter, wovon die beiden äußeren Lagen 1,65 Emtr., die mittlere Lage 3,3 Emtr. stark, bestehen. Die aus Platten und Winkelseisen kreuzförmig gebildeten Ober- und Unter-Rahmen sind durchweg 33 Emtr. breit, 3,6 Emtr. stark und erstere durch quer darübergelegte, mit den Gitterwänden durch Büge versteifte Brückschienen untereinander verbunden. Wagrecht und in 1,2 Mtr. Abstand vom Oberrahmen und in 2,19 Mtr. Abstand vom Unterrahmen sind zur Seitenversteifung der Gitterwände je zwei Brückschienen gegen die Gitterstäbe genietet. Die Querträger sind als Sprengwerke aus breitbasigen Schienen konstruirt, deren Seitenschub durch wagrechte, unter der Fahrbahn liegende Zugstangen aufgehoben wird. Der Oberbau besteht aus Langschwelen, welche auf den gesprengten Querträgern ruhen und die Fahrschienen aufnehmen, nebst einem dazwischen befindlichen Bohlenbelag. Obwohl die Eigenthümlichkeiten dieser Brücke seiner Zeit nicht geringes Aufsehen erregten, so zeigte sie doch wegen der durchweg gleichen Stärken der Gurten und Gitterstäbe nicht die gehörige Vertheilung des Materials und wegen mangelnder Vertikalversteifungen nicht die erforderliche Seitensteifigkeit.

Waren für die Anordnung der Gitterbrücken durch vorgenannte ausgeführte Beispiele schätzenswerthe Anhaltspunkte gewonnen, so wurde die genaue Bestimmung der einzelnen Stärken der Gurtungen und Gitterstäbe doch erst durch die theoretischen Untersuchungen ermöglicht, welche zuerst im Jahre 1851 gleichzeitig von W. Schwedler¹⁵¹⁾ und R. Culmann¹⁵²⁾ veröffentlicht wurden. Erst von dieser Zeit an, worin Theorie und Praxis Hand in Hand zu gehen anfangen, begann die Ausführung rationaler Gitterkonstruktionen, unter welchen als die bedeutendsten diejenige der, in den Jahren 1850 bis 1857 erbauten, Brücke über die Weichsel bei Dirschau mit sechs Oeffnungen von 121,13 Mtr. (386' preuß.) im Lichten und der zur selben Zeit ausgeführten Brücke über die Mogat bei Marienburg mit zwei Oeffnungen von 97,9 Mtr. (312' preuß.), beide in der Linie der preussischen Ostbahn, voranstehen.

Die Brücke über die Weichsel bei Dirschau¹⁵³⁾, s. Fig. 559 bis 563, die weitestgespannte und längste aller Gitterbrücken, besitzt eine dreitheilige Ueberbaukonstruktion, wovon jeder Theil einen über zwei Oeffnungen und einen Strompfeiler hinweggehenden kontinuierlichen Träger bildet. Zwischen den 11,83 Mtr. ($37\frac{2}{3}$ ' preuß.) hohen und 6,28 Mtr. (20' preuß.) voneinander entfernten Gitterwänden liegt in der Mitte ein Eisenbahngleise und zu jeder Seite desselben ein Weg für Landfuhrwerk, außerhalb der Wände ein vorgekrager Fußweg von je 1,1 Mtr. ($3\frac{1}{2}$ ' preuß.) Breite. Der statischen Berechnung zufolge sind die Abmessungen, sowol der Rahmen als der Gitterstäbe, nach der Länge der Brücke verschieden, mit nahezu gleichem Widerstand, angeordnet worden. Jeder Rahmen hat außer der Horizontalplatte in deren Mitte ein vertikales Blech, woran sich zu beiden Seiten offene Zellen anschließen, welche letztere bei dem Unterrahmen über dem Mittelpfeiler um zwei vermehrt sind. Die Gitterwände sind sowol innen als außen durch vertikale Winkeleisen mit 1,88 Mtr. (6' preuß.) Abstand über den Oeffnungen, mit 0,94 Mtr. (3' preuß.) Abstand über den Auslagern versteift, unten durch 1,88 Mtr. (6' preuß.) von einander entfernte, 1,25 Mtr. (4' preuß.) hohe Querverträger von Gitterwerk, welche die Brückenbahn aufnehmen, oben durch vertikale gitterartige Querversteifungen mit 5,65 Mtr. (18' preuß.) über den Oeffnungen, mit 1,88 bis 3,76 Mtr. (6' bis 12' preuß.) über den Pfeilern untereinander verbunden und mit drei wagrechten Windverstreungen in der Höhe der Brücken-Unterkante, sowie der Ober- und Unterkante des Oberrahmens versehen. Die einzelnen Träger ruhen auf gußeisernen Unterlagsplatten und sind über der Mitte ihres Mittelpfeilers befestigt, während ihre Enden zur ungehinderten Längenveränderung bei Temperaturwechsel auf Rollen laufen.

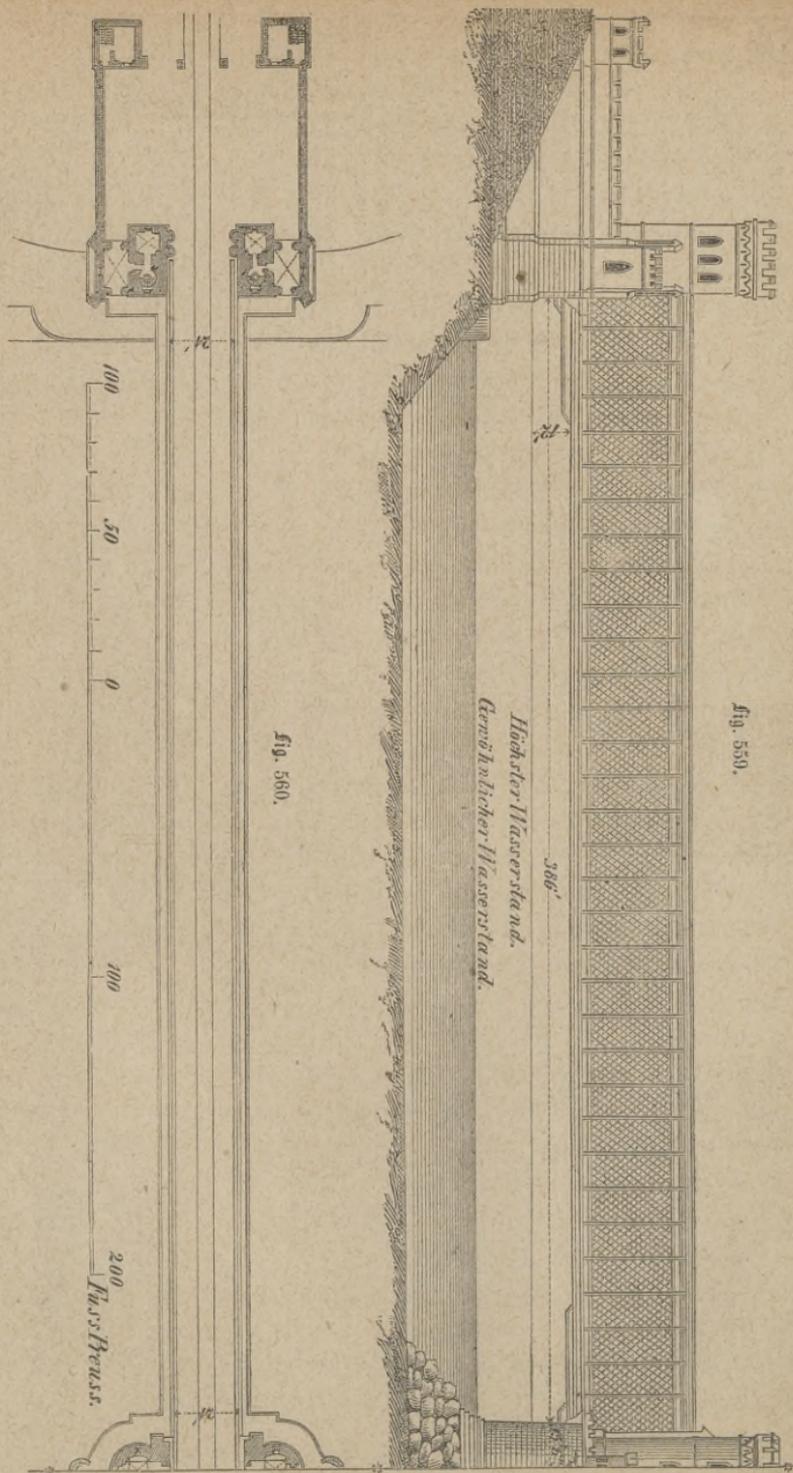


fig. 559.

fig. 560.

fig. 559 und 560. Brücke über die Wärschfel bei Dirdanau.

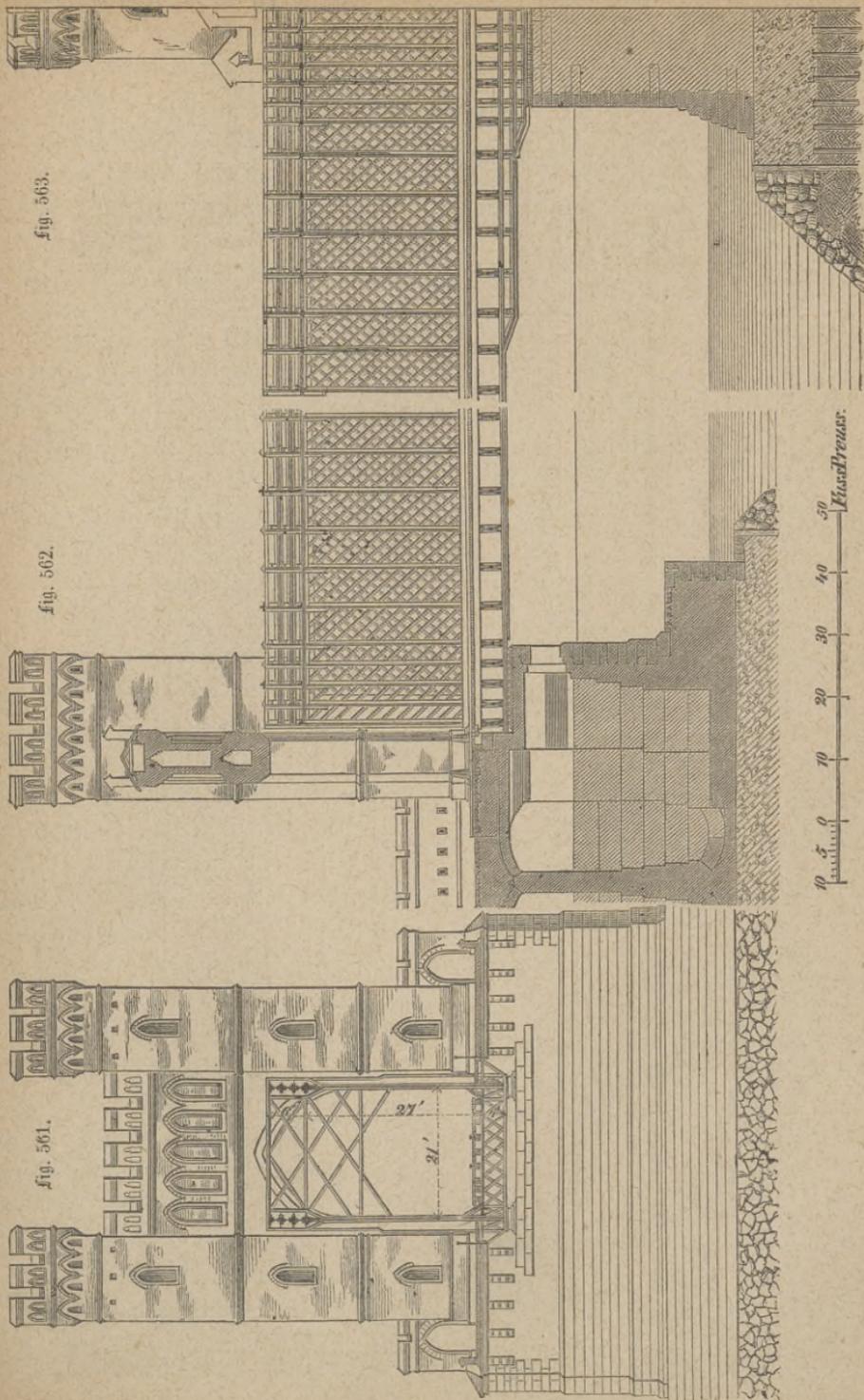


fig. 563.

fig. 562.

fig. 561.

fig. 561 bis 563. Querschnitt und Längenschnitte der Brücke über die Weichsel bei Birschau.

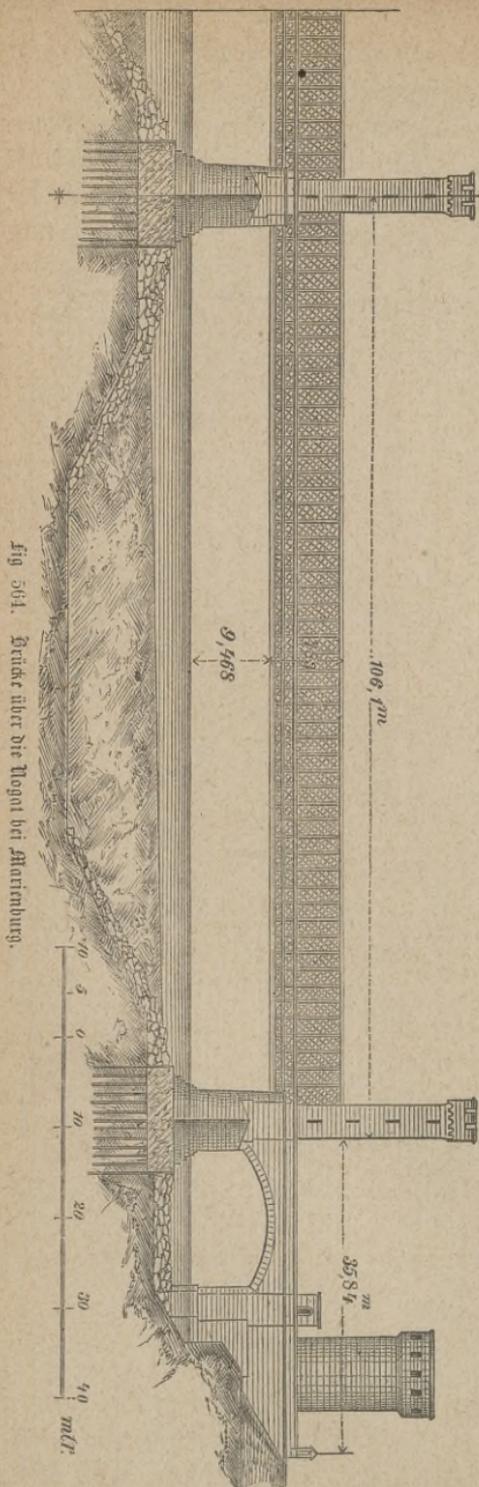


Fig. 564. Brücke über die Mogat bei Marienburg.

Auch die 6,43 Mtr. ($20\frac{1}{2}'$ preuß.) hohen Träger der Brücke über die Mogat bei Marienburg¹⁵³), s. Fig. 564 und 565, laufen kontinuierlich über deren zwei Oeffnungen und sind hinsichtlich der Breite und Anordnung der Brückenbahn denjenigen der Dirschauer Brücke ähnlich. Dagegen haben die Rahmen, wie Fig. 565 zeigt, keine Zellen, sondern nur Horizontal- und Vertikal-Platten erhalten, welche erstere staffelförmig über die ganze Brückenbreite reichen und so gleichzeitig eine Windverstrebung und ein Dach bilden. Auch die zweite, an der Unterkante der Brücke angebrachte Windverstrebung ist in ähnlicher Weise gebildet. Die 0,63 Mtr. ($2'$ preuß.) hohen Querträger bestehen aus Gitterwerk und sind mit den Gitterwänden ebenso wie das Dach durch lothrechte dreieckige Versteifungsbleche verbunden.

Unter den zahlreichen kleineren, um diese Zeit ausgeführten, Gitterbrücken soll hier nur die, im Jahre 1853 von Keller ausgeführte, Straßenbrücke über die Doss am Französischen Hof in Baden-Baden¹⁵⁴) mitgetheilt und beschrieben werden. Wie ihre Abbildungen in Fig. 566 bis 575 zeigen, besitzt sie eine Oeffnung von 12 Meter Spannweite, eine Breite von 7,2 Meter der Fahrbahn, und von je 1,8 Mtr. der beiden Bankette. Die Brückenbahn wird von fünf Trägern, einem Mittelträger und zwei Stirnträgern

aus Eisenblech, sowie von zwei 66 Cntr. (22" bad.) hohen Seitenträgern aus Gitterwerk getragen, welche wieder durch drei eiserne Querbalken *c*, *b*, *e*, *f*. Fig. 566 und 567, der Fahrbahn miteinander verbunden sind, von denen der mittlere *b* gußeiserne, in Fig. 575 zur Hälfte dargestellte Schuhe *b* zur Auflage für die Enden der Streckbäume *d* besitzt, welche letztere einen Querböhlenbelag mit Beschotterung aufnehmen. Die schmiedeeisernen Konsolen *h*, welche die Bankette tragen und deren Anordnung sich aus der in Fig. 568 bis 570 gegebenen Ansicht und dem in Fig. 571 dargestellten Querschnitt nach *ab* ergibt, sind mit den Gitterträgern und den Stirnträgern *i*, Fig. 570, durch Winkleisen vernietet. Die Befestigung des hölzernen Brückengesimses an den Stirnträgern, s. Fig. 574, die Auflagerung der Gitterträger, s. Fig. 572 und 573, sowie alle übrigen Anordnungen, zeigen die mitgetheilten Figuren.

Auf die beiden vorbebeschriebenen großen Brücken der preußischen Ostbahn folgte die in den Jahren 1856 bis 1860 erbaute Gitterbrücke über den Rhein bei Köln mit vier Oeffnungen von 98,22 Mtr. (313' preuß.) Spannweite, sowie die in den Jahren 1858 bis 1860 errichtete Brücke über den Rhein zwischen Straßburg und Kehl mit drei gleichen Oeffnungen von je 56 Mtr. Spannweite, an welche sich an beiden Ufern je 26 Mtr. weite Oeffnungen mit Drehbrücken anschließen.

Der Ueberbau der Brücke über den Rhein bei Köln¹⁵⁵⁾, s. Fig. 576 bis 579, geht zusammenhängend über je zwei Oeffnungen hinweg und besteht aus zwei nebeneinander liegenden Brücken, einer zweigeleisigen, 7,53 Mtr.

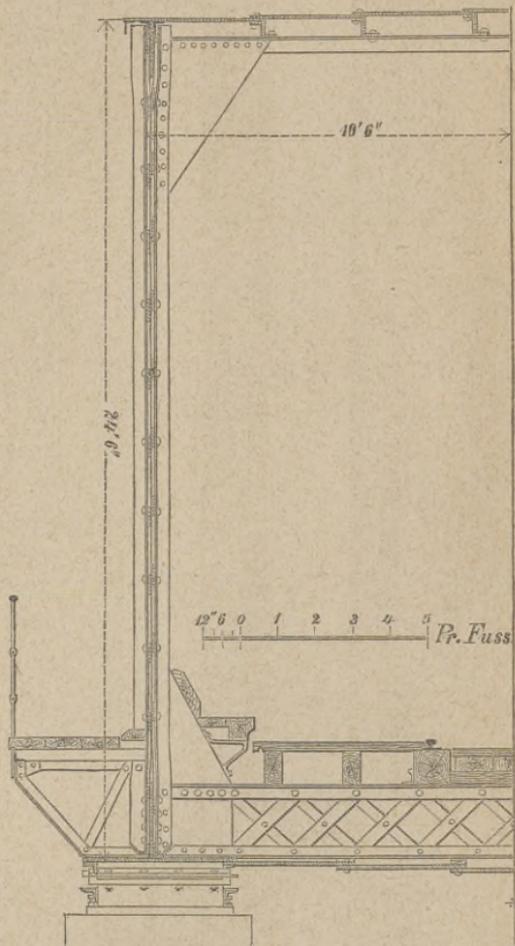


Fig. 565. Querschnitt der Brücke über die Mogat bei Marienburg.

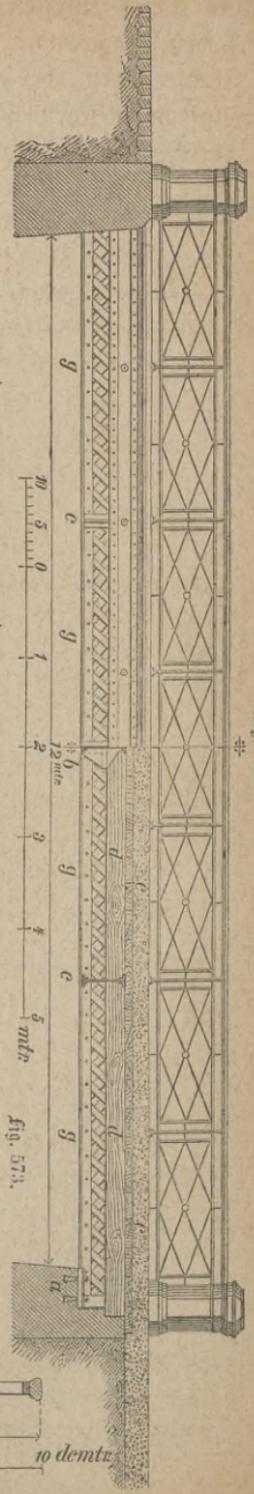


Fig. 566.

Fig. 568.

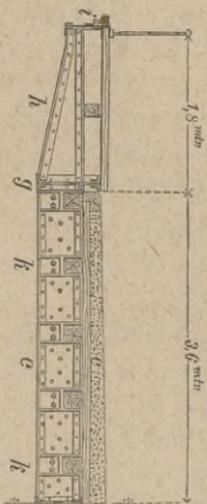


Fig. 567.

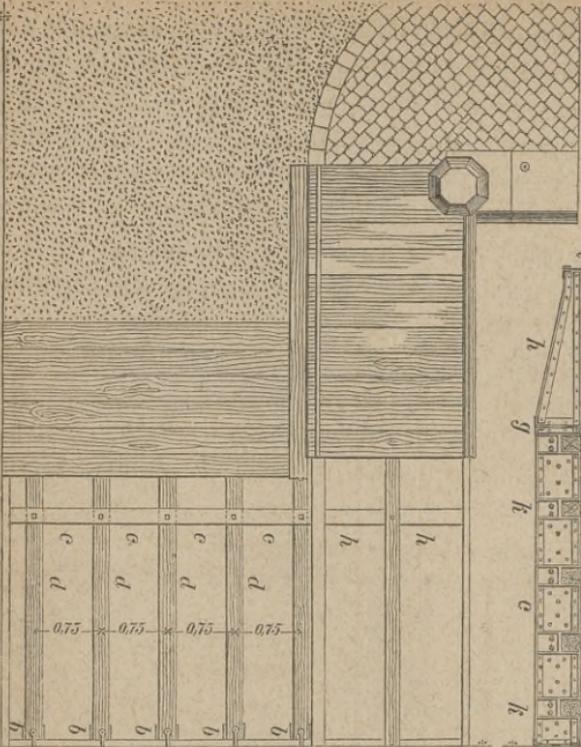


Fig. 566 bis 575. Brücke über die Oes in Baden-Baden.

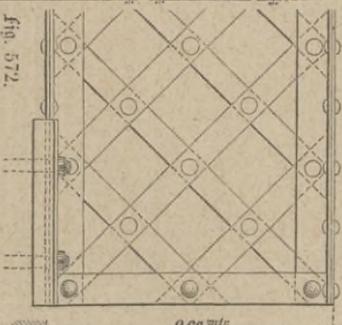


Fig. 572.

Fig. 569.

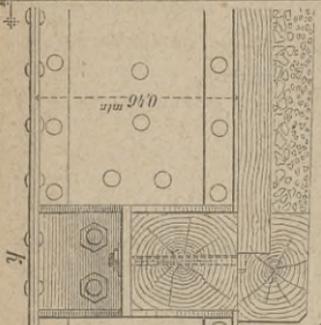


Fig. 573.

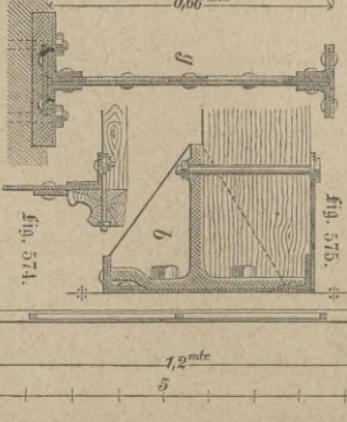


Fig. 575.

Fig. 574.

Fig. 570.

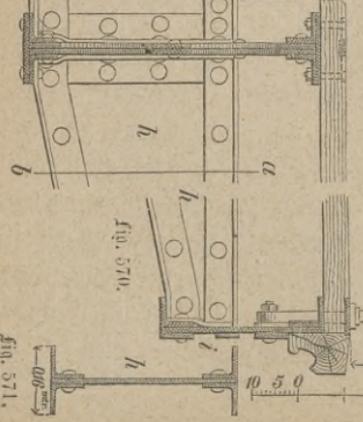


Fig. 571.

24' preuß.) breiten Eisenbahnbrücke mit doppelten, 8,52 Mtr. (27' 2" preuß.) hohen Tragwänden und einer 8,47 Mtr. (27' preuß.) breiten Straßenbrücke mit ebenso hohen, aber einfachen Tragwänden. Die Gurtungen beider Brücken haben einfache T-Form und einen, den verschiedenen Anspruchnahmen entsprechenden ab- und zunehmenden Querschnitt, während ihre Gitterstäbe von der Mitte nach den Auflagern hin von 9,1 Cmtr. (3 1/2" preuß.) Breite bei 1,3 Cmtr. (1/2" preuß.) Stärke bis zu 13 Cmtr. (5" preuß.) Breite bei 3,25 Cmtr. (1 1/4" preuß.) Stärke an der Straßenbrücke und bei 2,9 Cmtr. (1 1/8" preuß.) Stärke an der Eisenbahnbrücke zunehmen. Die Verticalversteifungen der Gitter sind 1,57 Mtr. (5' preuß.) über den Öffnungen, 0,78 Mtr. (2 1/2' preuß.) an den Auflagern voneinander entfernt und bestehen bei der Straßenbrücke aus Winkelleisen mit damit vernieteten Blechplatten, bei der Eisenbahnbrücke aus Gitterwerk mit 7,15 Cmtr. (2 3/4" preuß.) breiten, 0,95 Cmtr. (3/8" preuß.) starken Stäben zwischen den doppelten Gitterwänden.

fig. 576.

fig. 577.

fig. 578.

fig. 579.

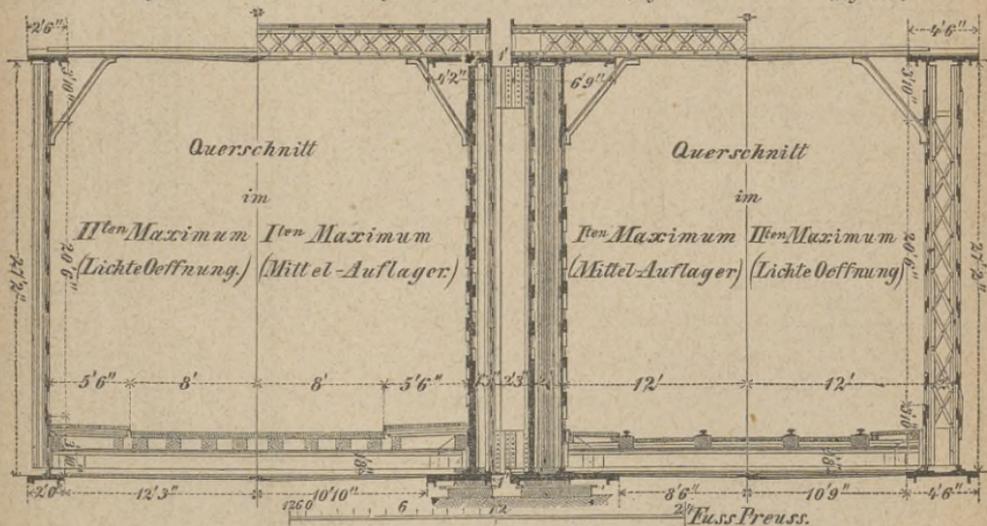


fig. 576 bis 579. Querschnitte der stehenden Brücke über den Rhein bei Köln.

Die Querträger, in Entfernungen von 3,14 Mtr. (10' preuß.) bei der Straßenbrücke und von 1,57 Mtr. (5' preuß.) bei der Eisenbahnbrücke angeordnet, bestehen aus 52,25 Cmtr. (20" preuß.) hohen, bzw. 0,95 Cmtr. (3/8" preuß.) und 1,3 Cmtr. (1/2" preuß.) starken Blechträgern mit bzw. 21 Cmtr. (8" preuß.) und 26,12 Cmtr. (10" preuß.) breiten Gurtungsplatten. Die Windversteifung ist durch über und unter den Trägern angebrachtes Gitterwerk bewirkt. Die Fahrbahn der Straßenbrücke besteht aus sieben Längsbalken, worauf ein doppelter Bohlenbelag liegt, diejenige der Eisenbahnbrücke aus 24,75 Cmtr. (9 1/2" preuß.) hohen, 31,50 Cmtr. (12" preuß.) breiten Längschwelen mit den Fahrsehienen.

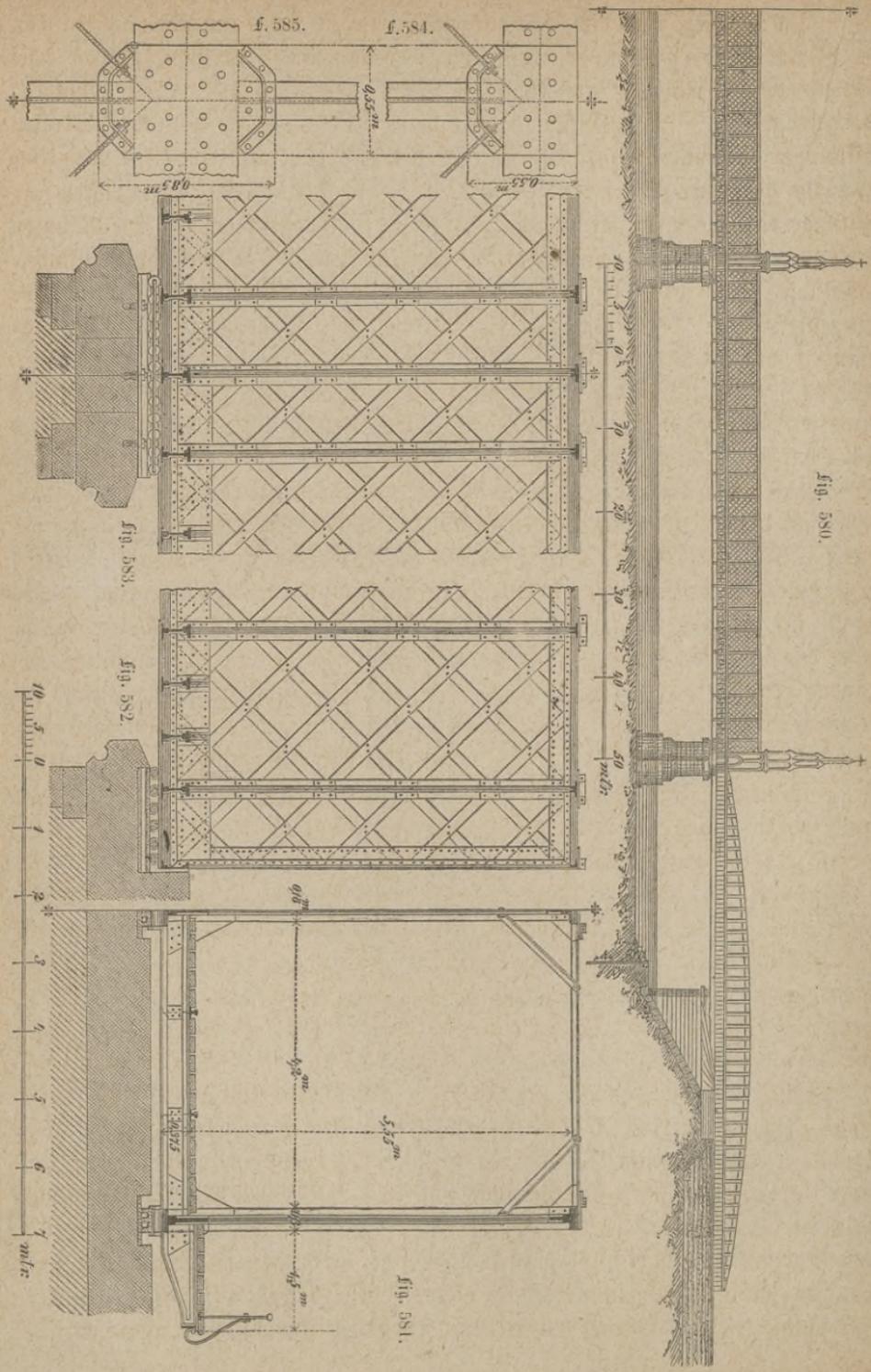


fig. 580 bis 585. Brücke über den Rhein zwischen Aehl und Strobburg.

fig. 580.

fig. 581.

fig. 583.

fig. 582.

f. 585.

f. 584.

Die in Fig. 580 bis 585 dargestellte Brücke über den Rhein zwischen Kehl und Straßburg¹⁵⁶⁾ besitzt drei Gitterwände, zwischen welchen zwei Geleise liegen, während außerhalb der Wände zwei 1,5 Mtr. breite Fußwege vorgekragt sind. Die Gitterträger laufen über die drei mittleren Stromöffnungen kontinuierlich fort und sind an ihren Enden, also über den dem Ufer zunächst liegenden Strompfeilern, welche zugleich den beiden Drehbrücken zur Auflage dienen, durch gußeiserne gothische Portale abgeschlossen. Die Rahmen der Gitterträger bestehen außer den Horizontalplatten aus je zwei, durch Winkelseisen mit jenen vernieteten Vertikalblechen, zwischen welche die Gitterstäbe eingienietet sind. Die Gitterwände sind durch je zwei äußere und innere, in Abständen von 3 Mtr. (10' bad.) über den Öffnungen und von 1,2 Mtr. (4' bad.) über den Pfeilern angebrachte, vertikale Winkelseisen versteift. Die auf den unteren Gurtungen ruhenden Querträger und Konsolen, welche aus Eisenblech bestehen, sowie die auf den oberen Gurtungen ruhenden Querverbindungen aus Winkelseisen sind durch dreieckige Bleche, letztere überdies durch Bügel aus Winkelseisen mit den Vertikalversteifungen verbunden. Ueber den Oberrahmen liegt eine, in Fig. 584 und 585 im Detail dargestellte, Windversteifung aus Winkelseisen. Die Fahrbahn besteht aus den Schienensträngen und einem Bohlenbelag, welche direkt auf den Querträgern liegen. Die Bankette bestehen aus Bohlen, welche über den Konsolen liegen, und sind nach außen durch leichte, schmiedeeiserne Geländer begrenzt. An den Stellen, wo eine Längenveränderung durch den Temperaturwechsel eintritt, liegen die Brückenträger auf Rollstühlen und diese auf durchbrochenen, gußeisernen, mit den Pfeilern verankerten Platten.

Zahlreiche Gitterbrücken entstanden um diese Zeit außer in Deutschland auch in der Schweiz, unter welchen die von Ezel in den Jahren 1853 bis 1856 erbaute seingeleisige Brücke über die Sitter bei St. Gallen¹⁵⁷⁾, s. Fig. 586 bis 589, auf der St. Gallischen Eisenbahn, mit zwei mittleren Öffnungen von 38,40 Mtr. (128' schw.), und zwei äußeren Öffnungen von 36,24 Mtr. (120,8' schw.) Spannweite auf einer 47,19 Mtr. (157,3' schw.) hohen gußeisernen Pfeilerkonstruktion; die von demselben Erbauer in den Jahren 1856 bis 1859 in der Linie Bern=Olten hergestellte Brücke über die Aar bei Bern¹⁵⁷⁾, s. Fig. 590 bis 595, mit einer Mittelöffnung von 57,20 Mtr. (190,66' schw.) und zwei Seitenöffnungen von 50 Mtr. (166,66' schw.) Spannweite auf 37,2 Mtr. (124' schw.) über Mittelwasser hohen, höhlgemauerten Pfeilern und der in der Eisenbahn von Lausanne über Freiburg nach der Berner Grenze während der Jahre 1857 bis 1862 erbaute zweigeleisige Viadukt über die Saane bei Freiburg¹⁵⁸⁾, s. Fig. 596 bis 604, mit fünf mittleren Öffnungen von 48,8 Mtr. und zwei äußeren Öffnungen von 44,92 Mtr. Spannweite auf 43,23 Mtr. hohen gußeisernen Pfeilern mit schmiedeeisernen Verstreibungen und steinernen Sockeln hervorzuheben sind.

Die Sitterbrücke besitzt, wie Fig. 586 und 589 zeigt, über die Oeffnungen fortlaufende Gitterträger mit wagrechten Gurtungsplatten, an welche die an ihren Kreuzungsstellen vernieteten Gitterstäbe mittels äußerer durchlaufender Winkleisen angenietet wurden und Vertikalversteifungen aus Winkleisen, mit welchen die theils aus Eisenblech, theils aus Gitterwerk hergestellten, durch Windverstreifungen aus flachen Schienen seitlich versteiften Querträger verbunden sind. Auf diesen Querträgern und in etwa $\frac{1}{3}$ der Tragwandhöhe ruhen Längsschwellen mit den Fahrschienen und Längsbohlen zu beiden Seiten des Geleises.

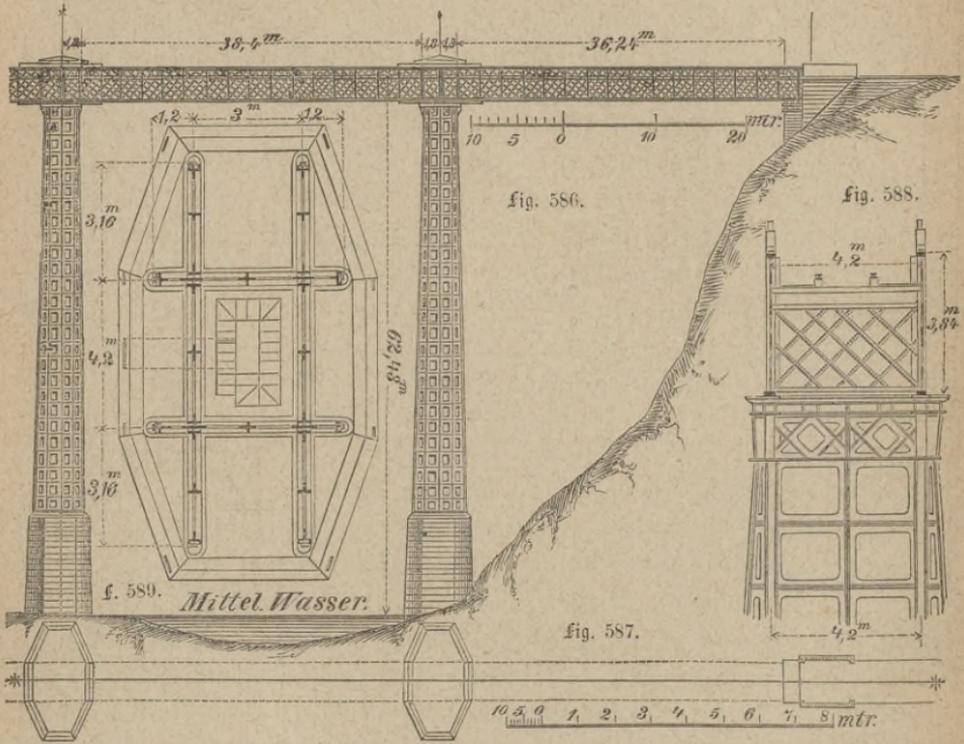


Fig. 586 bis 589. Brücke über die Sitter bei St. Gallen.

Zur Verstärkung der Gitterträger über den Mittelpfeilern sind auf die Oerrahmen derselben $3,9$ Mtr. ($13'$ schw.) lange, gußeiserne Sattelstücke geschraubt.

Auch die Narbrücke hat, wie die Figuren 590, 594 und 598 zeigen, über sämtliche Oeffnungen fortlaufende Gitterträger, über deren oberen Gurtungen Querschwellen mit den zwei Geleisen der Eisenbahn und mit schmiedeisernen Brustwehren liegen und zwischen welchen sich ein Fahrweg für Straßenfahrwerk befindet. Die Gurtungen und Gitterwände sind ähnlich wie bei der Sitterbrücke konstruirt, nur wegen der doppelten Fahrbahnen oben und unten

mit, durch rundeiserne Diagonalverstrebenungen unter sich versteiften, Querträgern aus Eisenblech verbunden, welche wieder in den je zwei Winkeln, die sie mit den Gitterwänden einschließen, durch dreieckige Winkelbleche und knieförmige, darüber genietete Winkeleisen mit jenen Wänden unverschieblich vereinigt sind.

Fig. 590.

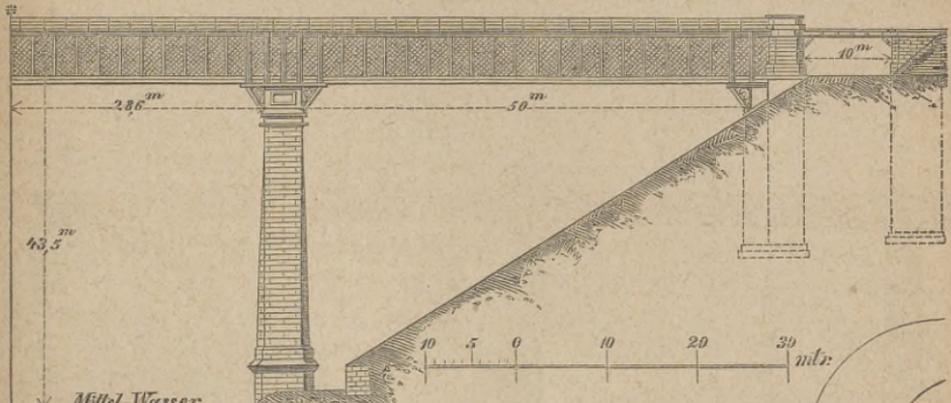


Fig. 591.

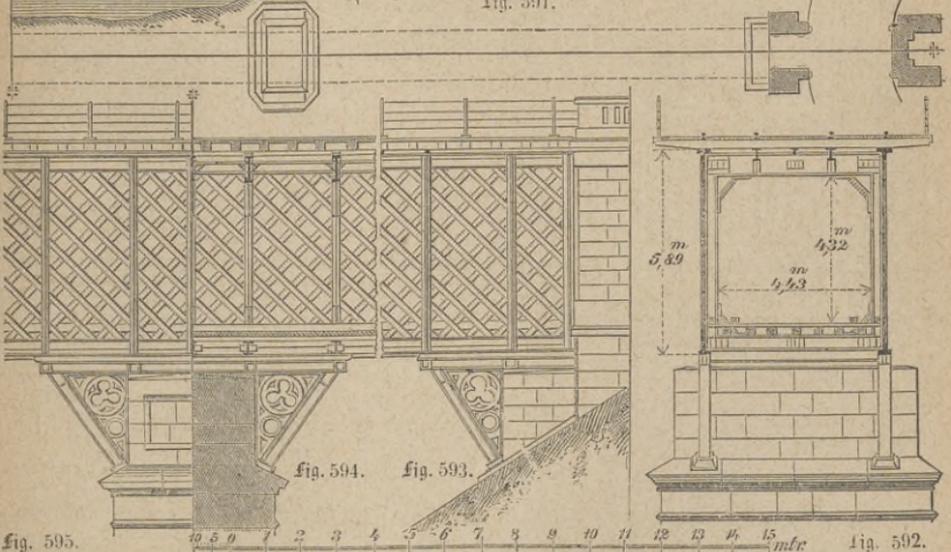


Fig. 590 bis 595. Brücke über die Aar bei Bern.

Zur Unterstützung der Eisenbahn-Querschwellen dienen zwei, direkt unter den Schienensträngen mit den oberen Querträgern verbundene, doppelt T-förmige Längsträger aus Eisenblech, während die Querbohlen des Fahrweges von sieben unmittelbar auf den unteren Querträgern ruhenden Längschweller getragen werden. Zur Unterstützung der Gitterträger über den

Fig. 596.

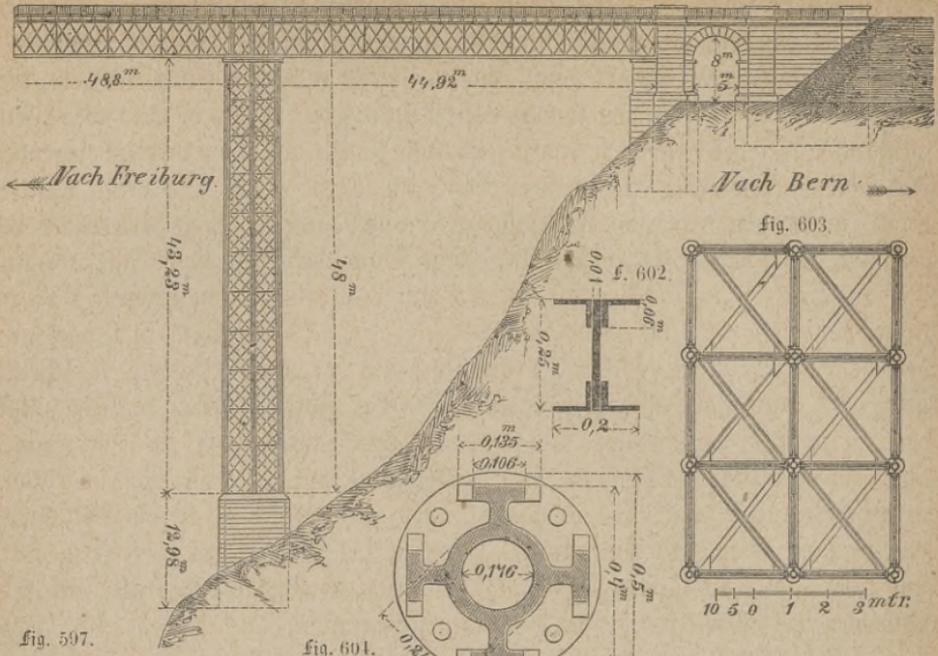


Fig. 603.

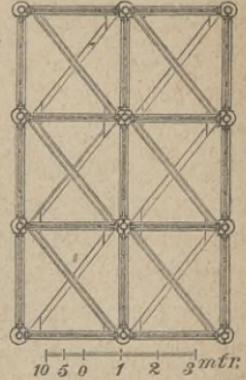


Fig. 597.

Fig. 601.

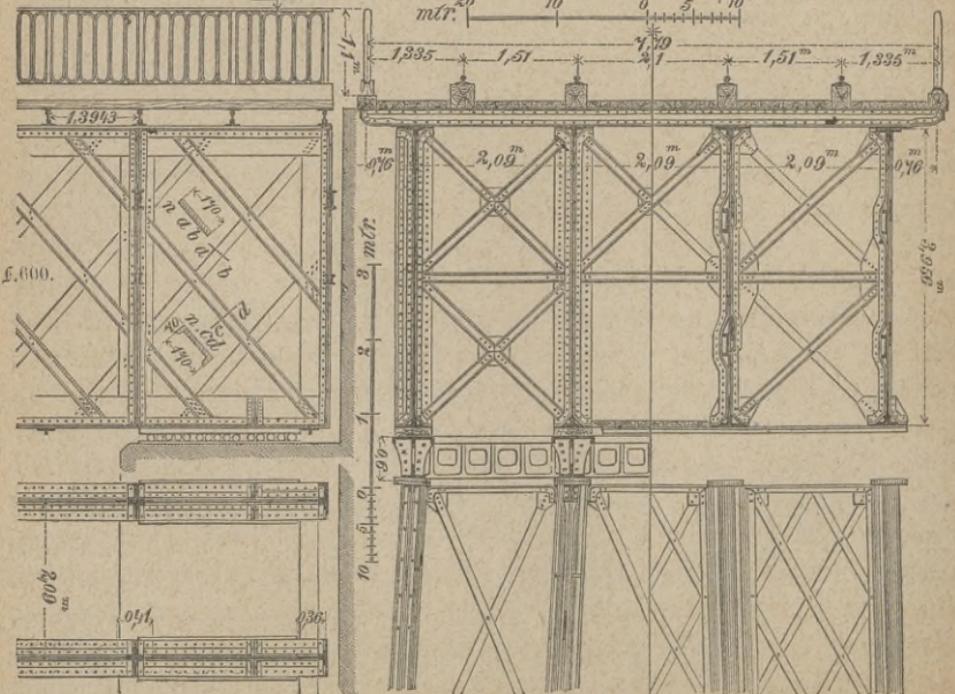
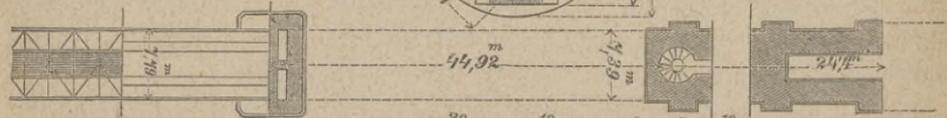


Fig. 601.

Fig. 598.

Fig. 599.

Fig. 596 bis 604. Viadukt über die Saane bei Freiburg.

Mittelpfeilern sind an jeder Seite der letzteren zwei gußeiserne Konsolen angebracht worden, worauf sie mit ihren unteren Gurtungen ruhen.

Der Saaneviadukt besitzt, wie theilweise aus Fig. 596 hervorgeht, vier über sämtliche Oeffnungen fortlaufende Gitterträger, über welchen die Eisenblechquerträger des doppelten Fahrgeleises mit seinen auf Längsschwellen liegenden Fahrschienen sowie die Längsbohlen der Fußbahnen ruhen und deren mittlere direkt unter den inneren Fahrschienen, deren äußere etwas außerhalb der äußeren Fahrschienen angebracht sind. Die Gurtungen sind nach Fig. 588 und 599 aus Horizontal- und Vertikal-Platten mittels Winkleisen in Doppelt-T-Form zusammengesetzt und die, wie Fig. 600 zeigt, mit U-förmigem Querschnitt versehenen gedrückten, sowie die mit rechteckigem Querschnitt versehenen gezogenen Gitterstäbe oben und unten gegen jene Vertikalplatten genietet. Nach der Breite der Brücke sind die einzelnen Tragwände durch, in zwei Etagen angeordnete, Diagonalversteifungen aus Stäben mit U-förmigem Querschnitt verbunden und so gegen Seitenschwankungen geschützt; nur in dem Mittelfelde der unteren Etage ist ein mit Längsbohlen belegter Fußweg, s. Fig. 598 und 599, zur Besichtigung und Instandhaltung der Brücke angebracht und deshalb hier das Versteifungskreuz durchweg fortgelassen.

Die geringe Seitensteifigkeit, welche die flachen Gitterstäbe zeigten, veranlaßten bei den von v. Kuppert erbauten, im Jahre 1858 vollendeten Brücken über die Eipel mit drei lichten Oeffnungen von 44,24 Mtr. (140' österr.) an den Ufern und von 56,88 Mtr. (180' österr.) in der Mitte, s. Fig. 605 bis 616, und Gran in Ober-Ungarn¹⁵⁹⁾ auf der südöstlichen Staatsbahn, mit drei lichten Oeffnungen von 43,23 Mtr. (136,8' österr.) an den Ufern und von 50,56 Mtr. (160' österr.) in der Mitte, die Hinweglassung der bisher üblichen vertikalen Absteifungen zwischen den Rahmen, und die Anwendung halbcylinderrörmiger Stäbe, s. Fig. 614 bis 616, zu den Gitterwänden, für welche, zum Behufe einer größeren Materialersparniß, zugleich eine größere Maschenweite zu Grunde gelegt wurde. Die Rahmen wurden kreuzförmig, aus wagrechten und senkrechten, mittels Winkleisen verbundenen Platten, gebildet und die Gitterstäbe gegen je eine vertikale Platte genietet. Zur Vermeidung einer Verschiebung der Maschen wurden die Gitterstäbe an ihren Kreuzungspunkten mittels einer Zwischenplatte und je vier Nieten untereinander befestigt. Diese Kreuzungsnieten, welche einer Abscherung vorzugsweise zu widerstehen haben, wurden sorgfältig auf die genaue Dicke des Nietloches abgedreht und kalt vernietet, damit sie jenes vollkommen ausfüllen; im Uebrigen wurde die übliche warme Nietung beibehalten. Die Träger beider Brücken sind kontinuierlich und bestehen aus je zwei Tragwänden für je zwei Geleise und je zwei außerhalb liegenden Banketten. Steinernen Pilonen auf den Widerlagern und gußeiserne Absteifungen auf den Strompfeilern gewähren der Konstruktion den nöthigen

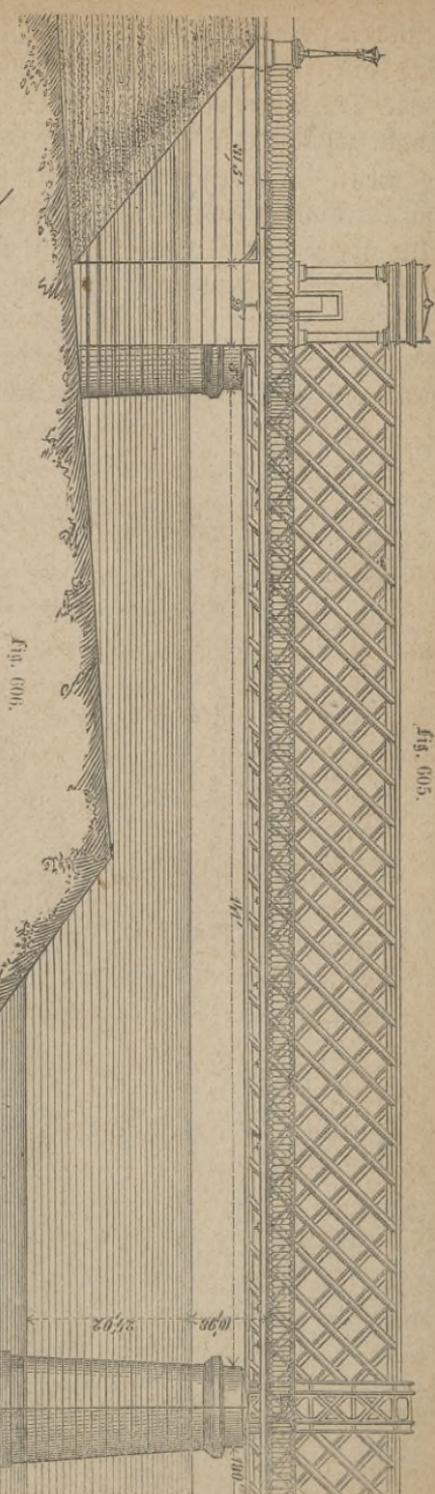


Fig. 605.

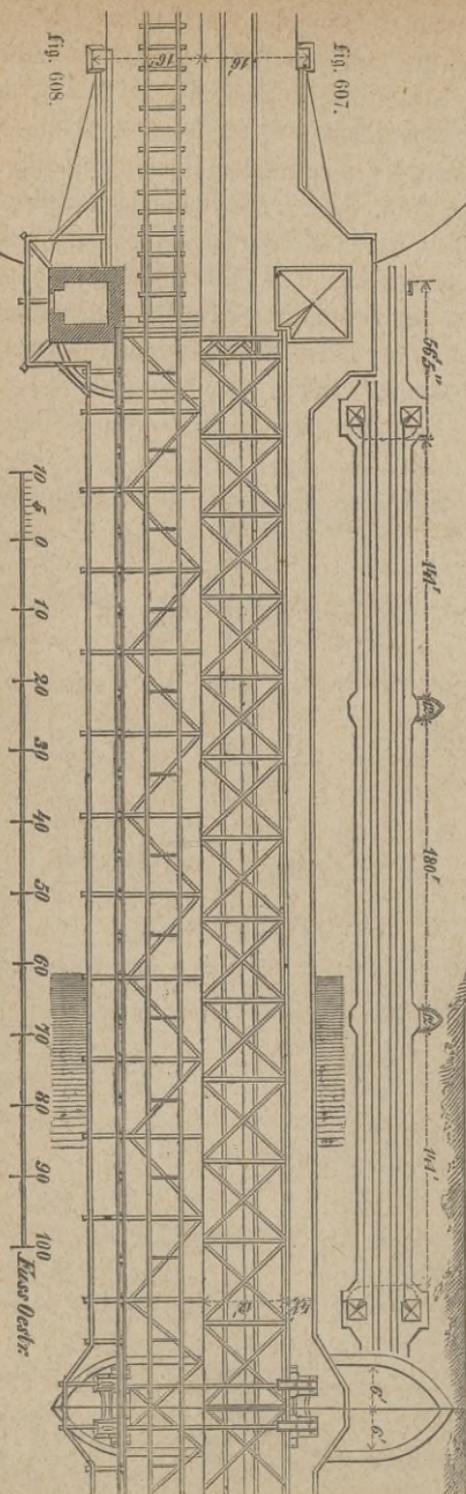


Fig. 606.

Fig. 608.

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Kaiser-Oester.

fig. 605 bis 608. Brücke über die Elpe in der kaiserlichen Staatsbahn in Ober-Ungarn.

bei Erkner¹⁶⁰) von 25,73 Mtr. (82' preuß.) Spannweite, mit im Querschnitt kreuzförmigen Streben und flachen Zugbändern, und bei den bzw. in den Jahren 1857 bis 1858 und 1858 bis 1860 in der linksrheinischen Bahn erbauten Brücken über die Mosel bei Koblenz¹⁶¹) und über die Nahe bei Bingen¹⁶¹) sich ausgeführt finden.

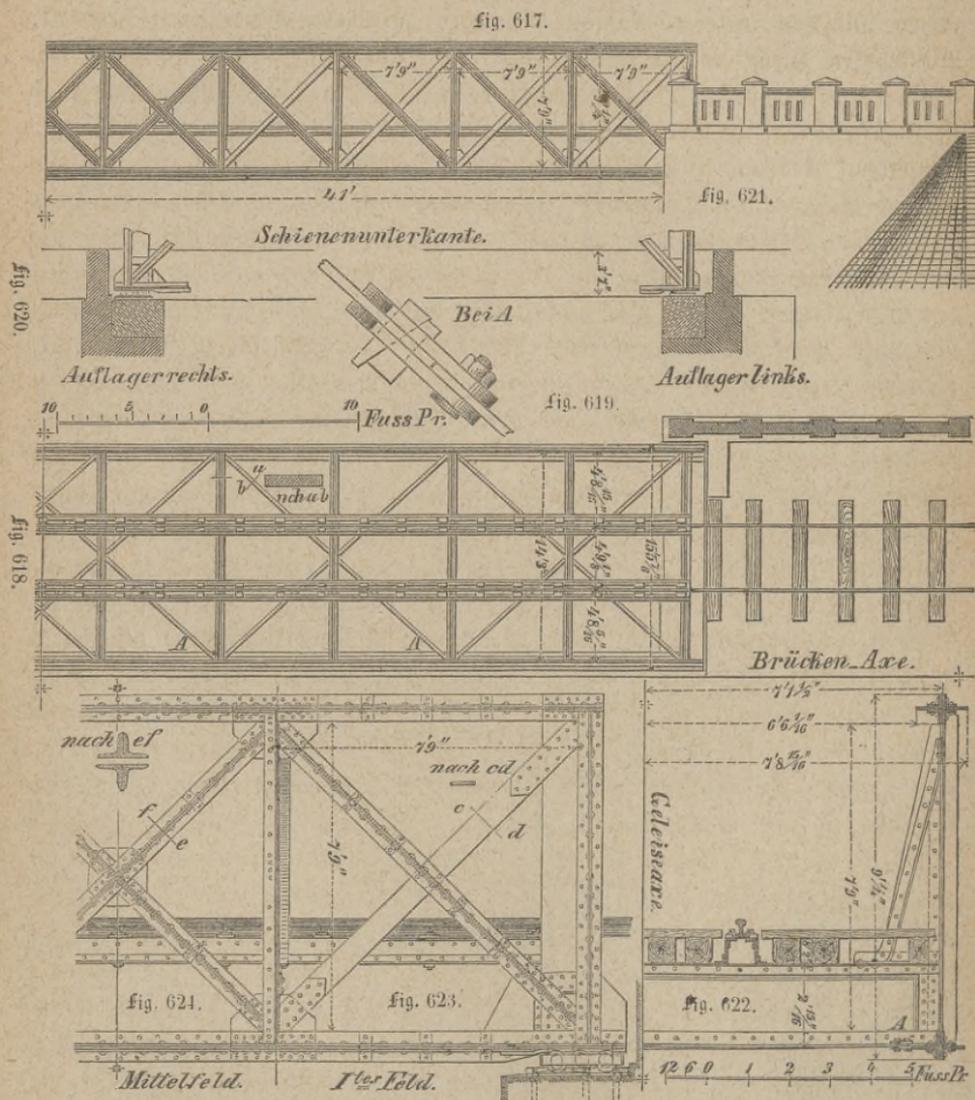


fig. 617 bis 624. Brücke über den Flackensee bei Erkner.

Die Flackenseebrücke, s. Fig. 617 bis 624, hat zwei, von je zwei, 4,47 Mtr. (14' 3" preuß.) von einander entfernten, 2,82 Mtr. (9' preuß.) hohen Fachwerkswänden getragene Geleise. Jede der beiden Tragwände besteht

aus kreuzförmigen Gurtungen, welche im Abstände der Querträger von gleichfalls 2,82 Mtr. (9' preuß.) durch vertikale Winkelleisen, sowie durch jene, unter Winkeln von 45° geneigte, kreuzförmige Streben und flache Zugbänder und an den Enden durch breite, vertikale Blechstreifen, untereinander verbunden sind. Die im Querschnitt doppelt T-förmigen Querträger aus Eisenblech ruhen auf den unteren Rahmen und sind auf den entsprechenden vertikalen Winkelleisen durch, mittels weiterer Winkelleisen versteifte, dreieckige Bleche verbunden. Die horizontale Kreuzverbindung der Tragwände und Querträger ist unterhalb der letzteren angebracht und besteht aus 7,8 Cmtr. ($3''$ preuß.) breiten, 1,3 Cmtr. ($1/2''$ preuß.) starken Flachschienen, welche mit, an dem unteren Rahmen der Tragwände angenieteten, Lappen am einen Ende durch Laschen und Bolzen, am anderen durch eine Keilstellung zum Anspannen und an ihren Kreuzungspunkten mit den Querträgern durch je einen Schraubenbolzen verbunden sind. Die unmittelbar auf die Querträger mittels durchlaufender Winkelleisen angenieteten Längsträger der Fahrschienen sind kastenförmige, unten ganz, oben theilweise offene Blechbalken von 21 Cmtr. ($8''$ preuß.) Höhe und 21 Cmtr. ($8''$ preuß.) Weite im Lichten. Quer über denselben liegen in den geeigneten Abständen die Unterlagsplatten der Fahrschienen, welche mit den Befestigungslaschen derselben zugleich an die Längsträger angebolzt sind. In den Zwischenräumen der Fahrbahn sind über die Querträger Längschweller und über diese Querbohlen gelegt. Die Endauflager der Tragwände ruhen an dem einen Brückenpfeiler auf festen, gußeisernen Platten, an dem anderen auf drei, in einem Rahmen befindlichen, gußeisernen Rollen, welche auf festen, gußeisernen Platten laufen. Bei der Ausführung wurden alle vorhandenen Fugen gut verstemmt, die Nietungen warm ausgeführt, ferner alle Eisentheile zweimal mit rother Mennigfarbe und hierauf mit Bronzefarbe angestrichen. Die größten Anspruchnahmen des Eisens betragen in den Rahmen 527,71 Kgr. per □ Cmtr. (7220 Pfd. per □" preuß.), in den Streben 431,23 Kgr. per □ Cmtr. (5900 Pfd. per □" preuß.), in den Zugbändern 584,72 Kgr. per □ Cmtr. (8000 Pfd. per □" preuß.), in den Querträgern 559,14 Kgr. per □ Cmtr. (7650 Pfd. per □" preuß.), in den Längsträgern ca. 292,36 Kgr. per □ Cmtr. (4000 Pfd. per □" preuß.); Werthe, worin auf die geringere Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Druck und Knicken, sowie auf die größere Anstrengung der, den Stößen der Fahrbetriebsmittel unmittelbar ausgesetzten, Fahrbahntheile die gebührende Rücksicht genommen ist.

Die Eisenbahnbrücke über die Mosel bei Koblenz, siehe Fig. 625 bis 639, führt zwei Geleise über vier, mit Eisenkonstruktionen überbrückte Stromöffnungen von je 41,42 Mtr. ($132'$ preuß.) und über sechs mit Ziegeln überwölbte Flutöffnungen von je 15,69 Mtr. ($50'$ preuß.) Lichtweite.

Jede Eisenkonstruktion überspannt zwei Öffnungen und hat zwei einfache, 8,24 Mtr. (26' 3" preuß.) von einander entfernte Tragwände, welche durch doppelt T-förmige Querträger aus Eisenblech und ein horizontales Gitterwerk miteinander verbunden sind.

Die Querträger, welche zu ihrer Versteifung noch einen Längenverband aus Vertikalgittern erhalten haben, tragen direkt die in mittlerer Höhe liegenden kiefernen, mit Kupfervitriol imprägnirten Langschwellen, sowie die Fahrsvhienen mit dazwischen, auf niedrigeren Langschwellen, eingeschaltetem Belag von Querbohlen. Die Tragwände haben T-förmige, aus Platten und Winkeleisen zusammengesetzte Gurtungen und ein zweifaches Gittersystem von T-förmigen, unter Winkeln von 45° geneigten Gitterstäben und vertikalen Flachsvhienen, an welche sich die Querträger anschließen und mit denselben durch oben und unten angebrachte, dreieckige Versteifungsbleche verbunden sind. Die Gitterstäbe sind von den Öffnungen nach den Auflagern hin in vier zunehmenden Stärken zur Anwendung gekommen, deren Profile

sämmtlich 13 Cntr. (5" preuß.) breite Füße haben, sich nur durch die Dicke der Füße von einander unterscheiden und deshalb je zwei derselben zwischen einem Walzenpaare hergestellt wurden. Die Tragwände ruhen an den Enden auf Kollagern, welche zwischen gußeisernen Platten laufen, in der

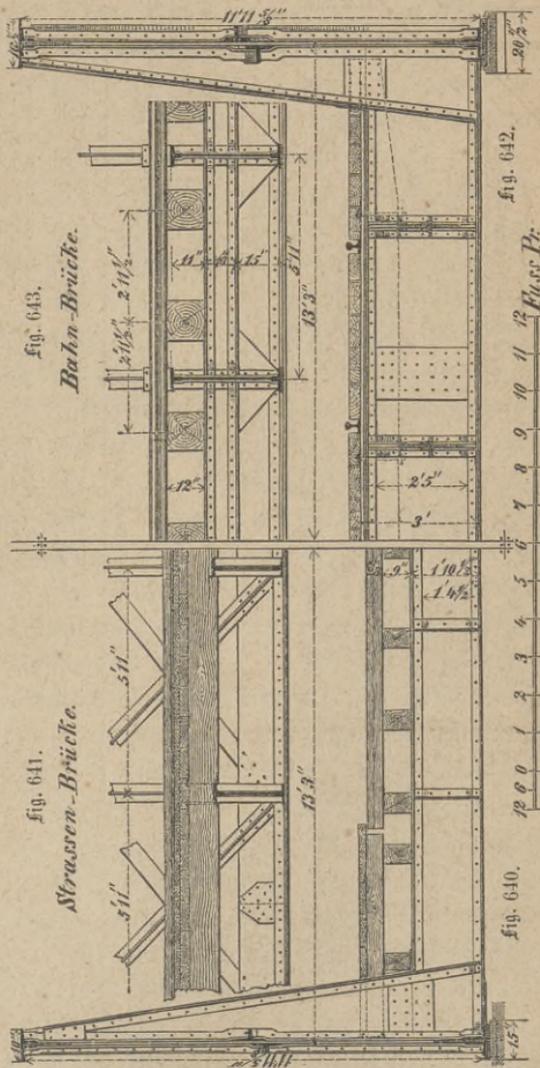


Fig. 640 bis 643. Querschnitte der Stroßen- und Eisenbahn-Brücke über die Nahe bei Bingen.

Mitte auf festen gußeisernen Platten, wobei alle Gussplatten zwischen sich und den unteren Gurtungsplatten, sowie über den oberen Quaderschichten der Pfeiler Zwischenlagen von Bleiplatten erhalten haben.

Die Nahebrücke bei Bingen, siehe Fig. 640—643, hat drei Oeffnungen von je 34,53 Mtr. (110' preuß.) Lichtweite, welche durch zwei gesonderte, auf gemeinschaftlichen Pfeilern ruhende Eisenkonstruktionen überbrückt sind. Die eine derselben trägt zwei Geleise zur Verbindung der Hessischen Ludwigsbahn mit der Rheinischen Bahn, während die andere dem gewöhnlichen Straßenverkehr zwischen beiden Ufern dient. Bei beiden Konstruktionen hat jede Oeffnung ihre besondere Ueberbrückung. Jede Ueberbrückung der Eisenbahnbrücke hat zwei einfache, 8,32 Mtr. ($26\frac{1}{2}'$ preuß.) von einander abstehende Tragwände, welche unten in Entfernungen von je 1,86 Mtr. ($5' 11''$ preuß.) durch doppelt T-förmige Träger aus Eisenblech verbunden und mit diesen durch dreieckige Bleche versteift sind. Die Tragwände sind, wie bei der vorherbeschriebenen Moselbrücke, mit T-förmigen Gurtungen und Gitterstäben im zweifachen System, sowie mit flachen Vertikalstäben konstruirt und sind gegen die Gitterstäbe an den Stellen, wo sie mit den Vertikalplatten der Gurtungen vernietet sind, sowie in der Nähe der Auflager, der stärkeren Anspruchnahme entsprechend, überdies flache Laschen genietet. Die Querträger sind durch je vier doppelt T-förmige Längsträger, gleichfalls mittels dreieckiger Aussteifungsbleche, verbunden, welche die Querschwellen mit den Fahrschienen und dem Belag aus Längsböhlen aufnehmen. Ein zur Verhütung der Horizontalschwankungen dienendes Horizontalgitter liegt unter den Querträgern und ist aus Winkelleisen gebildet. — Die Tragwände der Straßenbrücke sind nach demselben System, nur mit entsprechend schwächeren Abmessungen, konstruirt. Die unmittelbar auf den Querträgern ruhende Brückenbahn besteht, wie die Figuren 640 und 641 zeigen, aus sieben Längschwellen mit doppeltem Belag aus quergelegten Böhlen für die Fahrbahn und aus je zwei Längschwellen mit Querschwellen und Längsböhlen für die beiderseitigen Bankette.

Während bei den letztgenannten Brücken der Rheinischen Eisenbahn auch die gezogenen Gitterstäbe steif, und zwar mit T-förmigem Querschnitt, profilirt wurden, erhielten die in den Jahren 1860—1862 in der Linie Heilbronn-Hall der Württembergischen Staatsbahn bei Heilbronn erbauten Brücken¹⁶²⁾ über den linken und rechten Neckararm, siehe Fig. 644 bis 653, mit je zwei Oeffnungen von je 25,785 Mtr. und mit je einer Oeffnung über den Wilhelmskanal von 25,785 Mtr. und über den Fabrikkanal von 22,92 Mtr. Spannweite nach dem System der, auf Seite 288 und 289 abgebildeten und beschriebenen, Flackenseebrücke wieder Flackschienen für die gezogenen und T-förmig profilirte Schienen nur für die gedrückten Gitterstäbe, während die Vernietungen derselben an ihren Kreuzungsstellen noch beibehalten sind.

Jede der genannten, unter sich gleichen Neckarbrücken besitzt kontinuierliche Träger mit je zwei Tragwänden für ein Geleise, welche durch doppelt T-förmige Querträger aus Eisenblech mittels dreieckiger, vertikaler Aussteifungsbleche unter einander verbunden sind, während die Querschwellen mit den Fahrstienen und dem Bohlenbelag auf je sieben besonderen, zwischen den Querträgern eingeschalteten Längsträgern ruhen. Die Tragwände selbst bestehen aus T-förmigen Gurtungen, welche außer durch die im zweifachen System angeordneten, unter Winkeln von 45° geneigten, außenliegenden, T-förmig profilirten Druckstäbe und innenliegenden flachprofilirten Zugstäbe an den Anschlüssen der Querträger durch Flachstienen verbunden sind.

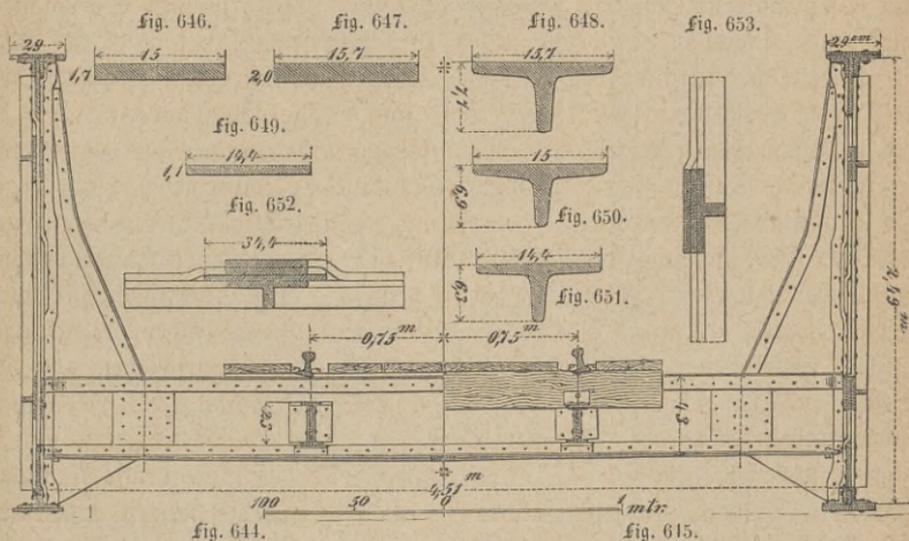
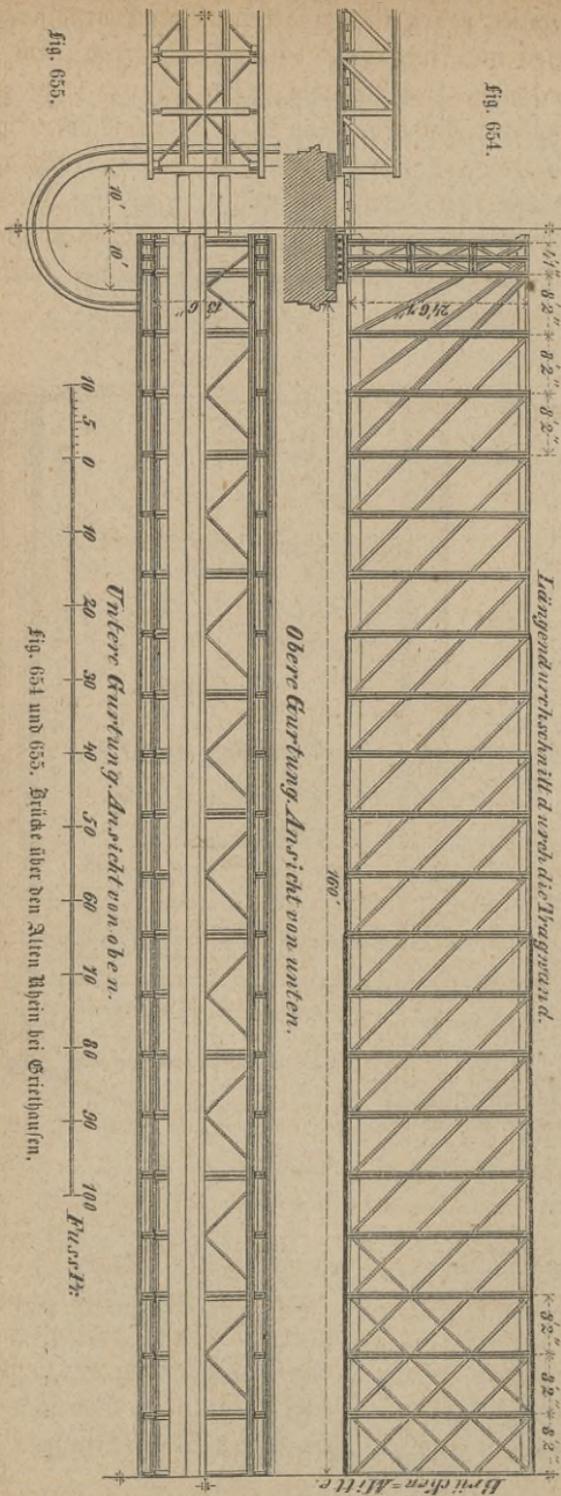


Fig. 644 bis 653. Querschnitt und Details der Brücke über den Neckar bei Heilbronn.

Den verschiedenen Anspruchnahmen entsprechend, haben sowohl die gedrückten als die gezogenen Gitterstäbe drei verschiedene, in den Figuren 646—651 dargestellte, als auch die Gurtungen ab- und zunehmende Stärken erhalten. Die horizontalen Seitenversteifungskreuze liegen direkt unter den Querträgern und bestehen aus Flacheisen. Mit den Modifikationen, welche Träger über nur eine Öffnung erfordern, sind die beiden erwähnten Kanalbrücken ähnlich wie die Neckarbrücken konstruirt.

Im Jahre 1858 veröffentlichte *Monié*¹⁶³⁾ eine verbesserte, ihm paten-
tirt Konstruktion der Gitterbrücken mehrfachen Systems, welche, mit Ausnahme der Brückenmitte, in der Vermeidung nach zwei Richtungen geneigter und in der Anwendung nur einseitig geneigter gezogener und lothrecht gestellter, steifprofilirter, gedrückter Stäbe, jedoch noch mit Anwendung ihrer Vernetzung unter sich besteht und, außer an einer, im Anfang der sechziger Jahre mit zweifachem System ausgeführten Brücke bei Allahabad über den *Sumna*¹⁶⁴⁾ in der ostindischen Eisenbahn von Calcutta nach Delhi, an der in



den Jahren 1863—1864 erbauten Brücke über den Alten Rhein bei Grieshausen¹⁶⁵⁾ in der Linie Cleve-Zevenaar der Rheinischen Eisenbahn, siehe Fig. 654 bis 665, mit einer Oeffnung von 100,42 Mtr. (320' preuß.) und 20 Oeffnungen von 18,29 Mtr. (60' preuß.) im bezw. dreifachen und einfachen System Anwendung gefunden hat.

Die 7,71 Mtr. (24' 6,7" preuß.) hohen Tragwände der großen Oeffnung schließen ein Bahngelise zwischen sich ein und bestehen aus Gurttungen mit je einer Horizontalplatte und je zwei, 41,75 Cmtr. (16" preuß.) von einander abstehenden, mit jenen mittels Winkelleisen vernieteten Vertikalplatten. Die Vertikalstäbe bestehen in einer Ausfüllung des Zwischenraumes zwischen den Gurttungen durch eine, mit Winkelleisen eingefasste und mit jenen vernieteten Blechplatte, wodurch dieselben einen doppelt T-förmigen Horizontalschnitt erhalten. Die flachen, mit Ausnahme derjenigen an den Auflagern, unter Winkeln von 45° gegen den Horizont geneigten Zugstangen um-

fassen die vertikalen Gurtungsplatten paarweise und gehen an den Vertikalsteifen vorbei, an welchen sie durch Riete und Futterringe festgehalten werden. Die in der Mitte der Konstruktion vorkommenden Gegendiagonalen gehen, leicht zusammengesogen, zwischen den anderen hindurch. Die Tragwände sind oben, wie die Figuren 657 und 658 zeigen, sowol durch vertikale Quergitter aus horizontalen Winkleisen und diagonalen Flachstäben, welche die nöthige Durchfahrtsöffnung frei lassen, als durch horizontale Gitter aus Flachstäben zwischen den oberen Gurtungen, welche an ihren Kreuzungen durch je einen starken Niet zusammengehalten werden, abgesteift.

Fig. 656.

Fig. 657.

Fig. 658.

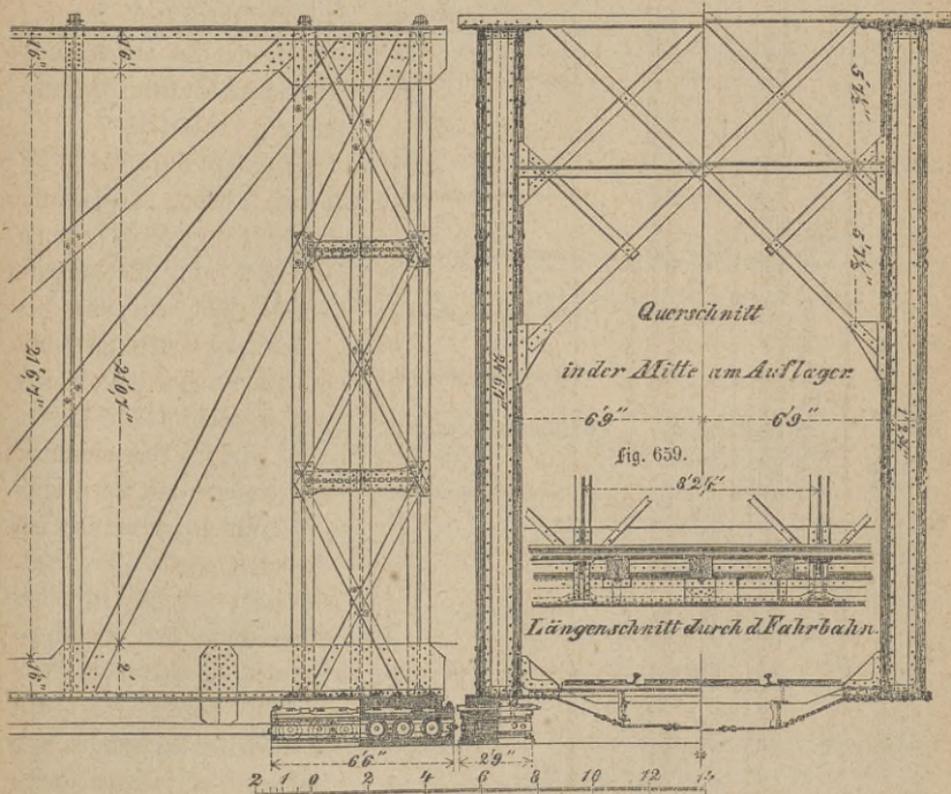


Fig. 656 bis 659. Längensicht und Querschnitt der Brücke über den Alten Rhein bei Griethausen.

Die untere Verbindung der Tragwände besteht, wie die Figuren 657 bis 659 zeigen, außer dreieckigen Eckversteifungen, aus einer nach unten zweimal gebrochenen, mit der wagerechten Platte der untern Gurtung verbundenen, durchgehenden Querplatte, welche die nöthige Horizontalversteifung und zugleich die untere Gurtung der Querträger bildet, während die obere Gurtung der Querträger aus je zwei Winkleisen besteht. Zwischen diesen Gurtungen der

Querträger liegen nach der Breite der Brücke je zwei T-förmige Längsträger, welche die Querschwellen mit den Fahrseilen und dem Bohlenbelag aufnehmen.

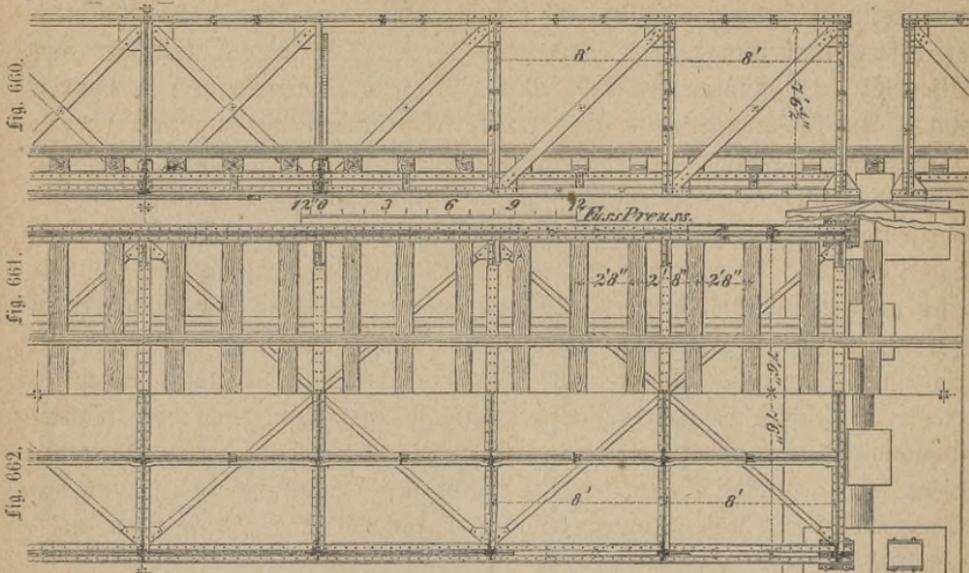


Fig. 660 bis 662. Ansicht und Grundriss der kleinen Oeffnung der Brücke über den Alten Rhein bei Griethausen.

Fig. 664.

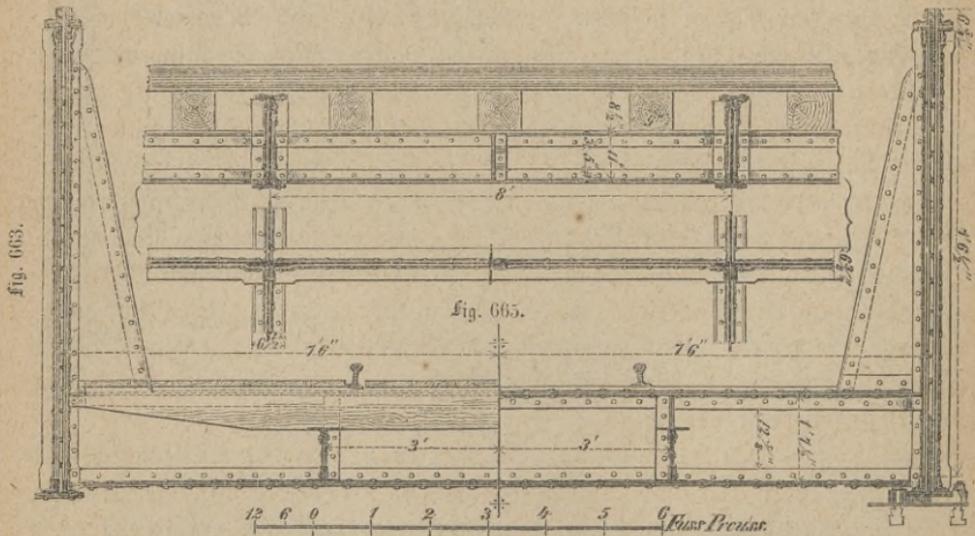


Fig. 663 bis 665. Querschnitt durch die kleine Oeffnung der Brücke über den Alten Rhein bei Griethausen.

An dem einen Ende besitzen die Träger ein festes, am anderen ein bewegliches Auflager, welche beide aus zwei gußeisernen Platten mit dazwischen geschobenen Stahlkeilen bestehen und wovon jenes fest aufliegt, letzteres wieder mittels eines Rollenstuhls auf einer dritten gußeisernen Platte ruht.

Jede Ueberbrückung der 18,83 Mtr. (60' preuß.) weiten Oeffnungen hat zwei einfache, 20,08 Mtr. (64' preuß.) lange, 4,71 Mtr. (15' preuß.) von einander entfernte, 2,51 Mtr. (8' preuß.) hohe Tragwände, welche mittels dreieckiger Versteifungsbleche durch neun doppelt T-förmige Querträger aus Eisenblech in Abständen von 2,51 Mtr. (8' preuß.) untereinander verbunden sind. Auf der unteren Gurtung der Querträger ruhen wieder je zwei doppelt T-förmige Längsträger, welche die Querschwellen mit den Fahrschienen und dem Belag aus Längsbohlen aufnehmen. Unterhalb der Querträger ist ein horizontales Versteifungsgitter aus Flachschienen eingespannt. Die Tragwände haben parallele Gurtungen, deren obere einen kreuzförmigen, aus vier Winkelleisen und dazwischen liegenden Flachstäben zusammengesetzten, deren untere einen T-förmigen, aus zwei Winkelleisen mit vertikalen und horizontalen Platten zusammengesetzten Querschnitt hat. Der zwischen den vertikalen Schenkeln dieser Winkelleisen befindliche Zwischenraum ist zur Vermeidung von Wasseransammlungen mit Asphalt ausgefüllt. Zur Verbindung beider Gurtungen dient jenes einfache System von kreuzförmigen Vertikalstäben und flachen Diagonalstäben, welche mittels besonderer Platten an die Gurtungen angegeschlossen sind.

Während die Gitterstäbe der großen Griethausener Ueberbrückung noch unter sich vernietet sind, ist bei der in den Jahren 1865—1867 erbauten Brücke über den Rhein zwischen Ludwigshafen und Mannheim¹⁶⁶⁾, siehe Fig. 666 bis 673, mit drei Oeffnungen von 90 Mtr. Spannweite diese Vernietung weggelassen und erscheint so das dieser Brücke zu Grunde gelegte Konstruktionsystem, ohne Anwendung einer Vernietung der Stäbe unter sich, als der klarste und zugleich ökonomisch vortheilhafteste Ausdruck des eigentlichen Fachwerkträgers mit parallelen Gurtungen. Diese Brücke hat zwei gesonderte, über den Pfeilern abgesetzte Ueberbrückungen, wovon die eine zwei Geleise zur Verbindung der Pfälzischen Ludwigsbahn und Badischen Staatsbahn überführt, die andere dem Straßenverkehr zwischen dem bayerischen und badischen Ufer dient, während jede derselben einen nach außen vorgefragten Fußpad besitzt. Jeder einzelne Ueberbau der Eisenbahnbrücke hat zwei doppelte Tragwände, welche unten durch doppelt T-förmige, auf den Unterrahmen ruhende Querträger aus Eisenblech und oben durch Gitterbalken mit vertikalen Eckversteifungen aus Winkelleisen verbunden sind. Die Querträger sind wieder durch je vier, doppelt T-förmige Längsträger unter sich verbunden, worauf die Querschwellen mit den Fahrschienen und den Längsbohlen liegen. Unter diesen Schwellenträgern befinden sich die unteren, über den Oberrahmen die oberen, wagerechten Diagonalversteifungen zur Verhütung von Seitenschwankungen. Die obere und untere Gurtung der Doppelwände besteht aus einer wagerechten, zusammengesetzten Platte und je zwei vertikalen, durch je vier Winkelleisen mit ihr zusammengenieteten Platten.

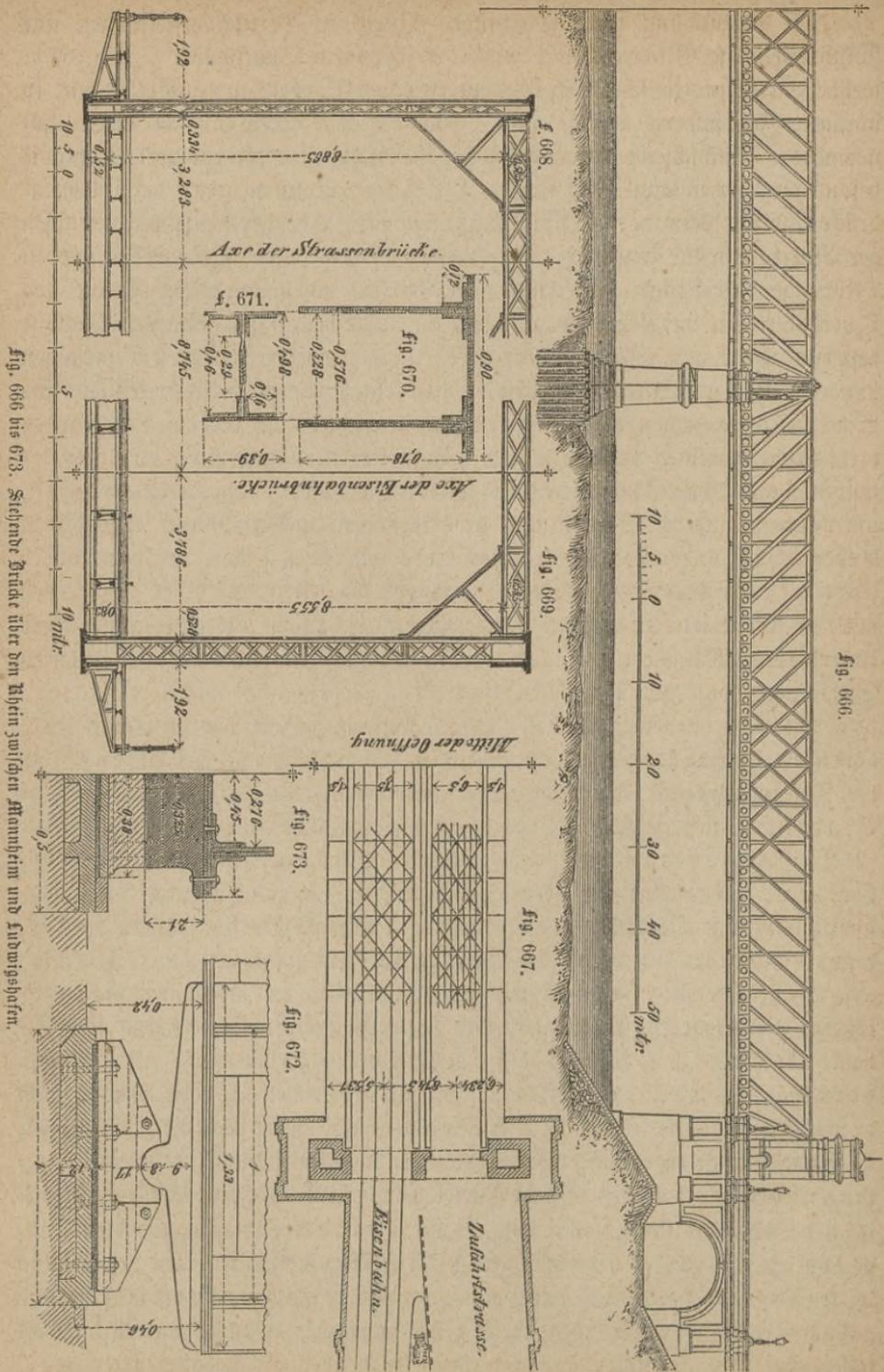


fig. 666.

Fig. 666 bis 673. Stiehende Brücke über den Rhein zwischen Altmannheim und Eubwingshofen.

Die Verbindung dieser Gurtungen besteht in Vertikalversteifungen aus Winkleisen und Gitterwerk mit doppelt T-förmigem Querschnitt, s. Fig. 671, welche den Raum zwischen den Gurtungen einer Doppelwand ausfüllen und in schrägen Zugbändern aus je zwei, nach den Auflagern hin an Breite zunehmenden Flachschienen, welche an die Vertikalplatten der Gurtungen mittels besonderer Laschen angenietet sind. Die Ueberbaukonstruktionen der Straßenbrücke sind mit verminderten Abmessungen in ganz ähnlicher Weise wie diejenigen der Eisenbahnbrücke konstruirt, nur liegen auf den Querträgern sieben doppelt T-förmige Längsträger aus Eisenblech, welche einen doppelten Belag von Querböhlen für die Fahrbahn aufnehmen. Die beiden vorgefragten Bankette bestehen aus Querböhlen, welche auf je drei niedrigen, doppelt T-förmigen Längsträgern aus Eisenblech liegen, welche letztere wieder durch dreieckige, aus Winkleisen zusammengesetzte und durch Versteifungsbleche mit den Tragwänden verbundene Konsolen unterstützt sind. Jede Ueberbaukonstruktion ist unter den Enden ihrer unteren Gurtungen mit Halbwalzen, s. Fig. 672, versehen, um welche sie sich bei Einsenkungen in entsprechenden Vertiefungen ungehindert drehen kann, und ruht an dem einen Ende auf einer festen, an dem andern Ende auf einer beweglichen Unterlage, wovon die erstere aus einer gußeisernen mit dem Pfeilermauerwerk verankerten Platte, die zweite aus einer gußeisernen Unterlagsplatte besteht, die auf einer mit dem Pfeilermauerwerk verankerten Schiebeplatte hin- und hergleiten kann.

Unter die neuesten Beispiele dieses Systems gehört die im Jahre 1869 vollendete, zweigeleisige Brücke über den Donaukanal bei Wien¹⁶⁷⁾ in der Verbindungslinie der neuen Staatsbahnlinien zwischen Wien und Stadtlau, siehe Figur 674 bis 684, mit einer Oeffnung von 79,66 Mtr. (252' österr.) Spannweite und zwei, oben durch bogenbrückensförmige, vertikale Quergitter mit darüber liegendem Horizontalgitter und unten durch, im Querschnitt I-förmige Querträger mit darunter liegendem Horizontalgitter verbundenen, von Axe zu Axe 7,90 Mtr. (25' österr.) hohen und 8,09 Mtr. (25,5' österr.) von einander entfernten Tragwänden mit zweifachem Fachwerkssystem. Die oberen Gurtungen und senkrechten Ständer derselben sind als hohle Cylinder aus je vier gewalzten Viertelcylinder- oder Quadranteisenstäben, welche als eine vervollkommnete, ohne Schwierigkeit zu wälzende Form der auf Seite 285 erwähnten und auf Seite 287 abgebildeten, v. Kuppert'schen halbcylinderförmigen Stäbe anzusehen sind, die untern Gurtungen als hohle Halbcylinder aus je zwei gewalzten Quadranteisenstäben, die geneigten Stäbe aus flachen, mit von der Mitte nach den Auflagern hin breiter angeordneten und nur in der Mitte gekreuzten Stäben konstruirt. Die gegen Druck wirkenden Glieder erscheinen durch die Cylinderform massiver als die übrigen, mit absoluter Festigkeit arbeitenden Theile der Tragwände, wodurch zugleich die Verschiedenheit ihrer statischen Funktion ästhetisch vortheilhaft charakterisirt wird.

Fig. 674.

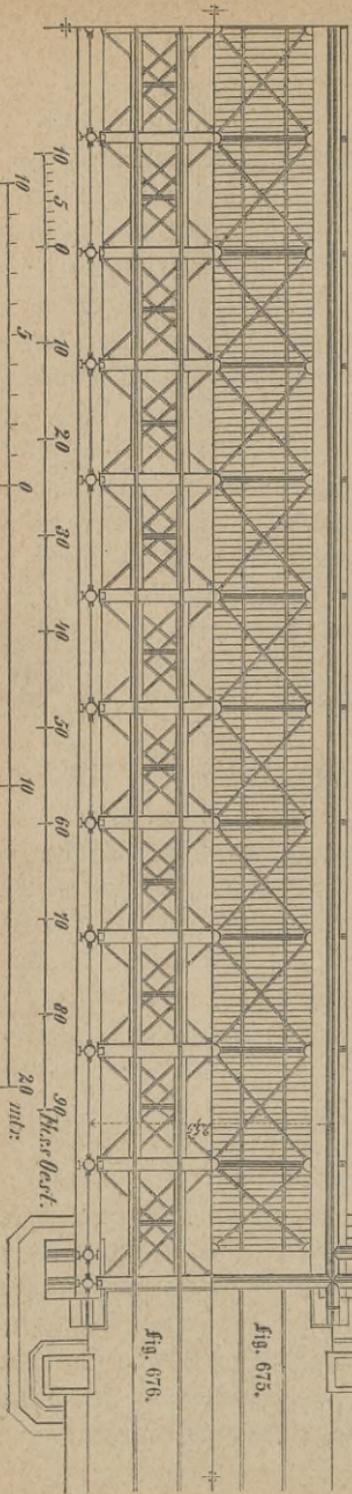
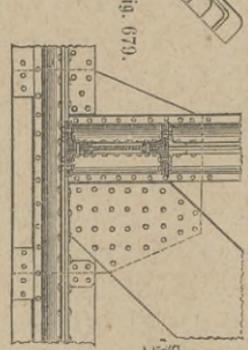
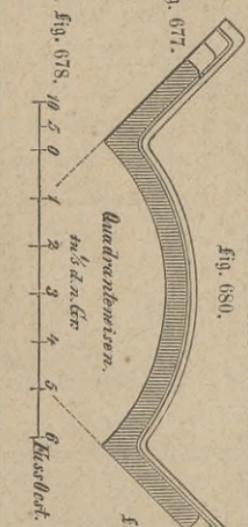
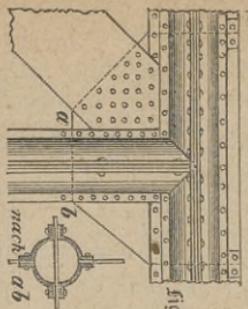
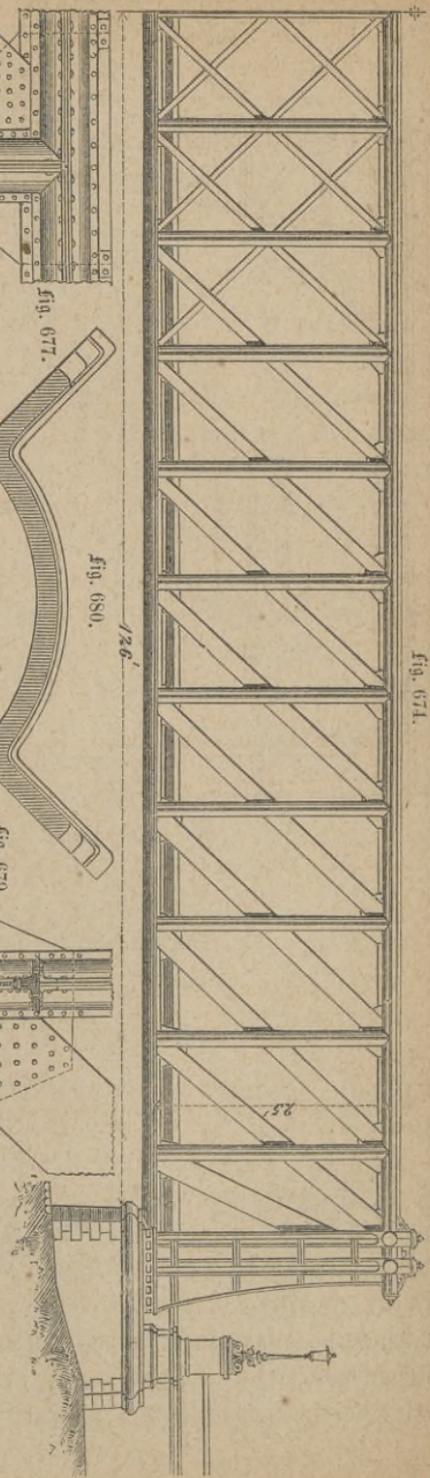


Fig. 674 bis 680. Eifenhochbrücke über den Donaukanal zwischen Wien und St. Pölten.

Fig. 676.

Fig. 675.

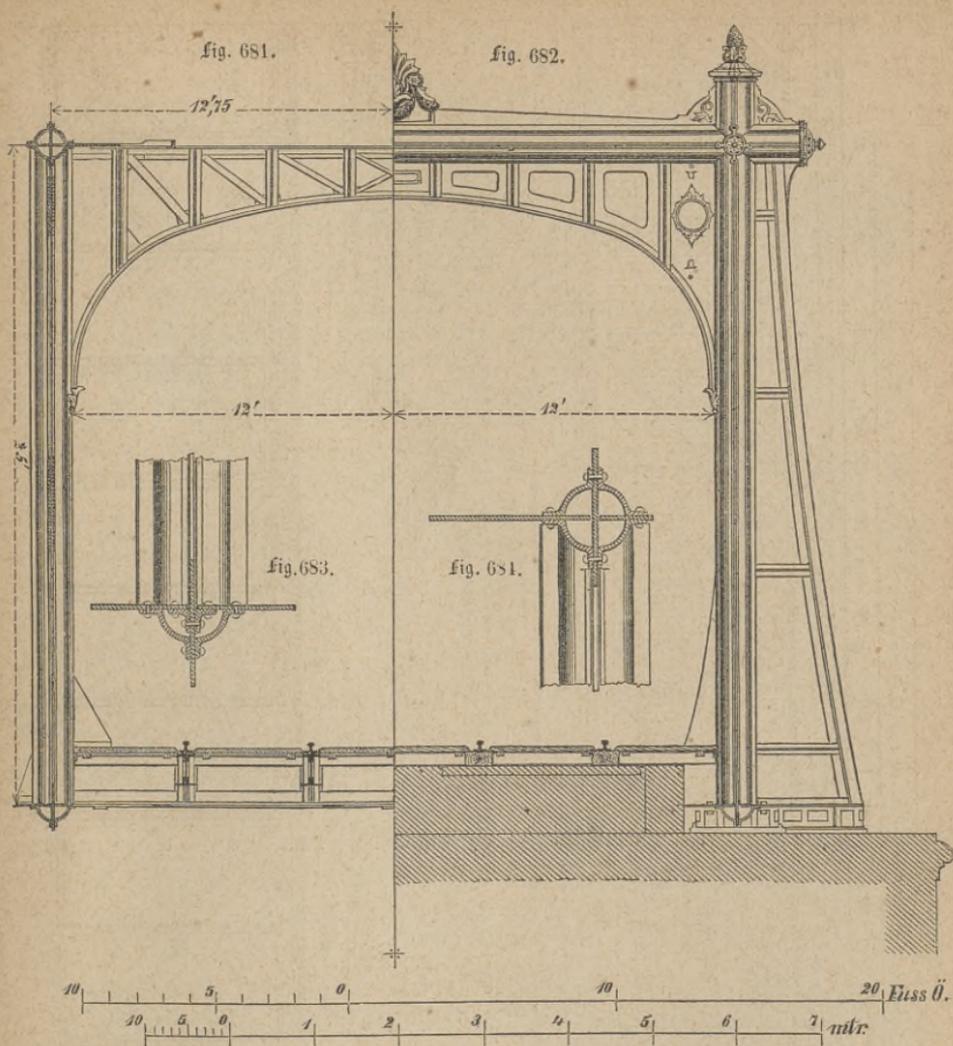


fig. 681 bis 684.

Querschnitt, Queransicht und Details der Eisenbahnbrücke über den Donaukanal zwischen Wien und Stadtlau.

Die aus Quadranteisen gebildeten Cylinder gewähren mittels der, zwischen sie eingeschalteten, Vertikal- und Horizontal-Bleche zugleich den Vortheil eines bequemen und soliden Anschlusses der vertikalen und horizontalen Konstruktionstheile der Brücke. Auch die, der übrigen Konstruktion harmonisch angepassten, Portalabschlüsse der Brücke sind aus ökonomischen Rücksichten von Eisen gebildet und zur Vermehrung der Stabilität an jedem Ende mit je drei, nach unten verbreiterten, massiven Strebewänden versehen.

Horizontalgitter aus Flachschienen untereinander verbunden sind. Die Querträger sind durch je vier I-förmige Längsträger aus Eisenblech miteinander verbunden, welche die Querschwellen mit den Fahrstschienen und dem Bohlenbelag aufnehmen. Die Tragwände besitzen eine Länge von 44,19 Mtr. (140' 10" preuß.) zwischen den Mitteln der Vertikalversteifungen an den Enden, sind in dreizehn Felder von je 3,4 Mtr. (10' 10" preuß.) Länge getheilt und sind 4,57 Mtr. (14' 7" preuß.) im Mittel von einander entfernt.

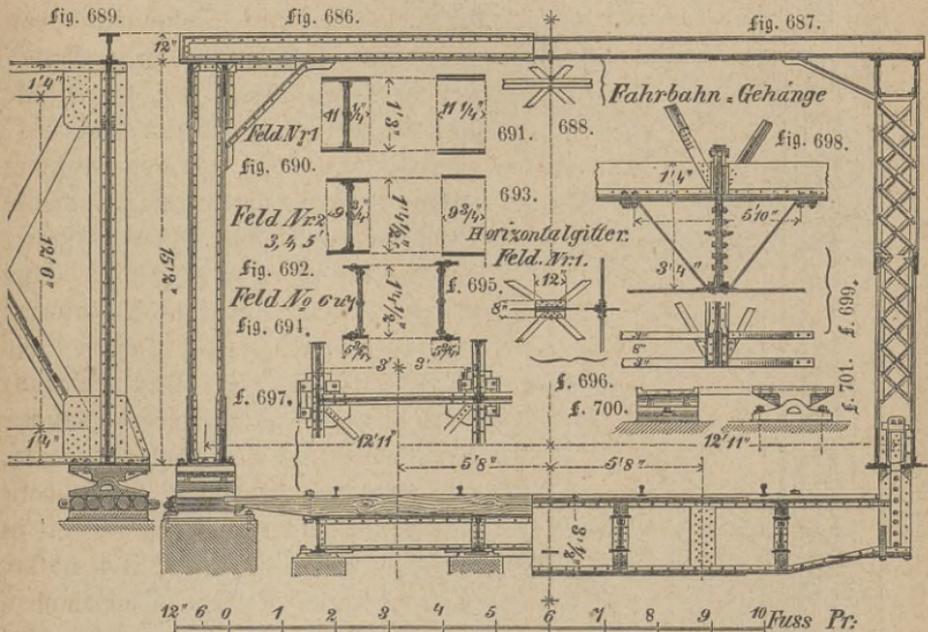


Fig. 686—701. Details der Eisenbahnbrücke über die Fahn bei Oberlahnstein.

Ihre obere Gurtung hat einen kastenförmigen, unten offenen Querschnitt aus zwei Vertikalplatten und einer mit denselben durch vier Winkleisen verbundenen Horizontalplatte, während ihre untere Gurtung wegen der Aufhängung der Querträger aus zwei getrennten, unter sich gleichen, T-förmigen Hälften besteht. Die gedrückten Stäbe, welche die Gurtungen verbinden, bestehen aus je zwei Flachisen, welche mittels aufgenieteter Winkleisen und Gitterwerk von Flachstäben mit wechselnder Breite zu einem T-förmigen Querschnitt verbunden sind, während die gezogenen Stäbe aus je vier Flachstäben von 1 Cmr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Dicke und wechselnder Breite bestehen, s. Fig. 690—695. Die ersteren umschließen mit ihren Enden paarweise die vertikalen Platten der Gurtungen, während die letzteren in der Ebene dieser Platte liegen und durch Laschen an dieselbe angeschlossen sind. An den Kreuzungen sind die Stäbe durch Nieten verbunden. Die Träger sind unter ihren Enden mit Halbwalzen

versehen, um welche sie sich in den diesen entsprechenden Vertiefungen der Unterlagsplatte bei Durchbiegungen drehen können. Die eine dieser Unterlagsplatten ist fest, während die andere sich auf einem Rollstuhl, der Längenveränderung durch den Temperaturwechsel entsprechend, verschieben kann.

Das unter die Parallelträger gehörige Schifkorn'sche System wurde nie durchweg in Schmiedeisen ausgeführt und ist unter den gemischteisernen Brücken auf Seite 144 bis 146 betrachtet worden.

Fig. 702.

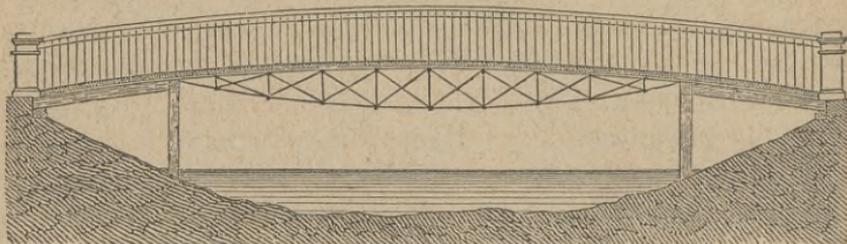


Fig. 703.

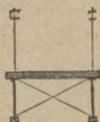


Fig. 702 und 703. Fußbrücke im Gräflich Münster'schen Park zu Dornenburg.

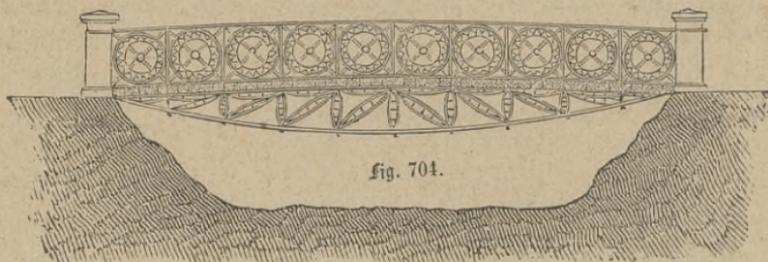


Fig. 704.

Fig. 705.

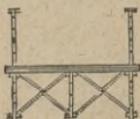


Fig. 704 und 705. Fahrbrücke im königlichen Garten zu Montbrillant.

Schon seit dem Jahre 1835 wurden von Laves¹⁶⁹⁾ Träger mit gebogenen Rahmen zu Hoch- und Brücken-Bauten angewandt, welche zunächst aus, nach der neutralen Ase aufgespaltenen, an den Enden verschraubten und zwischen denselben durch Sprengbolzen auseinander gespreizten hölzernen Balken bestanden,

später aber auch in Schmiedeisen nachgebildet wurden. Hierher gehört die im Jahre 1838 erbaute schmiedeiserne, 1,17 Mtr. (4' hann.) breite Fußgängerbrücke im Gräflich Münster'schen Park zu Dornenburg, s. Fig. 702 und 703, mit 8,18 Mtr. (28' hann.) Spannweite. Die beiden Tragrippen dieser Brücke bestehen aus zwei gebogenen, durch Vertikalpfosten und Kreuzverbindungen versteiften Gurtungen, welche durch einen Querkreuzverband gegen Seitenschwankungen gesichert sind, und nehmen einen Bohlenbelag mit einem schmiedeiserne Geländer auf. Das Gewicht des ganzen Brückenkörpers beträgt 514 Pfd., also $18\frac{1}{3}$ Pfd. für den laufenden Fuß. Die im Jahre 1841 über den Freiherrlich Knigge'schen Hausgraben zu Laveste erbaute schmiedeiserne Brücke von 14,6 Mtr. (50' hann.) Weite und 2,92 Mtr. (10' hann.) Breite besitzt drei ähnlich konstruirte, nach der Quere versteifte Tragrippen, zwischen deren Knotenpunkte jedoch kleinere, nach dem ähnlichen System konstruirte Zwischenträger zur weiteren Unterstützung der Fahrbahn eingeschaltet sind. Ähnliche Zwischenträger sowie, zur Herstellung eines größeren Widerstandes gegen Biegung, nach demselben Konstruktionsystem gebildete Vertikalpfosten und Diagonalverbindungen enthält die schmiedeiserne Fahrbrücke im königlichen Garten zu Monbrillant, siehe Fig. 704 und 705, deren drei Tragrippen, durch eine Querkreuzverbindung seitlich versteift, einen Bohlenbelag mit reichem eisernen Geländer aufnehmen. Die im Jahre 1850 ganz aus Schmiedeisen konstruirte Fahrbrücke über die Däer bei Meinerfen, siehe Fig. 706 bis 708, hat zwei Oeffnungen von je 17,82 Mtr. (61' hann.) lichter Weite und einer fast ebenen Fahrbahn von 4,82 Mtr. ($16\frac{1}{2}$ ' hann.) Breite, die mittels Stützflößen von entsprechender, nach den Auflagern hin zunehmender Höhe auf fünf, aus gebogenen Rahmen, Vertikalpfosten und Kreuzverbindungen gebildeten und durch vertikale, zwischen jene Pfosten eingeschaltete, Diagonalverbindungen nach der Breite verbundenen Tragrippen ruht. Die Fahrbahn selbst besteht aus einem doppelten Bohlenbelag und ist durch zwei schmiedeiserne Geländer begrenzt. Das Laves'sche System zeigt ferner die im Jahre 1838 über die Einmündung des oberländischen Hafens im Werder in Bremen erbaute Drehbrücke¹⁷⁰ mit 23,4 Mtr. (80' hann.) langen Brückenbalken über eine 12,12 Mtr. ($41\frac{1}{2}$ ' hann.) weite Oeffnung, deren gekrümmte, unter sich durch vertikale schmiedeiserne Ständer und Diagonalstäbe verbundene Rahmen aus theils schwedischem, theils englischem Walzeisen bestehen, welcher bald darauf eine nach demselben System, gleichfalls in Bremen, erbaute feste Chausséebrücke mit zwei Oeffnungen von ca. 11,1 Mtr. (38' hann.) Spannweite folgte.

Im Jahre 1856 nahm v. Pauli ein Patent auf Brückenträger, s. Fig. 709 bis 711, deren polygonförmige Rahmen so gebrochen sind, daß deren Spannung für die Maximalbelastung nach der ganzen Länge der Oeffnung konstant bleibt. Die Verbindung dieser Rahmen ist durch steife Vertikalpfosten

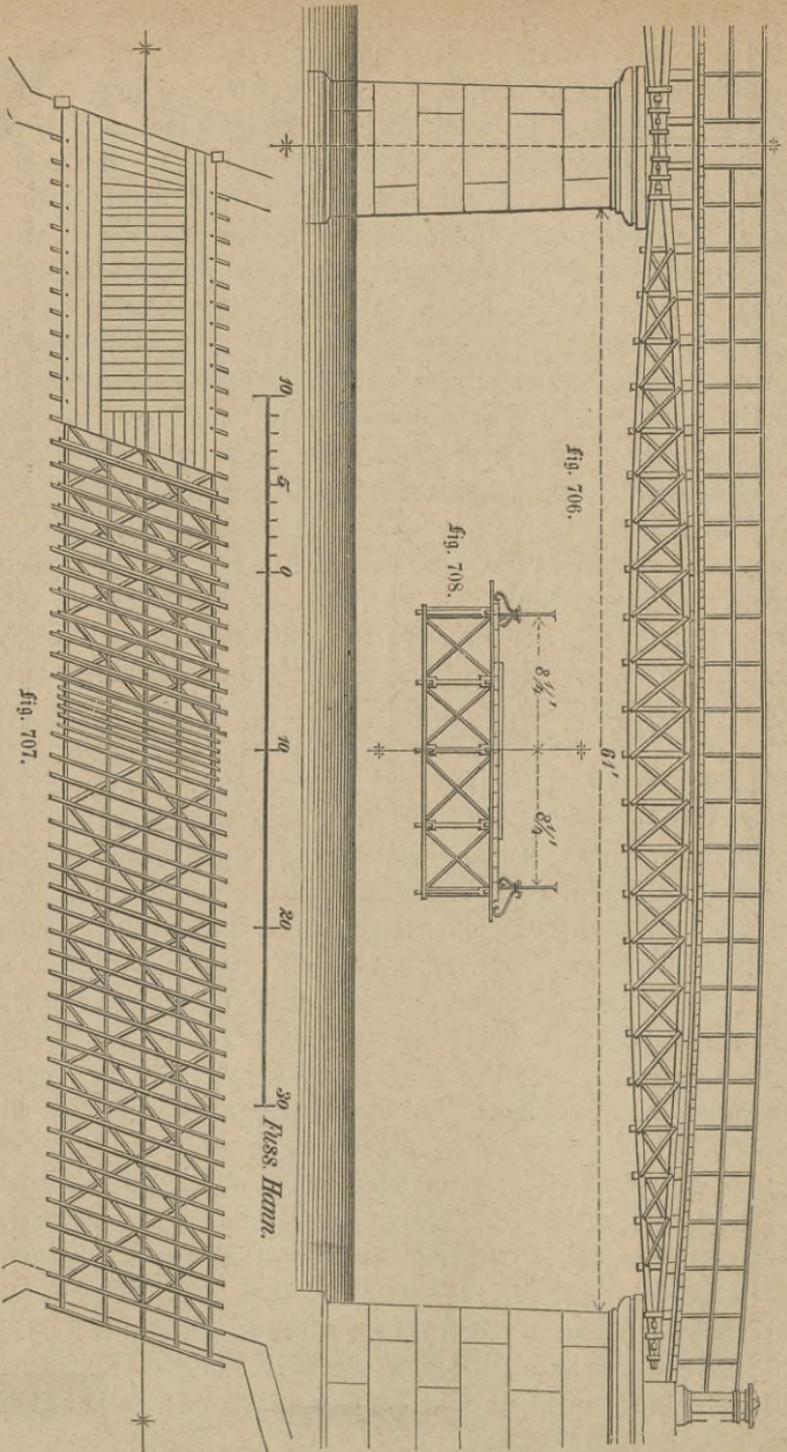


fig. 706 bis 708. Brücke über die Odter bei Andernach.

fig. 707.

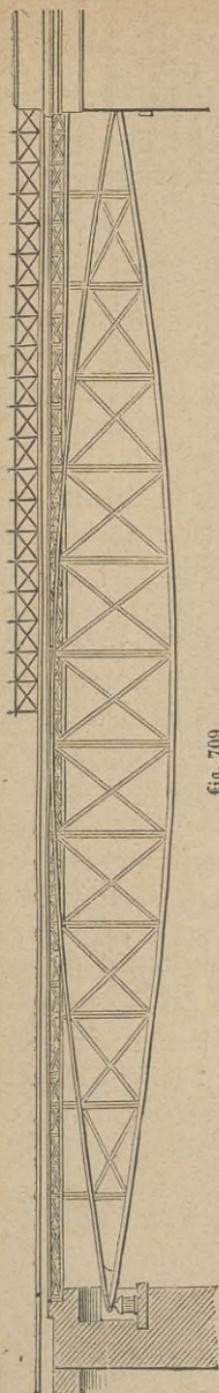


fig. 709.

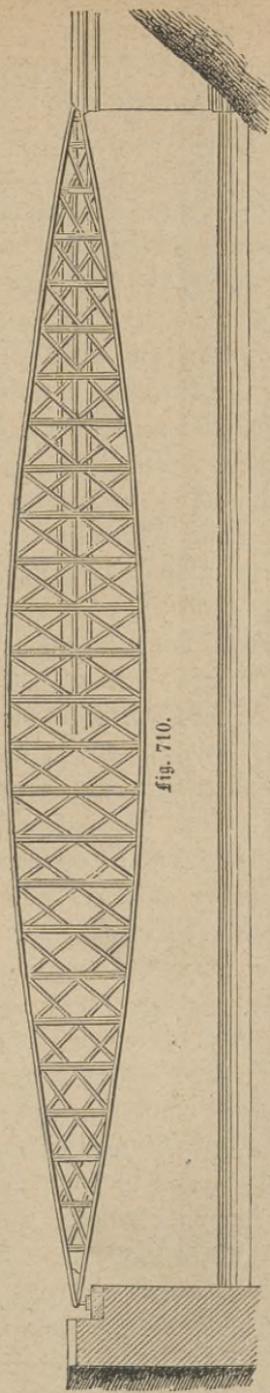


fig. 710.

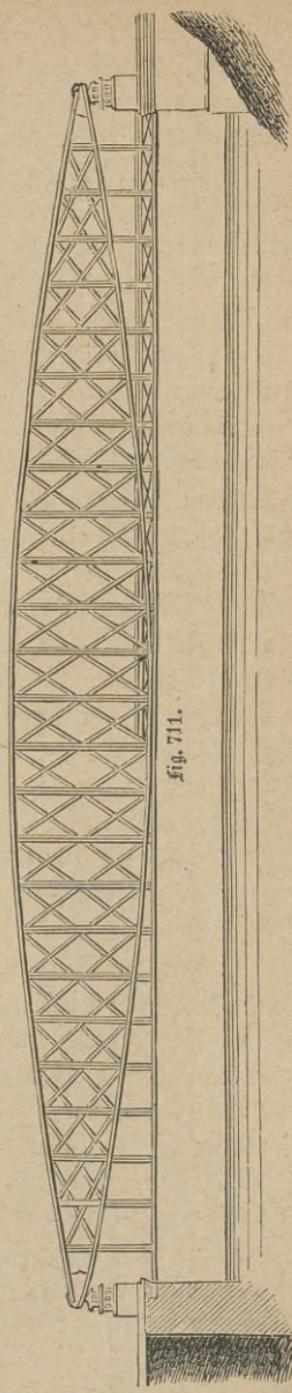


fig. 711.

fig. 709 bis 711. Brückentäger nach dem System v. Pauli.

und zwischen sie eingeschaltete, flache, nicht miteinander verbundene Diagonalbänder bewirkt. Die Fahrbahn steht nur mit den Vertikalpfosten, nicht aber mit den Gurtungen und Diagonalbändern in Verbindung und befindet sich entweder, wie in Fig. 709, über den Gurtungen, in welchem Falle die Vertikalpfosten über die obere Gurtung hinausragen, oder wie in Fig. 710 zwischen, oder wie in Fig. 711 unter den Gurtungen, in welchem letzterem Falle die Vertikalpfosten über die untere Gurtung hinaus verlängert sind. In allen drei Fällen ruhen die Träger an den Durchschnittpunkten ihrer Gurtungen auf je zwei Unterlagen aus stumpfen Stahlschneiden, wovon die eine fest mit dem Pfeiler verbunden, während die andere auf einem Rollenstuhl aus hohen und schmalen Cylindersegmenten, zur Ausgleichung der durch Temperaturdifferenzen bewirkten Längenveränderungen, verschieblich ist. Träger dieser Art wurden in der Eisenbauanstalt von Klett & Comp. in Nürnberg für Brücken mit zum Theil bedeutender Spannweite hergestellt. Die erste, nach diesem System erbaute, im Jahre 1857 vollendete Brücke über die Isar bei Großhieseloh¹⁷¹⁾ in der Linie München-Rosenheim-Salzburg, siehe Fig. 712 bis 734, besitzt zwei mittlere Oeffnungen von 52,54 Mtr. und zwei äußere Oeffnungen von 26,56 Mtr. Spannweite und ist zur Ueberführung zweier Geleise bestimmt. Die Brückenbahn ruht, wie die Figuren 714 und 715 zeigen, zwischen jeder Oeffnung auf je vier Trägern, deren oberer Rahmen oder Druckbogen im Querschnitt die Form eines oben und unten offenen Kastens, s. Fig. 720, 721 und 724, hat und aus vier Winkelleisen und Flacheisen zusammengesetzt ist, welche unter sich durch Bolzen und gußeiserne Röhren verbunden sind. Der untere Rahmen oder Spannbogen, s. Fig. 722, ist dagegen aus übereinander und zu je zwei nebeneinander gelegten Flacheisen mit verwechselten Stößen mittels konischer Bolzen zusammengesetzt. Beide Rahmen sind an den Enden durch je einen eisernen, im Querschnitt umgekehrt T-förmigen, mit seitlichen Ansätzen versehenen Bogenschuh verbunden, gegen welchen sich der Druckbogen stemmt, während der Spannbogen an die untere Fläche desselben angeschraubt ist. Die zur lothrechten Verbindung der Rahmen dienenden Säulen bestehen aus vier Winkelleisen, welche in Entfernungen von 1 Mtr. nach Fig. 729 untereinander verbunden und an den Spannbogen und Druckbogen in folgender Weise befestigt sind. In eine, auf dem Spannbogen befestigte Platte, s. Fig. 722 und 723, ist parallel zur Trägeraxe mittels flacher Zinken ein Blech vertikal eingesetzt und jene vier, stumpf auf dieser Platte stehenden Winkelleisen an dasselbe angenietet; durch den Druckbogen gehen, wie Fig. 720, 721 und 724 zeigt, die Säulen mit voller Stärke hindurch und sind mittels eines angenieteten Querblechs mit je vier Winkelleisen an den Druckbogen gebolzt. Die Befestigung der diagonalen Zugbänder mit konstanter Dike und wachsenden Breiten

fig. 715.

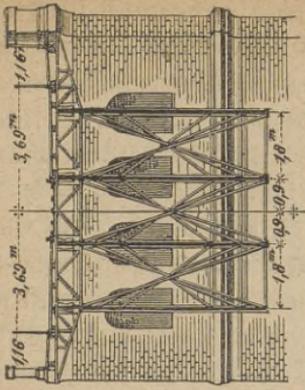


fig. 716.

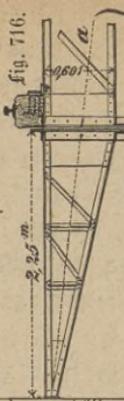


fig. 717.



fig. 718.



fig. 719.

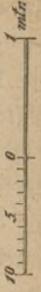
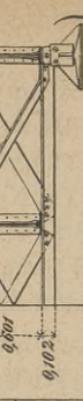


fig. 712.

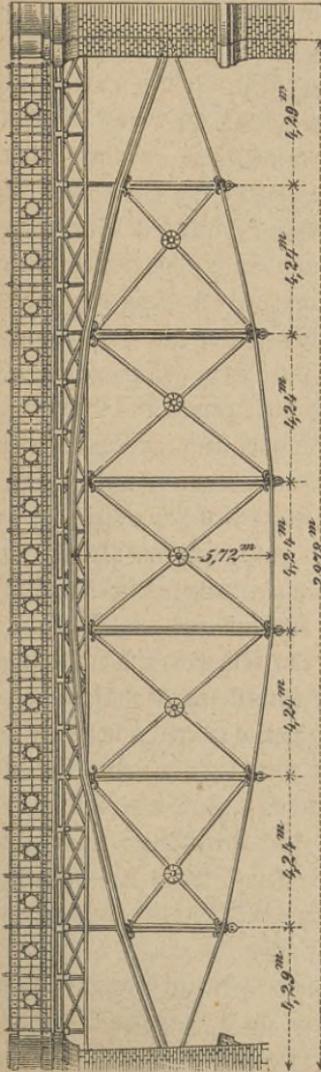


fig. 714.

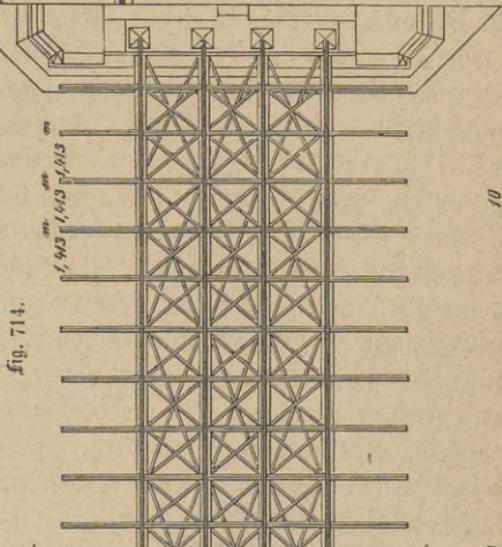


fig. 713.

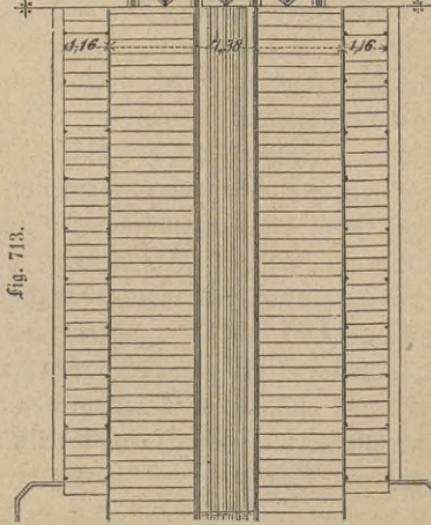


fig. 712 bis 719. Brücke über die Jant bei Großschlothe.

geschieht mittels doppelter Laschen und Bolzen unten an das Vertikalblech, woran die Säulen genietet sind, und oben an ein Blech, welches zwischen die Winkel der Säulen eingienietet ist. Die Auflagerstühle sind so konstruirt, daß sie sowol der durch Temperaturwechsel bedingten Längenveränderung, als auch der vertikalen Oscillation beim Befahren der Brücke den nöthigen Spielraum lassen. Unter den Enden des Spannbogens sind nämlich verstärkte Platten, s. Fig. 726 bis 728, befestigt, die auf der cylindrischen Fläche eines am Stuhl befindlichen Stahlstückes ruhen; auf jeder Seite greift ein Zahn der oberen Stützplatte in den entsprechenden Zwischenraum zweier Zähne der unteren, so daß sich beim Einbiegen der Rippe die obere ebene Stützplatte auf der Cylinderfläche der unteren wälzt. Das eine Ende der Träger ruht auf einem im Stein befestigten Stuhl, das andere aber mittels eines Rollenstuhles auf Stelzen von 29,2 Emtr. Höhe und 49,5 Emtr. Länge, s. Fig. 726 und 728, welche aus Walzenstücken von 14,6 Emtr. Radius gebildet und mit angegossenen Zähnen versehen sind, die zwischen entsprechende Zähne an dem Rollenstuhl und der Bodenplatte eingreifen, damit ihre parallele Lage erhalten bleibt. Die Cylinderflächen der Walzen sind abgedreht und wälzen sich auf ebenen, abgehobelten Flächen. Die Gurtungen der konsolenartig endigenden Querträger, welche zum Theil von den Säulen, zum Theil von den Längsträgern unterstützt werden, bestehen aus je zwei Winkleisen. Die obere Gurtung der ersteren Querträger geht durch die Säulen hindurch, während sich die untere an sie anschließt, dagegen gehen bei den von den Längsträgern getragenen Querträgern beide Gurtungen ohne Unterbrechung durch dieselben. Die Gurtungen der mit Diagonalversteifungen versehenen Längsträger sind aus Winkleisen zusammengesetzt, deren wagrechte Schenkel nach innen liegen, um ihre Verbindung mit den Längsträgern zu erleichtern. Die hölzernen Langschwelle sind so auf die Querträger befestigt, daß diese sich unter jenen ungehindert bewegen können. Bei jedem Querträger ist nämlich an die innere Seite der Langschwelle ein Winkel genagelt, der unter einen gußeisernen, auf den Querträger geschraubten Halter greift, damit sie nicht durch den Seitenstoß der Maschine umkantet kann, während an der unteren Fläche der Schwelle zwischen jeden Querträger zwei Plättchen eingeschraubt sind, die den wagrechten Schenkel der oberen Winkleisen des Längenträgers übergreifen und dadurch ein Aufheben der Schwelle auch auf der andern Seite verhindern. Zur Verhütung von Seitenschwankungen ist eine Seitenverspannung der Druckbogen aus querliegenden Winkleisen und Diagonalen aus Flachisen, sowie vertikale Verspannungen zwischen den Säulen aus wagrechten Rundeisen zwischen den Spannbogen und aus flachen Diagonaleisen angebracht.

Für die Ausführung dieser Brücke sind folgende weitere Angaben von Interesse. Sämmtliche, zur Brücke verwendete Eisen wurden an ihrer Oberfläche durch Weizen in verdünnter Säure und Scheuern von Hammerschlag gereinigt, je

nach der Größe fünf bis fünfzehn Minuten in siedendes Del getaucht, wodurch jede Spur von Feuchtigkeit von der Oberfläche des Eisens entfernt und eine fest haftende Firnißschicht gebildet wurde, unmittelbar vor der Montirung gut mit Mennigfarbe und nach der Zusammensetzung zweimal mit gewöhnlicher Delfarbe angestrichen.

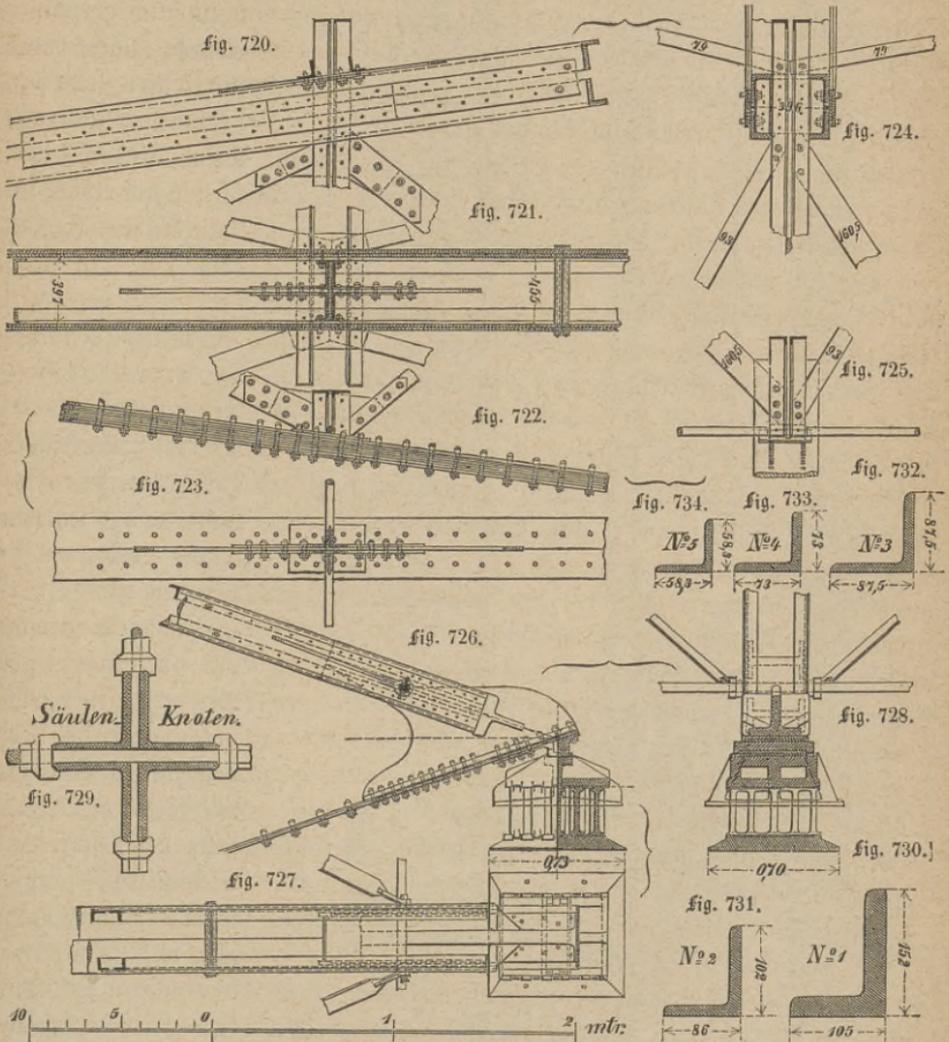
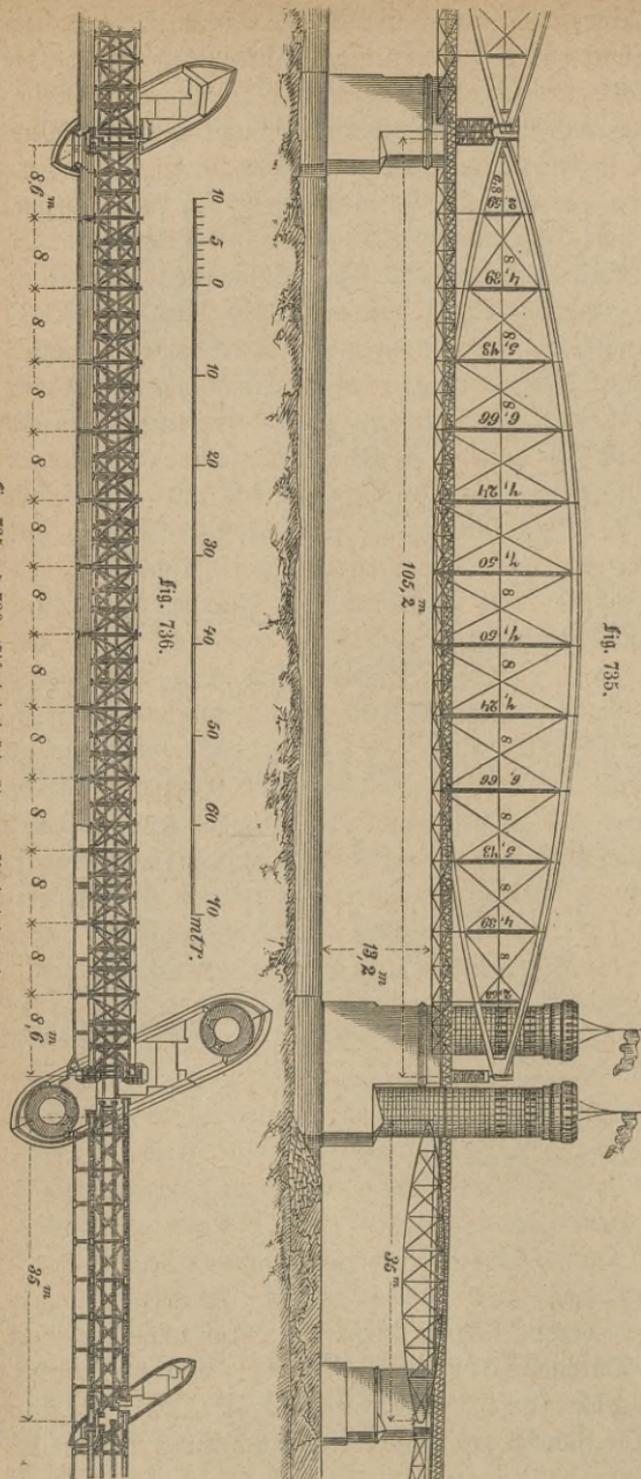


fig. 720 bis 734. Brücke über die Isar bei Großheselehe.

Alle auf Zug zu beanspruchenden Eisen wurden auf einer, für Festigkeitsproben eigens konstruirten Maschine unter Spannungen von 1140 Kg. per □ Cmtr. und Prellung durch Hammerschläge Stück für Stück geprüft, wobei man schlecht geschweißte Stellen sicher erkennen konnte und wodurch das Eisen vollkommen elastisch wurde. Die Verbindung der einzelnen Theile geschah nur untergeordnet

Fig. 735 und 736. Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz.



und dort mit Nieten, wo dieselben mehr der Steifigkeit, als des Widerstandes gegen Abscheren halber angewandt werden mußten und nicht lang zu sein brauchten; überall, wo es auf eine dicht schließende Verbindung ankam, verwendete man schwach konische, mit $\frac{1}{100}$ Verjüngung abgedrehte Bolzen, welche in die sorgfältig mit Reibahlen auf denselben Konus ausgeriebenen Löcher genau eingepaßt und durch einige Hammerschläge nebst starkem Anziehen der Müttern eingetrieben wurden. Das hervorstehende Gewinde wurde, um die Lösung der Mutter zu verhindern, verstemmt und überdies alle wichtigen Verbindungen so konstruirt, daß die Bolzen nie nach ihrer Länge, sondern nur quer auf Abscheren in Anspruch genommen wurden, mithin kein Stoß auf die Mutter möglich war.

Außer einer Anzahl kleinerer Eisenbahn- und Straßen-Brücken, welche nach v. Pauli's System ausgeführt wurden und worunter die Eisenbahnbrücke über die Rodach in der Linie Hochstadt-Stockheim mit 33,3 Mtr. Spannweite, sowie die Straßenbrücke über den Main in Schweinfurt mit 35,5 Mtr. hervorzuheben sind, wurde in den Jahren 1860 bis 1862 die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz¹⁷²⁾ in der Hessischen Ludwigsbahn, siehe Fig. 735 bis 739, mit 32 Oeffnungen, nämlich vier Hauptöffnungen mit 101,29 Mtr. lichter Weite und 105,21 Mtr. Stützweite, sechs Flutöffnungen von 35,5 Mtr., dreizehn Oeffnungen von 15,0 Mtr., zwei Oeffnungen von 25,0 Mtr. und sieben Oeffnungen zu 15 Mtr. Weite, sämmtlich nach demselben System erbaut. Die Bahnaxe in den Hauptöffnungen der Brücke ist eine gerade Linie, welche von der Normalen zu der Korrekionslinie des Rheins um 27° abweicht und sich an die, in den Auffahrtsrampen gelegenen Kurven von 395,075 Mtr. Länge mit 360 Mtr. Radius und $\frac{1}{80}$ Gefälle am linken Ufer und von 217,725 Mtr. Länge mit 750 Mtr. Radius und $\frac{1}{74}$ Gefälle am rechten Ufer anschließt. Die Schienenunterkante in den Hauptöffnungen liegt 15,1 Mtr. über dem Nullpunkt des Mainzer Pegels und 1 Mtr. über der Unterkante der Träger, so daß sich die letztere 14,1 Mtr. über dem Nullpunkte des Mainzer Pegels befindet; eine Höhe, welche den Schiffen mit umgelegten Masten, selbst bei dem höchsten fahrbaren Wasserstande, die Brücke zu passiren gestattet.

Jede Oeffnung ist mittels zweier Tragrippen für ein Geleise überbrückt, auf deren regelmäßig vertheilte, vertikale Säulen das Gewicht des auf Querschwellen ruhenden Schienengeleises sammt seiner Verkehrsbelastung mittels direkt unter den Fahrsehienen liegender Längsträger und daran angeschlossener Quertträger übertragen wird. Die Tragrippen bestehen, wie diejenigen der Isarbrücke, aus Druck- und Spannbogen, welche durch Bogenschuhe, durch Säulen und Diagonalzugbänder unter einander verbunden sind, und ruhen wie jene auf einerseits festen, andererseits verschieblichen Unterlagen, welche beide Vertikaloscillationen gestatten. Die geometrische Höhe der Tragrippen ist nach der Spannweite und Konstruktionshöhe verschieden und beträgt in der Mitte der 101,29 Mtr. weiten Oeffnungen 15 Mtr., der 33,5 Mtr. weiten 5 Mtr., der 25 Mtr. weiten 3 Mtr. und der 15 Mtr. weiten 1,6 bis 2,3 Mtr. Durch diese verschiedenen Höhen der Tragrippen wurde eine relativ verschiedene Höhenlage ihrer Stützpunkte bedingt, welche bei den Tragrippen der größeren Oeffnungen durch thorsförmige, schmiedeeiserne Pfeileraufsätze gebildet werden und so hoch liegen, daß unter denselben hinreichend Raum für die Durchfahrt der Bahnzüge bleibt; eine Anordnung, welche zugleich eine durchlaufende Querversteifung der großen Druckbogen zuließ. Die Fahrbahntafel wurde aus demselben Grunde bei

den Tragrippen der größeren Oeffnungen an dieselben angehängen, während sie die Tragrippen der kleineren Oeffnungen in verschiedener Höhe durchschneidet.

Von besonderem Interesse sind die, in den Figuren 737—739 dargestellten, Details der Ueberbaukonstruktionen der Hauptöffnungen. Die Druckbogen derselben sind aus Blechplatten und Winkleisen mit doppelt T-förmigem Querschnitt von 1 Mtr. Höhe so gebildet, daß jedes Stück dieses Bogens zwischen

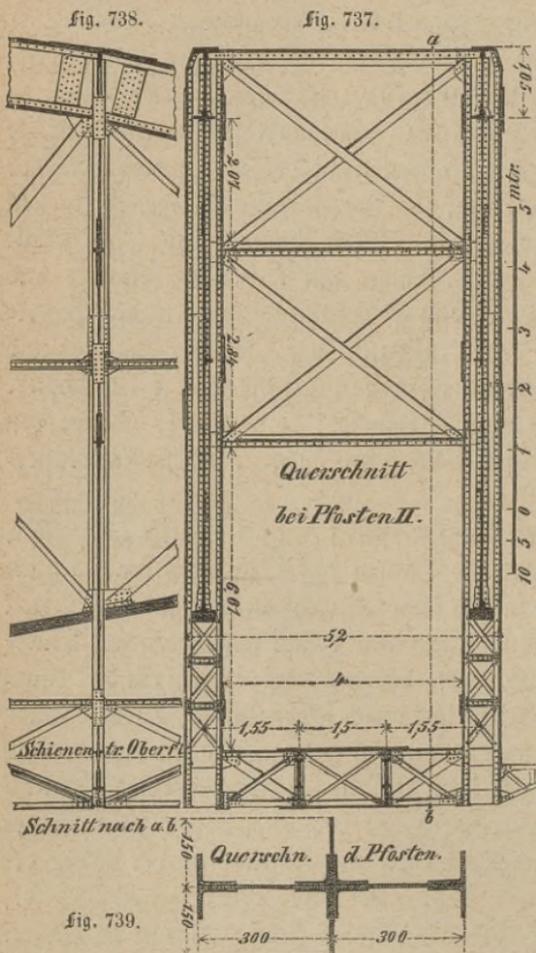


Fig. 737 bis 739. Details zur Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz.

737 hervorgeht, durch vertikales Gitterwerk versteift. Die Diagonalbänder in der Ebene der Tragrippen sind mittels vortretender Bleche in den Ecken der Trapeze mit den Pfosten verbunden und bestehen aus Flacheisen, welche in ihren Kreuzungspunkten nur lose verbunden sind. Die Querträger und Längen-

den Pfosten in vertikaler Richtung vollkommen steif ist. Nach der Breite der Brücke sind die oberen und unteren Flanschen der Druckbogen beider Rippen durch zwei Diagonalsysteme verbunden. Der Spannbogen jeder Tragrippe besteht aus neun auf einander und je zwei neben einander liegenden Flacheisen von 20 Cmtr. Breite und 1,2 Cmtr. Stärke, welche durch konisch gedrehte, in konisch ausgedrehte Löcher scharf eingetriebene Bolzen untereinander verbunden sind. Die Druckpfosten besitzen zwischen den Gurtungen einen, in Fig. 739 dargestellten, kreuzförmigen, aus je drei Platten und je acht Winkleisen zusammengesetzten Querschnitt und sind mit jenen vernietet, während sie da, wo sie sich unterhalb der Spannbogen fortsetzen, um die Fahrbahnträger zu bilden, aus Gitterwerk bestehen. Nach der Breite der Brücke sind sie, soweit es der freie Raum für die Bahnzüge gestattet und wie aus Fig.

träger bestehen aus doppelt T-förmigen Trägern aus Fachwerk und bezw. Eisenblech, während die einerseits vorgefragten Konsolen des Trottoirs aus Gitterwerk gebildet und mittels Winkelblechen an die angrenzenden Pfosten befestigt sind. Die Längenträger nehmen die Querschwellen und diese die, direkt über jenen befestigten, Fahrschienen auf.

Die Details der Eisenkonstruktionen über die Flutöffnungen sind denjenigen der Isarbrücke ähnlich konstruirt, sowie auch die Behandlung der Eisentheile vor ihrer Zusammensetzung mit der dort beschriebenen übereinstimmt.

Als die neuesten, bis jetzt unausgeführten, Vorschläge zur Fortbildung dieses Systems sind die Entwürfe von Brückenträgern mit gekrümmten, sich durchkreuzenden Rahmen¹⁷³⁾ anzusehen, welche unter sich durch Vertikalständer und Diagonalen und an ihrem Kreuzungspunkte direkt verbunden sind. Insbesondere wurden im Jahre 1864 bei der XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure in Wien von v. Ruppert die Entwürfe für eine Brücke über den Bosphorus mit einer mittleren Oeffnung von 205,4 Mtr. (650' österr.) und zwei Seitenöffnungen von je 162,11 Mtr. (513' österr.) sowie über eine Schlucht von 252,8 Mtr. (800' österr.) Weite ausgestellt, welche er im Jahre 1865, mit einer theoretischen Erörterung begleitet, veröffentlichte.

Die im Jahre 1861 vollendete schiefe, eingeleisige Brücke über die Brahe bei Ezeršk¹⁷⁴⁾ in der Bromberg-Thorner Eisenbahn, siehe Fig. 740 bis 745, mit zwei Oeffnungen von 20,08 Mtr. (64' preuß.) normaler Weite, besitzt je zwei Tragrippen pro Geleise mit gedrückten Gurtungen von der Form eines der Parabel eingeschriebenen Polygons und horizontale gezogene Gurtungen, welche durch versteifte Vertikalständer und flache Diagonalbänder untereinander verbunden sind. Die obere Gurtung besteht aus zwei Vertikalblechen, welche durch vier Winkleisen und durch, sowol oben als unten angebrachtes, Gitterwerk zu einem kastenförmigen Querschnitt von 34 Cmtr. (13" preuß.) Weite vernietet sind; die untere Gurtung aus vier, durch Laschen zu je zweien mit einander verbundenen Vertikalblechen. Die Vertikalständer sind aus Winkleisen und Gitterwerk, die Zugbänder aus je vier Flachschiene gebildet und beide durch starke Querbolzen mit den Gurtungen verbunden. Auf der unteren Gurtung ruhen in Entfernungen von 2,82 Mtr. (9' preuß.) die in der Mitte 86,25 Cmtr. (33" preuß.) hohen und aus Gitterwerk gebildeten, an den Enden bis auf 39,25 Cmtr. (15" preuß.) verjüngten und aus Eisenblech bestehenden Querträger, welche mit den Pfosten durch Winkleisen vernietet und durch Winkelbänder besonders versteift sind. An die Querträger sind die 1,88 Mtr. (6' preuß.) von einander entfernten, 47,1 Cmtr. (1 1/2' preuß.) hohen I-förmigen Längsträger aus Eisenblech genietet, welche die Querschwellen mit den Fahrschienen und dem Bohlenbelag tragen. Die

aus Gußeisen bestehenden Auflagerschuhe der Träger sind zwischen die Vertikal-schienen der unteren Gurtung eingeschaltet, mit denselben durch je drei starke Querbolzen verbunden und ruhen auf, oben cylindrischen, Stützplatten von 7,8 Cmt. (3" preuß.) Radius, die über dem Mittelpfeiler auf besonderen Unterlagsplatten mittels Keilen befestigt, über den Endpfeilern auf, zu einem Rollenstuhl vereinigten, Cylinderauschnitten verschieblich sind. Die erforderliche, bis zu den Auflagern fortgesetzte Querversteifung ist in der Mitte der unteren Gurtung angebracht und besteht aus Flachschieben, welche an die Querbolzen der Gurtungen mittels besonderer Lappen und doppelter Laschen angebolzt und mit den unteren Gurtungen der Längsträger vernietet sind. Außerdem sind die Querbolzen der unteren Rahmen mittels 3,9 Cmt. ($1\frac{1}{2}$ " preuß.) starker Rundstäbe gegen die Querträger abgestützt. Die Geländer bestehen aus 5,2 Cmt. (2" preuß.) weiten Röhren und sind mittels eiserner Lappen an die Winkelständer genietet.

Als ein Trägersystem der neuesten Zeit erscheint die Kombination, in welcher Schwedler die Vortheile des Parallelträgers und des Trägers mit gekrümmtem Oberrahmen in Bezug auf Einfachheit und Kostenersparniß vereinigt hat und wovon die schiefe, zweigeleisige Eisenbahnbrücke über die Weser bei Corvey¹⁷⁵⁾ in der Altenbecken-Holzwindener Eisenbahn, siehe Fig. 746 bis 753, mit vier Oeffnungen von 56,48 Mtr. (180' preuß.) Lichtweite das erste ausgeführte Beispiel darbietet. Die zwei Geleise dieser Brücke, deren Axe 70° mit dem Stromstrich bildet, werden von je zwei, 8,34 Mtr. (26' 7" preuß.) voneinander entfernten Tragrippen mit 58,25 Mtr. (185,64' preuß.) Abstand des Auflagers, 2,91 Mtr. (9,26' preuß.) von einander entfernten Querträgern und zwischen dieselben eingeschalteten Längsträgern mit den Querschwellen aufgenommen. Die unteren Gurtungen der Tragwände, sowie die sechs mittleren Felder der oberen Gurtung sind horizontal, deren übrige Felder dagegen nach einer Parabel gebildet, deren Axe und Scheitel in der Auflagerfläche liegt. Die Querschnitte beider Gurtungen nehmen von der Mitte nach den Enden hin ab und bestehen aus je sechzehn, durch Verbindungsplatten zusammengesetzten Winkeleisen. Die Verbindung dieser Gurtungen ist durch neunzehn Pfosten aus vollen, mit Winkeleisen eingefassten, Blechplatten und einseitigen, nur in den Mittelfeldern gekreuzten Diagonalbändern aus Flacheisen im zweifachen System bewirkt. Die auf den unteren Gurtungen ruhenden Querträger, von der Mitte nach ihren Auflagern hin verjüngt, sind Blechträger mit I-förmigem Querschnitt und mit den Vertikalrippen durch Winkelbleche versteift, während die Längsträger Parallelträger aus Eisenblech mit I-förmigem Querschnitt sind, auf welchen je drei Querschwellen durch Winkelbänder mittels Bolzen und Nieten befestigt sind. Die Auflagerungen der Tragrippen, an dem einen Ende fest, an dem anderen beweglich, sind ähnlich wie bei der Brahebrücke angeordnet.

Der untere Horizontalverband besteht aus gekreuzten Flacheisen und ist in der Mitte der unteren Gurtung angebracht, während ein oberer wagrechter Kreuzverband mit seinen Querverbindungen nur in den mittleren zwölf Feldern durchgeführt erscheint.

Einige Verbesserungen in der Formbildung und Berechnung wurden bei dem zweiten Entwurfe nach diesem System zu den fünf großen Oeffnungen, von 63,39 Mtr. (202' preuß.) Spannweite, der zweigeleisigen Brücke über die Elbe in der Berlin-Lehrter Eisenbahn¹⁷⁶⁾ bei Hämerten vorgenommen. Die Gurtungen der hierbei verwendeten Fachwerksträger sind ebenfalls am Ende zusammengeführt und die Krümmung der oberen so gewählt, daß die Diagonalen nur auf Zug angestrengt werden: eine Annahme, welche sich übrigens auch bei anderen, ästhetischen Rücksichten mehr entsprechenden Kurven, wie die Ellipse und Korblinie, verhältnißmäßig wenig ändert. Beide Geleise der Brücke werden durch Vermittelung von hölzernen Querschwellen, Schwellen- und Querträgern von zwei Hauptträgern unterstützt, deren obere Gurtungen so geformt sind, daß die Diagonalen bei den verschiedensten Belastungen stets nur auf Zug in Anspruch genommen werden. Dieselben bestehen aus je 16 Winkleisen, deren vertikale Schenkel sämmtlich 13,1 Cmtr. (5" preuß.) lang sind, während die von Feld zu Feld erforderliche Aenderung des Querschnittes durch Variation der wagrechten Schenkel erreicht wird. Alle Winkleisen haben die Länge von zwei Feldern und sind in jedem Knotenpunkt zu je acht durchgehend, zu je acht über's Kreuz so gestoßen, daß die vollständige Deckung des Stoßes schon durch die, zwischen den Schenkeln liegenden, 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken Platten bewirkt wird. Die vertikalen Stoßplatten dienen in ihrer Verlängerung zugleich zum Anschluß der Vertikalen und Diagonalen. An den Eckpunkten sind beide Gurtungshälften durch horizontale Blechplatten vereinigt, während, zwischen jene Hälften eingeschaltete, vertikale und horizontale Vergitterungen aus unter 45° geneigten, 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken und 10,5 Cmtr. (4" preuß.) breiten Gitterstäben die Winkleisen untereinander verbinden. Mit Ausnahme der Vergitterungen haben die, gleichfalls aus 16 Winkleisen bestehenden, unteren Gurtungen ähnliche Zusammensetzung. In den Knotenpunkten liegen horizontale Verbindungsplatten, in jeder Theilung zwei vertikale und zwei horizontale Verbindungsbleche von je 15,7 Cmtr. (6" preuß.) Breite, die mit jedem Winkleisen durch zwei Niete verbunden sind. Die Vertikalen bestehen aus je vier Winkleisen von 7,8 Cmtr. (3" preuß.) Seite, 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) Stärke, welche sammt der, zwischen sie eingeschalteten Blechplatte von 1 Cmtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Stärke zugleich die Aussteifung der oberen Gurtung bewirkt. Die Diagonalen bestehen aus zwei Stäben von je 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) Stärke, während ihre Breite mit den verschiedenen Maximalanspruchnahmen wechselt. Die 8,47 Mtr. (27' preuß.)

frei tragenden Querträger besitzen I-förmigen Querschnitt mit nach der Mitte zunehmender Höhe, welcher aus einer 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) starken Vertikalplatte, vier 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken Winkleisen von 7,8 Emtr. (3" preuß.) Seite, einer oberen Deckplatte von 26,2 Emtr. (10" preuß.) Breite, 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) Stärke und aus zwei unteren Deckplatten von derselben Breite und je 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Stärke besteht. Die Verbindung mit den Vertikalen der Hauptträger ist durch Winkleisen von 7,8 Emtr. (3" preuß.) Seite und 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) Stärke, die Aussteifung in den Ecken durch die Verbindung eben solcher Winkleisen mit einer 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) starken, dreieckigen Blechplatte bewirkt. Mittels Winkleisen von 6,5 Emtr. ($2\frac{1}{2}$ " preuß.) Seite, 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Stärke sind an ihnen die aus je vier Winkleisen von 7,8 Emtr. (3" preuß.) Seite, 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Stärke und Gitterwerk aus 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) starken Stäben nach dem System des gleichschenkeligen Dreiecks bestehenden Schwellenträger befestigt. Der untere Kreuzverband besteht aus einem doppelten System 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starker, am Auflager 15,6 Emtr. (6" preuß.) breiter und nach der Mitte bis auf 7,8 Emtr. (3" preuß.) abnehmender Stäbe, welche sich an die verbreiterten horizontalen Stoßplatten der unteren Gurtung anschließen. Der obere, zur Verbindung der mittleren hohen Vertikalen und Gurtungen dienende Kreuzverband wird dagegen aus 7,8 Emtr. (3" preuß.) breiten und 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken Stäben gebildet. Ueber den Auflagern sind die oberen Gurtungen nach einem Kreisbogen gekrümmt und durch 79,4 Emtr. (30,5" preuß.) hohe, 2,6 Emtr. (1" preuß.) starke Blechplatten an die untere Gurtung angeschlossen. Beide Enden ruhen auf cylindrischen Halbzapfen und am beweglichen Ende vermitteln zehn Pendel von 7,8 Emtr. (3" preuß.) Stärke bei 18,25 Emtr. (7" preuß.) Höhe die Verschiebung.

Die zweite ausgeführte Brücke dieser Art ist die zweigeleisige Flutbrücke über die Oder bei Stettin¹⁷⁷⁾ mit 25,42 Mtr. (81' preuß.) Spannweite und 4,39 Mtr. (14' preuß.) Pfeilhöhe, an welche sich die Brücken nach demselben System über die Oder und Parnitz bei Stettin anschließen.

Außer zu Eisenbahnbrücken hat das Schwedler'sche System bei der im Bau begriffenen, sogenannten kurzen und langen Oderbrücke in Breslau¹⁷⁸⁾, siehe Fig. 754 bis 761, auch Anwendung zu Straßenbrücken gefunden, welche an der Stelle der gleichnamigen hölzernen Brücken im Mittelpunkte der Stadt die auf beiden Ufern der Oder liegenden Stadttheile zu verbinden bestimmt sind und über die östliche Spitze des Bürgerwerders, einer Insel, welche den Strom in zwei Arme theilt, führen. Nach Mittheilungen des Erbauers wurde wegen der zwischen der Oberfläche der Fahrbahn und dem höchsten Wasserstande verbleibenden geringen Konstruktionshöhe von 0,94 Mtr. (3' preuß.) und der acht gleichen Spannweiten von je 23,85 Mtr. (76' preuß.), nach der Brücken-

are gemessen, eiserne, über die Fahrbahn hervortretende Träger erforderlich, während nach einer ökonomischen Vergleichung verschiedener Konstruktionsarten der Fahrbahnen, mit Rücksicht auf den ausgedehnten Verkehr und die durch häufig erforderliche Reparaturen hölzerner Fahrbahnen veranlaßte öftere Störung desselben, eine gepflasterte Fahrbahn auf gußeisernen Platten mit Fußwegen aus Granitplatten vorgezogen wurde. Die Stärke der Pfeiler, von denen zwei auf die kurze, drei auf die lange Oberbrücke kommen, beträgt 2,51 Mtr. (8' preuß.), während ihre, dem Stromstrich angepaßte Neigung zur Brückenaxe bei der kurzen Oberbrücke 25 : 8 und bei der langen Oberbrücke 25 : 4 beträgt; Verhältnisse, bei welchen sämmtliche Eisenkonstruktionen gleich wurden. Die Hauptträger bestehen aus je sieben Fachen, wovon je sechs 3,77 Mtr. (12' preuß.) lang sind und je ein Endfach die Länge von 2,51 Mtr. (8' preuß.) besitzt. Die ungleichen Höhen der Vertikalpfosten sind so berechnet, daß die Zugbänder, welche einfach sind und sich nur in dem Mittelfelde kreuzen, keine Spannung haben, wenn der Brückentheil von der Vertikalen bis zum nächstliegenden Auflager leer, der übrige Theil der Brücke aber vollständig belastet ist. Die oberen polygonalen Gurtungen sind über den Auflagern und unterhalb der unteren Gurtungen nach einem Kreisbogen gekrümmt und stützen sich auf Platten mit halbcylinderförmigen, zur Trägeraxe senkrechten Ninnen, welche in entsprechende Erhöhungen der Unterlagsplatten passen, wovon die einen fest, die anderen auf Pendeln beweglich sind. Die obere Gurtung besitzt einen H-förmigen, aus zwei 36,6 Cntr. (14" preuß.) von einander entfernten Vertikalplatten und acht Winkleisen, wovon die inneren durch Gitterstäbe mit einander verbunden sind, bestehenden Querschnitt. Die Vertikalplatten und die äußeren Winkleisen sind an jedem Knotenpunkte gestoßen; von den vier inneren Winkleisen dagegen sind stets zwei zwischen je zwei Knotenpunkten gestoßen, während die beiden anderen durchgehen. Die untere Gurtung besitzt einen doppelt I-förmigen, aus je acht Winkleisen gebildeten Querschnitt, wovon an jedem Knotenpunkte vier gestoßen und mittels wagerechter und vertikaler Stoßplatten verbunden sind, während vier durchlaufen. Die Diagonalen bestehen aus zwei Flacheisen von gleicher Stärke und variabler, ihrer verschiedenen Maximalanstrengung entsprechenden Breite, welche an den verlängerten vertikalen Stoßplatten der oberen und unteren Gurtungen angreifen. Die nur einem Zuge ausgesetzten Vertikalen bestehen aus je vier Winkleisen, die unter sich durch Gitterstäbe verbunden sind und sich gleichfalls an die Vertikalplatten der Gurtungen anschließen. Die an den Auflagern niedrigeren, in ihrer Mitte höheren Gurtungen haben I-förmigen, aus einem Vertikalblech, vier Winkleisen und den entsprechenden Deckplatten bestehenden Querschnitt, ruhen auf dem inneren Theil der unteren Gurtung und sind mit dieser sowie mit den entsprechenden Vertikalen vernietet.

Auf dem äußeren Theile der unteren Gurtung ruhen die in ähnlicher Weise befestigten Konsolen der Trottoirs. Zwischen die Querträger sind sechs, im Querschnitt I-förmige Straßenbalken genietet, welche die gußeisernen Platten mit dem Fahrbahnpflaster aufnehmen, während die vier, zwischen die Konsolen eingeschalteten, halb I-förmigen Straßenbalken die Granitplatten der Fußwege tragen. Die Windversteifung ist durch einen, zwischen die untere Gurtung und die inneren Straßenbalken eingeschalteten Diagonalverband aus Flacheisen bewirkt.

Hierher gehört ferner die eingleisige Brücke in der rechten Oderuferbahn über die Oder in Breslau¹⁷⁹⁾ mit Oeffnungen von 28, 24 Mtr. (90' preuß.) Spannweite zwischen den Pfeilern und 29, 49 Mtr. (94' preuß.) Weite zwischen den, auf den je 2, 51 Mtr. (8' preuß.) starken Strompfeilern je 1, 25 Mtr. (4' preuß.) entfernten, Auflagerpunkten, deren Hauptträger nach einem Fachwerkssystem mit an den Auflagern vereinigten Gurtungen und mit nur einer Zugdiagonale in den Seitensachen gebildet sind. Auch hier werden die Diagonalen nur auf Zug in Anspruch genommen. Den Entfernungen der Querträger entsprechend haben die sechs mittleren Fache der Hauptträger eine Länge von 3, 77 Mtr. (12' preuß.), die zwei Endfache eine solche von 3, 45 Mtr. (11' preuß.), während die vier gleich hohen, mittleren Fache eine Höhe von 3, 77 Mtr. (12' preuß.) besitzen. Die Gurtungen derselben haben einen H-förmigen, aus zwei durchlaufenden Vertikalplatten, je vier Winkleisen und abgesetzten wagrechten Verbindungsplatten, wozu bei der oberen Gurtung zur Vermehrung der Seitensteifigkeit ein Gitterwerk tritt, gebildeten Querschnitt. Die, im Querschnitt I-förmigen Vertikalstäbe bestehen aus einer Vertikalplatte und je vier, dieselbe säumenden Winkleisen, während die, nur in den beiden mittleren Feldern sich kreuzenden Diagonalen aus doppelten Flachschielen hergestellt sind. Die nach ihrer Mitte erhöhten I-förmigen Querträger, welche in Entfernungen von 1, 73 Mtr. (5' 6" preuß.) je zwei niedere, im Querschnitt gleichfalls I-förmige, in deren Mitte mit Querverbindungen versehene Schwellenträger aufnehmen, bestehen zwischen den letzteren aus einer Art Gitterwerk und sind gegen die Vertikalständer durch Winkel- und Flachschielen abgesteift. Die Seitenversteifung ist durch eine Diagonalverbindung aus Flacheisen bewirkt, welche mittels winkelförmiger Lappen mit den unteren Gurtungen und mittels doppelter Laschen an ihren, mit den erwähnten Querverbindungen der Schwellenträger zusammenfallenden Kreuzungspunkten vernietet sind. Das später auf der Außenseite einer Tragwand hinzugesügte Trottoir besteht aus konsolenartigen, mit Winkleisen versteiften Vertikalplatten, welche mittels Winkleisen gegen die Vertikalständer genietet sind und je zwei, auf winkelförmigen Lappen ruhende Langschwellen mit einem Querbohlenbelag, sowie ein leichtes eisernes Geländer aufnehmen.

5. **Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeisernen Balkenbrücken.** Die ersten, durchweg schmiedeisernen Balkenbrücken wurden in den Jahren 1846—1848 in England aus dem Grunde gebaut, um an die Stelle des bis dahin verwendeten Gußeisens oder Gußeisens in Verbindung mit Schmiedeisen ein, den nachtheiligen Veränderungen durch Verkehrsstöße und anderweitige Erschütterungen weniger unterworfenen, Material zu setzen. Fast gleichzeitig wurde das bei den Nordamerikanern übliche System der hölzernen Town'schen Lattenbrücken in Schmiedeisen nachgebildet, sowie der gußeiserne Kopf der bereits in kleinem Maßstabe ausgeführten, kastenförmigen Brücken auch in größerem Maßstabe aus Schmiedeisen hergestellt oder schmiedeiserne Träger aus Eisenblech in doppelter T-Form gebaut. Beide Trägergattungen fanden Eingang in Frankreich, Belgien, Holland, Deutschland und der Schweiz und erfuhren, insbesondere durch die Verbindung der Praxis mit der Theorie, die Parallelbalken aus Eisenblech in Hannover, die Parallelbalken aus Gitterwerk in Preußen eine sorgfältige Entwicklung und Ausbildung. An die Stelle der Blechträger mit hohen Vertikalwänden traten infolge der Kenntniß, welche man sich durch Versuche und theoretische Untersuchungen von der unvortheilhaften Vertheilung des Materials in Bezug auf die, in ihren gleich starken Wandungen wirkenden ungleichen Zug- und Druckkräfte verschafft hatte, mehr und mehr die Gitterträger, während man die zusammengesetzten oder aus einem Stück gewalzten Blechträger von geringeren Höhen zu Brücken mit kleinen Spannweiten, sowie zu Quer- und Längsträgern fast überall beibehielt und gegenwärtig noch anwendet. Die Gitterträger, deren Wandungen man Anfangs aus gleich starken, in geringen gegenseitigen Abständen aufeinander gelegten oder selbst verschlochtenen, unter sich vernieteten Flachschieben bildete und diese, ohne genügende Einsicht in die Kräfte, welche an der Vereinigungsstelle der Wandungen mit den Gurtungen bei eintretender Belastung thätig werden, nur mangelhaft mit den Gurtungen verband, zeigten infolge dessen eine nur geringe Seitensteifigkeit und unvortheilhafte Vertheilung und Anspruchnahme des Materials, besonders in den Gitterstäben. Die Gitterträger des ersten Stadiums mit engen Maschen und unter sich vernieteten flachen Gitterstäben wurden daher, vorzugsweise in Deutschland, nach und nach in Tragwände mit weiten Maschen und steif profilirten Stäben umgewandelt, welche letztere in diesem zweiten Stadium noch unter sich vernietet sind. Hierbei sind Anfangs theilweise sowol die gezogenen als die gedrückten Stäbe steif profilirt, während dies später nur die gedrückten, die gezogenen Stäbe dagegen flach sind. In dem dritten und gegenwärtigen Entwicklungsstadium erfolgte die Ausbildung des reinen Fachwerks, dessen Stäbe ohne jedwede Verbindung an ihren Kreuzungsstellen die an ihrem einen Ende angreifenden Kräfte in gerader Linie und ohne scherenden, durch ihre Ver-

nietung entstehenden Kräften ausgesetzt zu sein, auf das andere Ende übertragen. Den gedrückten, bei größerer Länge auch dem Zerknicken ausgesetzten Stäben hat man hierbei aus statischen Gründen meistens die vertikale, den gezogenen Stäben aus denselben Gründen die geneigte Lage angewiesen und in dieser Gestalt erscheint der Parallelträger als eine theoretisch vollkommen klar begriffene, ökonomisch völlig durchgebildete Konstruktion, vermöge welcher, besonders bei kleineren Spannweiten, das einfache System, wie an der Brücke über den Alten Rhein bei Griethausen, und vorzugweise bei größeren Spannweiten das mehrfache System, wie an der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mannheim, ausgeführt wird. Der Parallelträger mit dem System des gleichschenkligen oder gleichseitigen Dreiecks, der mit dem Vortheil des gefälligen symmetrischen Aussehens den Nachtheil der relativ vermehrten Länge der gedrückten Stäbe verbindet, erscheint in England, Frankreich, Belgien, Holland, Deutschland und besonders in Oesterreich im einfachen, in Preußen dagegen, wie bei der Eisenbahnbrücke über die Lahn bei Oberlahnstein, auch im zweifachen System ausgebildet.

Die schmiedeeisernen Balkenträger mit gekrümmten Gurtungen sind zuerst in Deutschland, und zwar nach dem Laves'schen System, ausgeführt worden, worauf die Balkenträger mit einem (den sgn. bow-strings) oder mit zwei gekrümmten Rahmen in England durch Brunel zur Ausführung kamen.

Die Balkenträger mit gekrümmten, zu einer horizontalen Ase symmetrischen Gurtungen haben im v. Pauli'schen System eine hohe konstruktive Ausbildung erfahren, dagegen bleibt es der Zukunft vorbehalten, den Träger mit sich durchschneidenden Gurtungen oder den sogenannten kontinuierlichen Pauli'schen Träger in die Praxis einzuführen und zu bewähren. Unter den unsymmetrischen Konstruktionen dieser Gattung sind die mit parabolisch-polygonaler, nach oben konvexer Druck- und wagrechter Zug-Gurtung, wol wegen der bei gleicher Höhenlage der Verkehrsbahn verbleibenden größeren lichten Höhe der Brückenöffnung, die häufigsten, während diejenigen mit wagrechter Druck- und nach unten konvexer Zug-Gurtung bei überflüssiger lichter Höhe der Brückenöffnung wenigstens als die ökonomisch vortheilhafteren erscheinen. Obwol diese letzteren Konstruktionen fast stets mit sich schneidenden Rahmen ausgeführt wurden und werden, geben die in Holland in Ausführung begriffenen großen Brücken über die Waal und den Leek doch auch Beispiele von solchen Brückenträgern mit sich nicht durchschneidenden Rahmen, wovon der obere stetig gekrümmt, der untere gerade ist.

Die Gegenwart ist indeß bei diesen homogenen Formen der v. Pauli'schen Trägerkurve oder der Parabel nicht stehen geblieben. Als bereits in die Praxis übergegangene Zwischengattungen des Trägers mit parallelen und desjenigen mit gekrümmten Rahmen finden gegenwärtig Systeme Anwendung, welche,

wie der Schwedler'sche Träger, die Vorzüge beider Trägergattungen zu verbinden bestimmt sind.

Das Material der eisernen Balkenträger, in den Stadien ihrer Entwicklung, worin man die Vertheilung der Zug- und Druckkräfte erkannt hatte, vielfach aus Schmiedeisen für die gezogenen und aus Gußeisen für die gedrückten Theile bestehend, bildet, in Folge der relativ nachtheiligen Einwirkungen von Verkehrsstößen auf das Gußeisen, in der Gegenwart, mit Ausnahme der Vereinigten Staaten, fast durchweg das Schmiedeisen. Als eine wichtige, immer allgemeiner werdende Vorsichtsmaßregel vor Aufstellung eiserner Brücken erscheint die Prüfung sämmtlicher zu verwendenden Eisentheile, sowie die Anordnung von geeigneten Schutzmitteln gegen das Rosten. So unvollkommen auch die verschiedenen Methoden der Eisenkonservirung gegenwärtig noch sind, so gebietet doch die bekannte Erfahrung, daß Eisenbleche, einmal angerostet, selbst wenn sie mittels Drahtbürsten gereinigt und dann angestrichen werden, von dem Rost allmählig „durchfressen“ werden, um so mehr die Anordnung und Vervollkommnung dieser Schutzmittel, als die eisernen Brückenträger in der Gegenwart, der Theorie entsprechend, so leicht gebaut werden, daß ein geringer Abgang des dazu verwendeten Materials durch Rosten schon die erforderliche Sicherheit beeinträchtigt, aber einmal eingeleitet, in kürzerer oder längerer Zeit den Bestand der Konstruktion gefährden muß. Die Erfahrungen, welche man hinsichtlich des Fortschreitens der Oxydation an der Britanniabrücke und anderen Brücken zu machen fortfährt, rechtfertigen die früher beschriebene vorsichtige Behandlung, welche z. B. von der Eisenbauanstalt von Klett & Comp. bei Herstellung der eisernen Träger zur Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz beobachtet wurde.

III. Die schmiedeisernen Stützbrücken.

1. Allgemeines. Die schmiedeisernen Bogenbrücken entstanden, das vereinzelt Beispiel des im Jahre 1808 von Bruyère erbauten, sogleich zu betrachtenden Brückchens über den Crou bei St. Denis abgerechnet, trotz der Vorbilder, welche ihnen durch die steinernen, hölzernen und gußeisernen Bogenbrücken gegeben waren, nach und aus den schmiedeisernen Balkenträgern mit gekrümmten Rahmen. In größerem Maßstabe wurden sie wahrscheinlich zuerst in der Schweiz vorgeschlagen, wo die Felswände zu überbrückender Gebirgsschluchten mehr wie anderwärts natürliche Widerlager für Brückenträger, die einen Seitendruck ausübten, darboten, mithin die Herstellung eines, den letzteren aufhebenden, Konstruktionstheiles unnöthig machten und daher die Kosten verringerten. Die erste, fertig ausgeführte schmiedeiserne Blechbogenbrücke ist die Arcolebrücke in Paris. Zur Wahl des Schmiede Eisens statt des

Gusseisens oder des Steins zur Bogenkonstruktion veranlaßte einestheils die Kenntniß, welche man bereits von seiner bedeutenden rückwirkenden Festigkeit, geringen Formveränderungsfähigkeit und relativ großen Beständigkeit bei Erschütterungen hatte, andererseits die Leichtigkeit, womit sich Eisenblech durch Nietung verbinden und ein Brückenträger aus einzelnen Theilen zusammensetzen und aufschlagen ließ.

2. Die schmiedeisenen Bogenbrücken Frankreichs. Die erste schmiedeiserne Bogenbrücke scheint die im Jahre 1808 durch Bruyère ausgeführte kleine Brücke für Fußgänger und Leinpfersde über den Crou bei St. Denis¹⁸⁰⁾, s. Fig. 762 und 763, von 12 Mtr. Spannweite und 1 Mtr. Pfeilhöhe zu sein, deren drei Träger aus je zwei übereinander liegenden konzentrischen, durch Radialsprossen und Kreuze unter sich verbundenen Bogen und je einer wagrechten Schiene bestanden.

fig. 762.

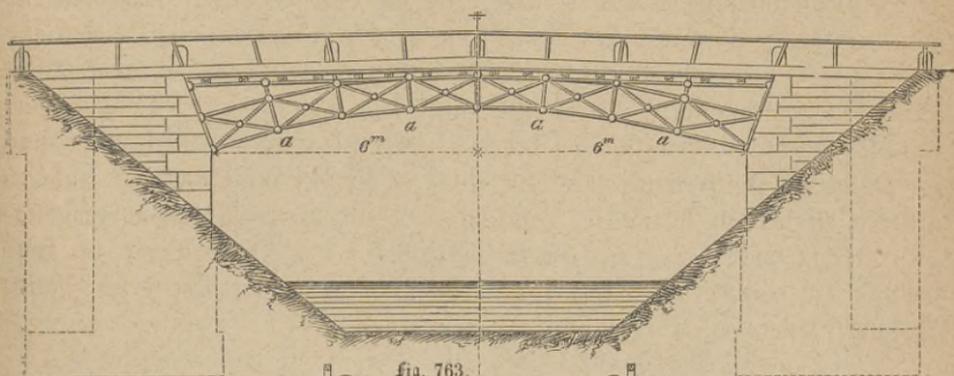


fig. 763.

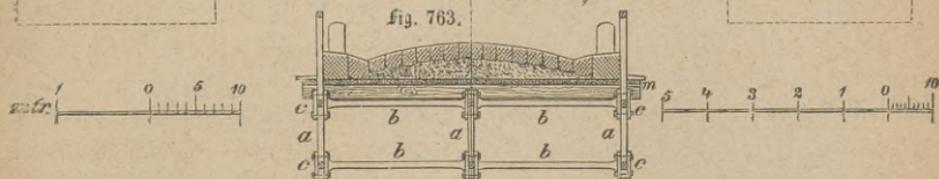


fig. 762 und 763, Brücke über den Crou bei St. Denis.

Die Radialsprossen dieser Tragrippen setzten sich nicht nur bis zu diesen wagrechten Schienen, mit welchen sie verbunden waren, sondern bis zu den Geländerholmen fort, um zugleich als Geländerpfosten zu dienen. Sie wurden zur Verbindung mit den Bogenstücken und Diagonalversteifungen an den Punkten, wo sie mit diesen zusammenstoßen, zu kreisförmigen Scheiben von der Hälfte ihrer eigenen Stärke verbreitert, an welche sowol die Bogenstücke als die Diagonalstäbe mittels entsprechender viertelkreisförmiger Scheiben, gleich-

falls von der halben Eisenstärke der Radialsprossen, und je vier Bolzen befestigt sind. Durch dieselben Bolzen sind die eisernen Querverbindungen mittels ihrer, ebenfalls zu kreisförmigen Platten erweiterter, Enden und besonderer kreisförmiger, außerhalb der Stirnrippen angebrachter Platten an jenen Knotenpunkten mit den Tragrippen verbunden. Ueber den erwähnten wagrechten Schienen liegen durchgehende Querschwellen mit einem Belage von Längsbohlen, welcher das Pflaster der Fahrbahn und die steinernen Trottoirs aufnimmt.

Der gute Bestand dieser Brücke veranlaßte ihren Erbauer im Jahre 1810 zu der Vorlage des Entwurfes einer schmiedeisernen Bogenbrücke über die Seine, in der Aue des Invalidenhôtels zu Paris, von 130 Mtr. Spannweite und ähnlicher Konstruktion, deren Tragrippen durch Queranker und Windkreuze verbunden werden sollten. Die bereits durch ein Dekret angeordnete Ausführung dieser, nur für Fußvoll bestimmten Brücke unterblieb indeß und mit ihr die ausschließliche Anwendung des Schmiede Eisens zu bogenförmigen Stützbrücken bis gegen die Mitte der 50er Jahre.

In den Jahren 1854 bis 1855, wo man bereits mit den Eigenschaften und der Bearbeitungsweise des Walzeisens bekannt war, erbaute D u r y an der Stelle einer unbrauchbar gewordenen Kettenbrücke zunächst des Stadthauses in Paris über einen Arm der Seine die kühne Arcolebrücke¹⁸¹⁾, jetzt Stadthausbrücke, pont de l'hôtel de ville, genannt, s. Fig. 764 bis 775, mit einem Bogen von 80 Mtr. Spannweite bei nur 6,12 Mtr. Pfeilhöhe aus Eisenblech. Die 20 Mtr. breite Brückenbahn wird durch zehn, $1\frac{1}{3}$ Mtr. von einander entfernte mittlere und durch zwei, $3\frac{1}{2}$ Mtr. von den benachbarten Rippen entfernte Stirnrippen getragen und besteht aus wellenförmigen, unmittelbar auf die Längsbalken der Träger genieteten und geschraubten, sogenannten Barlowschienen, worauf die makadamisirte Fahrbahn und die asphaltirten Fußwege ruhen. Ornamentirte Gußplatten bilden die äußere Einfassung der letzteren und tragen zugleich das reich verzierte, gußeiserne Geländer. Jede der Tragrippen besteht aus einem schmiedeisernen, im Querschnitt I-förmigen Bogen von 1,4 Mtr. Anlauf- und 0,38 Mtr. Scheitel-Höhe, einem oberen wagrechten, im Querschnitt T-förmigen schmiedeisernen Zugbalken und einer, beide verbindenden, steifen Füllung von schmiedeisernen Stäben in den Bogenschenkeln und Blechplatten im Scheitel. Jeder Zugbalken ist mit den beiden Landpfeilern mittels zweier durchgehender, von einer gußeisernen Rückhaltplatte nebst einem Vorsteckeil gehaltener Schienen verbunden, welche durch je drei, in das Pfeilermauerwerk versenkte Vertikalanker niedergehalten sind. Die Bogen stützen sich gegen gußeiserne Widerlagsplatten und dazwischen eingeschaltete Regulirungsseile und sind an diesen ihren Anläufen durch starke schmiedeiserner Winkel verstärkt. Die Stäbe der Füllung bestehen, wie die Figuren 774 und 775 zeigen, im Querschnitt theils aus

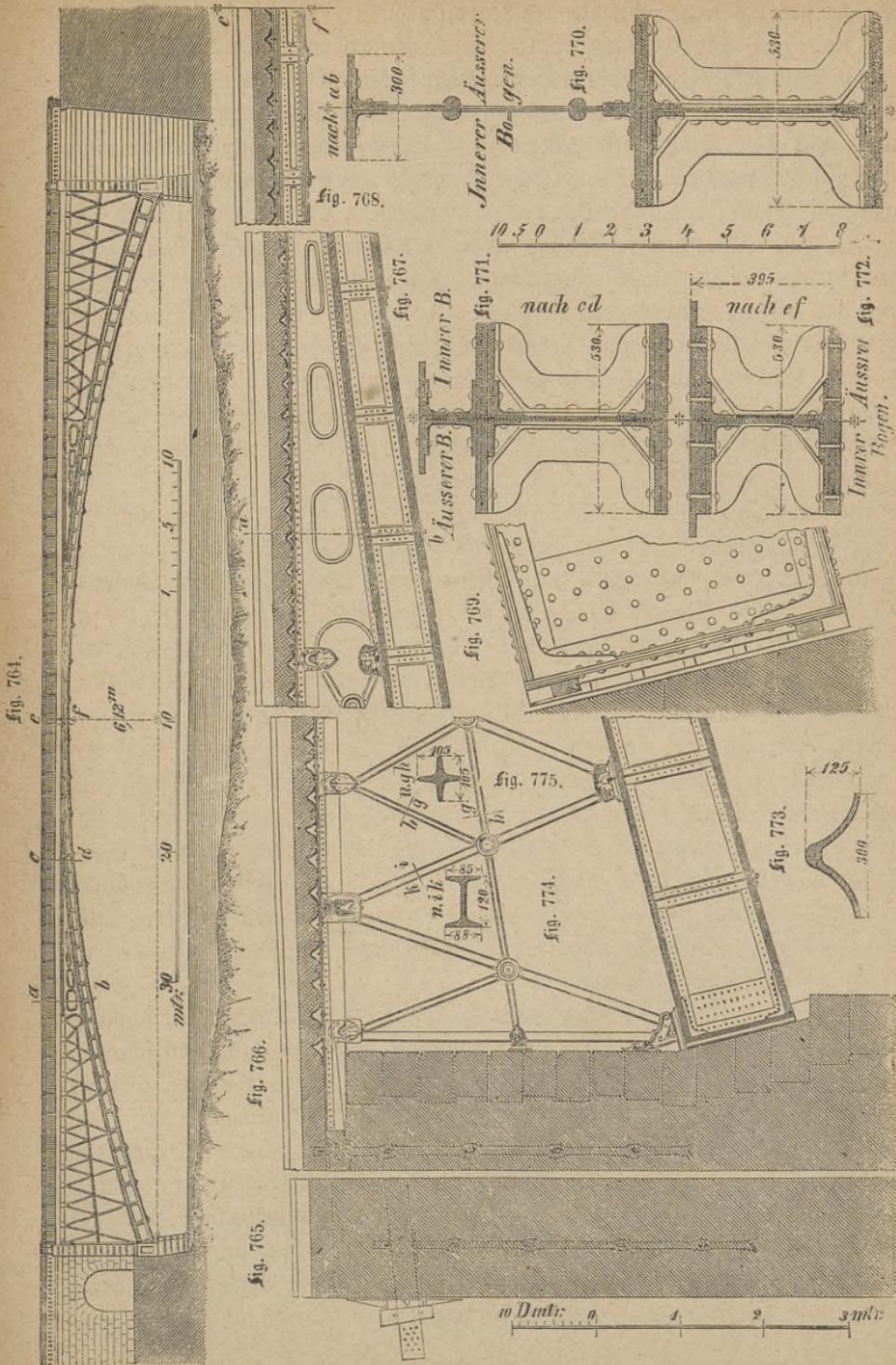


fig. 764 bis 775. Stadthausbrücke über die Seine in Paris.

I-förmigen und theils aus kreuzförmigen Stäben, welche durch einen mittleren Bogen aus gewalztem Eisen mit kreuzförmigem Querschnitt wieder unter einander befestigt sind. Die Querverbindungen der Tragrippen bestehen, außer der bereits angeführten Verbindung derselben durch die Barlowschienen, s. Fig. 773, erstens in T-förmigen, an der inneren und äußeren Bogenlinie auf alle Bogen genieteten Schienen, zweitens in starken, radial zwischen die Bogen eingeschalteten

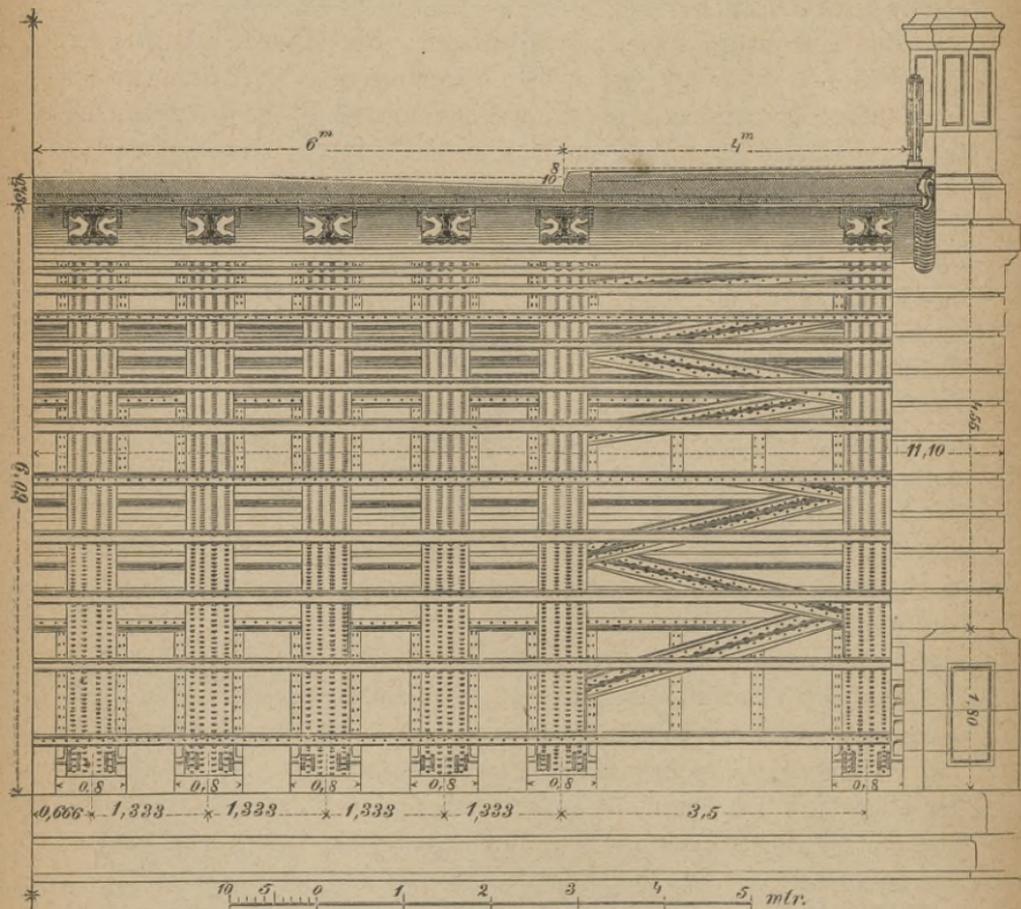


Fig. 776. Querschnitt der Stadthausbrücke in Paris.

teten, mit Winkelleisen ringsum eingefassten Blechplatten, drittens in einer zickzackförmigen Versteifung zwischen den Stirn- und den benachbarten mittleren Rippen und viertens in walzisenen, in den Kreuzungspunkten der Füllungsstäbe zwischen den letzteren eingeschalteten Röhren mit durchgehenden, an den Stirnrippen der Brücke festgeschraubten Bolzen.

Der niedrige Scheitel dieser Brücke war von ihrem Erbauer gewählt worden, um den nachtheiligen Einfluß der Temperatur durch Ausdehnung des Bogens an der Oberkante und Zusammendrückung desselben an der Unterkante möglichst vorzubeugen, wodurch im Scheitel dieser Brücke eine geringe Festigkeit gegen Biegung entstand. Obwol die Ergebnisse der im Oktober 1855 mit ihr angestellten Belastungsproben zufriedenstellend waren, so sollen doch jetzt infolge der eingetretenen vermehrten Schwankungen Pläne zu deren Verbesserung oder zu deren Umbau in Erwägung sein.

Um die erwähnten Mißstände zu beseitigen, eine bessere Vertheilung der angreifenden Kräfte zu bewirken und den Bogenträgern an ihren Anfängen bei eintretenden Längenveränderungen durch Temperaturwechsel eine freie Bewegung zu verschaffen, brachten die Ingenieure *Couche* und *Salle* bei der im Jahre 1858 dem Verkehr übergebenen schmiedeeisernen Eisenbahnbrücke über den Kanal *St. Denis*¹⁸², in der Linie *Paris-Creil*, s. Fig. 777 bis 785, von 45,162 Mtr. Spannweite und 4,708 Mtr. Pfeilhöhe, an deren Bogenanfängen Zapfen an, um welche sich die bogenförmigen Unterrahmen drehen konnten. Sie dachten bereits an eine dritte bewegliche Verbindung der Brückenhälfte im Scheitel, um eine ganz freie Bewegung derselben zu gestatten, mußten dieselbe jedoch wegen mangelnder Konstruktionshöhe für die Bogenausfüllung aufgeben. Die genannte Brücke übersetzt den Kanal *St. Denis* unter einem Winkel von $30^{\circ} 29'$ der Brücken- oder Eisenbahnaxe zur Kanalaxe und besteht aus zwei verschiedenen, zweigeleisigen Brücken mit zusammenhängenden Widerlagern, wovon die eine, ältere mit gußeisernen Röhrenbogen nach dem *Polonceau'schen* System überbrückt, die andere, neuere mit vier schmiedeeisernen Bogenrippen auf Drehzapfen an ihren Stützpunkten versehen ist. Diese Tragrippen bestehen aus einem bogenförmigen unteren und einem geraden und wagrechten oberen Rahmen, welche durch je vierzehn Vertikalständer und zwölf Diagonalbänder untereinander verbunden werden. Der bogenförmige Unterrahmen besteht aus einer Stehrippe mit vier seitlich aufgenieteteten *Barlowschienen*, der wagrechte Oberrahmen aus einem schmiedeeisernen Bande mit I-förmigem, nach dem Bogenscheitel hin in T-Form übergehenden Querschnitt, die Ständer und Diagonalen aus im Querschnitt kreuzförmigen, aus Platten und T-Eisen zusammengesetzten Schienen, welche mit den an den Knotenpunkten hervortretenden Stehrippen der Rahmen vernietet sind. Die bogenförmigen Unterrahmen endigen in eine, mit der dem Drehzapfen entsprechenden Höhlung versehene, durch staffelförmige Eisenplatten an den Seiten verstärkte Klappe und stemmen sich gegen den, in einem gußeisernen, in die Widerlagspfeiler eingelassenen Widerlagsstuhl auf Keilen ruhenden halbcylindrischen Bolzen, mittels deren die Aufstellung der Tragrippen regulirt wurde. Die aus im Querschnitt T-förmigen Stäben gebildeten Seitenversteifungen der vier Tragrippen bestehen

fig. 778.

fig. 777.

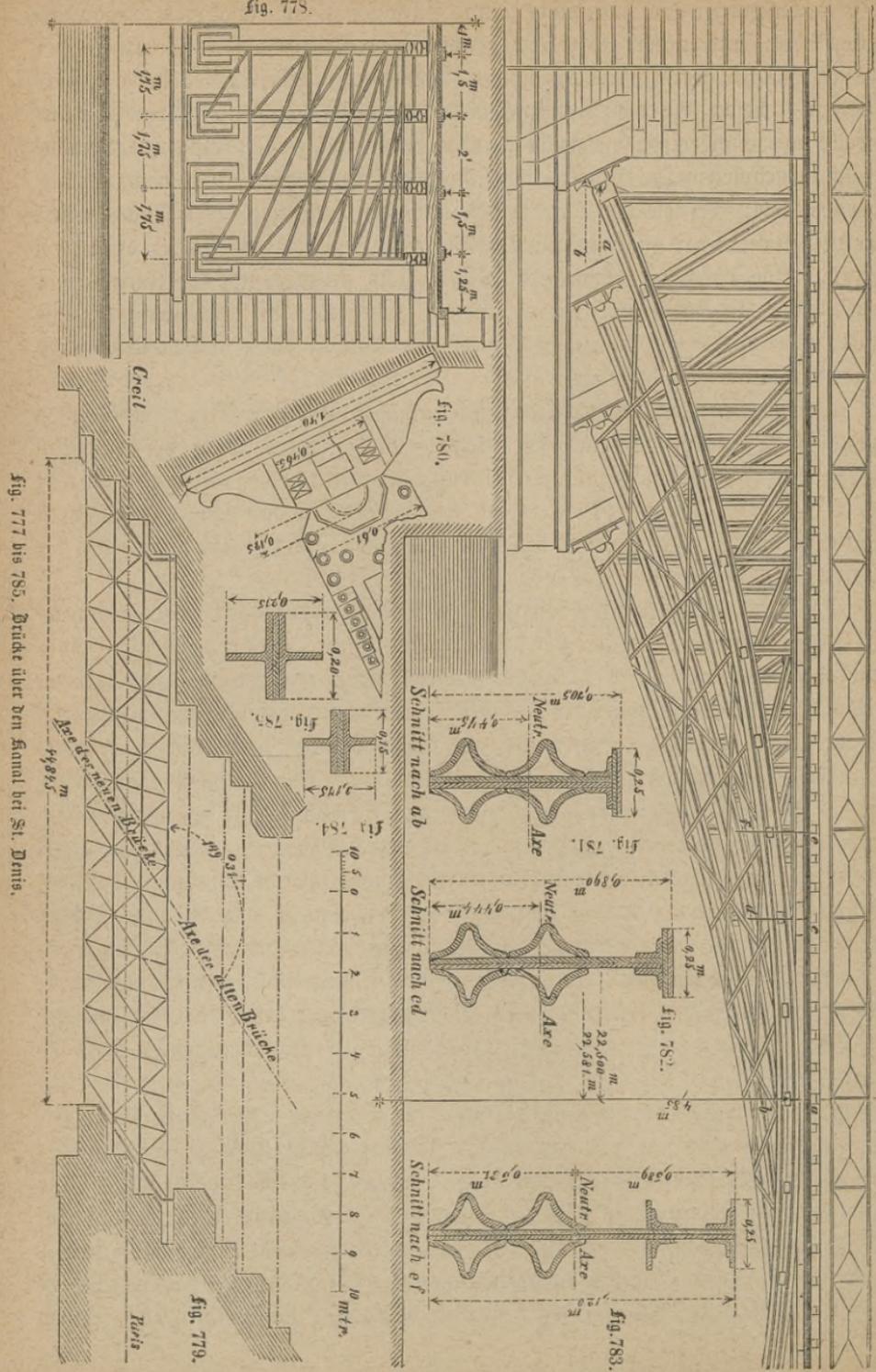


fig. 777 bis 785. Brücke über den Kanal bei St. Denis.

fig. 779.

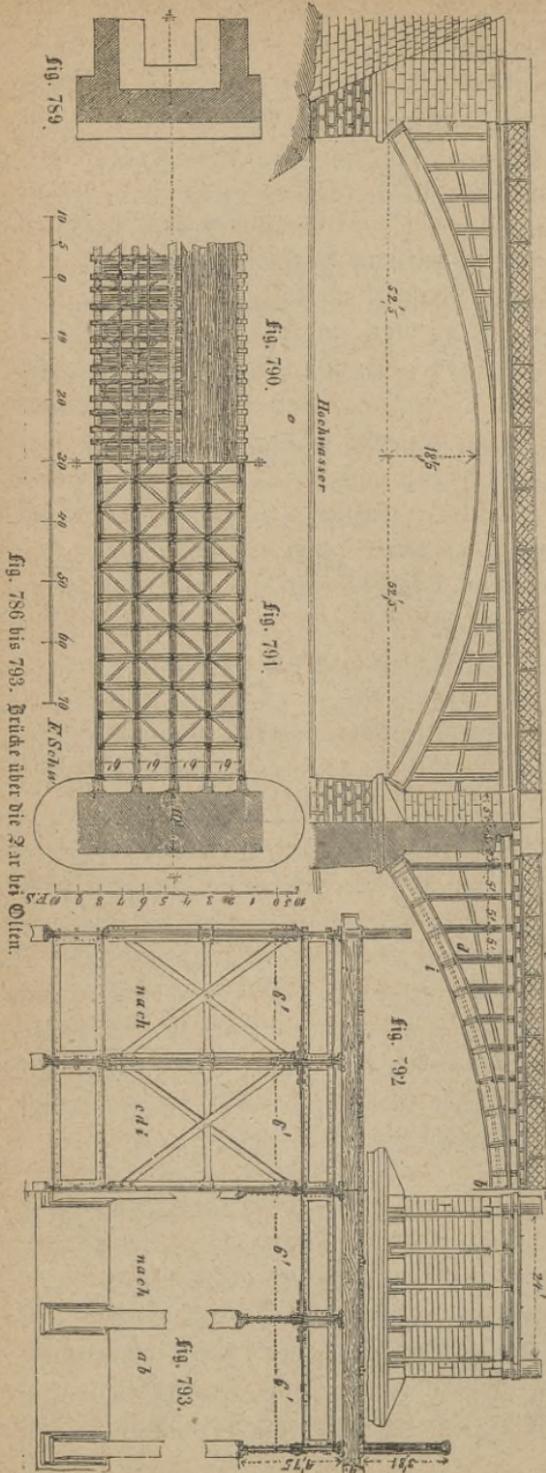
fig. 782.

in drei Systemen von Querstäben und dazwischen eingeschalteten Diagonalkreuzen ober- und unterhalb der bogenförmigen Unterrahmen, sowie in der halben Höhe der geraden Oberrahmen. Ueber den letzteren liegen die Querschwellen, welche die vier Längschwellen mit den Fahrschienen, eine Saumschwelle mit schmiedeisernem Geländer und einen Längsbohlenbelag mit Beschöterung aufnehmen. Die theoretische Behandlung der mit Charnieren versehenen Bogenbrücken, bei welchen die Charniere als fest bestimmte Durchgangspunkte aller Resultanten der angreifenden Kräfte und somit als die Mittel angesehen werden, eine der genauen statischen Berechnung entsprechende Ausführung der Bogenbrücken zu ermöglichen, findet sich im Jahrgang 1860 der »Annales des ponts et chaussées«, worin bereits die Anordnung eines Scheitelcharnieres berücksichtigt und empfohlen wird.

Die Anwendung zweier Charniere an den Bogenanfängen und eines dritten Charnieres im Scheitel der Bogen erfolgte denn auch bei der, im Jahre 1867 vollendeten Brücke zur Führung der Militärstraße über den Kanal St. Denis bei Villette¹⁸³), sowie bei einer, im Jahre 1867 aufgestellten Wegbrücke in der neuerbauten öffentlichen Anlage Butte Chaumont bei Paris.

Die Charnierbrücke über den Kanal St. Denis hat 42 Mtr. Spannweite und ist den örtlichen Verhältnissen entsprechend etwas schräg angelegt. Ihre Fahrbahn besteht aus einer 30 Cmtr. starken Beschöterung mit einem 2 Cmtr. starken Asphaltüberzug und wird von Bogen getragen, deren Höhe im Scheitel nur 32 Cmtr. beträgt. Die Aufstellung dieser Brücke wurde ohne Lehrgerüste und, ohne die Schiffahrt auf dem Kanal zu stören, derart bewirkt, daß man nach der Verfertigung der gußeisernen, mit den Drehzapfen versehenen Widerlagsplatten die zusammengehörigen Bogenhälften mit Hebezeugen aufzog, zuerst mit ihren Zapfenlagern auf jene Zapfen niederließ, sodann mit ihren Scheiteln gegeneinander neigte, mittels Einschaltung des Scheitelbolzens zum Schluß brachte und endlich mittels der an den Bogenanfängen untergelegten Keile regulirte. In der angezogenen Quelle wird weiter angegeben, daß sie nach ihrer Vollendung den Eindruck großer Leichtigkeit mache und allen bei den vorgeschriebenen Proben an sie gestellten Anforderungen vollkommen genügt habe.

3. Die schmiedeisernen Bogenbrücken der Schweiz. Bei Herstellung der St. Gallischen Eisenbahn, welche bei St. Gallen die Schlucht der Sitter überschreitet, wurde bereits im Herbst 1853 von Stelin ein Projekt¹⁸⁴) zur Herstellung einer Sitterbrücke an der bezeichneten Stelle vorgelegt, welches auf der Anwendung von drei schmiedeisernen Bogen zu 147 Mtr. (490' schw.) Spannweite beruhte, die sich auf natürliche, in den Felsen eingehauene Widerlager stützen sollten. Diese Bogen waren als unter sich verbundene, durch



Rietung aus Eisenblechen zu-
sammengesetzte Röhren ge-
dacht, die in horizontalen
Entfernungen von 3 Mtr.
(40' schw.) auf sie genietete
schmiedeeiserne, sowol nach
der Länge als nach der Breite
unter einander zu verbind-
ende, Säulen aufnehmen
sollten. Auf diese Säulen
wollte man 12 Mtr. (40'
schw.) lange Gitter legen,
welche die aus Eisenblech be-
stehenden Querträger sammt
den, mittels gußeiserner
Schienenstühle auf ihnen
ruhenden, aus je zwei mit
den Basen gegen einander
genieteten, breitbasigen Schie-
nen zusammengesetzten Dop-
pelschienen tragen sollten.

Obwol das Projekt da-
mals nicht angenommen und
jener Gitterübergang mittels
der, auf Seite 282 mitge-
theilten, auf gußeisernen
Pfeilern ruhenden Gitter-
brücke bewirkt wurde, so ge-
langte doch mehrere Monate
darauf und trotz mangelnder
natürlicher Widerlager das
System schmiedeeiserner Bo-
gen bei dem Uebergang der
schweizerischen Centralbahn
über die Aar bei Olten¹⁸⁵⁾,
s. Fig. 786 bis 793, mit
drei Bogen von je 31,5 Mtr.
(105' schw.) durch Etzel
zur Ausführung. Die zwei
Geleise dieser Brücke sammt

dem Längsbohlenbelag ruhen auf durchgehenden Querschwellen und diese auf fünf, 1,8 Mtr. (6' schw.) von einander entfernten, nicht direkt unter den Fahr- schienen angebrachten Bogenträgern, deren aus Eisenblechplatten mit I-förmigen Querschnitten zusammengesetzter, in der Mitte verbundener, horizontaler und bogenförmiger Rahmen durch 1,5 Mtr. (5' schw.) von einander entfernte, schmiedeiserne, aus Winkelseisen zusammengesetzte, im Querschnitt kreuzförmige Vertikalständer unter einander verbunden sind. Diese letzteren sind in ihren Mitten durch eine gebogene, zwischen dem gekrümmten und geraden wagrechten Rahmen angebrachte Flachschiene unter einander versteift. Nach der Breite der Brücke sind jene Rahmen durch radial und bzw. vertikal gestellte, im Querschnitt I-förmige Querbalken aus Eisenblech und deren Vertikalständer durch Diagonalverbindungen und durch deren Kreuzungspunkt gehende horizontale Queranker, beide aus Flachschienen, unter einander vereinigt. Die bogenförmigen Rahmen stemmen sich gegen gußeiserne, mit den Widerlagern fest verbolzte Schuhe, wodurch zugleich eine untere, seitliche Versteifung bewirkt ist. Eine zweite seitliche Versteifung befindet sich unter den Querverbindungen der geraden wagrechten Rahmen und besteht in Diagonalverspannungen aus Flachschienen. Ein mit den Stirnträgern durch gußeiserne Zwischenstücke verbundenes Geländer aus schmiedeisernem Gitterwerk begrenzt die Bankette.

4. Die schmiedeiserne Bogenbrücken Deutschlands und Oesterreichs. In den Jahren 1857 bis 1858 wurde in Oesterreich durch Cesanne die erste Blechbogenbrücke über die Theiß¹⁸⁶⁾ in der Linie Wien-Szegedin, s. Fig. 794 bis 808, mit acht Ueberbrückungen von 42,34 Mtr. (134' österr.) Spannweite mit $\frac{1}{8}$ Pfeilhöhe nach dem Vorbilde der Maubeugebrücke in Frankreich ausgeführt, welche auf sieben eisernen Röhrenpfeilern und zwei massiven Landpfeilern ruhen, wovon der in der Richtung nach Szegedin, auf dem rechten Theißufer, gelegene sich an einen massiv ausgeführten Viadukt von sieben Bogen anschließt. Jede Bogenöffnung enthält vier Tragrippen, deren jede aus einer unteren parabolischen Gurtung, einer den Scheitel des Parabelbogens tangirenden, wagrechten oberen Gurtung und einer durch sechzehn Vertikalständer und vierzehn Diagonalbänder gebildeten Verbindung beider besteht. Alle diese Konstruktionstheile haben einen I-förmigen, aus Vertikalplatten und Winkelseisen zusammengesetzten Querschnitt und sind an ihren Verbindungsstellen durch ausgerundete Dreiecksbleche versteift, die Seitenversteifung der Tragrippen erfolgt durch Querverbindungen in den neutralen Axen der beiden Gurtungen und in den lothrechten Verbindungsebenen der Vertikalständer, wovon die letzteren in drei Vertikalebene zu beiden Seiten des Bogenscheitels so vertheilt sind, daß in der Ebene des zweiten Vertikalständers zwei, aus zwei gegeneinander genieteten T-Eisen gebildete Andreaskreuze über einander angeordnet sind, in der

Fig. 794.

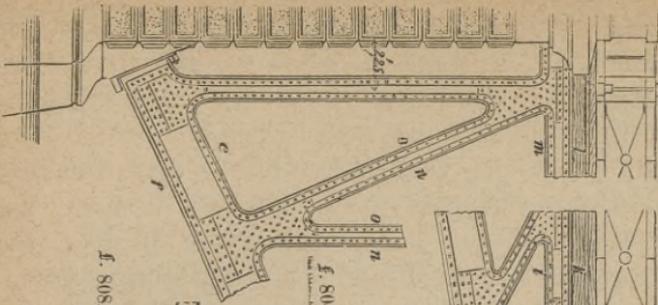


Fig. 799.

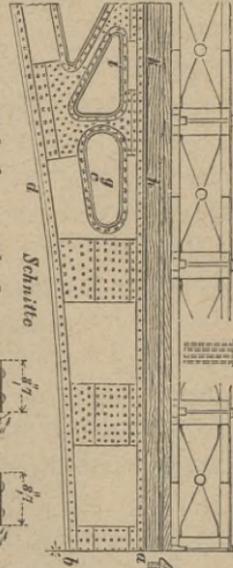


Fig. 795.

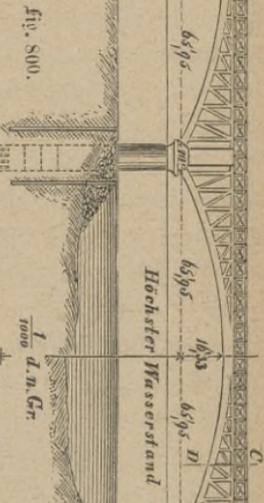


Fig. 796.

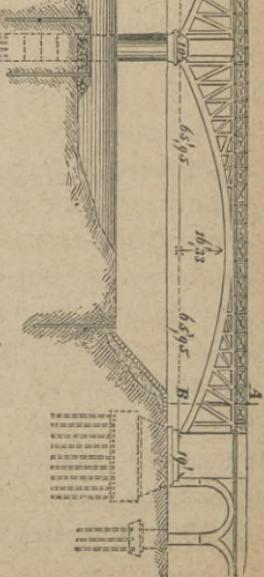
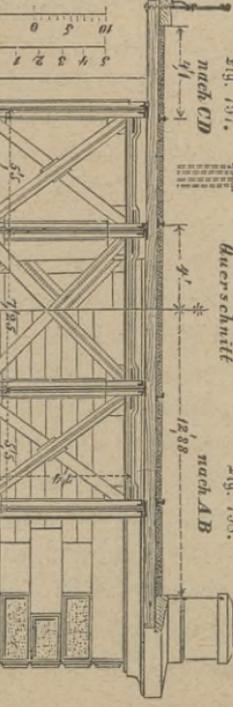
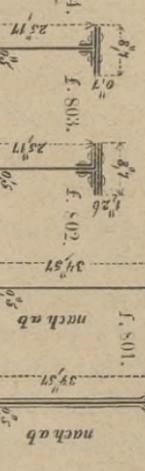


Fig. 800.



Schnitte nach af nach ad



F. 808.

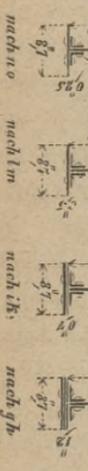
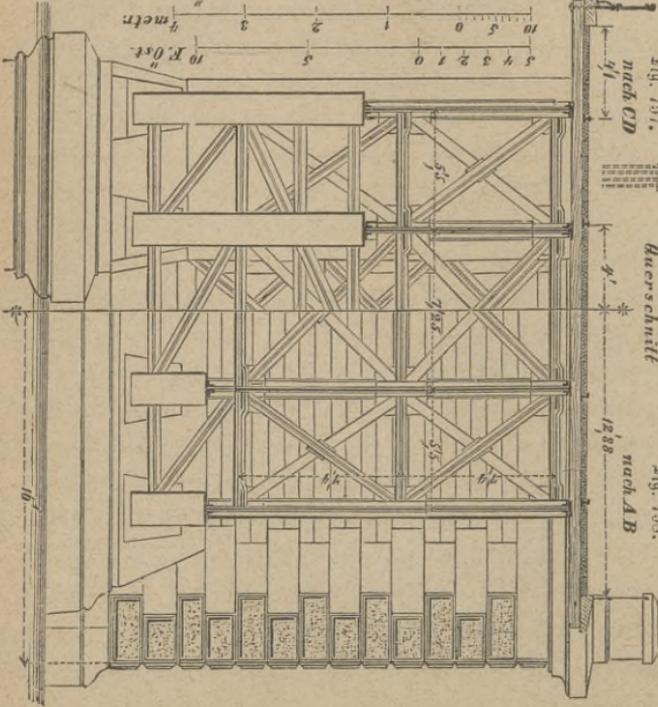


Fig. 794 bis 808. Drittes über die Dreifß bei Szigeth.



Ebene des fünften und achten Vertikalständers nur je ein solches Kreuz angebracht ist. Die Fahrbahn besteht aus Querschwellen, welche auf den oberen Gurtungen der Tragrippen ruhen und die beiden Geleise sowie den Bohlenbelag mit dem schmiedeisernen Geländer aufnehmen. Die Bogenenden sind durch eine Eisenplatte verstärkt, welche sich durch Vermittlung eiserner Unterfüße gegen die in den Kämpfern der Widerlager ruhenden Schuhe stemmen, und können an den Landpfeilern durch vier Paar, zwischen den Bogenfuß und Bogenschuh eingesetzter, Stahlkeile regulirt werden. Die oberen Gurtungsbänder stoßen über den Strompfeilern zusammen, sind daselbst mit diesen, sowie untereinander verbunden und ruhen über den Landpfeilern in wagrechten, gußeisernen Schuhen. In der Absicht, den Seitenschub der Bogen aufzuheben, sind die so verbundenen Gurtungsbänder durch je einen Querbolzen, je zwei daran befestigte, am anderen Ende in Gewinde auslaufende Zugstangen und eine in den Landpfeiler eingelassene Widerlagsplatte mit dem letzteren verankert worden. Aus demselben Grunde wurden die pneumatisch versenkten, mit Beton gefüllten, gußeisernen Röhren von 3,16 Mtr. (10' österr.) Durchmesser, wovon je zwei einen Strompfeiler bilden, am Flussbett von innen durch eine, von einem Pfahlbau umschlossene Beton- und Steinschüttung, von außen durch einen Steinwurf gleichsam eingespannt. Die einzelnen Theile der Tragrippen, deren Eisenbleche in Wales hergestellt und in Paris mit Hilfe von Nietmaschinen verarbeitet, montirt und dann zum Zweck des Eisenbahntransportes in Stücke von passender Größe zerlegt worden waren, wurden in Szegedin wieder zusammengefügt und ohne Lehrbogen von einer mit Geleisen versehenen Interimsbrücke aus mittels eiserner, durch vier verstellbare Aren nach zwei zu einander rechtwinkligen Richtungen verschiebbarer Wagen und auf jener Brücke aufgestellter Hebezeuge versetzt. Bei den Versuchen wurde die Brücke gleichmäßig mit 10,000 Kg. auf den lfd. Mtr. belastet, wobei sich, so lange die obere Gurtung mit den Widerlagern noch nicht verankert war, Durchbiegungen von durchschnittlich 1,2 Cmtr. für die beiden mittleren und 1,6 Cmtr. für die beiden äußeren Bogen jeder Oeffnung ergaben. Als man den für die Stabilität der Pfeiler ungünstigsten Fall ausführte und den Ueberbau jeder einzelnen Oeffnung mit der angegebenen Probelastung beschwerte, bogen alle Pfeiler in der Kämpferhöhe der belasteten Oeffnung seitwärts um so stärker aus, je näher sie derselben standen. So bogen die beiden zunächst stehenden Pfeiler um 0,4 Cmtr. aus, während die dieser vermehrten Spannweite entsprechende Durchbiegung im Scheitel der belasteten Ueberbrückung bis 2,9 Cmtr. betrug. Nachdem die obere Gurtung mit den Widerlagern verankert war, zog sich dieselbe bei einer Temperatur von -10° so zusammen, daß die Landpfeiler ihrer Bewegung folgten und sich zwischen dem Mauerwerk des rechten Widerlagspfeilers und des Viadukts eine schwache Spalte zeigte, welche sich Morgens

öffnete und Mittags wieder schloß; eine Bewegung, welche erst nach Lösung jener Verankerung aufhörte. Nachdem man auch die Schraubenbolzen gelöst hatte, welche Anfangs die eisernen Bogenfüße in ihren Schuhen festgehalten hatten, blieben die Widerlager zwar unbeweglich, die Bogen trennten sich aber mit ihren Anfängen infolge ihrer eigenen Zusammenziehung von ihren Schuhen um fast 1 Cmr., während sich der Bogenscheitel in dem Maße senkte, in welchem er beim Nichten überhöht worden war. Nachdem hierauf die erwähnten eisernen Keile zu drei Paaren in diese Zwischenräume eingetrieben worden waren, stützten sich die Bogenanfänge des Morgens mehr auf die unteren und des Mittags mehr auf die oberen Keile, worauf man durch Nachziehen der letzteren am Morgen und der ersteren am Mittag die Bogen so stark zu spannen suchte, daß sich die Bogenanfänge auch bei der stärksten Kälte nicht abheben konnten. Die Tragrippen, welche man bei der Bearbeitung des Projekts als biegsame Bogen, deren Scheitel sich bei Temperaturveränderungen heben und senken, angenommen hatte, verhielten sich nach der Ausführung theils als solche, theils als steife Balken, welche sich zusammenzogen, ohne ihre geometrische Aehnlichkeit zu verändern, so daß sich die Wirkung des Temperaturwechsels auf die Röhrenpfeiler und Bogen vertheilte.

Zu den festen schmiedeisernen Bogenbrücken Deutschlands gehören die im Jahre 1859 von Hartwich erbauten schiefen Ueberbrückungen der Frankgasse und des Lupusplatzes zu Köln¹⁸⁷⁾ in der Rheinischen Eisenbahn von bzw. 15,69 Mtr. (50' preuß.) und 13,18 Mtr. (42' preuß.) Spannweite nach der Bahnaxe, die Anfang der 60er Jahre von Schmiel ausgeführten Brücken über die Kinzig bei Selnhäusen mit 30 Mtr. (100' bad.) Spannweite bei nicht ganz 2,1 Mtr. (8' bad.) Pfeilhöhe und über die Lahn in Ems¹⁸⁸⁾, s. Fig. 806 bis 820, mit zwei Oeffnungen zu 27 Mtr. (90' bad.) Spannweite bei 1,95 Mtr. (6,5' bad.) Pfeilhöhe, sowie die von Gerwig erbauten Brücken über den Rhein bei Konstanz mit drei Oeffnungen von je 40 Mtr. Spannweite bei 3,3 Mtr. Pfeilhöhe und die Schluchtbücke bei Waldshut mit einer Oeffnung von 33 Mtr. Spannweite und 3,3 Mtr. Pfeilhöhe.

Jede der beiden erstgenannten Brücken, welche hintereinander und in dem Viadukte liegen, der von dem Personenbahnhofe der Rheinischen Eisenbahn nach der stehenden Rheinbrücke führt, besitzt vier, je 1,73 Mtr. (5' 6" preuß.) von einander entfernte Bogen mit doppelt T-förmigem Querschnitt der unteren kreis-segmentförmigen und oberen, in deren Scheitel auslaufenden geraden Gurtung, welche durch Vertikal- und Diagonalsteifen mit einander verbunden sind und deren Anfänge sich auf gußeiserne, mit 0,7 Cmr. ($\frac{1}{4}$ " preuß.) dicken Bleiplatten unterlegte und mit dem Mauerwerk verankerte Platten stützen. Der Anschluß der, aus je einem Paar Stäben von T-förmigem, überall gleichem Querschnitt und einem dazwischen gelegten Flacheisen gebildeten Steifen an die untere Gurtung ist durch

je zwei besondere, auf die letztere genietete Eiseisen und an die obere Gurtung dadurch bewirkt, daß die vertikalen Schenkel ihrer untern Eiseisen nach abwärts gefehrt sind. Zur Versteifung der Bogenträger unter sich dienen im Querschnitt gleichfalls T-förmige, in Abständen von etwa 2,51 Mtr. (8' preuß.) angebrachte Stäbe, die zwischen den unteren Gurtungen paarweise übereinander gelegt und an die horizontalen Platten angeschlossen, über den oberen Gurtungen kreuzweise angeordnet und mit den horizontalen Schenkeln der oberen Eiseisen vernietet sind. Die aus 26,2 Cmt. (10" preuß.) hohen und breiten eichenen Querschwellen, welche die beiden äußeren Bogenträger um 2,36 Mtr. (3' 9" preuß.) überragen, und einem Bohlenbelag gebildete Brückenbahn nimmt die beiden Fahrgeleise sowie zwei Saumschwellen auf, welche die mit ihnen verbolzten Geländer tragen. Die Ueberbrückung der Frankgasse wurde einer Probebelastung von 25 Z. Ctr. auf den laufenden Fuß eines Geleises unterworfen, wobei die Last von einem Ende bis zum andern allmählig vorgeschoben wurde. Bei der vollen Belastung ergab sich eine größte Senkung des Scheitels von 5,9 Cmt. ($2\frac{1}{4}$ " preuß.). Das Gewicht der Eisenkonstruktion beträgt nahe 626 Ctr. Schmied- und 25 Ctr. Gußeisen bei der Frankgassen- und nahe 505 Ctr. Schmied- und 23,4 Ctr. Gußeisen bei der Lupusplatz-Brücke. Beide Konstruktionen sind von Harkort zu Harkorten zu 88 Thlr. für 10 Ctr. Schmiedeisen und zu 45 Thlr. für 10 Ctr. Gußeisen vom 18. Mai bis 1. Oktober 1859 ausgeführt und aufgestellt worden.

Die Breite der erwähnten, im Jahre 1863 erbauten Straßenbrücke über die Lahn

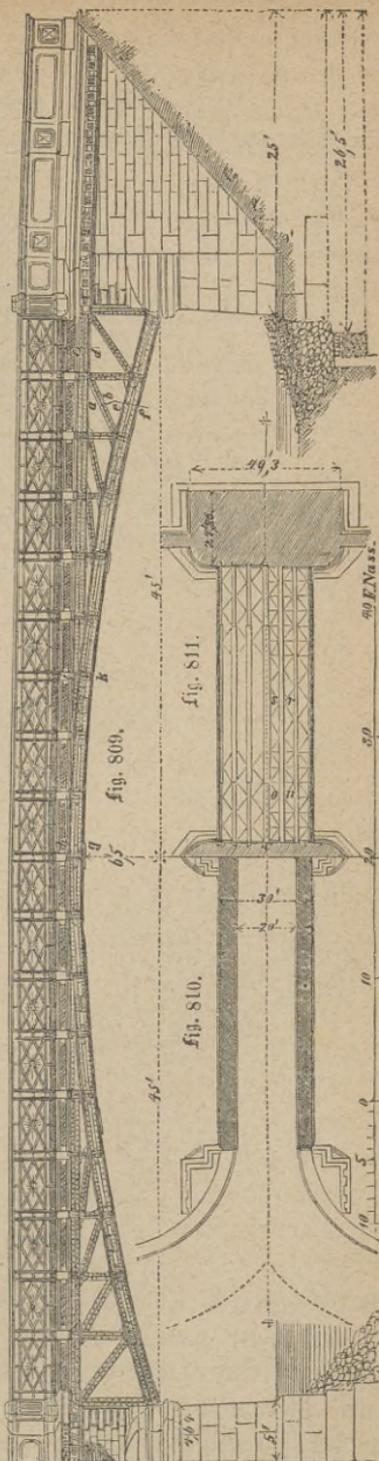


Fig. 809 bis 811. Brücke über die Lahn in Gms.

in Ems beträgt 9 Mtr. (30' bad.), wovon auf die Fahrbahn 6 Mtr. (20' bad.) und auf jeden der beiderseitigen Fußwege 1,5 Mtr. (5' bad.) entfallen. Der Ueberbau einer Oeffnung wird von sieben, je 1,5 Mtr. (5' bad.) von einander entfernten Bogenrippen gebildet, welche aus einer polygonalen

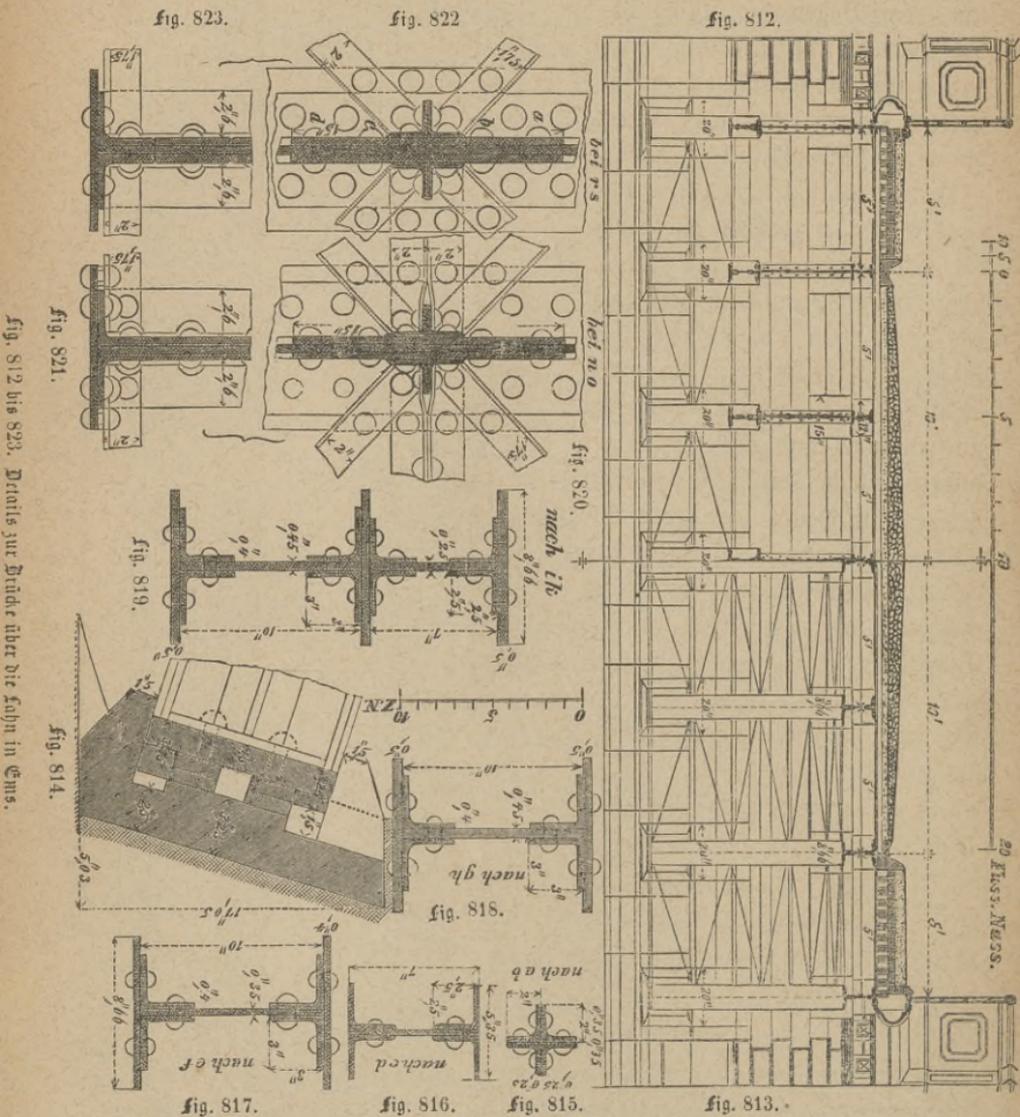


Fig. 812 bis 823. Details zur Brücke über die Kahn in Ems.

unteren und einer wagrechten oberen Gurtung, beide mit I-förmigem Querschnitt, bestehen, die in den Bogenwickeln durch Vertikalstützen und Diagonalfstreben mit kreuzförmigem, aus je vier Winkelleisen zusammengesetzten Querschnitt unter einander verbunden sind. Die Verbindung der Bogen unter sich und die seitliche Aussteifung derselben ist durch ein doppeltes System von

Horizontalverstreben bewirkt. Zur Vermeidung schädlicher Materialspannungen bei eintretenden Temperaturveränderungen und um dem Bogen die Möglichkeit der Hebung und Senkung, jedoch kein seitliches Ausbiegen zu gestatten, wurde der Bogenquerschnitt im Scheitel auf 0,3 Mtr. (1' bad.) ermäßigt. Als Unterlage der Fahrbahn wurden quer über sämtliche Bogenrippen Brückschienen dicht neben einander gelegt und mit jeder Bogenrippe vernietet. Die Rinnen zwischen den Schienenköpfen sind mit Backsteinen ausgemauert und auf die so gebildete Fläche eine Betonschicht gelegt, in welche vor deren Abbinden eine Lage Schottersteine, deren Zwischenräume mit Sand ausgefüllt waren, eingewalzt wurde. Die so hergestellte Fläche bot sogleich eine feste, ebene Fläche und hat sich nach mehrjährigem Gebrauch gut bewährt. Die Trottoirs liegen etwas erhöht und sind mit sauber geschliffenen, 0,09 □ Mtr. (1 □' bad.) großen, diagonal gelegten, weißen und rothen Sandsteinplatten abgedeckt. Das Gewicht einer so konstruirten Fahrbahn hält der Erbauer zwar selbst für bedeutend, bezeichnet aber das hierdurch erzielte Verhältniß zwischen dem nöthigen und nützlichen Eigengewicht und der zufälligen Belastung als ein günstiges, weshalb eiserne Bogenkonstruktionen vorzugsweise für Straßenbrücken zu empfehlen seien, während sie für

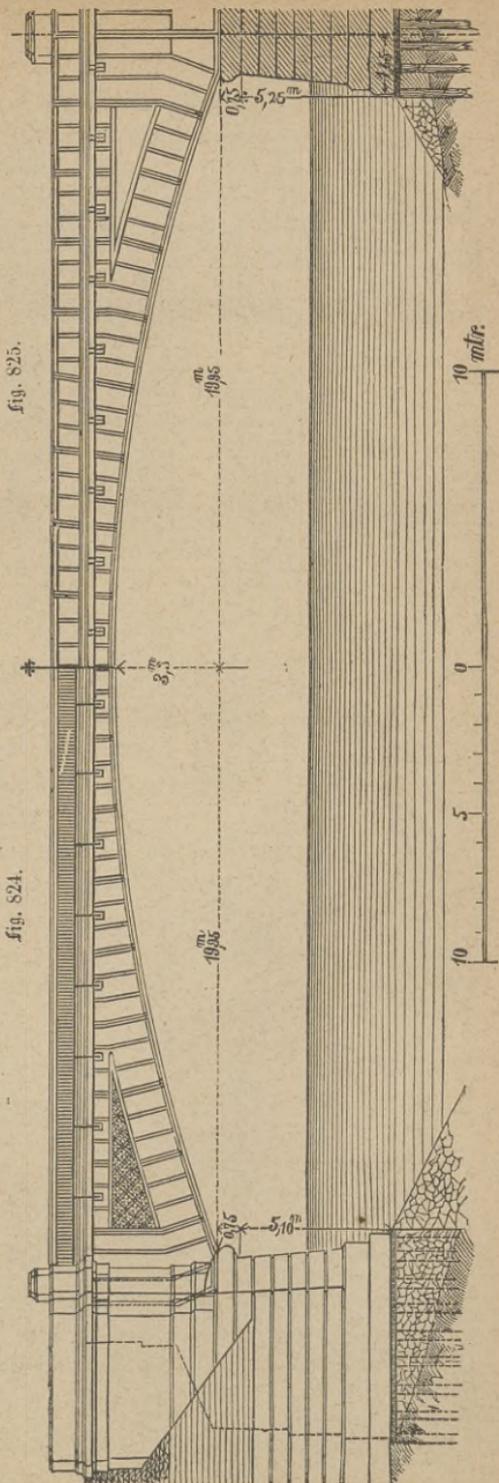
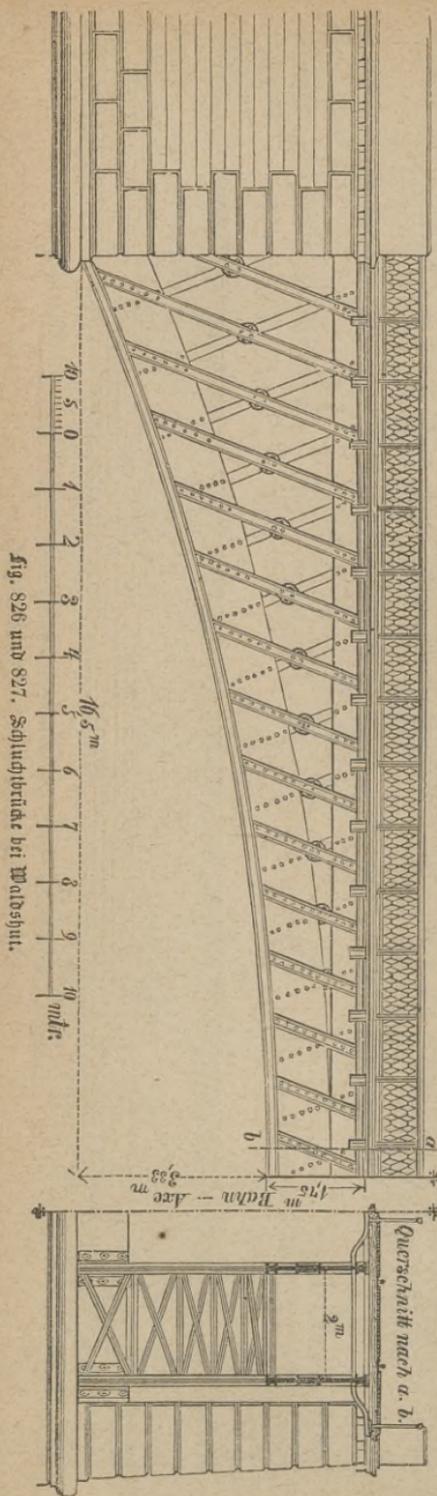


fig. 824 und 825. Brücke über den Rhein bei Konstanz.



Eisenbahnbrücken, deren zufällige Belastung, wenigstens bei kleinen Spannweiten, größer als das Eigengewicht sei, deshalb weniger taugten, weil die erstere bei unsymmetrischer Belastung z. B. des Halbbogens einen sehr ungünstigen Einfluß auf die Konstruktion äußere.

Zur Herstellung des gesammten Oberbaues wurden zu allen vierzehn Bogenrippen, einschließlich ihrer Horizontalverstrebung, 2330,79 Z. Etr. Walzisen, zur Unterstützung der Fahrbahn 1264,97 Z. Etr. Brückschienen verwendet und betragen die gesammten Herstellungskosten der Brücke rund 46,000 Thlr.

Die vier Blechbogenträger der in Fig. 824 und 825 dargestellten Rheinbrücke bei Konstanz hängen über alle drei Oeffnungen zusammen und überführen zwei Bahngleise von je 3,9 Mtr. Breite und eine 5,85 Mtr. breite Straßenfahrbahn, welche innerhalb liegt, sowie zwei Trottoirs von je 2,1 Mtr. Breite, welche außerhalb liegen.

Die Blechbogen sind fast ganz geschlossen und besitzen nur in den Bogenzwickeln kleine dreieckige, durch gitterartige Füllungen verzierte Durchbrechungen. Die oberen Gurtungen der Blechträger werden von hölzernen Querschwellen durchsetzt, welche sowohl die Langschwellen der Geleise mit den Fahrschienen, als die Strebäume der Straßenfahrbahn mit dem Bohlenbelag aufnehmen.

Die zwei Blechbogenträger der, in den Figuren 826 und 827 darge-

stellten, Schluchtbrücke bestehen aus einer geraden oberen und einer gekrümmten unteren Gur tung, welche sich im Scheitel berühren und in den Bogenzwickeln mittels im Querschnitt U-förmiger, im Kreuzungspunkt durch dazwischen gelegte Scheiben verbundener Gitterstäbe miteinander vereinigt sind. Ueber den Bogen, welche durch Querbänder und Diagonalkreuze unter sich ver steift wurden, liegen Querschwellen, welche die Fahrgeleise aufnehmen.

Das erwähnte mißliche Verhalten der schmied eisernen Bogen bei Temperaturveränderungen, welches theils in dem Heben und Senken des Bogenscheitels, theils in dem Wechsel des Stütz punktes an den Bogenanfängen besteht, veranlaßte im Jahre 1860 und 1861 den durch theoretische Abhandlungen begründeten Vorschlag Köpcke's¹⁸⁹⁾, zur Vermeidung von schädlichen, in den schmied eisernen Bogen durch Belastung und Tempera turwechsel hervorgerufenen Spannungen zwei, in sich steif konstruirte Brückenhälften nur in einem Punkte mittels eines Gelenkes zu verbinden, während sie an den Auflagern ebenfalls um Ge lenke drehbar sein sollten; ein Vorschlag, den Schwedler¹⁹⁰⁾ im Jahre 1861 unter gewissen Modifikationen der Versteifungsweise gleichfalls theoretisch behandelte.

Die erste bedeutendere Brücke Deutschlands, bei welcher die Anwendung der Gelenke an den Widerlagern zur Ausführung kam, während man von den Gelenken in den Bogenscheiteln, als einer zu künstlichen, durch die in Folge der Tempe raturdifferenzen eintretenden Längenverände rungen und Materialspannungen nicht gebotenen, Konstruktion absah, war die in den Jahren 1862 bis 1864 in der Linie Koblenz=Lahnstein unter Hartwich's Oberleitung erbaute und in den Figuren 828 bis 841 dargestellte, kühne schmiedeeiserne Bogenbrücke über den Rhein bei Koblenz¹⁹¹⁾ mit zwei befestigten Brückenhauptern,

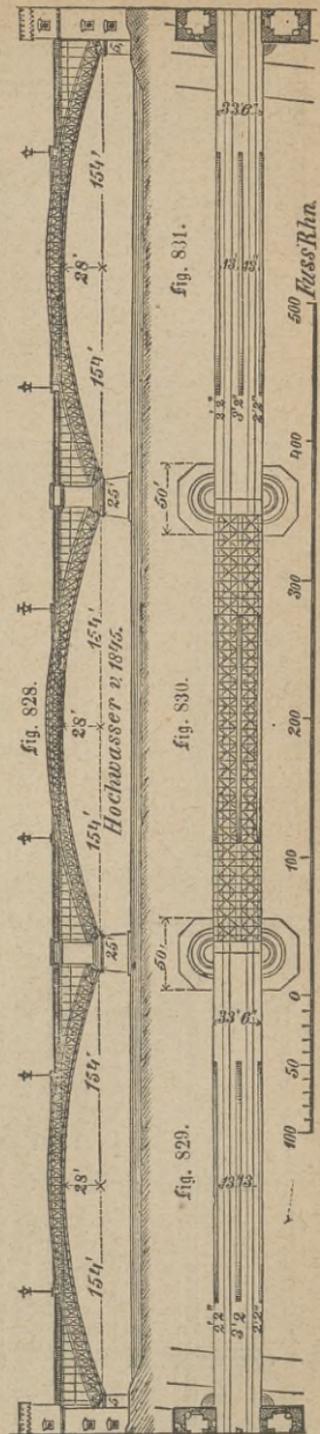


fig. 828 bis 831. Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Koblenz.

drei gleichen Oeffnungen von 96,65 Mtr. (308' preuß.) Spannweite und zwei Strompfeilern von 8,47 Mtr. (27' preuß.) Stärke, deren Verkehrsbahn die durch Fachwerk verbundenen Doppelbogen, annähernd tangential zu dem Scheitel des unteren Bogens, durchschneidet. Dieselbe dient, außer zu dem Eisenbahnverkehr auf der bezeichneten Bahnstrecke, vorübergehend und während die Passage über die Koblenzer Schiffbrücke gehemmt ist, zum Verkehr für die Landfuhrwerke und zur steten Benutzung durch Fußgänger. Sie besitzt zwei Fahrbahnen zu 4,08 Mtr. (13' preuß.) Breite, welche durch zwei Seitenrippen von je 0,68 Mtr. (2' 2" preuß.) und eine Mittelrippe von 0,99 Mtr. (3' 2" preuß.) Breite getragen werden, woraus sich eine Gesamtbreite von 10,51 Mtr. (33' 6" preuß.) ergibt. Die Mittelrippe, welche wegzulassen nicht unthunlich gewesen wäre, wurde theils zur Verminderung der Höhe der Querträger, theils zur Vermehrung der Seitensteifigkeit, theils aus ökonomischen Rücksichten angebracht. Die drei Bogenrippen, welche zwei kreisförmige Bogen mit 8,78 Mtr. (28' preuß.) Pfeil, wovon der innere mit einem Radius von 137,29 Mtr. (437,5' preuß.) beschrieben ist, besitzen, bestehen aus je zwei, 3,14 Mtr. (10' preuß.) von einander entfernten, aus Platten und Winkleisen zusammengesetzten Gurtungen mit U-förmigem Querschnitt und sind durch ein System doppelter diagonalen, im Querschnitt T-förmiger Gitterstäbe und senkrechter, mit Winkleisen zu einem I-förmigen Querschnitt verstärkter Platten verbunden. Die Theilung dieses Systems fällt mit der Theilung der Querträger zusammen, so daß jedesmal der Anschluß der Querträger, da wo dieselben innerhalb der Bogenrippen liegen, durch eine solche Platte vermittelt wird. Da, wo die Querträger mit der Fahrbahn über der obersten Gurtung liegen, bilden in der Fortsetzung der gedachten Platten senkrechte, ähnlich konstruirte Platten die Stützen der Querträger und der Fahrbahn. Zur seitlichen Versteifung sind zwischen den Vertikalstützen der Bogengurtungen und Bogenzwickel Diagonalbänder, an den unteren Bogengurtungen und den Querträgern der Fahrbahn Diagonalverbindungen, sämmtlich aus Flacheisen, angebracht. Um eine möglichst geringe Höhe der Fahrbahn über der untersten Gurtung im Bogenscheitel zu erzielen, wurden die Längsträger, welche die Querschwellen aufnehmen, durch die Querträger gesteckt. Die Querschwellen sind außer durch jene Längsträger an ihren Enden durch, auf den unteren Gurtungen der Querträger ruhende, Längschwellen unterstüzt und tragen die Fahrseilen sammt einem Längsbohlen- und einem darüber liegenden Querböhlen-Belag. An den Stützpunkten sind die Gurtungen jeder Bogenrippe in einen und zwar denjenigen Punkt zusammengezogen, wo sich die dem Halbzapfen, um welchen die Drehung der sich hebenden und senkenden Bogenrippe erfolgt, entsprechende Höhlung befindet, während jener Halbzapfen in einen starken, mit dem Widerlager verankerten, durchbrochenen gußeisernen Schuh eingelassen ist. Verkröpfte gußeiserne Platten am Bogenende und Widerlager mit dazwischen

eingeschalteten Keilen beugen einem Herabgleiten der Bogenenden vor, ohne deren Drehung zu verhindern. Bezüglich der Konstruktion des Bogenscheitels hatte man berechnet, daß beim Zusammentreffen der größten Temperaturdifferenzen mit der größten Belastung der Brücke der mittlere normale Bogenstand im Scheitel um 3 Zoll sich ändern würde und daß für diesen, selten oder nie eintretenden Fall die rückwirkende Festigkeit der Bogengurtungen mit 975,75 K_g. pro □ C_{mt}r. (13,350 Z_{pf}d. pro □" preuß.), d. h. einer, noch nicht die Hälfte der Elastizitätsgrenze erreichenden, Kraft in Anspruch genommen werden würde. Aus diesem Grunde wurde für die vorgedachte Kombination weder die Anordnung eines Scheitelcharniers, noch ein Zuschlag zu den Eisenstärken für nothwendig erkannt.

Die Ausführung des eisernen Ueberbaues wurde durch die Kölnische Maschinenbau=Aktien=Gesellschaft und die Eisenbauanstalt von Harkort zu Harkorten gemeinschaftlich bewirkt. Die Brückenseiler wurden auf Béton gegründet; ein Verfahren, welches bei dem linken Strompfeiler wegen einer bis auf den festen Grauwacken- und Thonschiefer=Felsen des Flußbettes auszubaggernden, bis 5 und 5 $\frac{1}{3}$ M_{tr}. (16 und 17' preuß.) mächtigen Kesselschicht und bei dem rechten Strompfeiler wegen der daselbst vorhandenen heftigen Strömung und bedeutenden, bei Mittelwasser 6,27 M_{tr}. (20' preuß.) betragenden Tiefe des Wassers mit Schwierigkeiten verknüpft war. Die Bearbeitung und Montirung der halben Bogenrippen fand in den Werkstätten der genannten Uebernehmer statt, worauf sie zu, je 1000 C_{tr}. im Maximum wiegenden, Viertelbogen auseinander genommen, in Schiffe verladen und an die, oberhalb des rechtsseitigen Widerlagspfeilers der Brücke erbaute, von einem zum Strome parallelen Längkanal und vier dazu rechtwinkeligen Querkänälen durchschnitene, Zulagerüstung verschifft wurden. Die mit jenen Bogen beladenen Schiffe fuhren in den Längkanal, wo durch geeignete Laufkrähnen die Viertelbogen abgehoben und mittels Schiffen, welche in den Querkänälen unter dieselben fuhren, über den letzteren derart auf die Rüstung abgelegt wurden, daß die zusammengehörigen Halbbogen in einer Richtung lagen. Hier wurden die Viertelbogen mit Hilfe anderer Krähne vertikal stehend zusammengeschoben und wieder zu Halbbogen zusammengesetzt, wovon die zur Ueberbrückung einer Oeffnung nöthigen sechs Stück auf der Zulagerüstung Platz fanden. Zur Aufstellung der Bogenrippen auf den Brückenseilern dienten Rüstungen in den Stromöffnungen, welche in je zwei Pfeilerrüstungen und je einer Mittelrüstung bestanden. Der Transport eines Halbbogens von der Zulagerüstung in die Stromöffnung erfolgte mittels zweier, in benachbarte Querkänäle eingefahrener, durch starke Auszimmerung abgesteifter und durch Einlassen von Wasser angemessen gesenkter Schiffe. Auf diesen wurden starke Böcke zur Unterstützung der Bogen aufgestellt, das Wasser ausgepumpt und so die Halbbogen von den Lagern gehoben. Hierauf fuhren

die Schiffe theilweise aus den Querkäufen, wo sie an ihren vorderen Enden durch Querbalken und Diagonaltäue gekuppelt wurden. Ein Dampfboot zog sie ganz aus den Querkäufen, worauf sie an hinreichend langen Schlepptauen stromrecht in die Oeffnungen geschleppt und dort mittels Ankertauen festgestellt wurden. Durch seitliche Verschiebung der Schiffe gelangte der Halbbogen in den entsprechenden Schlitz des Pfeilgerüsts, wo er fest unterbaut und durch Einlassen von Wasser in die Schiffe abgesetzt wurde. Erst nachdem auf diese Weise sämtliche sechs Halbbogen einer Oeffnung auf der Pfeilerrüstung in vertikaler Stellung abgesetzt waren, konnte das Mittelgerüst erbaut werden. Das Heben der Bogen erfolgte nun mittels je dreier, auf den Pfeilerrüstungen und der Mittelrüstung aufgestellter hydraulischer Pressen genau in die Lage, welche sie später einzunehmen hatten, worauf man die Scheitel der Bogen durch Nietung verband. Nachdem hierauf die Querträger der Bogen eingeschaltete und die Keile an den Widerlagern passend angetrieben waren, erfolgte die Ausrüstung der Bogen, welche durch die, an Stelle der gewöhnlichen Holzkeile angewandten Kopfschrauben, wesentlich erleichtert wurde, worauf man zum Einbau aller noch fehlenden kleineren Konstruktionstheile schritt.

Die Probelastungen bestanden in zwei Zügen von 938 Ctr. Maschinen- und 5038 Ctr. Gesamt-Gewicht für das südliche und von 938 Ctr. Maschinen- und 5267 Ctr. Gesamt-Gewicht für das nördliche Geleise, welche theils einzeln, theils zugleich gegen- und zugleich nebeneinander über die Brücke fuhren, während die von ihnen veranlassten Bewegungen der Tragrippen mittels dreier, an den Seitenrippen und an der Mittelrippe der linken Bogenöffnung angebrachter Schreibapparate nach drei Richtungen beobachtet werden konnten. Die während der beiden letztgenannten Proben entstandenen größten, vertikalen, elastischen Einsenkungen betragen 2,8 Cmtr. (13'' preuß.) an den Seitenrippen und 3,1 Cmtr. (14 $\frac{1}{4}$ '' preuß.) bei der Mittelrippe. Die größten wagrechten Längerverschiebungen erfolgten bei der letztgenannten Probe und betragen 0,6 Cmtr. (2 $\frac{3}{4}$ '' preuß.) bei den Seitenrippen und 0,7 Cmtr. (3'' preuß.) bei der Mittelrippe. Die größten wagrechten Querverschiebungen erfolgten bei den beiden erstgenannten Proben und betragen 0,4 Cmtr. (1 $\frac{5}{8}$ '' preuß.) bei allen Rippen.

Unter die mit Charnieren an den Stützpunkten versehenen Brücken gehören ferner die im Jahre 1865 in der Linie Oesterath-Essen von Hartwich erbaute zweigeleisige Brücke über die Ruhr bei Mülheim¹⁹² mit drei aus Eisen überbauten Stromöffnungen von je 36,08 Mtr. (115' preuß.) und sieben mit Backsteinen überwölbten Flutöffnungen von je 15,69 Mtr. (50' preuß.) Spannweite und die in der Linie Wien-Triest von Egel erbaute dreigeleisige Brücke über die Drau bei Marburg mit drei Oeffnungen von je 52,474 Mtr. (166' österr.) Spannweite und 11,696 Mtr. (37' österr.) Pfeilhöhe.

Die Ruhrbrücke hat in jeder Stromöffnung vier, 1,78 Mtr. (5' 8" preuß.) von einander entfernte, unter sich verbundene, parabolische Bogenträger, wovon jeder aus einer unteren bogenförmigen und oberen geraden Gurtung mit doppelt T-förmigem Querschnitt und kreuzförmigen, aus je vier Eiseisen zusammengesetzten Vertikal- und Diagonalsteysen, welche mittels doppelter durchlaufender Eiseisen an die Gurtungen angeschlossen und unter sich durch eine Längenverbindung versteift sind, besteht. Zwischen die unteren Gurtungen der vier Bogenträger sind in allen Knotenpunkten, zwischen die oberen Gurtungen nur über den Auflagern und in den Knotenpunkten 1 bis 6, aus je zwei Paar Eiseisen gebildete Horizontalsteysen eingespannt, während die Querverstrebungen der Bogenträger nur in den Knotenpunkten 1, 3 und 5 angebracht und aus, mit Spannung eingesetzten, flachen Diagonalstäben bestehen, welche mittels besonderer Anschlußplatten mit den Vertikalstäben verbunden und in ihrem Kreuzungspunkte vernietet sind. Die Horizontalverstrebung der unteren Gurtung erstreckt sich über die ganze Oeffnung, die der oberen Gurtung nur von den Auflagern bis zum sechsten Knotenpunkte, und zwar besteht dieselbe zwischen den beiden inneren Langträgern aus gekreuzten, zwischen diesen und den beiden äußeren Bogenträgern aus einfachen, flachen Diagonalstäben. Das Widerlager der unteren Gurtung besteht in einem gußeisernen, durch vier mit Blei vergossene Bolzen mit dem Mauerwerk verankerten Bock, der auf zwei Längsrippen und einer Querrippe das Lager des oben halbcylindrischen Stützkeils aufnimmt, während die Auflager der oberen Gurtung aus einfachen gußeisernen Platten gebildet werden. Die Aufstellung der Eisenkonstruktion fand auf festen, mit Durchfahrtsöffnungen von 13,18 Mtr. (42' preuß.) Weite für die Schiffe versehenen Rüstungen statt. Das Gesamtgewicht der Eisenkonstruktion für die drei Oeffnungen betrug nahe an 7500 Z.-Ctr. Schmiedeisen und nahe an 300 Z.-Ctr. Gußeisen, die Lieferung und Aufstellung derselben wurde von der Bölnischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft in nicht ganz acht Monaten bewirkt. Bei den Probelastungen der westlichen Oeffnung brachte eine, in der Mitte des nördlichen Geleises aufgestellte, Tenderlokomotive von 800 Ctr. Gewicht auf 8,47 Mtr. (27' preuß.) Länge eine Senkung des Scheitels um 0,55 Cmtr. (2 $\frac{1}{2}$ " preuß.) hervor, während dieselbe bei zwei in gleicher Weise aufgestellten Lokomotiven 0,75 Cmtr. (3 $\frac{1}{2}$ " preuß.) betrug. Die Belastung mit drei Lokomotiven ergab eine Senkung von 1 Cmtr. (4 $\frac{1}{2}$ " preuß.) in den beiden zugehörigen Trägern, während sich der Scheitel des benachbarten Trägers um 0,2 Cmtr. (1" preuß.) gesenkt und beim vierten Träger keine Senkung stattgefunden hatte. Das Befahren eines Geleises mit zwei Lokomotiven bewirkte eine Verschiebung der Scheitel in der Brückenaxe von 0,2 Cmtr. (1" preuß.) bei einer Seitenbewegung von 0,1 Cmtr. (1/2" preuß.).

Die vier Blechbogen der Draubrücke bestehen aus oberen geraden und unteren gekrümmten Gurtungen, die in ihrer Mitte direkt und in den Bogenzwickeln durch, in ihrer Mitte verstärkte, Vertikalständer und Diagonalbänder mit einander verbunden sind.

Die unteren Gurtungen sind durch, im Querschnitt kreuzförmige, Querverbindungen, die oberen Gurtungen durch, im Querschnitt I-förmige, mittels wagrechter Diagonalbänder unter sich versteifte, Querträger verbunden, welche mittels winkelförmiger Lappen T-förmige Längsträger mit Langschwelen aufnehmen, worauf die Fahrstienen ruhen. Die Bogenfüße der unteren Gurtung sind zu beiden Seiten mit je sechs Winkelleisen und treppenartig abgesetzten Blechplatten armirt und stützen sich mittels einer entsprechend halbkreisförmigen Höhlung auf den, in einem gußeisernen Schuh ruhenden Drehbolzen. Leichte schmiedeeiserne Gitter begrenzen die Fahrbahn, welche übrigens zur Vermeidung von Feuergefähr nur außerhalb der Geleise und zwischen denselben einen, auf den Bogenträgern ruhenden, Bohlenbelag erhalten hat.

Die Ausführung eines Scheitelcharniers in Verbindung mit zwei Charnieren an den Bogenanfängen, d. h. die erste völlig ausgebildete Anordnung einer Charnierbrücke, findet sich zum ersten Male, mindestens in Deutschland, an der im August 1865 dem Verkehr übergebenen und in den Figuren 842 bis 853 dargestellten Unterspreibrücke bei Berlin¹⁹³) im Zuge der Bahnhof-Verbindungsbahn und zwar, wie ausdrücklich in der erwähnten Quelle bemerkt wird, zur Vermeidung nachtheiliger, im Innern der Träger durch Belastungen und Temperaturwechsel hervorgerufener Spannungen. Die Unterspreibrücke überführt ein Eisenbahngleise von 4,08 Mtr. (13' preuß.), eine durch Brüstung davon geschiedene Fahrstraße von 7,64 Mtr. (24' 8" preuß.) und zwei Trottoirs mit übergekragten Brüstungen von je 1,67 Mtr. (5' 4" preuß.) Breite zu beiden Seiten und besitzt hiernach eine Totalbreite von 15,16 Mtr. (48' 4" preuß.) von Mittel zu Mittel der Trottoirgeländer. Sie übersetzt die Spree unter einem Winkel von 8° 32' zum Stromstrich mit drei Oeffnungen von je 16,39 Mtr. (52' 3" preuß.) und zwei an beiden Ufern der Spree hinführende Straßen mit Oeffnungen von je 12,71 Mtr. (40' 6" preuß.) lichter Weite und besteht in jeder Oeffnung aus vierzehn Bogenrippen mit einer Pfeilhöhe von $\frac{1}{12}$ der Spannweite, wovon zwei zur Unterstützung des Eisenbahngleises dienen und stärker als die übrigen konstruirt sind. Jeder Bogenträger besteht aus einer unteren, nach den Stützpunkten hin verbreiterten, polygonalen und aus einer oberen geraden Gurtung, welche in den Bogenzwickeln durch senkrechte Stützen und einfache Diagonalbänder mit einander verbunden sind. Die untere Gurtung besteht wieder aus zwei vertikalen, an den äußeren Seiten oben und unten durch angenietete Winkelleisen verstärkten Platten,

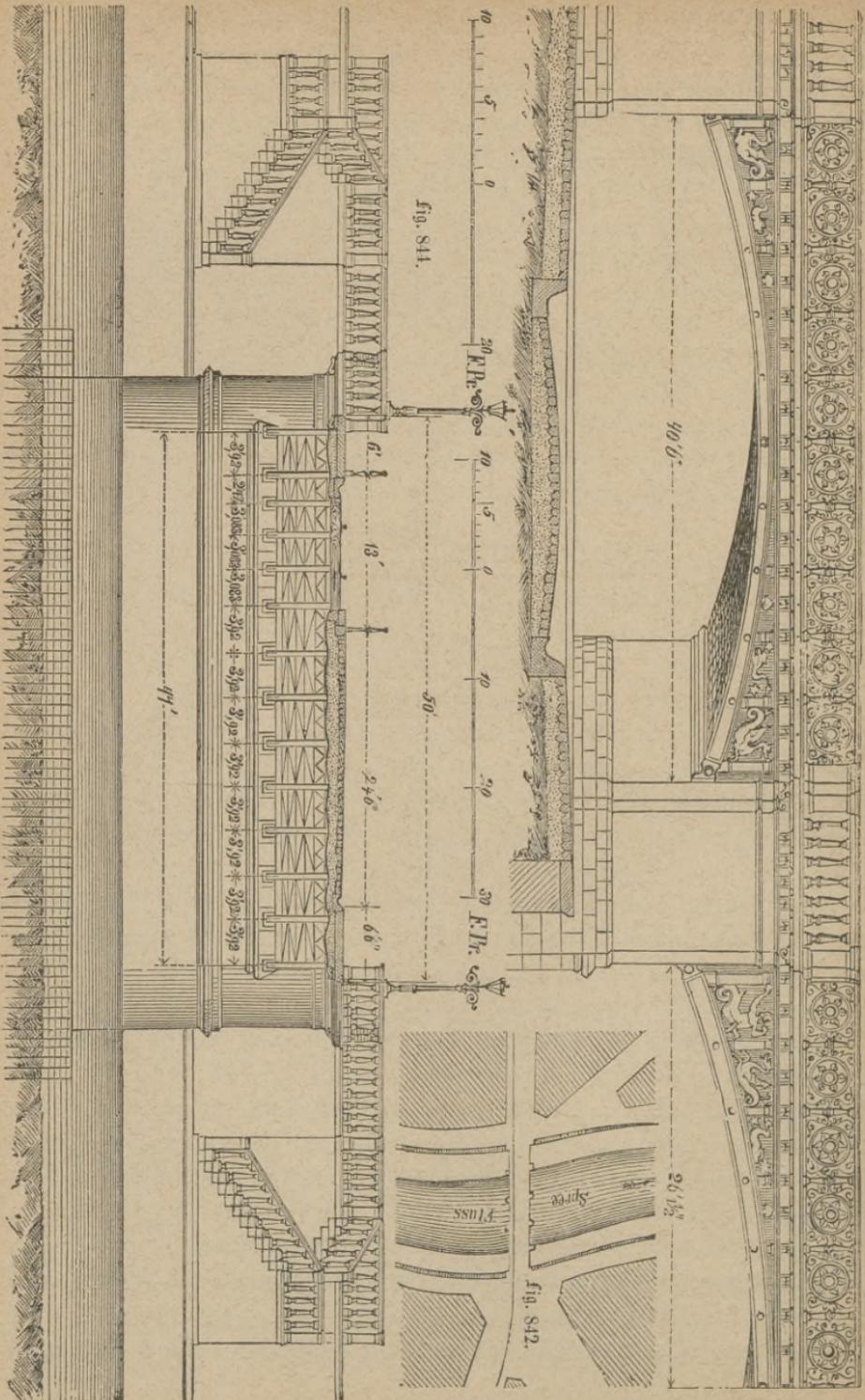


fig. 813.

fig. 814.

fig. 812.

fig. 812 bis 814. Unterbrücke bei Berlin.

welche durch Gitterwerk zu einer rechteckigen, kastenförmigen Röhre vereinigt, die senkrechten Stützen und Diagonalbänder aus I-Eisen, welche mit jenen Vertikalplatten von innen vernietet und die obere Gurtung aus zwei U-förmigen Eisen, welche mit den Vertikalstützen und Diagonalfstreben, die sie von beiden Seiten fassen, vernietet sind.

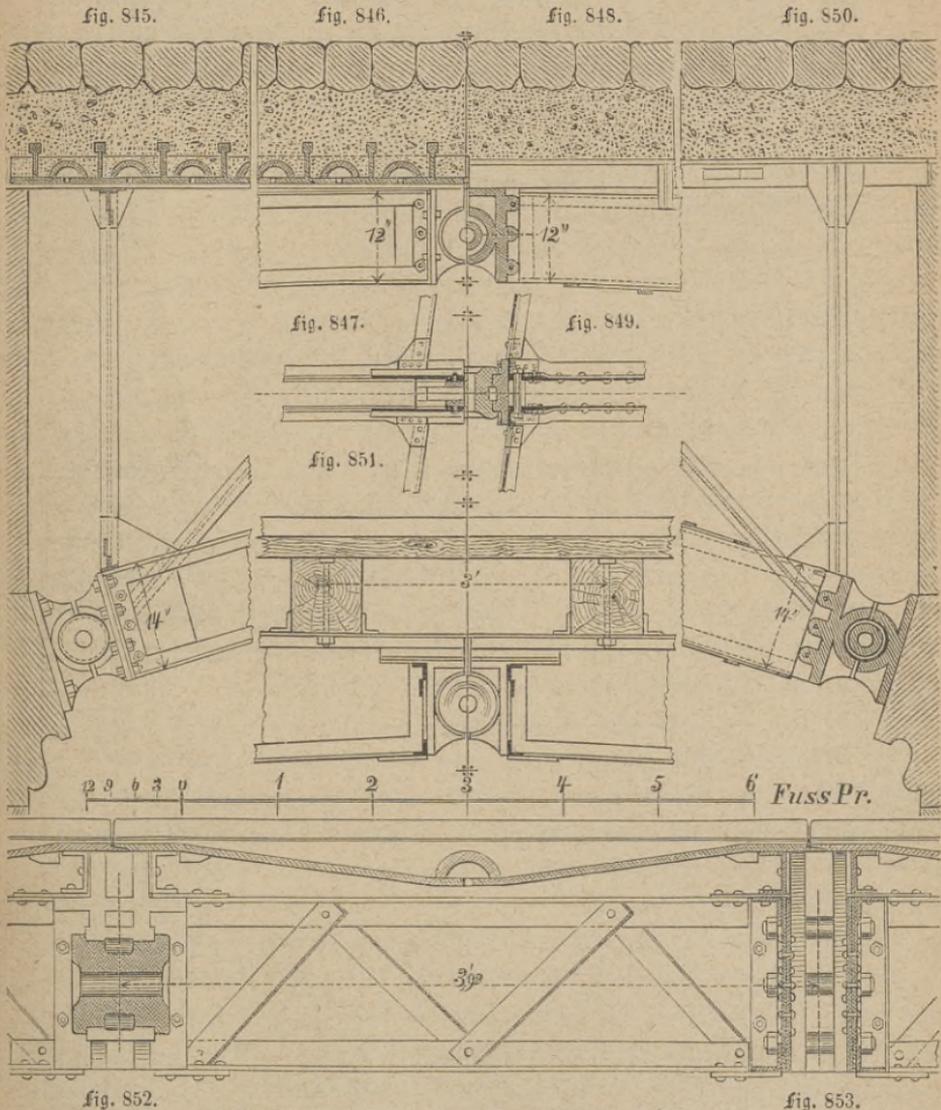


fig. 845 bis 853. Details zur Untersprezbrücke bei Berlin.

Die erwähnte Verstärkung der beiden, unter dem Eisenbahngleise liegenden Träger ist durch stärker ausgewalzte Profile der Winkleisen und I-Eisen für die untere Gurtung, beziehungsweise für die Vertikalstützen und Diagonalfstreben

erreicht, während die U-Eisen der oberen Gurtung mit verstärktem Querschnitt aus Vertikalplatten mit dagegen genieteten Winkelleisen hergestellt wurden.

Die Konstruktionstheile der Bogenträger über den beiden kleineren Seitenöffnungen der Brücke wurden mit Ausnahme der unteren Gurtungen, welche man der statischen Berechnung gemäß mit etwas schwächerem Querschnitt versah, eben so stark wie die ihnen entsprechenden Bestandtheile der größeren Bogenträger angenommen. Die Querverbindungen der einzelnen Bogenträger unter sich bestehen in Vertikalversteifungen zwischen den Vertikalstützen aus wagrechten T-Eisen und gekreuzten Zugbändern, sowie in Horizontalversteifungen unter der oberen und zwischen der unteren Gurtung, beide aus Flacheisen.

Die Charniere wurden aus gußeisernen, in den Lagerflächen sorgfältig abgedrehten Gelenkbolzen von 15,7 Cmtr. (6" preuß.) Durchmesser und 5,5 Cmtr. ($2\frac{1}{8}$ " preuß.) Wandstärke bei den größeren und 11,75 Cmtr. ($4\frac{1}{2}$ " preuß.) Durchmesser und 4,9 Cmtr. ($1\frac{7}{8}$ " preuß.) Wandstärke bei den kleineren Oeffnungen gebildet und mit ebenfalls gußeisernen, ausgeschliffenen Lagern versehen. Diese, aus je zwei Hälften bestehenden Lager sind an den Anfängen und Scheiteln der Bogen nach deren Quere und nach deren Länge mittels besonderer, an sie angelegener Lappen verbolzt, während die Halbbogen, gegen welche sich die Bogenrippen stemmen, mit den Widerlagern durch starke Steinbolzen verankert sind. Um die Wirksamkeit der Charniere bei Wärmeausdehnungen beurtheilen zu können, wurde die Hebung des Mittelcharnieres durch die größte angenommene Temperaturdifferenz von -20° bis $+45^{\circ}$ zu etwas über 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.), die derselben entsprechende seitliche Verschiebung der an den Fußcharnieren befindlichen oberen Ecken der Bogenträger zu nicht ganz 0,6 Cmtr. ($\frac{1}{4}$ " preuß.) berechnet.

Zur Unterstützung der Straßensfahrbahn und der beiden Trottoirs mit ihrer Sandbettung sind gußeiserne, nahezu 0,63 Mtr. (2' preuß.) breite, überfällte Platten quer auf die oberen Gurtungen der Bogenträger gelegt, die mit Verstärkungsrippen versehen und zur Erhöhung des Sandbettes, sowie zur Konzentration des Tagwassers mit einer Biegung nach unten versehen sind. An der tiefsten Stelle derselben befindet sich eine, mit einer Halbkugel aus porösem gebranntem Thon überdeckte Oeffnung zum Ablassen des Wassers. Zur Begrenzung der 16 bis 26 Cmtr. (6" bis 10" preuß.) starken Sandbettung auf beiden Seiten der Brücke dienen kastenförmige, außen konkav profilirte und mit den Bodenplatten verschraubte Gußstücke, welche zugleich zur Befestigung eines Konsolengesimses, sowie zum Endauflager der Trottoirplatten bestimmt sind. Die Pflasterung der Fahrbahn besteht aus rechteckig behauenen Kopfsteinen, das Trottoir aus Granitplatten, die Kinnsteine aus Sandstein. Das aus Kruppschen Gußstahlschienen bestehende Geleise, sowie der Längsbohlenbelag der Eisenbahn, liegt auf starken, unmittelbar über die oberen Gurtungen der Bogenträger

gelegten Querschwellen, gegen welche die Fahrbahn durch eine, mit Granitplatten abgedeckte, niedrige Ziegelmauer und das anstößende Trottoir durch die zugehörigen Kinnsteine abgegrenzt ist. Zwei leichte Eisenbahngeländer trennen die Eisenbahnspur von dem angrenzenden Fahr- und Fußweg, während die äußerste Einfriedigung der Brücke durch reich verzierte gußeiserne Geländer bewirkt wird, welchen auf den Pfeilerköpfen Traillen von gebranntem Thon entsprechen.

Die Aufstellung der Bogenrippen, welche in der Eisenbauanstalt fertig hergestellt und dann auf die Baustelle geschafft wurden, erfolgte mittels zweier gekuppelter, mit einer Plattform versehener Kräne, auf welchen ein großer Krahn aufgestellt war. Nachdem diese ganze Vorrichtung in die betreffende Doffnung gefahren und vor Anker gelegt war, wurde je ein halber Bogenträger hochgewunden und auf einer schwachen Pfeilerrüstung am Kämpfer abgestützt, worauf der Charnierbolzen am Kämpfer in die, vorher auf den Trägersteinen mit vier Bolzen lose befestigte Widerlagsplatte eingelegt und die Bogenhälfte dagegen gestemmt wurde. Dasselbe Verfahren wurde bei der zweiten Bogenhälfte beobachtet, sodann der Charnierbolzen am Scheitel eingelegt und jede Bogenhälfte so lange herabgelassen, bis sich die Lager im Scheitel gegen den Bolzen stemmten, worauf die Rüstung beseitigt wurde. Der in derselben Weise bewirkten Aufstellung der anderen Bogen folgte das Einpassen und Vernieten der Querverbindungen und Diagonalverstrebrungen, das Auflegen der Platten und Querschwellen mit den übrigen Bestandtheilen aller Verkehrsbahnen. Das Gewicht des sämmtlichen, zu der Brücke verarbeiteten Schmiedeisens betrug etwas über 3050,5 Ctr., des bearbeiteten Gußeisens nahezu 928 Ctr., des unbearbeiteten Gußeisens nahezu 2943,7 Ctr., der Gesamtaufwand für das ganze Bauwerk in runder Summe 140,000 Thlr.

Die Probebelastung des für den Bahnverkehr bestimmten Brückentheiles bestand, außer in je zwei Paaren beladener Bahnwagen von bzw. 2×288 und 2×450 Ctr., in je zwei Tendermaschinen von 718 Ctr. Gewicht, welche letztere, mit den Hinteraxen gegeneinander gekehrt und dicht zusammengekuppelt, symmetrisch zu dem Scheitelcharnier aufgestellt waren, in welchem Falle, zufolge der mit Fühlhebeln angestellten Beobachtungen, die Einsenkung des Scheitelcharniers in der ersten Straßenöffnung 0,5 Cmtr. (0,2" preuß.) und in der ersten Stromöffnung 0,1 Cmtr. (0,42" preuß.) betrug. Bei Belastung der mittleren Stromöffnung mit beiden Maschinen in der angegebenen Weise stieg dagegen das Scheitelcharnier in der ersten Straßenöffnung um 0,05 Cmtr. (0,02" preuß.), in der ersten und dritten Straßenöffnung bzw. 0,28 Cmtr. (0,11" preuß.) und 0,36 Cmtr. (0,14" preuß.).

Die Einsenkungen der Bogenscheitel haben durch die Benutzung der Brücke, seit ihrem Eröffnungstermine am 21. August 1865 bis jetzt, besonders in der

linken Straßenöffnung, zugenommen; ein Umstand, welcher vorläufig und bevor der Grund jener Einsenkung genau ermittelt und erwiesen ist, daß diese Einsenkung den Gelenken als solchen nicht zur Last fällt, nicht zu Gunsten des gegliederten Systems spricht.

5. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeisernen Bogenträger. Die Anwendung des Schmiede Eisens statt des Gußeisens zu Bogenbrücken war durch die größere Widerstandsfähigkeit des ersteren gegen Festigkeitsverminderung durch Erschütterungen, durch die geringere Formveränderung desselben bei Einwirkung von Zug- und Druckkräften, sowie durch die größere Leichtigkeit, womit sich das Eisenblech zusammensetzen läßt, hinreichend motivirt, als man den Bau schmiedeiserner Bogenbrücken fast gleichzeitig und selbständig in der Schweiz und in Frankreich begann. Die erste Konstruktionsweise in den genannten Ländern beabsichtigte die Herstellung eines in sich festen, mit den Widerlagern verankerten Bogens von so geringer Scheitelhöhe, daß er die, durch Belastungen und Temperaturveränderungen bedingten, Vertikalbewegungen im Scheitel ausführen, d. h. sich heben und senken konnte; eine Anordnung, die später in Deutschland Nachahmung fand. Die erwähnten Bewegungen erleichterte man später in Frankreich und Deutschland durch Annahme von Gelenken an den Bogenanfängen, statt der Verankerungen der Bogen mit den Widerlagern, während man von einer beweglichen Verbindung im Scheitel unabsichtlich oder absichtlich noch Abstand nahm. Die, besonders bei großen Spannweiten mit geringen Pfeilhöhen entstehende, geringe Festigkeit gegen Biegung im Bogenscheitel suchte man später zwar durch Annahme einer größeren Höhe zu beseitigen, führte aber später, zuerst in Deutschland, dann in Frankreich, zur Vermeidung nachtheiliger Materialspannungen bei Längenveränderungen der Bogen durch Temperaturwechsel und Belastungen, das Scheitелgelenk ein, welches, obwol theoretisch selbst bei kleineren Spannweiten gerechtfertigt, bis jetzt noch der praktischen Bewährung bedarf. Nach dem Verhalten der vorbeschriebenen Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Koblenz zu urtheilen, sind selbst bei der so bedeutenden Spannweite dieser Brücke die Nachtheile der in ihren Bogenscheiteln unter den erwähnten Umständen entstehenden Materialspannungen nicht so erheblich, um die feste Verbindung im Scheitel zum Nachtheil der Festigkeit der Bogenrippen aufzugeben. Dagegen erscheint die Anordnung der Gelenke an den Bogenanfängen als ein konstruktiver Fortschritt, der die nun einmal nicht zu vermeidenden Vertikalbewegungen der Bogen gestattet, ohne die statische Festigkeit des Systems zu beeinträchtigen.

Zweiter Abschnitt.

Die Pfeiler der eisernen Brücken.

Bis zu den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts wurden die Pfeiler der eisernen Brücken ausschließlich von Stein erbaut, erst seit dieser Zeit wurde das Eisen, wie schon früher zu Brückenträgern, so auch zur Herstellung von Pfeilern eiserner Brücken verwendet; eine Anordnung, deren bereits bei Beschreibung mehrerer Brücken gedacht wurde. Die Anwendung des Eisens zu Brückens Pfeilern folgte mithin derjenigen zu Brückenträgern und gehört also einer noch neueren Zeit an, als diese. Die größere Raumersparniß bei Herstellung der Unterstützungen hölzerner und eiserner Träger vieler, besonders über die belebten Straßen größerer Städte führender Eisenbahnbrücken, sowie die Fortschritte, welche man bei Herstellung gußeiserner Brückenträger im Gießen größerer Bautheile gemacht hatte, führten im Anfang zur Anwendung mächtig hoher, gußeiserner Brückenstützen auf Steinsockeln statt der massiven Steinpfeiler. Zur Herstellung höherer und stärkerer Brückens Pfeiler aus weiten, gußeisernen Röhrenstücken führten die, zunächst in England in den vierziger Jahren zur Anwendung gebrachten, Gründungsmethoden mit Hülfe verdünnter und verdichteter Luft, welche den Vortheil boten, die Pfeiler und Fundamente der Brücken gleichzeitig herstellen und dadurch die Gründung rascher und billiger bewerkstelligen zu können. Zu den höheren und gegliederten eisernen Pfeilern der, an die Stelle langer und hoher Dämme gesetzten, Viadukte gaben die hölzernen, auch auf den Kontinent übertragenen Viadukte (tressle-works) der Amerikaner Veranlassung und Vorbild, welche dort dem geringen Preise des Holzes und dem hohen Preise der Menschenkräfte, zuweilen auch, wie in dem sumpfigen Boden der Urwälder, dem gänzlichen Mangel an Erdmaterial ihre Existenz verdanken und die Eisenbahnen oft meilenweit über tiefe Schluchten und sumpfige Niederungen führen. Den hölzernen Viadukt Pfeilern gegenüber boten die eisernen den Vortheil größerer Festigkeit und Dauerhaftigkeit, den steinernen Pfeilern der Viadukte und Brücken gegenüber den Vorzug einer geringeren Belastung des Baugrundes und größerer Leichtigkeit und Schnelligkeit in der Ausführung. Den durchweg gußeisernen Pfeilern mit gegliederten Wänden folgten die aus gußeisernen Ständern mit schmiedeisernen Zugstangen, sowie die aus schmiedeisernen Stäben und Platten zusammengesetzten Aufsätze auf massivem Pfeilerunterbau, weshalb im Nachfolgenden die gußeisernen, schmiedeisernen und gemischteisernen Pfeiler unterschieden sind.

Erstes Kapitel.

Die gußeisernen Brückenpfeiler.

I. Die gußeisernen Säulenpfeiler.

Eine der ersten Anwendungen des Gußeisens zur Unterstützung von Brückenträgern durch Säulen finden wir bei der im Jahre 1831 von einer Aktiengesellschaft erbauten Cavalierbrücke in Berlin.¹⁹⁴⁾ Diese 50,21 Mtr. (160' preuß.) lange, 4,08 Mtr. (13' preuß.) breite, zur Verbindung des Lustgartens hinter dem königlichen Schlosse mit der gegenüberliegenden Burgstraße bestimmte Fußgängerbrücke besitzt vier gleiche Oeffnungen und drei Mittelpfeiler (s. Fig. 854 bis 862), deren jeder aus zwei gußeisernen, unter sich und gegen den Grundbau verstreuten Säulen besteht, welche mittels aufgesetzter Doppelkonsolen die beiden, nach der Brückenmitte hin ansteigenden, verdübelten Holzträger unterstützen und zwischen jenen Konsolen durch gußeiserne, gegen dieselben geschraubte Strebegitter mit einander verbunden sind. Ueber dem, aus zwei, 13 Cntr. (5" preuß.) von einander abstehenden Pfahlreihen gebildeten, Grundbau ruht eine gußeiserne, die Breite der Brücke an Länge um so viel übertreffende Sohlplatte, daß dieselbe außer jenen gußeisernen Säulen noch zwei außen angebrachte, zur seitlichen Versteifung der Brücke dienende Streben aufnehmen kann. An jede der im Querschnitt kreuzförmigen Streben ist an ihrem oberen und unteren Ende eine Platte angegossen, mittels deren sie in eine entsprechende Vertiefung der Säule und der Grundplatte eingelassen und daselbst mit 4 Bolzen angeschraubt ist. Auf ähnliche Weise sind die zwischen die Säulen eingesetzten Spannriegel mit diesen verschraubt. Zur Herstellung einer festen Verbindung der Brückenträger mit jedem Brückenpfeiler und dessen Grundbau gehen starke schmiedeiserne Bolzen durch die verdübelten Brückenträger, die Konsolen und die Säulen sind an den Grundpfählen mittels zweier Querbolzen festgehalten und oberhalb der Brückenträger durch Muttern angezogen. Die eisernen Säulen und die damit verbundenen konsolenartigen Träger wurden durch einen bronzefarbenen Delanstrich vor Oxydation geschützt.

Im Jahre 1837 erbaute Etzel unter der Direktion Clapeyron's eine Ueberführung der Straße Cardinet über die Eisenbahn von Paris nach St. Germain in dem Dorfe Batignolles,¹⁹⁵⁾ welche das Muster für mehr als 20 Wegübergänge dieser Bahn sowie ihrer Zweigbahn nach Versailles wurde. Da das Niveau jener Eisenbahn an ihrem Kreuzungspunkte mit der genannten Straße etwa 1 Mtr. unter dem des durchschnittenen Terrains liegt und diese mittels eines Damms über die Bahn geführt werden sollte, ferner

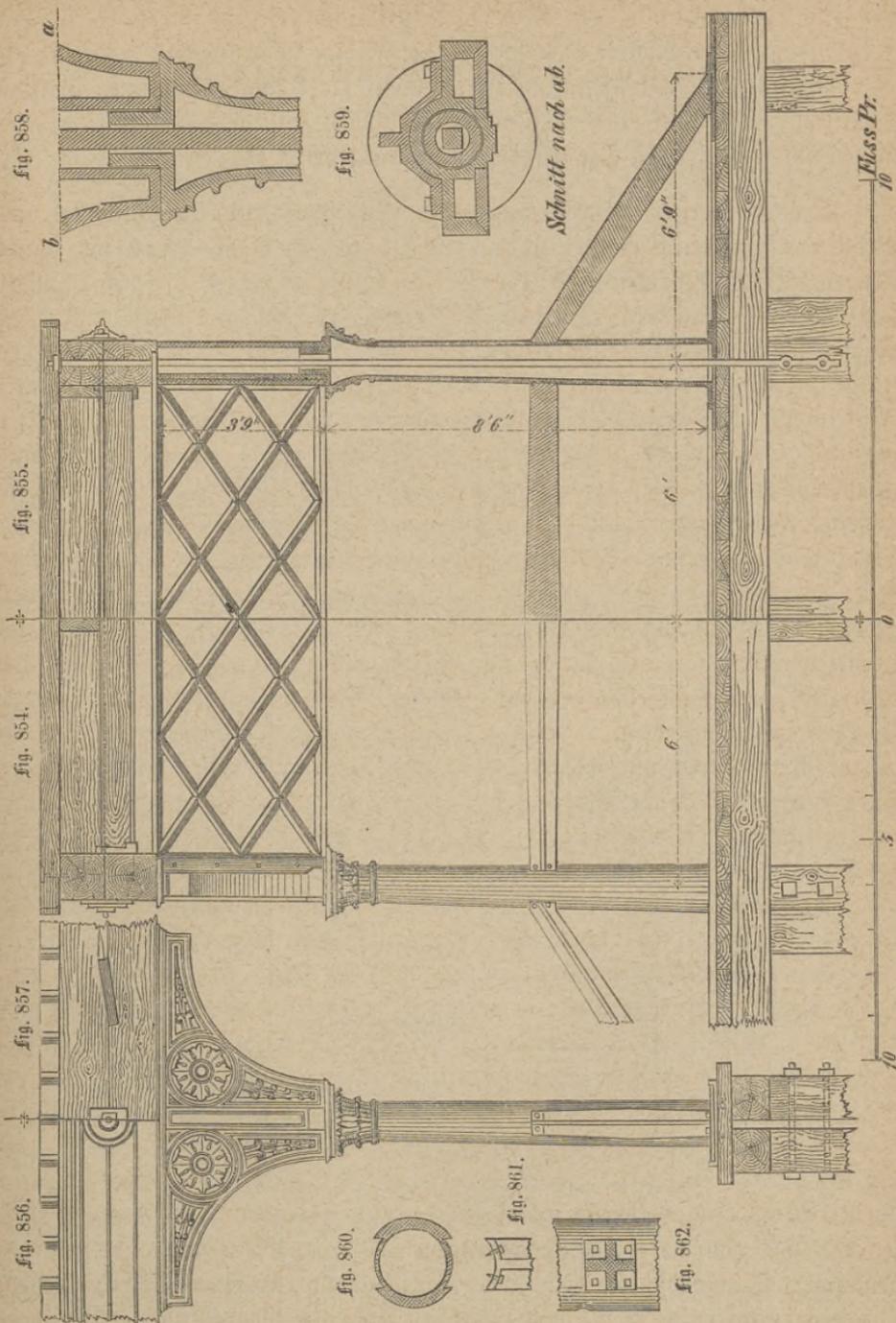


Fig. 854 bis 862. Pfeiler der Kanalarbrücke in Berlin.

der Abstand der 4 Bahngleise nur nothdürftig den Raum für die Unterstützungen einer Ueberbrückung gewährte, so beschränkte man, um sowol die für den Durchgang der Lokomotive unter der Brücke nöthige lichte Höhe zu behalten, als eine überflüssige Dammschüttung zu ersparen, die Höhe der hölzernen Balkenträger möglichst und unterstützte dieselben durch gußeiserne, auf steinernen Unterfäßen ruhende, in Fig. 863 bis 868 dargestellte Säulen.

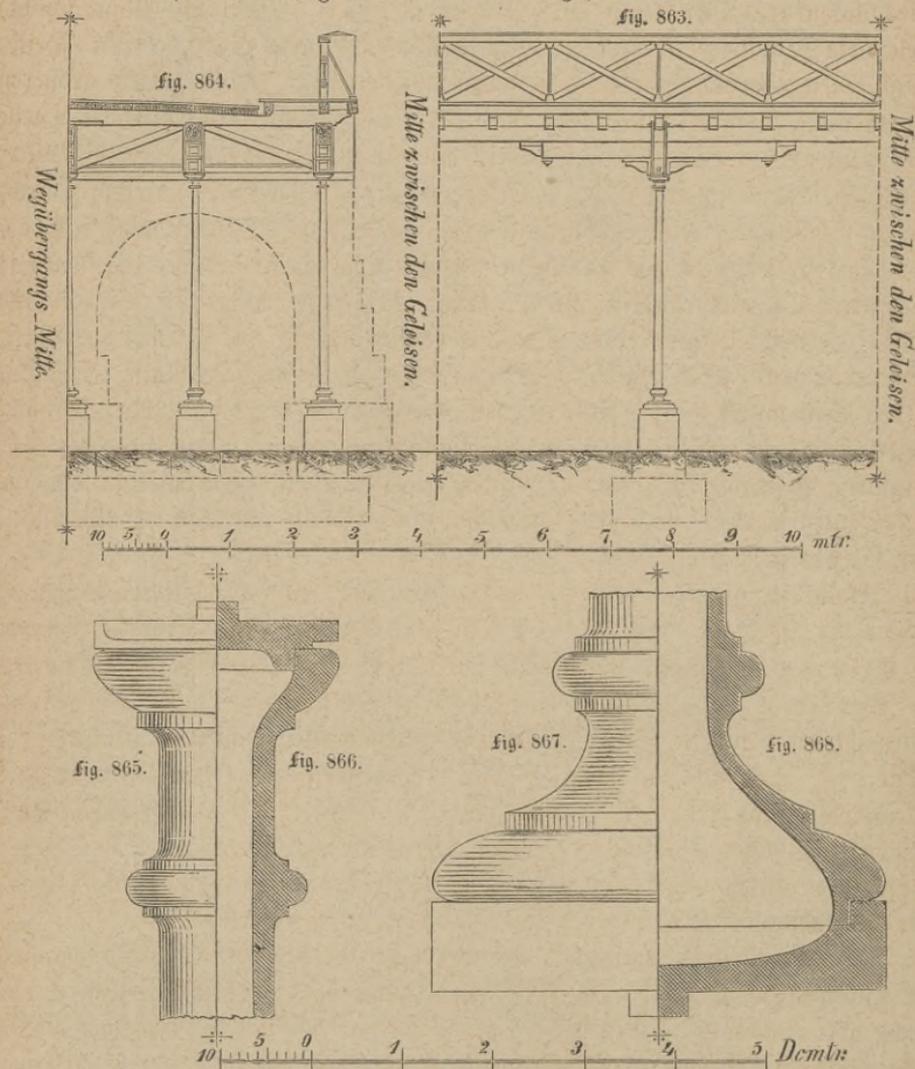


Fig. 863 bis 868. Wegübergang zu Dagniolles in der Eisenbahn von Paris nach St. Germain.

Der Viadukt hat 4 Oeffnungen zu je 7,15 Mtr. Weite und außer den beiden, in der Dammböschung befindlichen, gemauerten Endpfeilern, 3 Mittelpfeiler mit je 5 gußeisernen, 2 Meter von Axe zu Axe entfernten Säulen. Alle diese 5 Pfeiler des Viadukts sind auf Béton gegründet, und zwar besteht das Fun-

ament des mittleren Zwischenpfeilers aus einer 9,5 Mtr. langen, 1,35 Mtr. breiten und 0,75 Mtr. hohen Bétonschicht, das Fundament eines der beiden übrigen Zwischenpfeiler aus einer eben so langen und hohen, aber, zur Verhütung von Unterwaschung dieser Pfeiler durch Regengüsse, auf 2,5 Mtr. verbreiterten, unter den längs der Eisenbahn geführten Wasser-Abzugsgräben durchlaufenden Bétonschicht. Auf diesen Bétonfundamenten ruht eine gleichfalls durchlaufende, 9 Mtr. lange, 0,8 Mtr. breite und 0,5 Mtr. hohe Mauerschicht, welche die Sandsteinuntersätze der eisernen Säulen, Würfel von 0,55 Mtr. Seite, trägt. Die eisernen Säulen der Zwischenpfeiler sind, ihrem relativ größeren Tragvermögen entsprechend, hohl und in je drei Stücken: dem viereckigen Theile des Säulensfußes von 0,5 Mtr. Seite und 0,1 Mtr. Höhe, dem 4,1 Mtr. hohen Säulenschaft mit 0,12 Mtr. oberem und 0,15 Mtr. unterem Durchmesser sammt dem runden Theile des Fußes und des Säulenkopfes und der mit dem Zimmerwerk der Fahrbahn verbundenen Deckplatte des Säulenkopfes gegossen. Die ursprünglich auf 1,5 Cmtr. festgesetzte Wanddicke des Schafts wurde, der Schwierigkeit eines so dünnen Gusses wegen, auf 2 Cmtr. verstärkt. Wie der Schaft in die Platte des Säulensfußes, so ist die Deckplatte der Säule in den Säulenkopf mittels eines flachen Zapfens versetzt, die Berührungsfläche dieser verschiedenen Theile aber, zur möglichst gleichmäßigen Vertheilung der Last, sorgfältig abgedreht und mit dazwischen gelegten Bleistreifen versetzt. Das zu den Säulen verwendete Eisen war vom zweiten Guß und aus der Werkstätte von Cavet in Paris.

Auch die auf Seite 260 bis 263 beschriebenen und abgebildeten Schienenträger der im Jahre 1846 hergestellten drei Straßenbrücken über die Gerinne in der neuen Fahrstraße hinter den königlichen Mühlen am Mühlendam in Berlin wurden durch je einen, aus 5 gußeisernen Säulen bestehenden, Mittelpfeiler gestützt. Diese Säulen ruhten auf einer gemeinschaftlichen, den hölzernen, aus Pfählen und Holmen bestehenden Grundbau überragenden Grundplatte und haben einen besondern, 23,6 Cmtr. (9" preuß.) hohen Fuß, welcher von einer Flansche des Säulenschafts übergriffen wird. Die Säulenköpfe sind mittels einer durchlaufenden Kopfplatte verbunden, welche mit den zur Aufnahme der Schienenträger bestimmten Ansätzen versehen sind.

Von der Unterstüzung möglichst niedrig zu haltender und deshalb nochmals zu unterstützender Brückenträger durch möglichst wenig Raum verengende, einfache oder gekuppelte, gußeiserne Stützen wurde besonders bei den über die belebten Straßen großer Städte, wie Paris, Wien, Stuttgart u. a., geführten Eisenbahnlinien ausgedehnter Gebrauch gemacht. Selbst auf weitere Entfernungen, wie bei der auf Seite 149 bis 152 erwähnten und in Fig. 209 bis 212 dargestellten Brücke der Morris- und Essex-Bahn über das Inundationsgebiet des Passaic bei Newark, wurden zur Unterstüzung von Brückenträgern

gußeiserne Säulen oder Pfosten angewendet. Die gußeisernen, gekuppelten Pfosten dieser Brücke (s. Fig. 869 und 870), deren drei einen ihrer Zwischenpfeiler bilden, sitzen stumpf auf den aus Granitquadern bestehenden Unterlagen und sind über ihren Kapitälern durch die Bogengesimse untereinander verbunden, welche zugleich die Brückenträger aufnehmen. Zur Herstellung der nöthigen Standfähigkeit dieses Pfostenunterbaues sind die einzelnen Pfosten senkrecht zur Bahnaxe durch horizontale, unter dem Kapitäl und über dem Fuß angebrachte Zugstangen und dazwischen eingeschaltete Diagonalstangen, ferner parallel zur Bahnaxe durch horizontale, gleichfalls unter dem Kapitäl, jedoch etwas tiefer als jene ersteren, angebrachte Zugstangen fest mit einander verbunden.

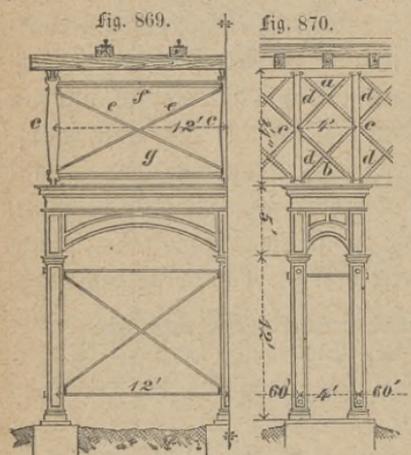


Fig. 869 u. 870. Pfeiler der Morris- und Esser-Bahn bei Newark.

der Breite der Brücke zwar gleich breit, aber zur Erhöhung ihrer seitlichen Stabilität mit einem, die nöthige Durchfahrtsöffnung für die Eisenbahnfahrzeuge freilassenden, gußeisernen Bogen verbunden und mittels einer Verdachung abgedeckt. Der Sockel dieser Ständer dient den unteren, das Kapitäl derselben den oberen Gurtungen und den Hauptzugbändern zum Anschluß, während deren Schäfte aus durchbrochenen, mit verstärkten Ecken versehenen Gußplatten zusammengesetzt sind.

Die kühnste Anwendung gußeiserner Säulen oder Pfosten machten die Amerikaner z. B. bei Herstellung der im Jahre 1852 vollendeten, gußeisernen Viadukte in der Baltimore-Ohio-Bahn nach den Entwürfen des schon mehrfach erwähnten, deutschen Ingenieurs A. Fink, welche sich durch schlankte Verhältnisse und eigenthümliche Detailverbindungen auszeichnen. Der längste derselben, der Trahrun-Viadukt, ¹⁹⁶⁾ s. Fig. 872 bis 881, besitzt einen in Bruchstein ausgeführten und mit den nöthigen Durchlässen versehenen Unterbau von 30,48 Mtr. (100' engl.) Höhe über der Thalsohle, worauf die 15,85 Mtr. (52' engl.) bis zur Oberkante der Schienen hohe Eisenkonstruktion steht.

Auch als Stützen von Brückenträgern auf steinernem Pfeilerunterbau wurden die gußeisernen Pfosten von den Amerikanern verwendet, wie bei der von Albert Fink erbauten, auf Seite 158 hinsichtlich ihrer Träger betrachteten Eisenbahnbrücke über den Elisabethfluß bei Norfolk. Die vier hohlen gußeisernen, in Fig. 871 und 872 dargestellten Ständer dieser über eine Oeffnung von 36 Mtr. (120' engl.) Spannweite erbauten Brücke stehen zu je 2 auf jedem Landpfeiler, sind nach der Längenaxe der Brücke zur Erhöhung ihrer Stabilität in dieser Richtung mit Anlauf versehen, nach

Der Viadukt liegt in einer Steigung von $\frac{1}{50}$ und im Beginn einer Kurve von 243,84 Mtr. (800' engl.) Radius. Seine ganze Länge beträgt 435,64 Mtr. (445' engl.), von welcher 71,32 Mtr. (234 engl.) der geraden Strecke und 64,31 Mtr. (211' engl.) der Kurve angehören. Die äußerst langen und schwachen Säulen sind theils einfach, theils an den Köpfen gekuppelt und stehen zu drei in gußeisernen Schuhen, an welche jedoch die mittlere gleich angegossen ist. Diese Schuhe, welche auf besonderen Unterlagsplatten liegen, sind in ihren Mitten 7,92 Mtr. (26' engl.) von einander entfernt und durch gußeiserne Röhren verbunden. Etwa in der Mitte der Höhe sind die Säulen gestoßen und miteinander verschraubt und schließen sich an diese Stöße gußeiserne Balken an, welche daselbst mit Hilfe eines Horizontalgitters einen guten Längs- und Querverband herstellen. Die Köpfe der Säulen haben kurze Zapfen, und auf diese setzen sich die bogenförmigen, aus einem Stück gegossenen Querträger von 8,53 Mtr. (28' engl.) Länge, welche nach der Längsrichtung durch ebenfalls bogenförmige Zwischenträger verbunden sind. Der Schub der bogenförmigen Querträger wird durch paarweise angebrachte horizontale Spannstrangen aufgehoben und zur Herstellung der seitlichen Standfähigkeit sind diagonale Spannstrangen eingezogen. Die Querträger sind 3,96 Mtr. (13' engl.) von einander entfernt und deshalb unter jede Schiene doppelte Längsschwellen von

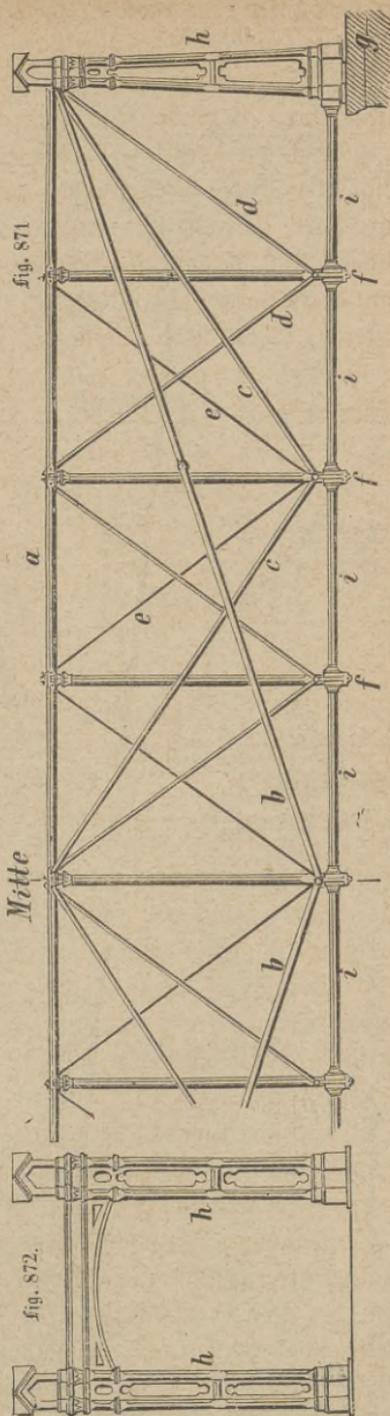


Fig. 871 und 872. Gußeiserne Säulen der Eisenbahnbrücke über den Elisabethstuf bei Norfolk.

0,37 Mtr. (15" engl.) Höhe und 1,83 Mtr. (6' engl.) Breite gelegt. Diese, in der Gebirgsstrecke der Bahn gelegenen Viadukte sind seit dem Jahre 1862 im Betrieb und zeigen, selbst bei dem täglichen, wenn auch mit mäßiger Geschwindigkeit stattfindenden, Passiren der schwersten Maschinen und Züge große Standfähigkeit.

Der steinerne Unterbau der Brückenpfeiler wurde später bisweilen höher geführt und darauf gußeiserne Säulen zur Unterstützung der Brückenbahn gestellt, wie bei der in den 50er Jahren von Brunel erbauten, Seite 237 bis 239 erwähnten und in Fig. 414 bis 418 dargestellten Brücke in der Cornisheisenbahn über den Tamar¹⁹⁷⁾, einen Meeressarm am Ende der Bai von Plymouth, bei Saltafh unweit Plymouth. Diese zum Uebergang desjenigen Theils der Eisenbahn von Cornwallis, die mit dem Namen South-Devon bezeichnet wird, dienende Brücke, s. Fig. 883 und 884, mußte wie die Britanniabücke nach den von der englischen Admiralität gestellten Bedingungen, welche eine möglichst weite und hohe Durchfahrtsöffnung für die Segelschiffe forderten, angelegt werden, wodurch Brunel veranlaßt wurde, die Brückenöffnung beinahe eben so groß wie bei der Britanniabücke anzunehmen und der Brückenbahn eine Höhe von 20,5 Mtr. über dem höchsten Wasserstande des Meeres zu geben. Infolge dieser Annahme haben die Endpfeiler der beiden Hauptöffnungen, s. Fig. 886, eine Höhe von hzw.

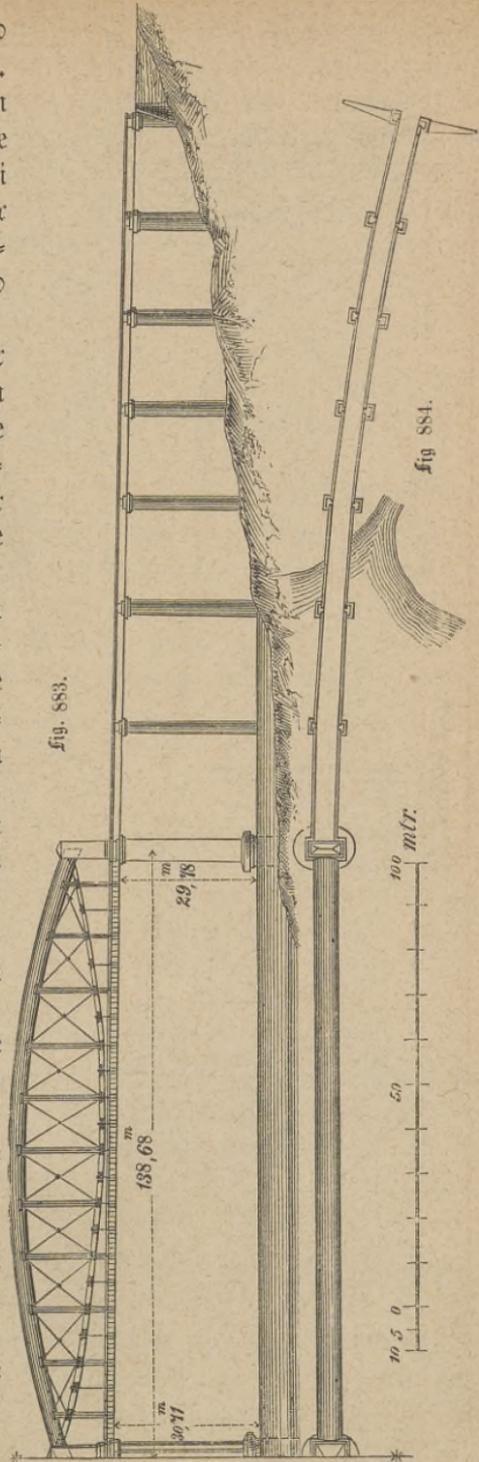


Fig. 883 und 884. Pfeiler der Brücke über den Comar bei Saltafh.

33,38 und 40,76 Mtr. von der Fundamentsohle bis zum Niveau der Balken erhalten. Dieselben sind gemauert, haben bis 1 Mtr. über den höchsten Wasserstand eine elliptische, darüber eine rechteckige Querschnittsform und sind mit je einem, der größeren Festigkeit wegen mit gußeisernen Platten bekleideten, Portikus bekrönt, worauf die großen Blechträger liegen und durch welchen die Züge gehen.

Fig. 885.

Fig. 886.

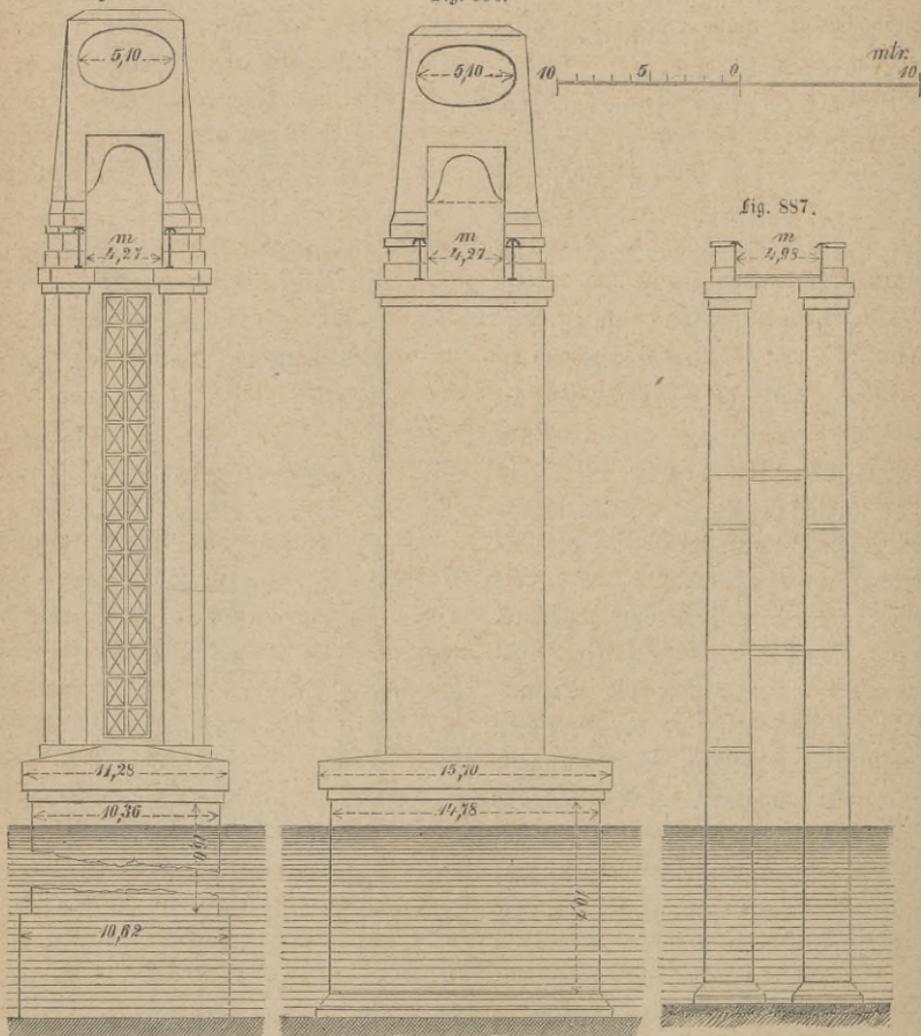


Fig. 885 bis 887. Pfeiler der Brücke über den Tamar bei Saltaf.

Der zur Aufnahme des halben Gewichts der beiden, hier zusammenstoßenden Hauptträger bestimmte und deshalb stärker angelegte Mittelpfeiler, s. Fig. 885, besteht aus zwei übereinander gesetzten, freisrunden Grundmauern, deren untere 10,62 Mtr., deren obere 10,36 Mtr. Durchmesser hat und ein Gesimse trägt,

worüber sich vier achteckige, gußeiserne Säulen erheben, die zu zwei und zwei durch ein System gußeiserner Andreaskreuze verbunden sind. Ueber dem Gebälk dieser Säulen steht ein ähnlicher Portikus wie auf den Endpfeilern, welcher zur Passage der Züge sowie zum Auflager für die Hauptträger dient. Die mit ernstlichen Schwierigkeiten verbundene Gründung dieses Pfeilers, bei welchem sich der Felsen erst in einer Tiefe von 19,5 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstand vorfand und mit einer 3,2 Mtr. mächtigen Schlamm- schicht bedeckt war, wird im dritten Abschnitt dieser Abtheilung besprochen werden. Die in Fig. 887 dargestellten Pfeiler der sich an die beiden großen Oeffnungen anschließenden Viadukte, wovon derjenige des rechten Ufers zehn, derjenige des linken Ufers sieben Oeffnungen hat, bestehen aus je zwei, völlig getrennten, jedoch durch schmiedeiserne Zugbänder und gußeiserne Einsatzstücke verbundenen Pilastern.

Eine, derjenigen des großen Mittelpfeilers der Saltashbrücke verwandte, Konstruktion haben die in Fig. 888 bis 892 dargestellten Strompfeiler der von den Ingenieuren Cubitt und Turner in den Jahren 1863/64 erbauten, auf Seite 231 und 232 bereits erwähnten und in den Figuren 395 und 396 dargestellten Brücke der London-Chatam-Dover-Eisenbahn über die Themse bei Blackfriars¹⁹⁸⁾ zu London erhalten. Während die Landpfeiler dieser Brücke massiv aus Ziegel- und Konkret-Mauerwerk hergestellt wurden, bestehen die Strompfeiler aus je drei besondern, nur an ihrem oberen Ende durch 2 starke schmiedeiserne Querbalken mit einander verbundenen, in der Stromrichtung 8,15 Mtr. (26' 9" engl.) von Axe zu Axe entfernten Pfeilern, wovon jeder auf einer 1,52 Mtr. (5' engl.) starken, 6,4 bis 7,0 Mtr. (21 bis 23' engl.) Durchmesser haltenden Konkretlage ruht und aus einem unteren, mit festen Ziegeln und Cement gemauerten, bis 0,61 Mtr. (2' engl.) unter den niedrigsten Wasserstand reichenden Cylinder von 10,67 Mtr. (35' engl.) Höhe und 5,49 Mtr. (18' engl.) Durchmesser; aus einem oberen, mit Quadern gemauerten, bis 1,83 Mtr. (6' engl.) über den höchsten Wasserstand reichenden Cylinder von 7,82 Mtr. (25' 8" engl.) Höhe und 5,33 Mtr. (17' 6" engl.) Durchmesser und aus einem Pfeileraufsatz von vier, unter sich verbundenen, mit dem Quadermauerwerk durch Steinbolzen verankerten, gußeisernen Säulen besteht. Die Steine der Quaderschicht wurden schwalbenschwanzförmig bearbeitet und durch messingene Klammern unter einander verbunden. Die in einem Stück gegossenen Säulen haben 1,52 Mtr. (5' engl.) äußeren Durchmesser bei einer Wandstärke von 3,13 Cmt. (1 $\frac{1}{4}$ " engl.) unter den Säulentragern und von 3,75 Cmt. (1 $\frac{1}{2}$ " engl.) unter den Mittelträgern. Das Innere der Säulen und ihrer Zwischenräume ist zur Vermehrung ihrer Steifigkeit und Standfähigkeit mit einem Mauerwerk aus den festesten Backsteinen und einem Mörtel von reinem Flußsand und Portlandcement ausgefüllt. Der obere Theil dieses Ziegelmauerwerks

ist stromauf- und stromabwärts abgeschrägt, um das Regenwasser durch gußeiserne Röhren mit 7,5 Cmtr. (3" engl.) Durchmesser, welche in den aus Eisenblech gebildeten Kapitälern jeder Säulengruppe angebracht sind, abzuleiten. Auch die Säulenfüße sind mit Sockelgesimsen aus Eisenblech versehen.

Zu den gußeisernen Säulenpfeilern können auch diejenigen gerechnet werden, welche von den Gebrüdern Seguin zur Unterstützung der Tragkabel der im Jahre 1837 erbauten, auf Seite 192 und 193 hinsichtlich ihrer Träger beschriebenen und in Fig. 299 bis 305 abgebildeten, Drahthängbrücke über die Seine in Conflans St. Honorine¹⁹⁹ angewendet worden sind und auf einem, mit dem steinernen Unterbau verankerten, gußeisernen, cylindrisch ausgekerbten, 0,2 Mtr. hohen Fuße ruhen und sich auf demselben um ihren, in eine jener cylindrischen Auskerbung entsprechende cylindrische Schneide auslaufenden, Fuß drehen. Die in Fig. 893 bis 897 dargestellten Tragfäulen dieser Brücke sind 8,28 Mtr. hoch und bestehn aus fünf Stücken, deren unteres den 0,56 Mtr. hohen, in Fig. 895 und 897 dargestellten Fuß, deren oberes den in Fig. 894 und 896 dargestellten Kopf, deren drei übrigen Stücke einen mit Flanschen versehenen Theil des hohlen Schafts darstellt, welche durch Bolzen zu einem Ganzen vereinigt sind.

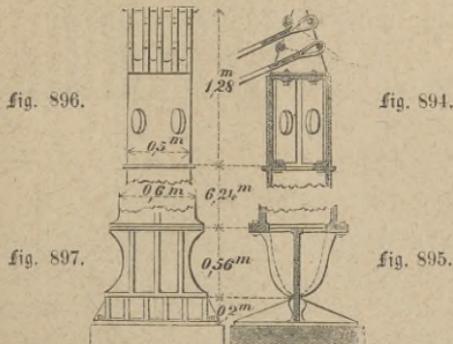


Fig. 894 bis 897. Details der Tragfäulen der Hängebrücke über die Seine in Conflans St. Honorine.

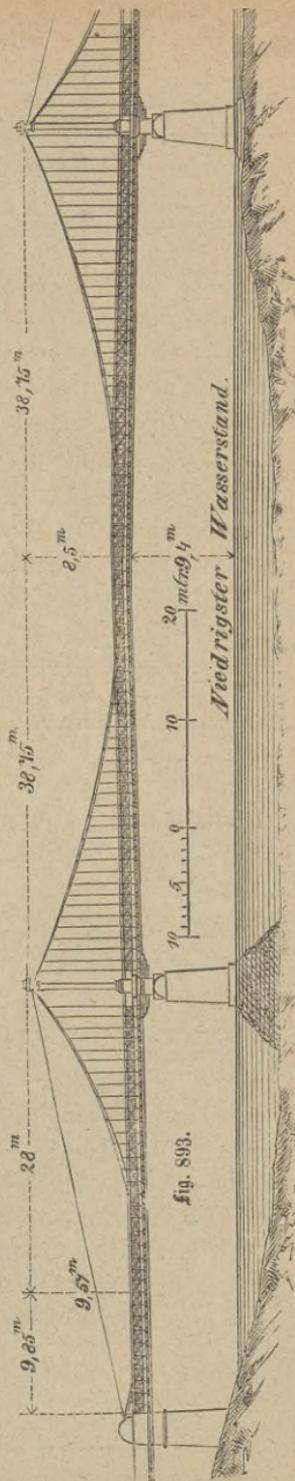


Fig. 893. Tragfäulen der Hängebrücke über die Seine in Conflans St. Honorine.

II. Die gußeisernen Röhrenpfeiler.

Im Laufe der vierziger Jahre wurden zunächst in England die Fundamente von Brückenpfeilern aus cylinderförmigen, eisernen Röhren hergestellt, die man unter Anwendung verdünnter oder verdichteter Luft bis auf den festen Baugrund versenkte. Ein Beispiel der ersteren, dem Dr. Potts patentirten Versenkungsweise giebt der im Jahre 1847 ausgeführte Viadukt in der Chester-Holyhead-Eisenbahn auf der Insel Anglesea, bei welchem 19 gußeiserne Röhren von 4,88 Mtr. (16' engl.) Länge und etwas über 0,3 Emtr. (1' engl.) äußerem Durchmesser bis auf den festen Grund versenkt und oben durch den, aus gußeisernen Platten gebildeten, zur Aufnahme des Mauerwerks bestimmten Belag verbunden wurden. Die Röhrenpfähle selbst wurden nach und nach, dem allmäligen Einsinken entsprechend, aus etwa 2,7 Mtr. (9' engl.) langen gußeisernen Röhrenstücken, deren unterstes unten einen nach außen gefehrten, schneidenförmigen Rand hatte, mittels einer Flansche und Bolzen zusammengeschaubt und nach der Einsenkung mit Bêton ausgefüllt.

Die gußeisernen Röhren in den Fundamenten der im Jahre 1847 gegründeten, auf Seite 99 bereits erwähnten Brücke über den Medway bei Rochester erhielten den bedeutenderen Durchmesser von 2,13 Mtr. (7' engl.) bei 2,7 Mtr. (9' engl.) Abstand von Mitte zu Mitte, bestehen aus 2,7 Mtr. (9' engl.) hohen, über einander gesetzten Cylindern und waren die ersten, welche mittels verdichteter Luft versenkt wurden. Die einzelnen Cylinder dieser Röhren waren an ihren Rändern mit Flanschen versehen, wurden mittels Bolzen zusammengeschaubt und diese nach deren Einsenkung ebenfalls mit Bêton ausgegossen.

Die Anwendung gußeiserner, aus einzelnen Stücken zusammengeschaubter, mit Bêton gefüllter Röhren zu den Fundamenten der beiden vorgenannten Bauten führten bei der im Jahre 1849 erbauten, auf Seite 235 und 237 bereits erwähnten und in Fig. 407 bis 413 dargestellten, Brücke über die Themse bei Windsor zur Herstellung von ähnlich zusammengesetzten, durch Ausbaggern versenkten und ausgegossenen Röhren, welche die Fundamente und zugleich die Pfeiler dieser Brücke bildeten. Wie aus dem Grundrisse in Fig. 408 derselben hervorgeht, ruht jedes Ende der drei Träger dieser schiefen, zweigeleisigen Brücke auf zwei, 2,7 Mtr. von Mitte zu Mitte hinter einander stehenden, stärkeren Röhrenpfeilern, die hölzernen Träger jedes der beiden, die Brücke mit den Erdkörpern verbindenden, Viadukte auf drei schrägen Reihen mit je 5 schwächeren gußeisernen Säulen. Außerdem ist zwischen jene, die äußersten Enden der drei Träger aufnehmenden, stärkeren Röhrenpfeiler je eine solche schwächere, gußeiserne Säule eingeschaltet. Die Cylinder, woraus jene stärkeren Röhrenpfeiler mit 1,828 Mtr. äußerem und 1,772 Mtr. innerem Durchmesser oder 2,8 Emtr.

Wandstärke bestehen, sind, wie Fig. 413 zeigt, an ihren Ständern mit abgesteiften Flanschen versehen und, wie sich aus Fig. 411 ergibt, mittels Bolzen untereinander verschraubt. Das Innere dieser Röhren ist bis zur Höhe des oberen Randes mit Beton ausgegossen, welcher sich mit dem Eisen erfahrungsgemäß trefflich verbindet, und oben mit einem aus 5 Segmenten bestehenden Holzpolster abgeschlossen, worauf bei den beweglichen Auflagern die Rollenstühle mit den 4,445 Mtr. langen, 7,61 Emtr. hohen, aus zwei Lagen bestehenden Holzsätteln zur Auflage der Trägerenden und bei

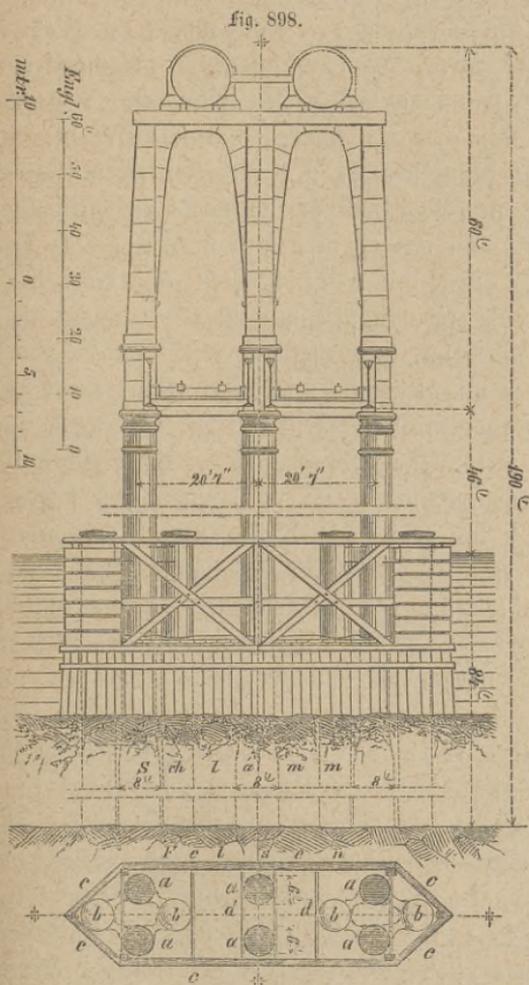
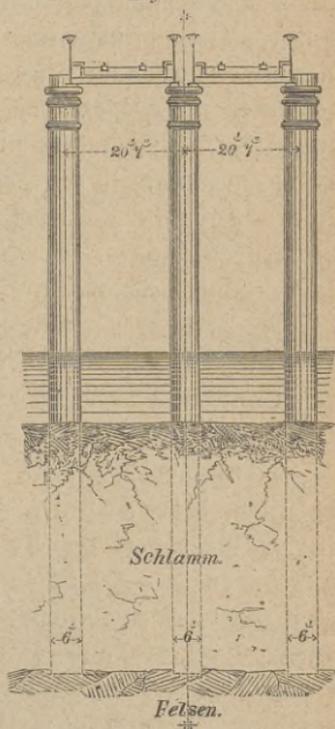


Fig. 899.

Fig. 898 bis 900. Pfeiler der Brücke über den Wye bei Chepstow.

Fig. 900. A vertical cross-section of three bridge piers. The piers are cylindrical and rest on a base labeled 'Felsen' (rock). The ground between the piers is labeled 'Schlamm' (mud). Dimensions of 20' 7/8" are indicated between the piers.

Fig. 900.



den festen Auflagern diese letzteren direkt ruhen. Die Kapitäle dieser Pfeiler sind theils durch horizontale, an die obersten Cylinder angegossene Bänder, theils durch angelegte, gebogene, im Innern durch schmiedeeiserne Rippen ver-
steifte Eisenbleche gebildet.

Von ungleich bedeutenderer Höhe sind die 1,83 Mtr. (6' engl.) weiten,

bis zu 39,62 Mtr. (130' engl.) hohen, in Fig. 895 bis 897 dargestellten, eisernen Röhrenpfeiler, welche Brunel bei der, in den Jahren 1850 bis 1852 erbauten, auf Seite 226 bis 228 bereits erwähnten und in den Figuren 371 bis 388 dargestellten, zweigeleisigen Brücke über den Wye bei Chepstow anwandte und am Ufer, durch Ausgraben des Bodens in ihrem Innern, wie Brunnen, in dem Flusse, durch Auspressen des Wassers mittels comprimirter Luft und hierdurch ermöglichter Ausschöpfung des Schlammes und Bodens aus ihrem Inneren, mit Hülfe ihres eigenen Gewichts auf den 15,24 bis 18,29 Mtr. (50 bis 60' engl.) unter der Flußsohle befindlichen Felsen versenken und hierauf mit Béton ausfüllen ließ. Wie aus den Figuren 371 und 372 hervorgeht, ruht der über dem Flußbett befindliche Theil der beiden nebeneinander liegenden Hauptträger auf sechs, die Fahrbahn des sich daran anschließenden Viadukts mit drei Oeffnungen sowol an den Zwischenstützpunkten, als an dem der Stadt Chepstow zugekehrten Ufer auf je drei solcher Röhren. Die sechs Röhren des Hauptpfeilers sind in der Stromrichtung, außer durch die schmiedeeisernen, I-förmigen Querträger der Fahrbahn, zu je vier und vier durch wagrechte schmiedeeiserne Diagonalversteifungen mit gleichfalls I-förmigem Querschnitt und wagerechten Zugstangen mit Schraubenmuttern; senkrecht zur Stromrichtung durch gußeiserne, in der Höhe der Kapitäle angebrachte, unter sich verschraubte Kästen verbunden. Sowol das stromaufwärts, als das stromabwärts stehende Röhrenpaar ist mit zwei kürzeren, bis zum höchsten Wasserstand reichenden, in der Stromrichtung und Pfeileraxe versenkten Röhrenpaaren durch eiserne Bänder verbunden, welche die Stabilität des Röhrenpfeilers befördern und diesen letzteren mit einer hölzernen, oben und unten keilsförmig endigenden, durch schmiedeeiserne Querstangen zusammengehaltenen Schutzwand zur Sicherung vor Eisstoß umgeben.

Im Jahre 1852/53 erbaute Stephenson in der ägyptischen Eisenbahn von Alexandria nach Kairo über den Nilarm von Damiette in der Nähe von Benha eine Brücke²⁰⁰ mit einer Fahrbahn aus einem System eiserner, 1,98 Mtr. (6' 6" engl.) hoher Kastenträger, welche auf ebenfalls eisernen Mittelpfeilern ruhen, s. Fig. 901 bis 905. Diese Mittelpfeiler bestehen aus je 2 Röhren von 2,13 Mtr. (7' engl.) Durchmesser, welche nach Art der Brunnen etwa 10,67 Mtr. (35' engl.) unter den niedrigsten Wasserpiegel versenkt wurden. In der Mitte der Brücke befindet sich eine, in den Figuren 902 bis 905 dargestellte Drehvorrichtung, um der Schiffahrt freien Durchgang zu gestatten. Als Auflage für die geöffneten zwei Boche ist flußauf- und flußabwärts je ein ähnlicher eiserner Pfeiler angebracht, welche mit dem Drehpfeiler durch ein hölzernes Rahmenwerk verbunden sind, das auf der Höhe des niedrigsten Wasserstandes liegt und die nöthige Stabilität bezweckt. Eine ähnliche Anordnung befindet sich auch an

fig. 902.

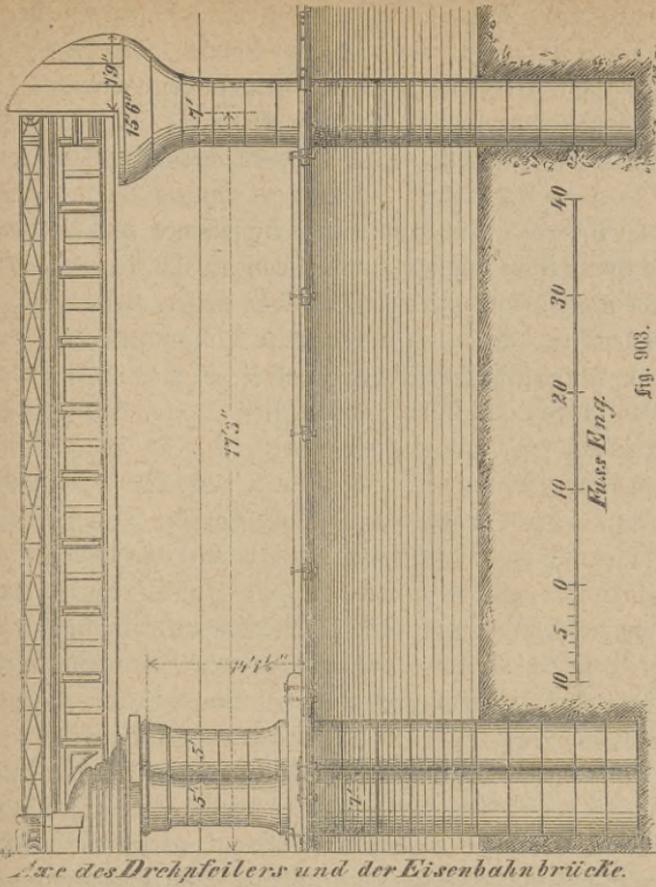


fig. 903.

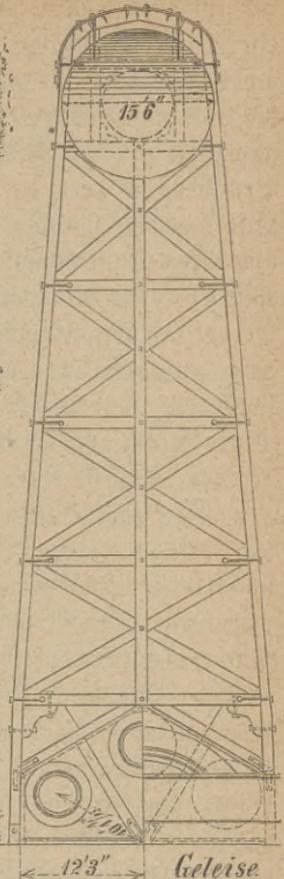


fig. 905.

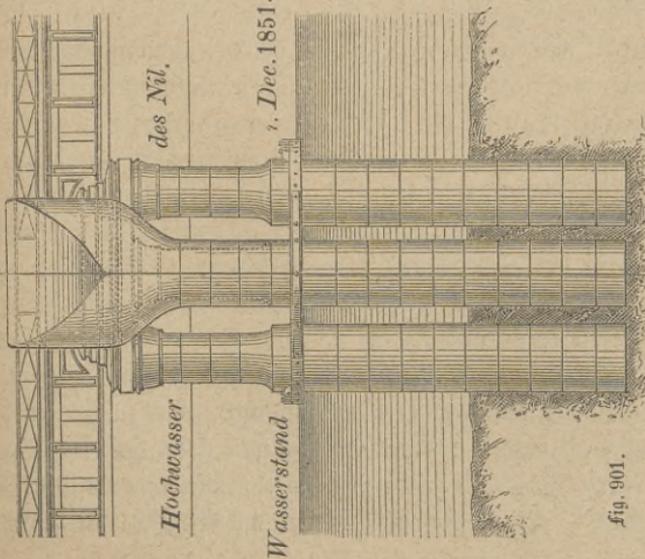
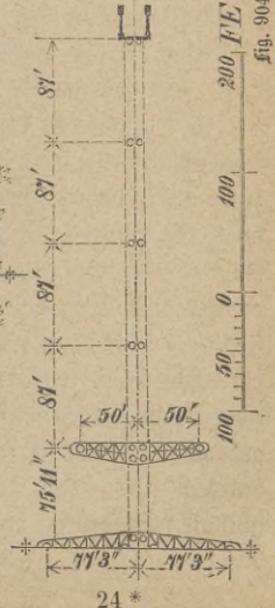


fig. 901.



demjenigen Pfeiler, welcher dem Drehpfeiler zunächst liegt und aus vier Röhren besteht. Auch hier steht ober- und unterhalb der Brücke ein isolirter und verrahunter Pfeiler, welcher den gleichen Zweck, wie die vorerwähnten, erfüllt. Zugleich ist durch diese festen Rahmen, wie durch Abweiser, die Fahrbahn für die durchfahrenden Schiffe genau bezeichnet und die Brücke vor Beschädigungen geschützt.

Auch die im Jahre 1856 von Redmann erbaute eiserne, dem Verkehr der zahlreichen Dampfschiffe, welche täglich zwischen London und der Themsemündung verkehren, dienende Landungsterrasse von Gravesend²⁰¹⁾ bei London, welche aus vier 76,25 Mtr. langen, 61 Mtr. in den Fluß hineingebauten, bedachten Hallen von 9,15 Mtr. lichter Breite und aus einer, an der Flußseite angebrachten, 27,45 Mtr. langen und 9,15 Mtr. breiten Quergalerie besteht, ruht auf 22 gußeisernen Säulen, welche durch gußeiserne, im Querschnitt I-förmige Balken, worauf der Fußboden der Terrasse liegt, verbunden sind. Vor der Quergalerie sind zwei Treppen angebracht, auf welchen die Reisenden zu den Schiffen gelangen. Sämmtliche Säulen, die nur 4,6 Mtr. hohen Säulen am Ufer ausgenommen, haben eine Höhe von 8,55 Mtr. und einen Durchmesser von 1,22 Mtr. am Fuß- und von 0,91 Mtr. am Kopf-Ende. Unter sich sind die Säulen über ihren Kapitälern, deren oberer Theil 2,44 Mtr. über dem höchsten Wasserstande liegt, durch ein wagerechtes gußeisernes Kreuzbandsystem und zwischen ihren Schäften durch schmiedeiserne Kreuzbänder verbunden, wodurch man sie zugleich in ihrer senkrechten Stellung erhält. Um dieselben aufzustellen, wurden besondere gußeiserne Gründungscylinder mittels Hebezeugen aus einzelnen Ringen zusammengesetzt, zwischen Führungen mittels abwechselnder Belastung und Ausbaggerung ihres Innern durch die aus Schlamm, gelbem Sand, Kies und Gerölle bestehenden oberen Schichten des Flußbetts bis auf den festen Kalkfelsen gesenkt, hierauf durch Saugpumpen von Wasser entleert und mit einem Mauerwerk ausgefüllt, das, wie die Figuren derselben im dritten Abschnitt zeigen, bei den Säulen der Quergalerie zu unterst aus Romancement, bei den übrigen Säulen aus einem 2,1 Mtr. hohen Bétonkörper bestand, worauf man einen etwa 2,15 Mtr. hohen Block aus Ziegeln und Puzzuolane, durch dessen Mitte eine, an ihrem unteren Ende mit einem Anker versehene, eiserne Stange ging, auführte, mit einer als Basis der gußeisernen Säulen dienenden Haussteinplatte bedeckte und hierauf das obere Ende des Mauerankers mit der Basis der darauf gestellten gußeisernen Säulen verschraubte.

Um das Jahr 1855 fand das Verfahren, Brückenpfeiler aus Gußeisen herzustellen und diese unter Mitwirkung der atmosphärischen Luft zu versenken, auch Anwendung in den Vereinigten Staaten, insbesondere bei der Erbauung der Brücke über den Great-See-Dee²⁰²⁾ mit zwei ungleichen Oeffnungen von 39,6 und 41,15 Mtr., einer Zugbrücke für eine Oeffnung von 21,35

Mtr. Weite zum Durchlassen der Dampfboote, zwei vorläufig aus Holz konstruirten Widerlagspfeilern aus vier gekuppelten, nach der Längennaxe der Brücke zu je zwei sich berührenden und nach der Breite der Brücke um 3,05 Mtr. von einander abstehenden Röhren und einem aus drei, 60 Cmtr. im Lichten von einander abstehenden Röhren bestehenden Zwischenpfeiler. Die Röhren bestehen aus 2,75 Mtr. langen, gußeisernen Cylindern mit 1,83 Mtr. äußerem und 1,73 Mtr. innerem Durchmesser oder 5 Cmtr. Wandstärke, welche an den 5 Cmtr. breiten Kränzen durch Bolzen verbunden sind. Nur die Höhe des oberen Stück, welches mit den Köpfen aller übrigen in einem Niveau liegen muß, variiert mit der Tiefe der Einsenkung des Pfahls, während die Wandung des untersten, um das Eindringen in den Boden zu erleichtern, abgeschrägt ist. Die Versenkung dieser Pfeiler in den Sand, bis auf 4 Mtr. im Mittel, war mittels des Pott'schen Verfahrens unter Anwendung verdünnter Luft begonnen und beendet worden, während man bei der Versenkung einer Röhre auf einen im Flußbett liegenden Baumstamm gestoßen und, um denselben zersägen zu können, zur Auspressung des Wassers unter Anwendung verdichteter Luft gezwungen worden war.

Um diese Zeit hatte man auch in Frankreich bei Erbauung von Blechballenbrücken zur Unterstützung der Träger gußeiserne Röhrenpfeiler angeordnet und durch den Unternehmer E. Souin zu Batignolles bei Paris mit Anwendung von komprimirter Luft ausführen lassen.

In Oesterreich erfolgte die erste Einsenkung eiserner Brückenpfeiler, welche man wegen der großen Entfernung von Pesth, von wo die Quader herbeizuschaffen gewesen wären, den steinernen vorgezogen hatte, mittels komprimirter Luft, unter Leitung von Cesane, im Jahre 1857 durch denselben Unternehmer bei dem Bau der, auf Seite 335 bis 338 erwähnten und in Fig. 794 bis 808 dargestellten, Brücke über die Theiß bei Szegedin²⁰³, deren sieben Zwischenpfeiler (s. Fig. 906 bis 912) aus je zwei, nach der Stromrichtung gestellten, durch je zwei schmiedeeiserne Rahmen mit Andreaskreuzen unter sich verbundenen, gußeisernen Cylinderröhren von je 3,16 Mtr. (10' österr.) Durchmesser, von 20,48 Mtr. (65' österr.) Höhe und einem oberen, zur besseren Auflagerung der Blechbogenträger vierseitig geformten, schmiedeeisernen Theile besteht. Jene Röhren setzen sich aus einzelnen Trommeln von 1,82 Mtr. Höhe zusammen, die mittels einer abgehobelten Flansche zusammengeschraubt sind und wovon nur die untersten, um leichter in den Grund eindringen zu können, eine abgerundete Schneide besitzen. Zur Abschließung der verdichteten Luft waren die Fugen der Trommeln mittels Einstemmens von Eisenkitt luftdicht verkittet, welcher im Sommer 2, im Winter 8 Tage zu der erforderlichen Erhärtung brauchte, worauf er mit der Feile bearbeitet und polirt werden konnte: ein Zeitverlust, welchem man bei Erbauung der Brücke über die Garonne bei Bordeaux dadurch entging, daß man den Eisenkitt durch eine Schnur von Kautschuk ersetzte, welche man

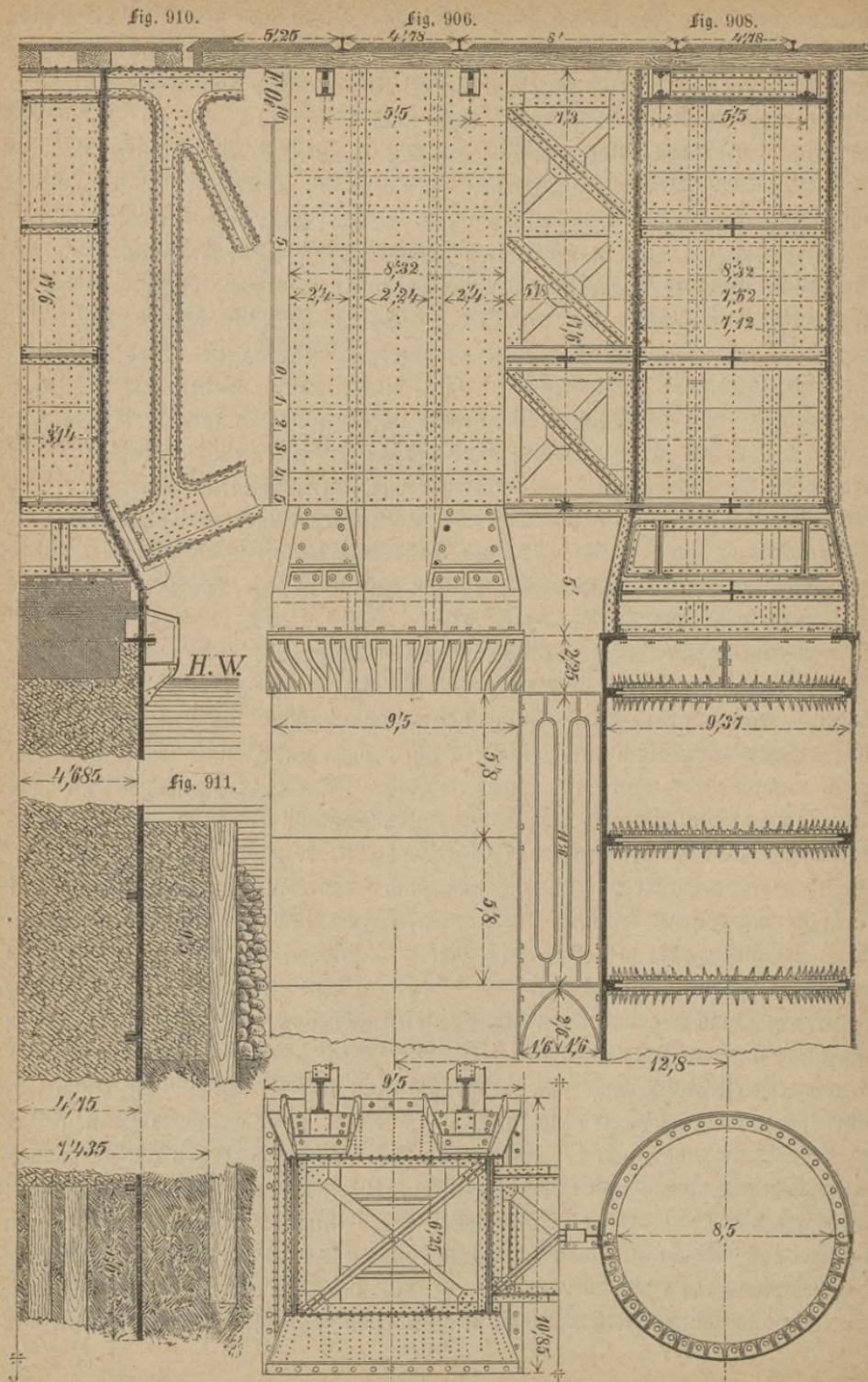


Fig. 912.

Fig. 907.

Fig. 909.

Fig. 906 bis 912. Pfeiler der Brücke über die Theiß bei Hegedin.

in eine besondere Rinne des Flansches legte. Hinsichtlich der Stoßverbindung der Trommeln erwiesen sich einzelne Verstärkungsrippen des Flansches mit dem Cylinder wegen der sich darin beim Gießen festsetzenden, leicht gefährliche Höhlungen erzeugenden Gasblasen weniger empfehlenswerth, als eine Verstärkung der Flanschen. Die Tragfähigkeit der Röhren wurde durch ein Pfahlwerk aus je 12 tannenen Pfählen im Innern derselben sowie durch eine Ausfüllung derselben mit Béton unterstützt. Zur Vermeidung von Unterspülungen wurden die Röhrenpfeiler mit einer Béton- und Steinschüttung umgeben und vor Eisstoß durch hölzerne Eisbrecher geschützt. Unter die Lieferungsbedingungen des Gußeisens hatte man auch die aufgenommen, daß dasselbe eine Seitenpressung von $\frac{1}{6}$ seiner Zugfestigkeit aushalten sollte, während diese zu 507 Kg. per □ Cmtr. (6286 Pfd. per □" österr.) angenommen war. Mit Rücksicht hierauf war die Wandstärke der Trommeln zu 3,53 Cmtr. (1,34" österr.) festgesetzt, indem man annahm, daß die an ihren beiden Enden befestigte Säule in der Höhe der Bogenkämpfer durch die größte, zwischen den Horizontalschubben der Bögen stattfindende Differenz gebogen werden könne. Diese Voraussetzung wurde bei den für die Stabilität der Pfeiler ungünstigsten Probelastungen, wobei jede einzelne Oeffnung mit 8916 Kg. per lfd. Mtr. (5031 Pfd. per lfd. ' österr.) beschwert wurde, während alle übrigen Oeffnungen belastet blieben, bestätigt, indem sich hierbei ergab, daß alle Pfeiler in der Höhe der Kämpfer der belasteten Oeffnung 0,39 Cmtr. (0,15" österr.) ausbogen, während die Ausbiegungen der beiden nächstfolgenden Pfeiler nur 0,16 Cmtr. (0,06' österr.) betragen und bei den weiter folgenden Pfeilern rasch abnahmen.

Bereits um das Jahr 1858 wurde in Frankreich die Anwendung von gußeisernen, unter Anwendung von verdichteter Luft versenkten Röhren statt tief zu gründender, gemauerter Brückenpfeiler als das billigste und schnellförderndste Verfahren zur Herstellung der Unterstüzung von Brückenträgern angesehen.

In dieses Jahr fällt die Erbauung der, anstatt einer 20 Mtr. fluslaufwärts gelegenen, durch das Hochwasser des Jahres 1856 fortgerissenen, prachtvollen steinernen Brücke, zur Vermittelung des Flußübergangs in der Eisenbahn von St. Germain-des-Jossés nach Clermont und Brioude dienenden, auf eisernen Röhrenpfeilern (s. Fig. 913 und 914) ruhenden Blechbrücke über den Allier bei St. Germain-des-Jossés²⁰⁴). Das außerordentlich bewegliche, aus auf große Tiefen unterspülbarem Sande bestehende Flußbett des, durch seine fast periodischen und plötzlichen Hochwasser verheerenden und den Bestand der über ihn gespannten Brücken leicht gefährdenden Allier veranlaßten die Annahme 40 Mtr. weiter Jochfelder und die 3 bis 4 Mtr. tiefe, pneumatische Einsenkung der Röhrenpfeiler in das noch unter der beweglichen Sandschicht liegende, unpreßbare und nicht zu unterwaschende Mergellager des Flußbetts. Die Brücke

besteht aus zwei durchlaufenden, 8,8 Mtr. von einander abstehenden, über zwei gemauerte Widerlagspfeiler, über sechs Oeffnungen von je 40 Mtr. Spannweite und über fünf, aus je zwei 8,8 Mtr. von Axe zu Axe entfernten Röhren bestehende, Röhrenpfeiler gestreckten Blechbalken mit I-förmigem Querschnitt, welche gleichfalls aus Eisenblech bestehende, im Querschnitt I-förmige, durchschnittlich 3,27 Mtr. von einander entfernte Querbalken und vier, unter den Schienen-

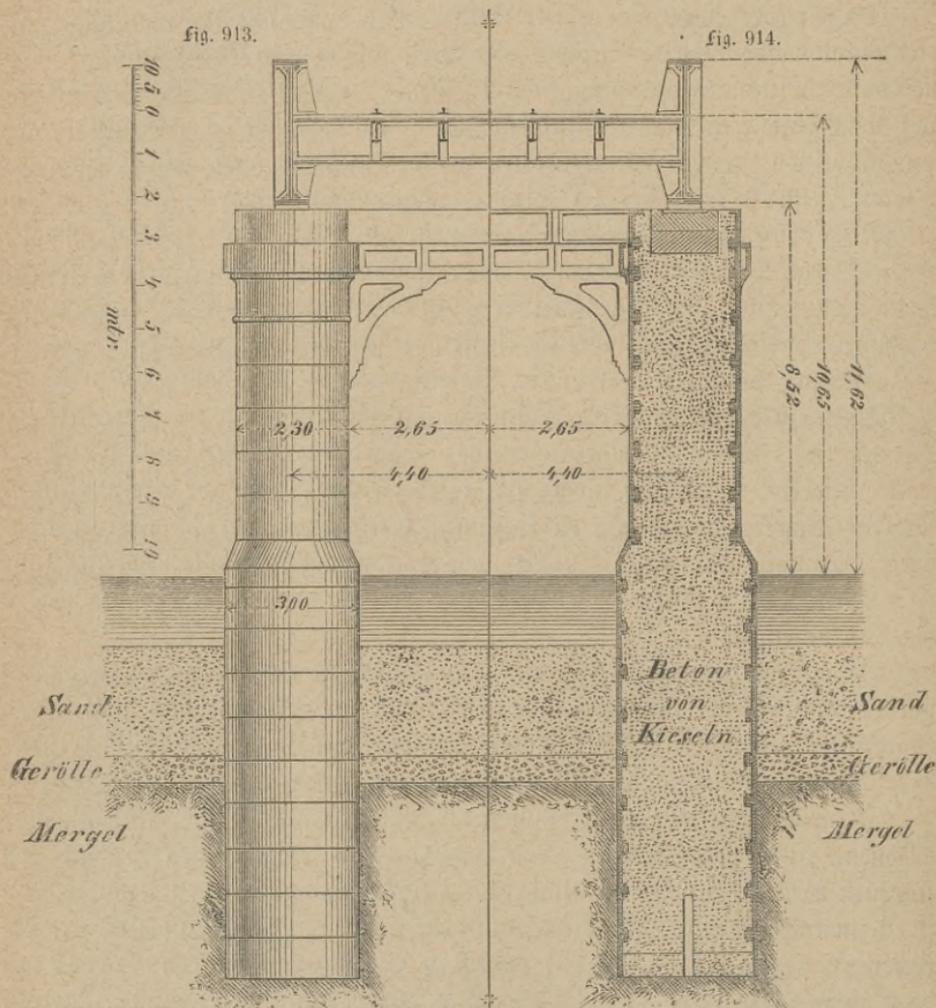


Fig. 913 und 914. Pfeiler der Brücke über den Allier bei St. Germain-des-Fossés.

strängen hinlaufende Längsträger mit 15 Cmt. starken, quergelegten, mit den letzteren verholzten Bohlen und breitbasigen Schienen aufnehmen. Jede Säule der Röhrenpfeiler besteht aus einem unteren, 9,5 Mtr. hohen Cylinder von 3 Mtr. Durchmesser und 3 Cmt. Wandstärke und einem oberen, 7,5 Mtr. hohen, durch ein konisches Zwischenstück mit jenem ersteren verbundenen Cylinder

von 2,5 Mtr. Durchmesser und von 4 bzw. 3 Cmtr. Wandstärke, je nachdem die Säule stromauf- oder abwärts steht. Die Zusammensetzung der Säulen ist durch 1 Mtr. hohe Tambours mittels Flanschen und Bolzen, die Querverbindungen je zweier Säulen durch einen horizontalen, von gleichfalls gußeisernen Balken und Konsolen getragenen, gußeisernen Rahmen bewirkt.

Da seit dem Hochwasser von 1856 der Uebergang der Eisenbahnzüge auf einer provisorischen Brücke stattfand und deren bereits bedenklicher Zustand eine schnelle Vollendung der definitiven Brücke erforderte, so wurde die Einsenkung der Röhrenpfeiler mit Hilfe von, durch Gebläsemaschinen verdichteter Luft unter Anwendung einer Luftschleuse und zweier Krähne bewirkt, wovon der eine, in der Luftschleuse befindliche, zum Herablassen der leeren Körbe auf den Boden der Röhre und zum Aufziehen der, von je drei Arbeitern mit Boden gefüllten, Körbe auf den Schleusenboden durch je vier Arbeiter, der andere, über der Luftschleuse befindliche zum Aufziehen der gefüllten Körbe aus der Luftschleuse und zum Herablassen der, zuvor in den Fluß entleerten, Körbe auf den Boden der Luftschleuse bestimmt war.

Die Luftschleuse war außerdem mittels einer, in dem oberen Deckel angebrachten, starken Glaslinse erleuchtet, mit je einer Klappe zum Aus- und Einsteigen der Arbeiter im unteren und oberen Boden und zwei, in ihrem Inneren angebrachten Lusthähnen zum abwechselnden Aus- und Einlassen der verdichteten Luft versehen. Im Inneren der Röhre befanden sich Leitern, auf welchen, nach hinreichender Auspressung des Wassers, das im Sandboden leicht unter dem unteren Rande der Röhre, im Mergelboden durch einen im Inneren derselben angebrachten Heber entwich, die mit ihren Werkzeugen und Leuchten versehenen Arbeiter auf den Boden der Röhre gelangten. Der durch die Kompression der inneren Luft entstehende Auftrieb der Röhre wurde durch bedeutende, auf einen zwischen Luftschleuse und Röhre eingeschalteten, vorspringenden Ring, den sogenannten Halskragen, aufgelegte segmentförmige Gewichte verhindert, welche zugleich das Einsinken der Röhre unterstützten. Wenn die Arbeiter den Boden bis zum untern Rande entfernt hatten und dann aus der Röhre gestiegen waren, wurde durch Öffnung der Hähne ein Entweichen der komprimierten Luft aus dem Innern der Röhre und hierdurch theils ein Aufreiben des zwischen dem untern Rande der Röhre befindlichen Bodens auf 0,3 bis 5 Mtr., theils ein mit der Beschaffenheit des Bodens variirendes Einsinken der Röhre um 0,015 bis 0,8 Mtr. bewirkt, worauf jedesmal wieder das Ausschöpfen des eingetretenen Erdsprosses durch die Arbeiter erfolgte. Nach hinreichender Einsenkung jeder Röhre wurde dieselbe mittels der zur Bodenförderung gebrauchten Körbe mit hydraulischem Béton gefüllt, wobei man denselben etwa bis zur Höhe des äußern Was-

ferstandes in der komprimirten Luft, von da ab unter dem gewöhnlichen Luftdrucke versenkte. Die Bétongörper wurden hierauf mit zwei behauenen Steinplatten abgedeckt, worauf die Stützplatten der Brückenträger ruhen. Die Dauer der Einsenkung einer Röhre war verschieden und wurde in 11 bis 21 Tagen bewirkt.

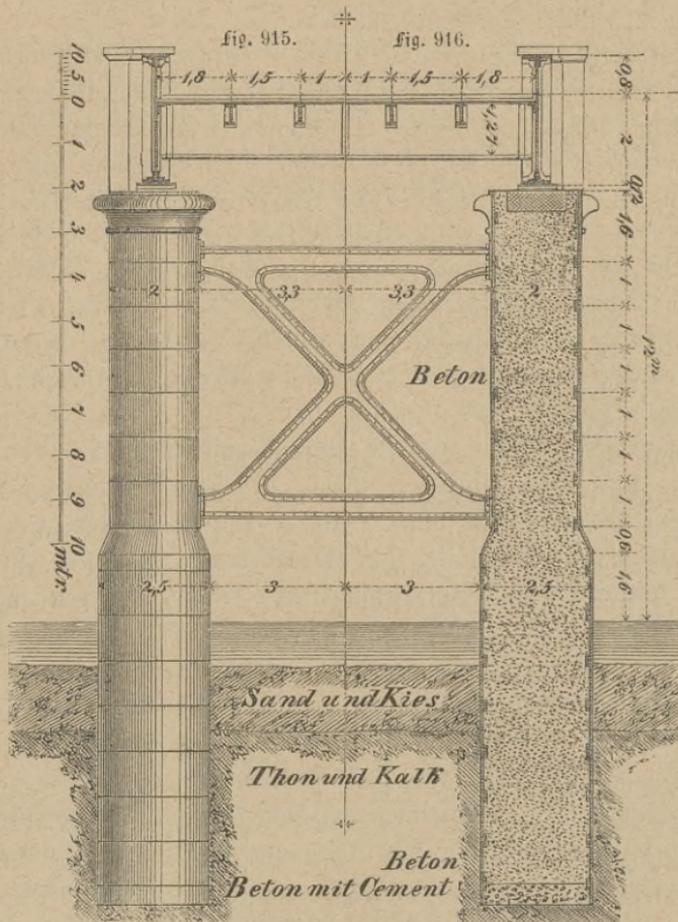


Fig. 915 und 916. Pfeiler der Brücke über den Allier bei Moulins.

Um dieselbe Zeit wurde auch die, von der Gesellschaft J. F. Caile u. Cie übernommene, Brücke über den Allier und über den Cher in der Eisenbahn von Moulins nach Montluçon²⁰⁵⁾ ausgeführt, von welcher die letztere, nachdem ihre vier, die beiden Pfeiler bildenden Röhren mittels zweier, die Luftpumpen bewegenden Lokomobilen von 5 bis 6 Pferdekraften aufgestellt und fundirt worden waren, in 2 Monaten vollendet wurde.

Die erstgenannte Brücke hat sieben Oeffnungen von je 40 Mtr. und zwei Oeffnungen von je 18,25 Mtr. Weite und besitzt einen Ueberbau aus

zwei großen, fortlaufenden Trägern von Eisenblech, welche von acht gußeisernen Röhrenpfeilern und zwei massiven Widerlagern getragen werden und durch gleichfalls aus Eisenblech bestehende Querträger mit Längsträgern verbunden sind. Die Pfeiler bestehen, wie Fig. 915 und 916 zeigen, aus je zwei gußeisernen Röhren, die aus Ringen von 2 Mtr. Durchmesser im oberen und von 2,5 Mtr. Durchmesser im unteren Theile zusammengesetzt und im Inneren verbolzt sind. Je zwei, im Innern durchweg mit Beton ausgefüllte Röhren eines Pfeilers sind nach der Breite der Brücke durch je ein Andreaskreuz verbunden. Um das Eindringen der Röhren in das Erdreich zu erleichtern, gab man dem untern Ringe bei 40 Cmtr. Höhe eine Stärke von nur 1 Cmtr., den übrigen Ringen bei 1 Mtr. Höhe eine Stärke von 2,5 Cmtr. an den stromabwärts und, zur größeren Widerstandsfähigkeit gegen Stöße schwimmender Körper, eine Stärke von 5 Cmtr. an den stromaufwärts stehenden Säulen.

Auch auf der russischen Eisenbahnlinie *Cy d t k u n e n - K o w n o - W i l n a - D ü n a b u r g*, welche zwischen *D o l n a f r e d a* und *K o w n o* den Niemen unter einem Winkel von $68^{\circ} 41'$ mittels einer doppelgleisigen Brücke²⁰⁶⁾ überschreitet, kamen in den Jahren 1859/62 unter der Leitung von *C e s a n n e* durch die Unternehmer *E. S o u i n u. C i e* gußeiserne Pfeiler (s. Fig. 917 bis 923) zur Unterstützung der vollen Blechträger zur Ausführung. Diese Brücke besitzt sechs Oeffnungen, wovon die beiden, 10,47 Mtr. (35' russ.) weiten äußersten zu Wegunterführungen, die vier mittleren, 65,38 Mtr. (214,5' russ.) in den beiden äußeren und 73,15 Mtr. (240' russ.) in den beiden mittelsten weiten, Oeffnungen zum Stromdurchgang dienen. Der eiserne Oberbau stützt sich an beiden Enden auf massive Widerlagspfeiler von Granit und Ziegelmauerwerk und auf fünf Paar gußeiserne Röhren von 3,4 Mtr. (11' 2" russ.) bzw. 3,1 Mtr. (10' 1" russ.) äußerem Durchmesser, welche unter Anwendung von komprimirter Luft auf eine mittlere Tiefe von 9,75 Mtr. (32' russ.) versenkt sind und sich 10,82 Mtr. (35½' russ.) über den mittleren Wasserstand erheben. Sie sind in ihrer ganzen Höhe mit Beton gefüllt, durch doppelte Andreaskreuze aus starken Eisenblechen mit aufgesetzten Winkelseisen zu je zwei zu einem Strompfeiler verbunden und werden durch drei, auf eben solchen Röhrenpaaren, wie die Strompfeiler, fundirte Eisbrecher vor Beschädigungen durch Eisgänge gesichert. Von den Säulenringen, die in Höhen von 1,42, 0,85 und 0,46 Mtr. ($\frac{42}{3}'$, $2\frac{3}{4}'$ und $1\frac{1}{2}'$ russ.) verwendet wurden, bestand jeder einzelne aus vier gußeisernen, im südlichen Frankreich gegossenen, mit senkrechten Verstärkungsrippen und an allen vier innern Kanten, zur Verbindung mittels Schraubenbolzen, mit Flanschen versehenen Segmenten. Die Eisbrecher sind aus starken gußeisernen Platten, welche, wie die Cylinderstücke der Säulen, zum gegenseitigen Verbolzen mit Flanschen und Verstärkungsrippen versehen sind, konstruirt, wurden mit einer 50 Cmtr. (20" russ.) hohen, ringsum mit Beton vergossenen, auf den

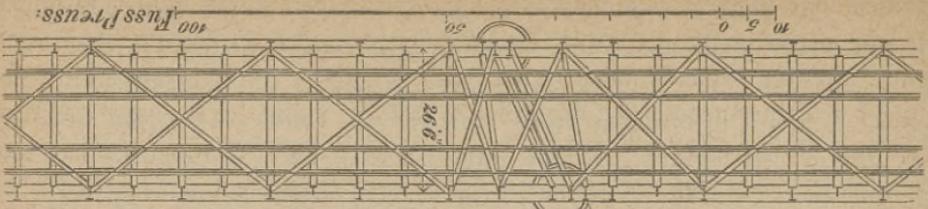


fig. 917.

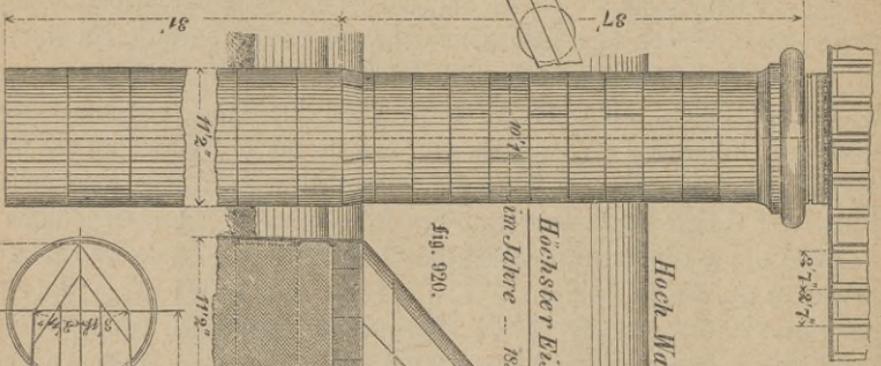


fig. 918.

fig. 917 bis 923. Pfeiler und Eisenträger der Brücke über den Thiem bei Aommo.

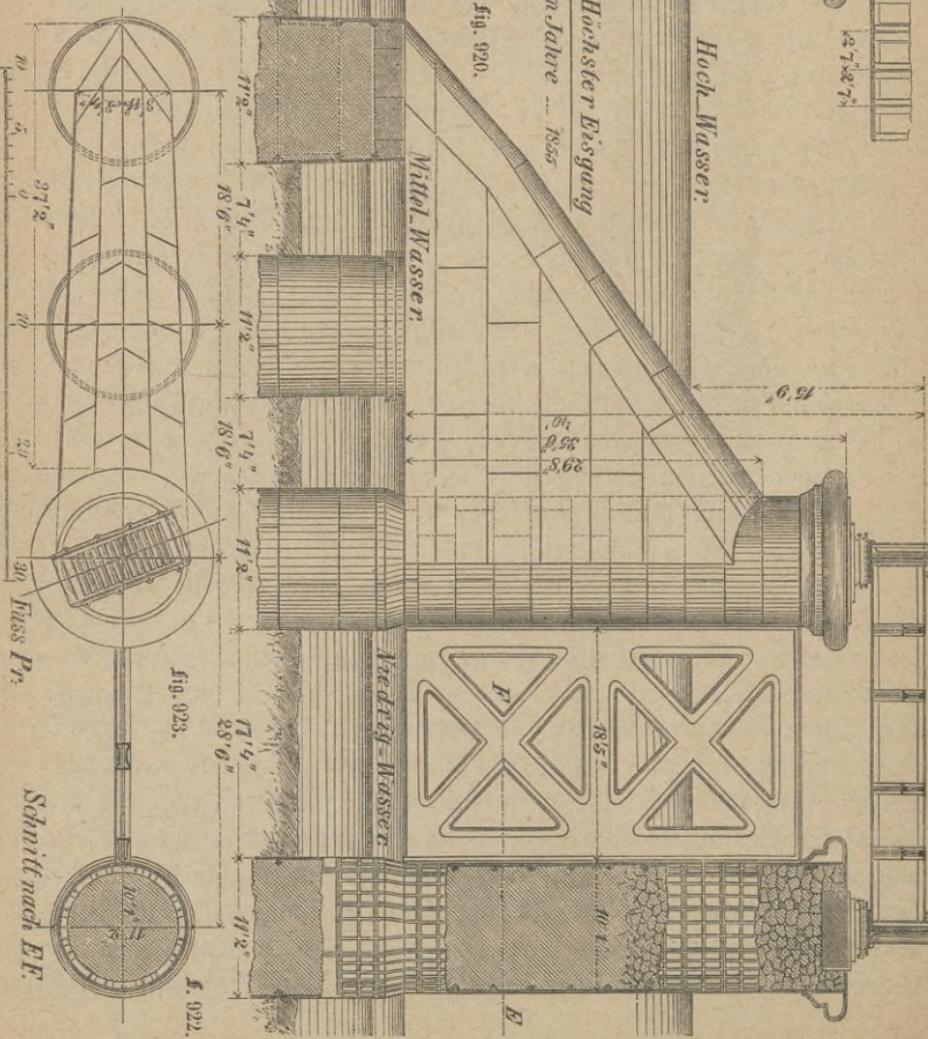


fig. 919.

fig. 921.

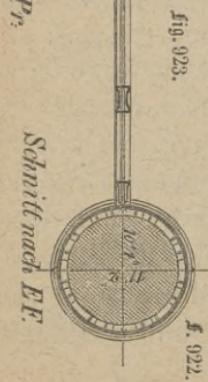


fig. 922.

fig. 923.

Schnitt nach F.F.

Säulen angebrachten Steinschicht durch starke Bolzen verbunden, mit den Brückenpfeilern vernietet und hierdurch ein zusammenhängendes, widerstandsfähiges Ganze gebildet. Die Einsenkung der Röhren erfolgte in der, bei der Gründung der Szegediner Brücke angewandten Weise, welche jedoch durch die Anwendung besonderer Luftverdichtungscylinder im Inneren der

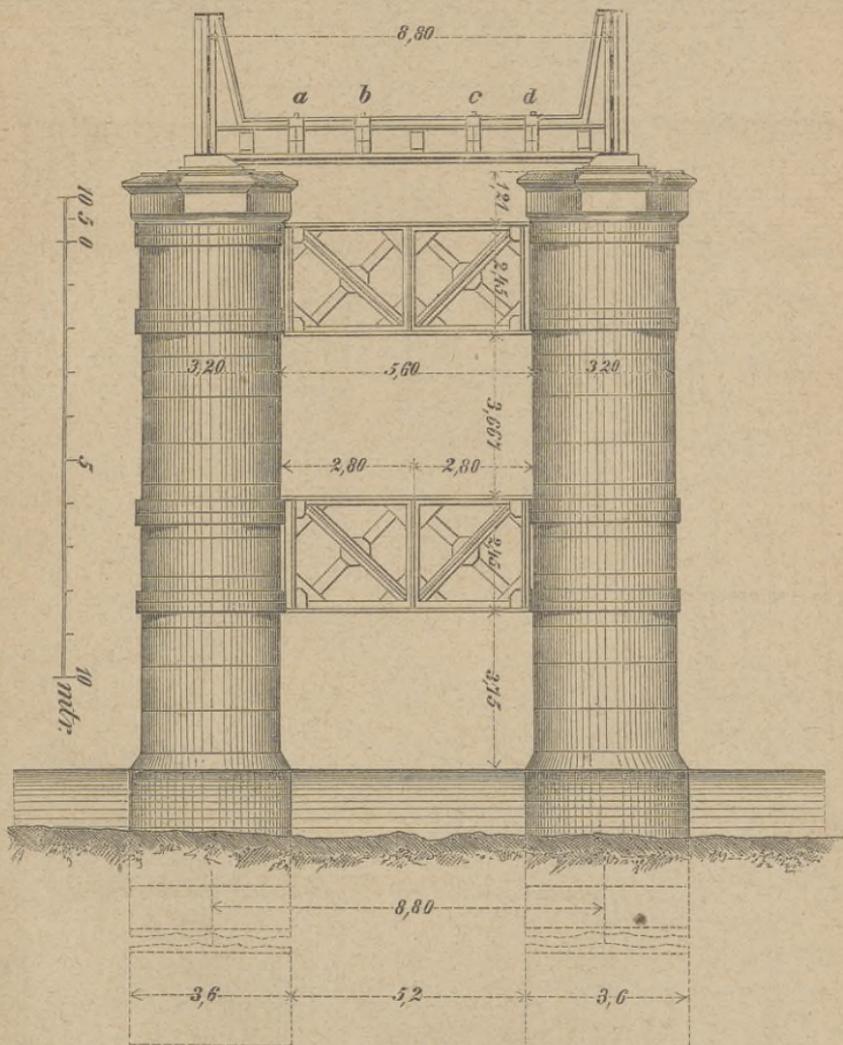


Fig. 924. Pfeiler der Brücke über die Seine bei Argenteuil.

Röhren, wodurch das zu verdichtende Luftquantum auf ein Minimum beschränkt wurde, sowie durch die Belastung der Röhren mit Wasser, statt mit eisernen Gewichten, wesentlich vervollkommenet worden war. Eine weitere Vervollkommenung erfuhr die Einsenkung eiserner Röhren zur Herstellung von Brückenpfeilern durch die in den Jahren 1859 bewirkte, im dritten Abschnitt

dieser Abtheilung näher betrachtete Gründung der Rheinbrücke zwischen Kehl und Straßburg, sowie bei der, in den Jahren 1862/63 erbauten, mit Röhrenpfeilern

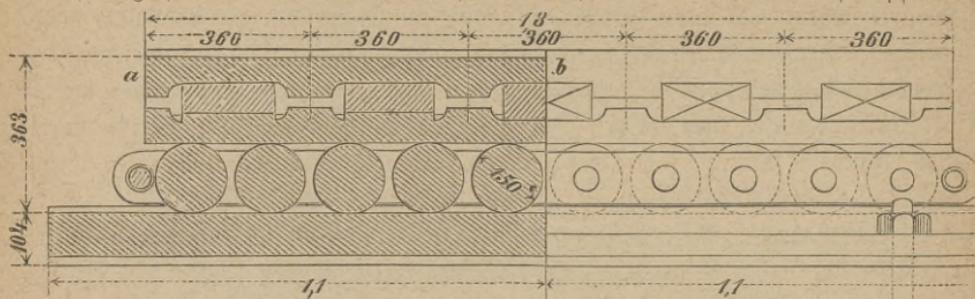


Fig. 925 und 926. Kollstuhl der Brücke über die Seine bei Argenteuil.

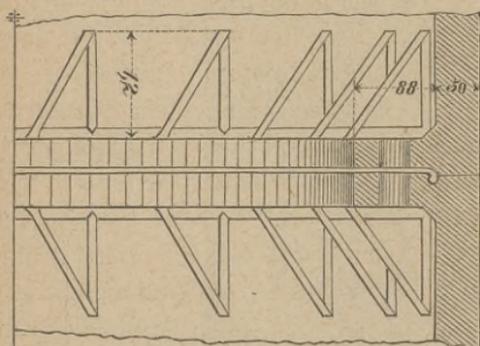


Fig. 927. Detail der Cylinder an der Brücke über die Seine bei Argenteuil.

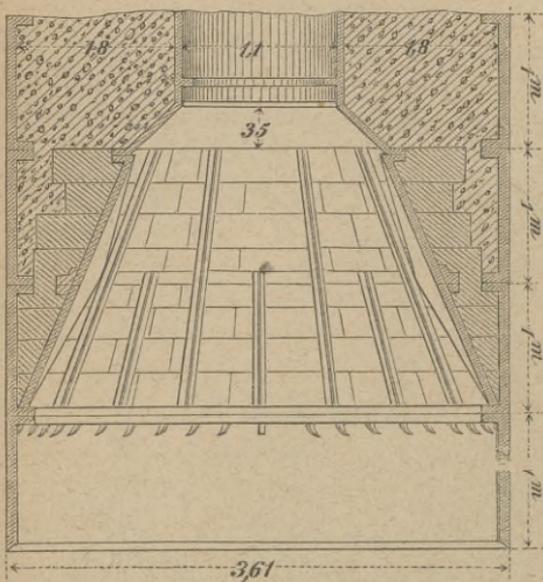


Fig. 928. Arbeitsglocke der Cylinder an der Brücke über die Seine bei Argenteuil.

versehenen Gitterbrücke über die Seine bei Argenteuil in der Linie Paris = Pontoise = Dieppe²⁰⁷). Diese Brücke besitzt zwei Oeffnungen von 30 Mtr. und drei Oeffnungen von 40 Mtr. Weite, sowie einen eisernen Ueberbau aus Gitterträgern, der auf massiven Widerlagern und vier Röhrenpfeilern, s. Fig. 924, 927 und 928, mit den nöthigen Kollstühlen, s. Fig. 925 und 926, ruht. Jede Pfeiler bestehen aus je zwei gußeisernen Säulen von 8,8 Mtr. Arenentfernung mit 3,6 Mtr. Durchmesser unter und 3,2 Mtr. Durchmesser über Wasser, welche unter sich durch zwei, von einander getrennte, doppelte Andreaskreuze verbunden und bis auf einen kleinen unteren Theil der Röhre, welcher mit Quadern ausgemauert ist, mit Beton gefüllt sind. Sie bestehen aus Ringen von 1 Mtr. Höhe, welche im Innern mit Flanschen versehen und durch je 40 Bolzen mit einander verschraubt sind; nur der unterste Ring hat, zur Erleichterung des Einsenkens der

Säulen unter das Flußbett, am unteren Ende eine Schneide und einen um 1 Emtr. größeren Durchmesser als die übrigen Ringe. Die Eisenstärke der stromabwärts stehenden Röhren beträgt 3,8 Emtr. mit Ausnahme des Schneideringes, der 5,5 Emtr., und des konischen Ringes, der 5 Emtr. stark ist; diejenige der stromaufwärts stehenden Röhren beträgt gleichfalls 3,8 Emtr. mit Ausnahme des ersten Rings unten und der ersten fünf Ringe über dem konischen Verbindungsstück, welche 5 Emtr., sowie des Schneideringes und konischen Ringes, welche bzw. 5,5 Emtr. und 5 Emtr. stark sind.

Das Versetzen dieser Röhren erfolgte mittels eines, im inneren und unteren Theile derselben befindlichen, glockenförmigen, gußeisernen Mantels, s. Fig. 928, welcher sich auf den unteren Flansch des zweituntersten Ringes stützte, mit dem untersten Ringe den Arbeitsraum für die Bodenlösung bildete und nach oben mit einer engeren, 1,1 Mtr. im Durchmesser haltenden Röhre in Verbindung stand. Nachdem der Zwischenraum zwischen Mantel und Röhre auf 1 Mtr. Höhe mit wagerechten Ringschichten aus festen, in den Lager- und Stoß-Flächen sauber bearbeiteten Werksteinen und Portlandcement ausgefüllt, hierüber der Mantel mit Werksteinen bekleidet und mit Béton in Portlandcement hinterfüllt worden war, versenkte man den so gebildeten Körper mittels vier, am Schneidering durch Bolzen und Henkel in gleichen Abständen befestigter, durch Schraubensätze regulirbarer, langschaliger Ketten, setzte mit dem Fortschreiten des Eintauchens neue Ringe auf, und füllte dieselben mit Béton so aus, daß im Centrum ein Brunnen von 1,1 Mtr. ausgespart wurde, dessen Wandung aus einer später leicht zu entfernenden, auf das Schachtloch des Mantels sich stützenden Verzimmerung bestand. Nachdem der auf diese Weise gebildete Säulenkörper das Flußbett erreicht hatte und seinem Gewichte entsprechend noch in dasselbe eingesunken war, bewirkte man seine weitere Einsenkung durch Aufsetzen neuer Ringe und Ausfüllen derselben mit Béton so lange, als das Gesamtgewicht zur Ueberwindung der Reibung zwischen dem Boden und der Röhre hinreichte, ohne die Ketten mit mehr als mit je 20,000 Kg. zu belasten. Erst nachdem diese Grenze erreicht worden war, wobei die allmählig verlängerte Säule die Hälfte der Höhe ihres unteren Absatzes erreicht hatte, setzte man die Luftschleuse auf und begann die Senkung der Röhre mit Hilfe von komprimirter Luft, wobei die Arbeiter durch den in Béton ausgesparten Brunnen ein- und ausstiegen und den Boden förderten. Nachdem die Röhre den festen Baugrund erreicht hatte, die Arbeitskammer von Schlamm gereinigt und der Boden geebnet war, wurde dieser mit einer 30 Emtr. starken Bétonschicht bedeckt, darauf die Arbeitskammer durch mehrere Cementschichten, zuletzt der Arbeitsschacht mit Béton ausgefüllt. Der Vortheil dieser Senkungsweise besteht sowol darin, daß der Füllbéton zugleich das zur Senkung nöthige Gewicht liefert und größtentheils an freier Luft eingebracht werden kann, als darin, daß der Schwerpunkt der Säule

sehr tief liegt und deshalb Abweichungen von der vertikalen Senkungsrichtung verhindert. Die durchschnittliche Senkung betrug 1 Mtr. während 24 Stunden,

der Maximaldruck auf den erreichten Boden 2,37 Kg. p. □ Cmt., ein Druck, der jedoch durch die Seitenreibung nahezu aufgehoben wird. Drei Abtheilungen zu je 5 Mann, wovon je 3 auf dem Boden der Arbeitskammer mit Lösen des Bodens und Laden der Kübel, je 2 in der Luftschleuse zum Ausschütten derselben beschäftigt waren, lösten sich derart ab, daß auf vier Stunden Arbeitszeit jedesmal acht Stunden Ruhezeit folgte.

III. Die gegliederten gußeisernen Brückenpfeiler.

So ansehnlich zum Theil die Höhen waren, welche man den Pfeilern, z. B. der Salztash- und Chepstow-Brücke, gegeben hatte und den Säulen- und Röhren-Pfeilern überhaupt zweckmäßigerweise noch geben konnte, so erheischten doch insbesondere die, durch den Bau von Eisenbahnen über tiefe und weite Thäler bedingten, größeren Pfeilerhöhen andere Konstruktionen.

Die ersten hohen Pfeiler, welche man in Gußeisen zur Ausführung brachte, scheinen die Zwischenpilonen der im Jahre 1839 vollendeten, auf Seite 194 bereits erwähnten und in den Figuren 306 und 307 dargestellten Drahthängenbrücke über die Dordogne zu Cubzac (s. Fig. 930 bis 946) zu sein. Sorgfältige, im Bett der Dordogne vor der Erbauung angestellte Sondirungen hatten das Vorhandensein einer 20 bis 25 Mtr. hohen Schlamm- und Sand- Schicht ergeben, welche bei einem, bis zu 6 Mtr. Höhe sich steigenden Wasserstand und der daraus erwachsenden Möglichkeit gefährlicher Unterspülungen besondere Vorsicht bei der Pfeilergründung gebot. Da steinerne Pfeiler,

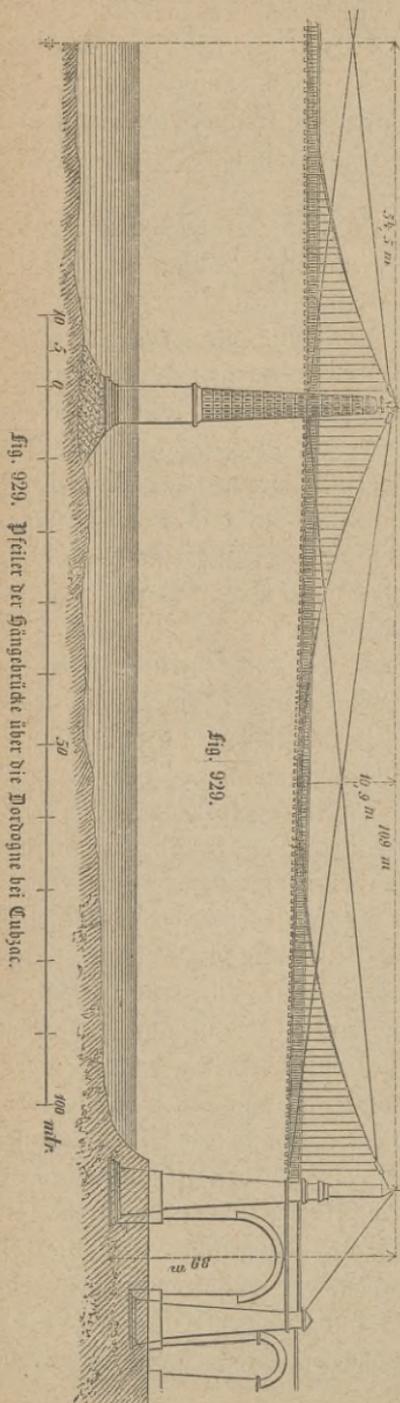


Fig. 929. Pfeiler der Hängbrücke über die Dordogne bei Cubzac.

fig. 930.

fig. 931.

fig. 932.

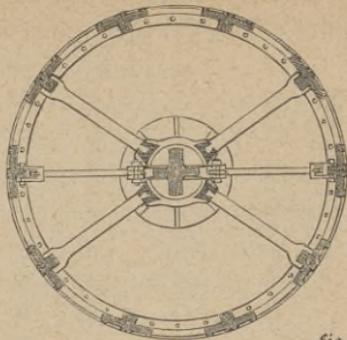
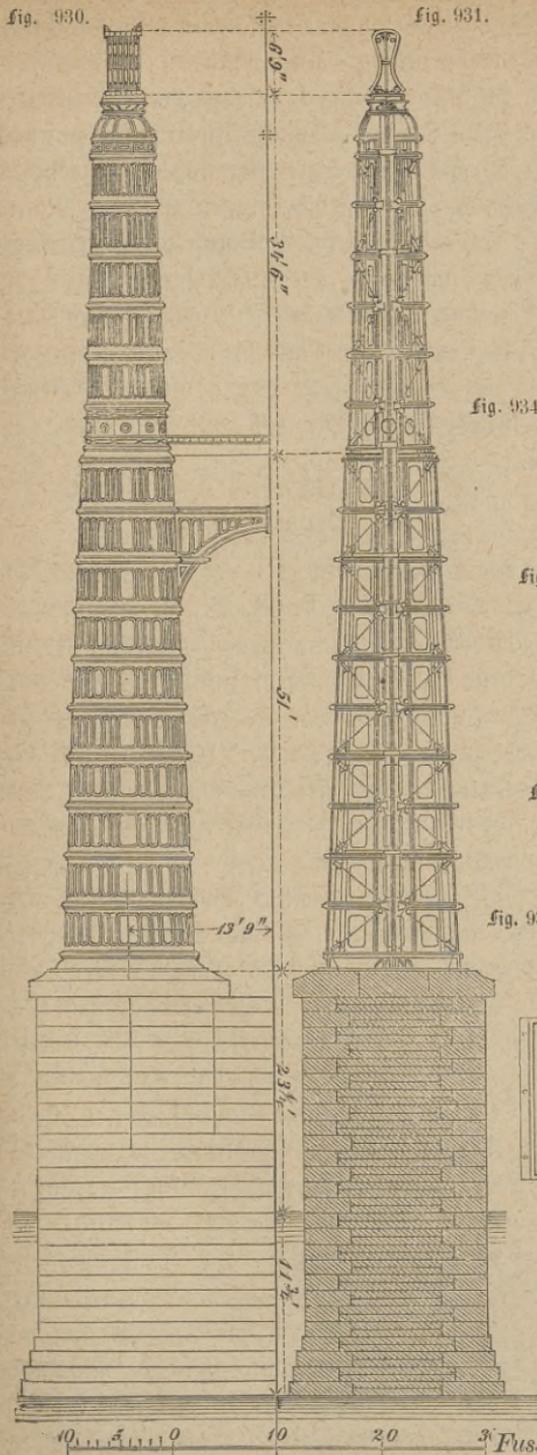


fig. 933.

fig. 934.

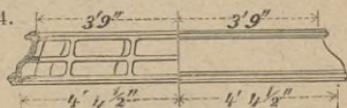


fig. 935.

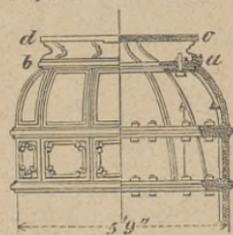


fig. 936.

fig. 937.

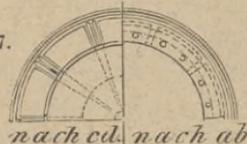


fig. 938.

fig. 939.



fig. 940.

fig. 941.

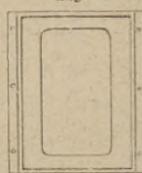


fig. 942. fig. 943.

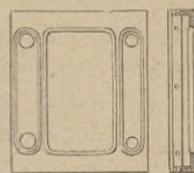


fig. 944.

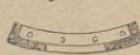


fig. 945.



fig. 946.



10 1/2 10 20 3 Fuss. 12 60 1 2 3 4 5 6 7

fig. 930 bis 946. Pfeiler der Hängebrücke über die Dordogne bei Cubzac.

von mindestens 6 Mill. Kg. Gewicht, den Baugrund bedeutend belastet und eine Anzahl von 480 Grundpfählen erfordert haben würden, so entschloß sich von Bergès, der Erbauer der Brücke, um das Gewicht der Strompfeiler auf 2 Mill. Kg. reduziren und die Zahl der Grundpfähle auf 160 vermindern zu können, zur Errichtung gußeiserner Pfeiler, welche nicht nur den Bedingungen jenes geringeren Gewichts genügten, sondern auch ein Ganzes darstellten, dessen sämmtliche Elemente wegen ihrer innigen Verbindung den beständigen Schwankungen einer, an der Spitze dieser Pfeiler aufgehängten, Brückenbahn hinreichenden Widerstand entgegensetzten. Die Brücke besitzt fünf gleiche Oeffnungen von je 109 Mtr. Weite, an welche sich zwei, auf gemauerten Arkaden ruhende Viadukte anschließen, und folglich sechs Pfeiler zur Aufnahme der Drahtkabel, wovon die beiden Endpfeiler aus Stein, die Zwischenpfeiler aus einem steinernen Sockel von 4,85 Mtr. Breite und 13 Mtr. Höhe über dem niedrigsten Wasserstand und aus je zwei gußeisernen, durch einen etwas unterhalb der Fahrbahn angebrachten, doppelten gußeisernen Bogen verbundenen, 26 Mtr. hohen Pfeileraufsätzen bestehen. Diese Aufsätze sind aus zwei über einander gestellten, durch ein gußeisernes Zwischenstück mit einander verbundenen, abgestumpften Kegeln zusammengesetzt, wovon der untere, 15,25 Mtr. hohe, bis zur Ebene der Brückenbahn und der zweite, 8,75 Mtr. hohe, bis zu der Kuppel reicht, worauf die das Hängesystem der Ketten unterstützenden, umgekehrten Pendel ruhen. Der untere Theil jedes Aufsatzes besteht aus zehn über einander gestellten, an ihrer Berührungsstelle durch Flanschen und eingeschaltete, wagrechte, vorspringende Ringe mittels Bolzen untereinander verbundenen Trommeln, wovon jede wieder aus zehn, mittels innerer Flanschen und Bolzen zusammengeschaubten Segmenten besteht. In der Ase jedes Aufsatzes ist eine, bis unter den Scheitel der Kuppel reichende, gußeiserne Stütze hinzugefügt, welche mit dem Mantel des Aufsatzes durch gußeiserne Streben und schmiedeiserne Diagonalbänder in Verbindung steht und einen Theil der Belastung übernimmt. Die Wandstärken der verschiedenen Gußtrommeln variiren zwischen 2,7 und 3 Cmtr., während der Querschnitt der inneren Stütze ein Kreuz mit 40 Cmtr. langen, 8 Cmtr. dicken Armen bildet. Sämmtliche Gußstücke eines Pfeilers wiegen 165000 Kg. Der kleinste Querschnitt der Säulen sammt ihrer inneren Stütze enthält 2000 □ Cmtr., und da die einer solchen Säule zufallende Maximalbelastung 110000 Kg. beträgt, so folgt daraus, daß jeder □ Cmtr. nur mit 55 Kg., d. h. mit etwa dem dreißigsten Theile jenes Gewichts, belastet ist, das er wirklich zu tragen vermag.

Auch die in Fig. 947 bis 954 dargestellten Kettenpfeiler der im Jahre 1842/43 erbauten, auf Seite 197 hinsichtlich ihrer Träger beschriebenen und in Fig. 312 bis 317 abgebildeten Kettenbrücke über die Maas bei Seraing

bestehen aus einem, von Quadern aufgeführten, Theil unterhalb und einem gußeisernen Theil oberhalb der Brückenbahn. Dieser gußeiserne Theil der Tragäulen besteht wieder aus 6,6 Mtr. hohen, mit dem Quaderunterbau verankerten Säulen von 0,9 Mtr. oberem und 1,4 Mtr. unterem Durchmesser aus je vier Lamours in durchbrochener Arbeit, die durch Schrauben und Querbänder unter sich und mit einem hohlen, gußeisernen Kern verbunden sind und oben die 1,65 Mtr. hohe, bewegliche Unterstützung der Tragketten mit einer kleinen Schutzkuppel, s. Fig. 949 u. 950, aufnehmen. Jeder Quadratmillimeter dieser Säulen war bei der Schlußprobe nur mit $2\frac{1}{2}$ Kg. belastet.

Statt des kreisförmigen Querschnitts erhielten die gußeisernen, mit dem Pfeilermauerwerk verankerten, in Fig. 955 bis 963 dargestellten Kettenpfeiler der im Jahre 1842 bis 1844 ausgeführten Kettenbrücke über die *Nuhr* bei *Mülheim*²⁰⁸⁾, mit einer Mittelöffnung von 94,14 Mtr. (300' preuß.) und zwei Seitenöffnungen von je 28,24 Mtr. (90' preuß.), einen quadratischen Querschnitt mit abgestumpften Ecken und wurden aus einem kreuzförmigen Kern und einem aus, mittels Flanschen und Bolzen unter sich verschraubten, Theilen zusammengesetzten Mantel gebildet, welche in den Horizontalfugen des letzteren durch schmiedeiserne Schienen unter sich verbunden sind. Diese Pfeiler, deren zwei auf je einem der beiden massiven Strompfeiler stehen und darauf mittels gußeiserner Querverbindungen zu einem Portale vereinigt

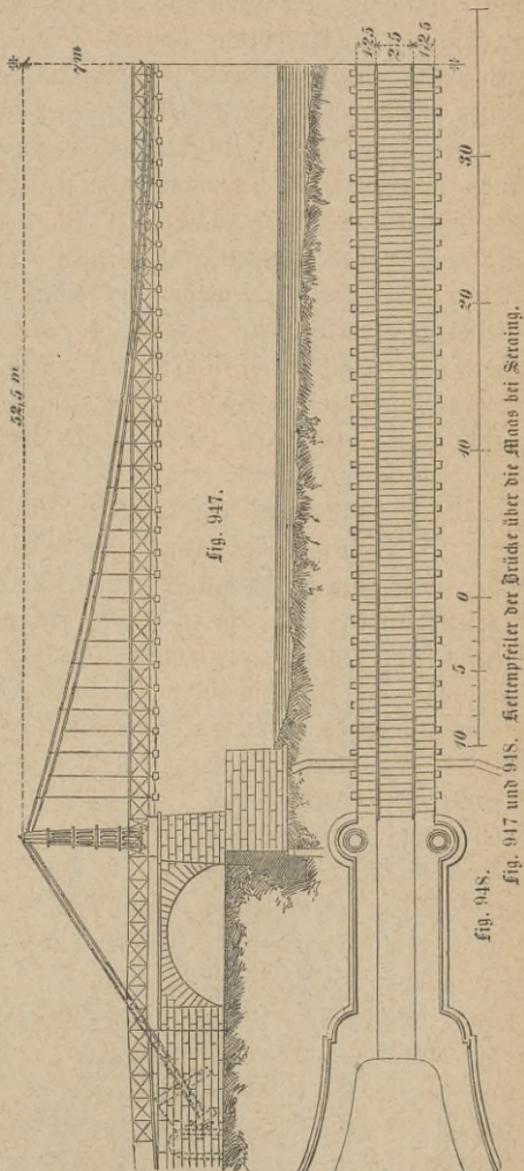


fig. 947.
fig. 948. Kettenpfeiler der Brücke über die *Nuhr* bei *Mülheim*.

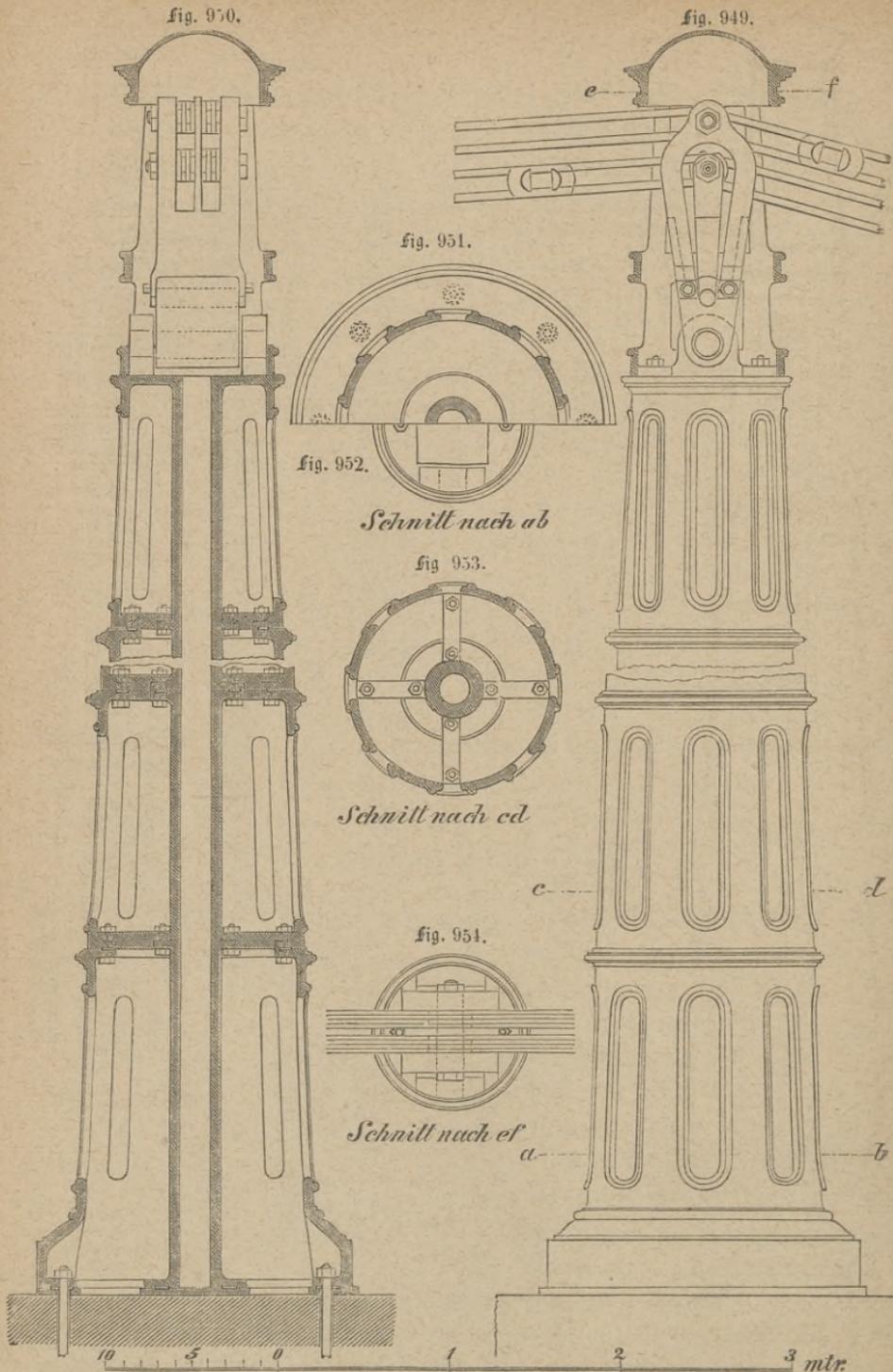


Fig. 949 bis 954. Pfeiler der Kettenbrücke über die Maas bei Seraing.

fig. 956.

fig. 955.

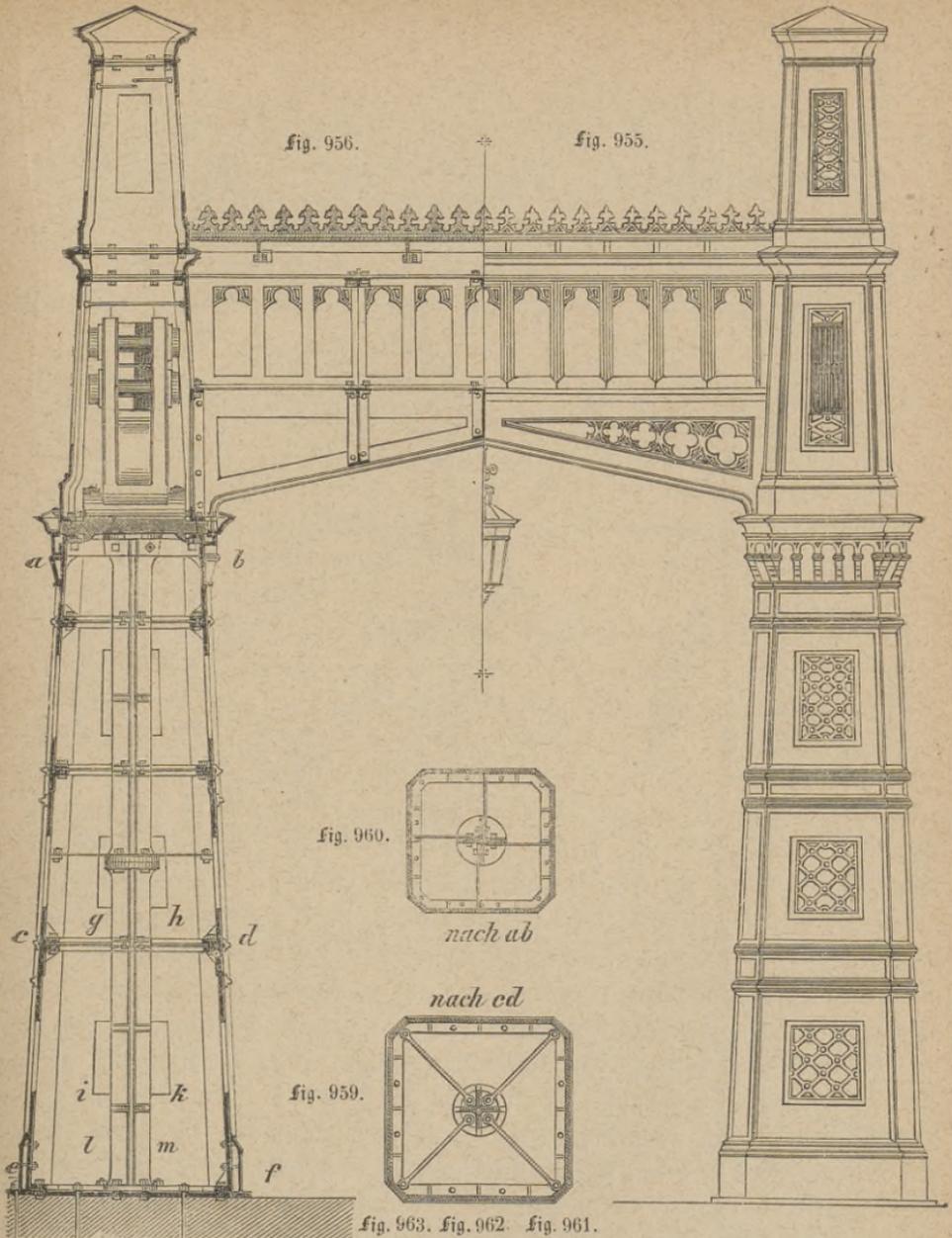


fig. 960.

nach ab

nach cd

fig. 959.

fig. 963. fig. 962. fig. 961.

nach gh    nach lm

fig. 958.

nach ik

fig. 957.

nach ef



Fig. 955. bis 963. Gußeiserne Pfeileraufsätze der Kettenbrücke über die Ruhr bei Mülheim.

sind, nehmen die doppelten, denjenigen der Brücke über die Maas bei Seraing ganz ähnlich konstruirten, Pendel zur beweglichen Unterstützung der Tragketten und Rückhaltketten auf, welche auf jeder Seite der Brückenbahn aus zwei über einander hängenden, aus je 6 Flachschieben bestehenden Ketten gebildet werden. Die, jene mittlere Oeffnung überspannenden, Tragketten bilden eine Sehne von 97,75 Mtr. (311,5' preuß.) bei 7 Mtr. (22,3' preuß.) Pfeilhöhe, während die Rückhaltketten, so weit sie die Seitenöffnungen überspannen, zugleich als Tragketten benutzt sind.

Der erwähnte Kern der Tragpfeiler besteht aus zwei Stücken, an welche zur Vermeidung von Ausbiegung durch die Belastung in verschiedenen Höhen Verstärkungen angegossen und deren Enden mit runden Platten zum Aneinanderschrauben versehen sind. Der ihn umschließende Mantel besteht aus vier kastenartigen, in der erwähnten Weise unter sich und mit dem Kern verbundenen Stücken, deren unterstes auf einer, mit ihm verschraubten und mit dem aus Mainsandsteinen bestehenden Pfeilermauerwerk verankerten, gußeisernen Grundplatte ruht und deren oberstes eine gußeiserne Bodenplatte für die Pendel trägt, die unten mit vier Vorsprüngen versehen und mittels schmiedeiserner, zwischen diese und die Flanschen des oberen Mantelstücks eingetriebener Keile mit ihm verbunden ist. Die auf jener Bodenplatte ruhenden, gußeisernen Pendel sind in ein zugängliches, die Beobachtung der Pendel gestattendes Pendelgehäuse eingeschlossen, worauf endlich ein zur Bekrönung dienender, gußeiserner Aufsatz steht.

Die Querverbindung der Kettenpfeiler ist zwischen den Pendelgehäusen bewirkt und besteht in je zwei, die ganze Oeffnung der Portale überspannenden, durchbrochenen Gußplatten, welche mit der Bodenplatte der Pendel sowie mit dem Pendelgehäuse verschraubt und unter sich durch drei gußeiserne Querrahmen verbunden sind. Ueber diesen Querverbindungsstücken befinden sich durchbrochene, gußeiserne Fries- und Gesimsstücke, welche letztere durch eine, mit einer gußeisernen Firstverzierung versehene, Verdachung verbunden und geschützt sind. — Die 5,81 □ Mtr. (59 □' preuß.) haltende Grundplatte und die Krone der Kettenpfeiler, sowie die erwähnten Pendelgehäuse und deren Aufsätze wurden in Sandguß, die einzelnen Theile des Mantels aber sowie die Pendel in Lehmguß ausgeführt; die Berührungsflächen der einzelnen Theile des Kettenpfeilers sind mit Meißel und Feile geebnet, während die Platten der Kerne abgedreht sind. Beim Versetzen der beiden Theile des Kerns und der vier Theile des Mantels wurden zwischen die Platten des ersteren die Flanschen des letzteren und unter die Bodenplatte der Pendel beziehungsweise drei und fünf, je 3 Mmtr. ($\frac{1}{8}$ " preuß.) starke Bleiplatten gelegt, wodurch, wegen der bedeutenderen Zusammenpressung der letzteren, die größte Last auf die Kerne übertragen wurde, während der Mantel hauptsächlich nur zur Versteifung derselben diente. Die Grundplatten der Kettenpfeiler wurden auf einer, zwi-

sehen zwei Cementlagen eingeschalteten, 6 Mmtr. ($\frac{1}{4}$ " preuß.) starken Bleiplatte verlegt. Die Kosten der zu den Kettenpfeilern verwandten 367670 Pfd. Guß- und 13377 Pfd. Schmied-Eisen beliefen sich auf rund 16650 Thlr., wonach je 1000 Pfd. zu den Portalen verwendetes Eisen auf rund 55 Thlr. oder der Centner zu je 110 Pfd. auf nahe 6 Thlr. zu stehen kamen.

Die kreisförmigen und rechteckigen Querschnittsformen der vorbeschriebenen, zur Auflagerung von Hängebrückenträgern bestimmten, gegliederten Brückenpfeiler wurden späterhin bei Unterstützung von Gitterträgern für Eisenbahnbrücken in eine der rechteckigen angenäherte verwandelt.

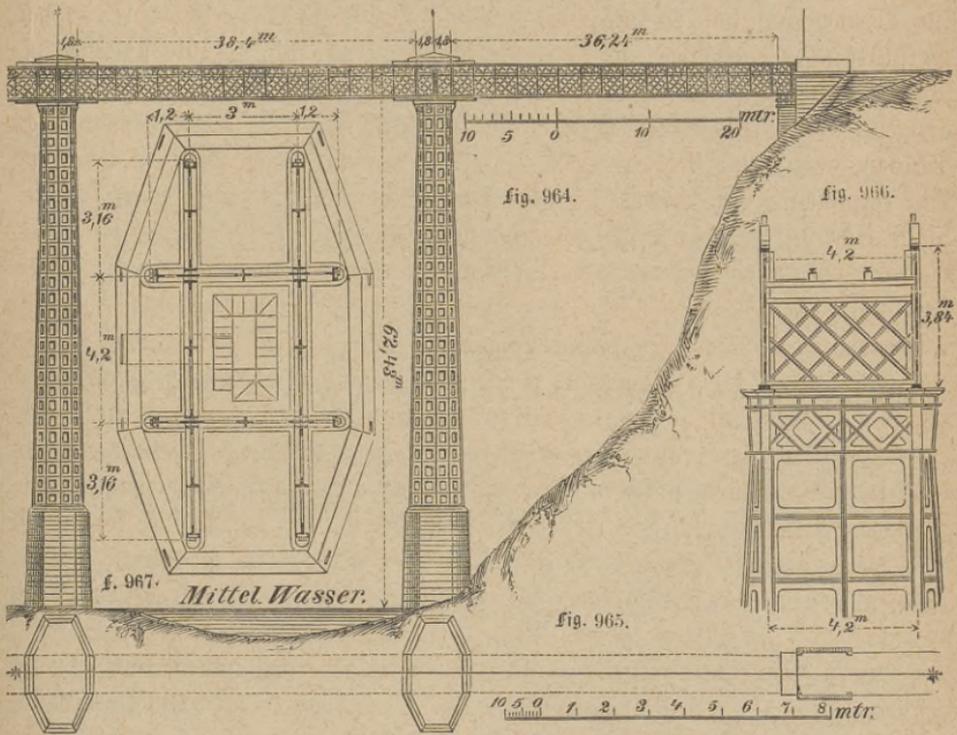


Fig. 961 bis 967. Brücke über die Sitter bei St. Gallen.

So zeigen die Zwischenpfeiler der von Ezel in der St. Gallen'schen Eisenbahn während der Jahre 1853/56 erbauten Brücken über die Sitter bei St. Gallen, s. Fig. 964 bis 967, und über die Glatt bei Flawyl, sowie die während der Jahre 1854/55 erbaute Brücke über die Thur bei Wyl, senkrecht zur Brückenaxe, länglich achteckige Pfeilersockel aus Quadermauerwerk, worauf vier, zu je zwei parallele und sich senkrecht durchschneidende, aus gußeisernen durchbrochenen, mittels Flanschen und Bolzen untereinander verbundenen Rahmstücken zusammengesetzte, nach oben verzüngte Tragwände ruhen und mittels angeglossener Dehre und starker Stein-

bolzen mit dem Quaderunterbau verankert sind. Der Kern eines solchen Pfeilers wird daher durch ein vierseitiges Prisma mit rechteckigem Querschnitt aus durchbrochenen, rechteckigen, mit Flanschen versehenen, unter sich verschraubten, gußeisernen Platten gebildet, dessen vier Ecken durch je zwei ähnlich konstruirte, in der Fortsetzung der Prismenflächen angebrachte, mit Anlauf versehene Strebewände gegen seitliche Bewegung gesichert werden.

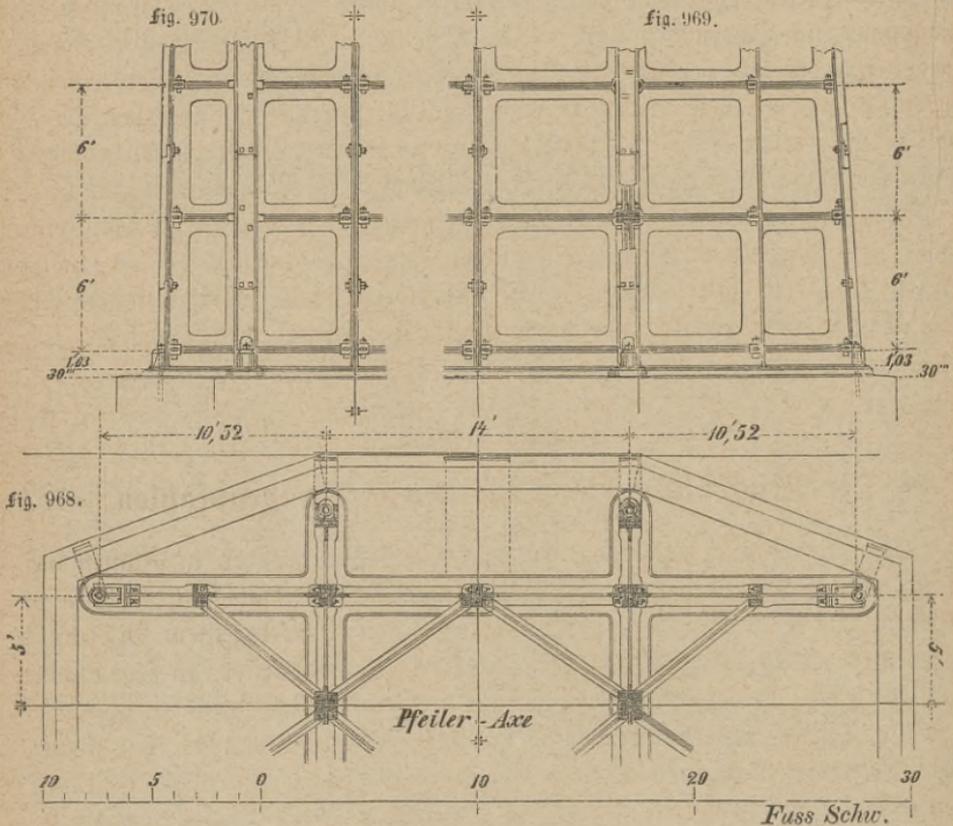


Fig. 968 bis 970. Details der Pfeiler des Viadukts über die Sitter bei St. Gallen.

Unter den eisernen Pfeilern der genannten schweizerischen Brücken sind diejenigen der Sitterbrücke die bedeutendsten, besitzen eine Höhe von 47,19 Mtr. (157,3' schwz.) und bestehen aus einer Grundplatte von 0,39 Mtr. (1,3' schwz.) Höhe und 26 Schichten über einander gestellter, 1,8 Mtr. (6' schwz.) hoher, im Querschnitt doppelt T-förmiger, 5 Cmtr. (1" schwz.) starker Platten mit 24 Cmtr. (8" schwz.) Flanschenstärke, wovon die obersten, zur Unterstüzung der Brückenträger dienenden, gitterwandartige, die unteren, je nachdem sie den erwähnten Kernprismen oder Strebewänden angehören, rechteckige oder paralleletrapezförmige Durchbrechungen haben. An die erwähnte, 48 Cmtr. (1' 6" schwz.)

breite durchbrochene Grundplatte, welche sich der Grundform der sich durchkreuzenden Tragwände anschließt, sind die Löcher für die Bolzen eingegossen, mittels derer die eisernen Pfeiler mit dem gemauerten Sockel, worin sich eine Treppe mit Zugang befindet, verankert sind. Zur Herstellung der erforderlichen Seitensteifigkeit sind sowol die Platten der erwähnten rechteckigen Kernwände, als diejenigen der senkrecht zur Brückenaxe gerichteten, weiter ausladenden Strebepfeiler an einem um den anderen ihrer Stöße mittels wagrechter, diagonalen im Querschnitt T-förmiger, gußeiserner Wandstreben und Bolzen unter einander fest verbunden. Um die geneigten Kanten der Strebepfeiler zu verstärken, sind dieselben mit im Querschnitt U-förmigen, gußeisernen Schienen belegt, deren Stöße mit den Lagerfugen der Strebepfeilerplatten abwechseln, überfäلت und durch Bolzen mit den Rippen dieser Platten verbunden sind.

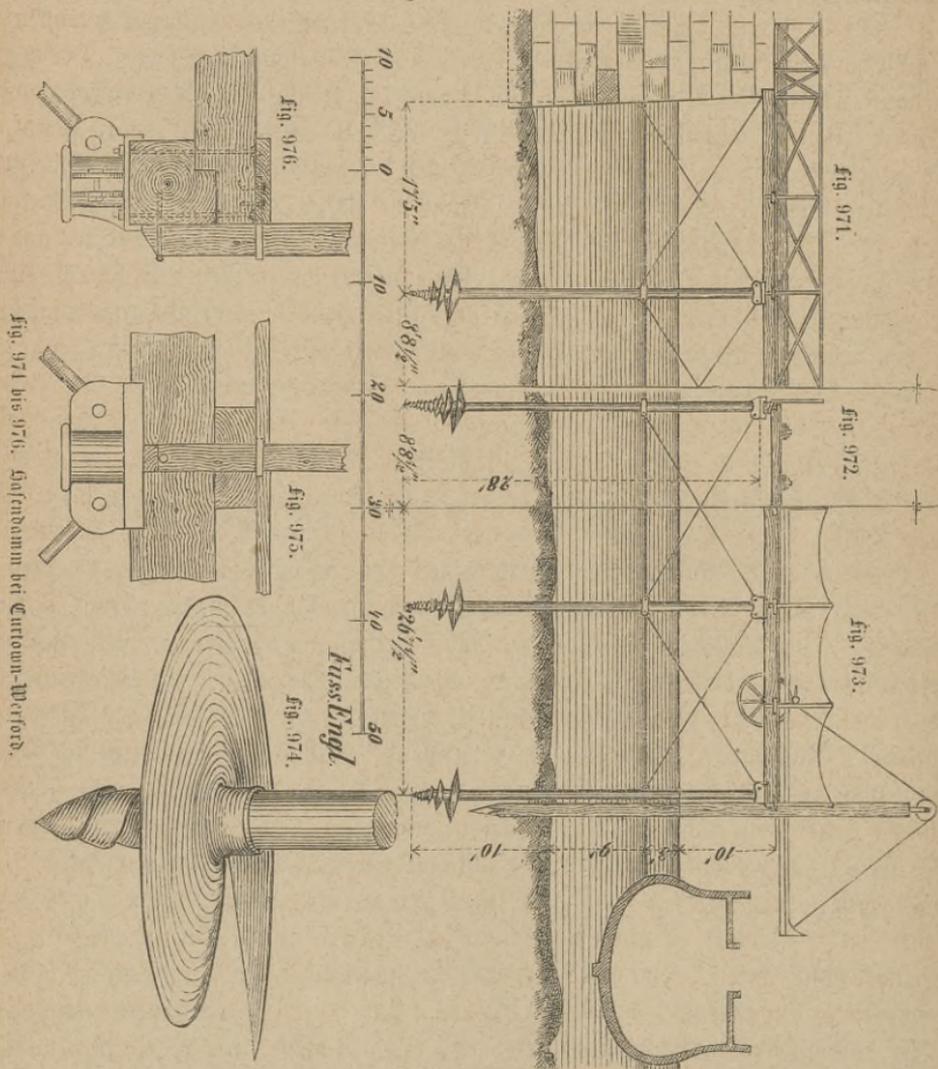
Der eiserne Oberbau der Brücken über die *Glatt* und *Thur* besitzt eine Höhe von bzw. 23,64 Mtr. (78',8 schwz.) und 14,67 Mtr. (48',9 schwz.) und ist mit den, ihrer geringeren Höhe entsprechenden, Modifikationen nach demselben Konstruktionsprinzip wie die Pfeiler der *Sitterbrücke* hergestellt.

Zweites Kapitel.

Die Brückenstützen aus eisernen Schraubenpfählen.

Um die Gründungen von Bauwerken im Meere oder in Flüssen auf Sand oder lockeres Erdreich zu erleichtern und die Standfähigkeit derselben zu erhöhen, kam im Anfang der dreißiger Jahre der englische Ingenieur *Mitchell* auf den Gedanken, eiserne Pfähle mittels niedriger, aber breiter, an dem untern Ende angebrachter Spiralfanschen mittels Winden in den Grund zu schrauben und als Träger von Bauwerken zu benutzen. Nach mehreren, mit solchen Schraubenpfählen angestellten Versuchen schlug *Mitchell* im Jahre 1834 vor, einen Leuchtturm auf Schraubenpfählen zu errichten: ein Vorschlag, welcher bei Erbauung der Leuchttürme für den *Maplin-Sand* im Jahre 1838, in dem Hafen *Flatwood on Wyre* im Jahre 1840 und bei dem, etwa eine Meile von der Küste *Down* entfernten, *Belfast Lough* in der *Carrickfergus-Bai*²⁰⁹⁾ im Jahre 1844 Anwendung fand. Die zum ersteren verwendeten neun Schraubenpfähle waren 7,12 Mtr. (26' engl.) lange, schmiedeeiserne Stangen von 12,5 Cmtr. (5" engl.) Durchmesser mit einer, an ihrem Fuße angebrachten, gußeisernen Schraube von 1,22 Mtr. (4' engl.) Durchmesser, wurden in neun aufeinander folgenden Tagen bis zu einer Tiefe von 6,7 Mtr. (22' engl.) in die Sandbank eingeschraubt und durch schmiedeeiserne Kreuzbänder unter einander verbunden. Die zur Gründung des zweitgenannten Leuchtturmes verwendeten sieben, 4,88 Mtr. (16' engl.) langen, schmiedeeisernen

Pfähle erhielten gußeiserne Schrauben von 0,91 Mtr. (3' engl.) Durchmesser, während die zur Gründung des letztgenannten Leuchthurmes dienenden Schraubenpfähle 7,92 Mtr. (26' engl.) lang waren, 12,5 Cmtr. (5" engl.) Durchmesser hatten, gußeiserne Schrauben von 1,07 Mtr. (3' 6" engl.) Durchmesser trugen, 4,88 Mtr. (16' engl.) in den Boden eingeschraubt und ebenfalls durch schmiedeiserne Diagonalbänder mit einander verbunden wurden.



Die Mitchell'schen Schraubenpfähle erhielten durch die große Schraubenfläche, worauf sie ruhten, eine nicht unbedeutende Tragfähigkeit; durch die Tiefe, auf welche sie eingeschraubt waren, sowol eine bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen Herausreißen, als große Sicherheit vor Unterspülung, und fanden hauptsächlich Anwendung auf einem losen, dem Wellenschlag ausgesetzten Sandgrund.

Die auf dem letzteren etwa aufgeführten Mauern würden durch den Widerstand, welchen sie den Wellen entgegensetzen, eine starke Vertiefung desselben zur Folge gehabt haben, worauf ein Sinken des Baues hätte eintreten müssen. Die dünnen, aus dem Sande hervorragenden Eisenstangen aber leisteten den Wellen keinen Widerstand und verursachten daher auch keine Veränderung in der Sandablagerung.

Diese Vorzüge führten im Sommer 1847 auf Anwendung der Schraubenpfähle bei Erweiterung eines Hafendamms an der Küste von Wexford. Der neu erbaute Theil dieses Damms, s. Fig. 971 bis 976, welcher sich an den alten, aus Stein erbauten, anschließt und eine Breite von 5,64 Mtr. (18' 6" engl.) besitzt, trägt zwei Eisenbahngeleise mit einem Bankett in der Mitte und endigt in eine Plattform von 16,46 Mtr. (54' engl.) Länge und 10,97 Mtr. (36' engl.) Breite mit einem Landungsgerüst auf jeder Seite, welches zur Bequemlichkeit der auf- oder abladenden Schiffe gehoben oder gesenkt werden kann. Die erwähnten, auf Längschwollen genagelten, durch Querschwellen, deren Enden auf Längsträgern ruhen, unterstützten Geleise des Damms sind durch je 5,31 Mtr. (17' 5" engl.) nach der Breite und Länge des Damms von einander entfernte, 8,23 bis 9,14 Mtr. (27' bis 30' engl.) lange, unter sich durch schmiedeiserne Diagonalstangen verbundene und versteifte Pfähle von 12,5 Cmtr. (5" engl.) Durchmesser mit gußeisernen, 0,61 Mtr. (2' engl.) im Durchmesser haltenden Schrauben gestützt. Der Baugrund, in welchen die Pfähle auf 3,35 bis 4,57 Mtr. (11 bis 15' engl.) eingeschraubt wurden, bestand aus durchschnittlich 2,44 Mtr. (8' engl.) Tiefe aus Sand und Kiesel, worunter sich ein fester blauer Thon befand. Das Einschrauben dieser Pfähle wurde, da der starke Wellenschlag die Anwendung von Booten oder starken Flößen zu Arbeitsgerüsten nicht zuließ, von dem Bauwerke aus in der Weise bewerkstelligt, daß ein um den Abstand zweier Pfähle von 5,31 Mtr. (17' 5" engl.) vortretendes Ausschußgerüst nach und nach vorgeschoben und mit dem bereits fertigen Theile des Damms provisorisch verbunden wurde. Die Schraubenpfähle wurden alsdann, auf kleinen Walzen liegend, vorwärts gerollt, mittels eines Tafels aufgezogen und in die vertikale Lage gebracht, an ein Rad mit gabelförmigen Armen von 9,65 Mtr. (32' engl.) Durchmesser befestigt und mittels eines angespannten Seiles ohne Ende, das einerseits um die gabelförmigen Arme jenes Rades, andererseits um eine, 45,72 Mtr. (150' engl.) in der Richtung der Küste befindliche, kleine Rolle geschlungen war, von einer Anzahl Arbeiter eingeschraubt, wobei durch eine, am Ende mit einer Rolle versehene, Führungsstange die lothrechte Stellung des Pfahles gesichert wurde. Sobald zwei Pfähle eingeschraubt waren, wurden die Längs- und Quers-Balken gelegt, die Kreuzbänder befestigt, das Ausschußgerüst weiter geschoben und die Fahrbahn hergestellt: eine Arbeit, welche mit solcher Leichtigkeit und Regelmäßigkeit von Statten ging, daß selbst

bei stürmischem Wetter ein Joch von 5,31 Mtr. (17' 5" engl.) Länge durchschnittlich in einem Tage fertig wurde.

Auch der, bei dem $1\frac{1}{3}$ Meile von Adelaide entfernten Glenelg ²¹⁰) im südaustralischen Golf St. Vincent für den Schiffsverkehr im Jahre 1855 angelegte, 384 Mtr. lange Hafendamm besteht aus einer Reihe von Brückensjochen, s. Fig. 977 bis 981, wovon jedes auf zwei festen gußeisernen, unten in Mitchell'sche Schrauben endigenden Säulen ruht.

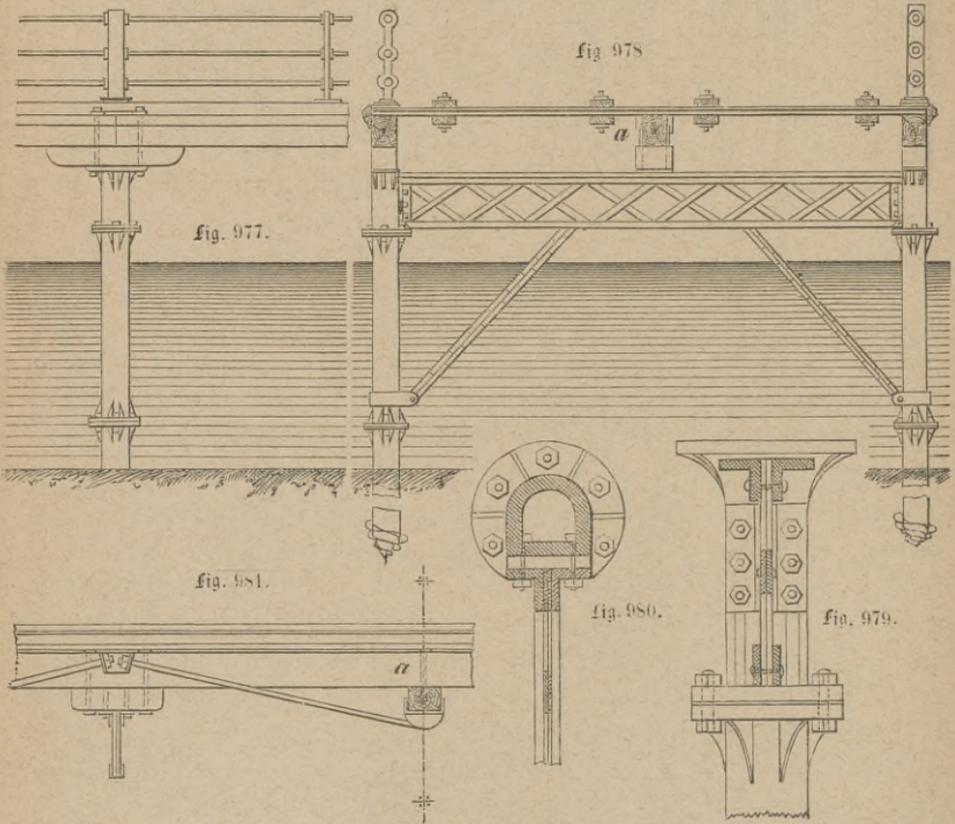


Fig. 977 bis 981. Hafendamm für den Schiffsverkehr bei Glenelg im Golf St. Vincent in Südaustralien.

Die Säulen bestehen aus drei, durch Flanschen und Bolzen unter einander verbundenen Theilen und sind oben durch einen Gitterträger verbunden, welcher durch im Querschnitt T-förmige, zu einem kreuzförmigen Querschnitt zusammengesetzte Winkelbänder gegen dieselben abgesteift ist. Die Verbindung der Gitterträger mit den Säulen, s. Fig. 979 u. 980, ist durch je sechs Schrauben bewirkt, mittels derer die im Horizontalschnitt T-förmigen Enden der ersteren an einem abgeplattet gegossenen Theil der letzteren festgehalten werden. Die Längsverbinding dieser Joche ist durch zwei, mittels Sattelhölzer auf den Säulen ruhende und

mittels je zweier durchgehender Schrauben mit diesen verschraubte Streckbäume, welche zugleich das Geländer aufnehmen, sowie durch einen auf der Mitte der Quergitterträger liegenden, armirten, starken Balken bewirkt. Der Belag besteht aus zwei Lagen sich kreuzender Bohlen und trägt zwei, auf Langschwellen ruhende, Schienengeleise.

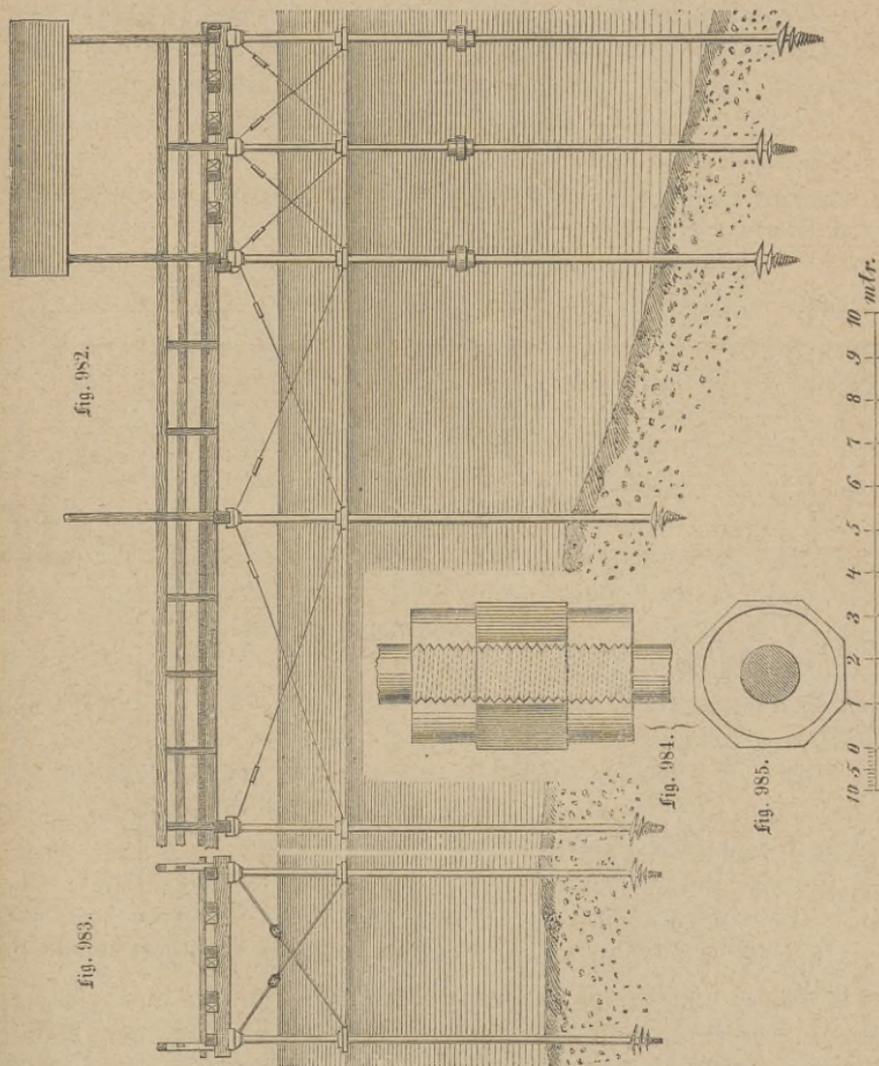


Fig. 982 bis 985. Landungsbrücke zu Mahassar auf der Insel Celebes.

Eine ähnliche Konstruktion zeigt die, im Jahre 1863 auf Schraubenpfählen errichtete, Landungsbrücke in dem Hafen von *Makassar* ²¹¹⁾ auf der Insel *Celebes*, s. Fig. 982 bis 985, welche aus einem steinernen, an das Ufer anschließenden Damme von 32 Mtr. Länge und 3,75 Mtr. Breite zwischen den Geländern, sowie aus einer hölzernen, 60 Mtr. langen Zochbrücke auf schmied-

eisernen Schraubenpfählen besteht, die am Anschluß an den Steindamm eine Breite von 4 Mtr. hat, weiterhin eine Breite von 5 Mtr. annimmt und an der Seeseite in eine Querbrücke von 20 Mtr. Länge und 5 Mtr. Breite endigt.

Von den zu dieser Landungsbrücke erforderlichen Schraubenpfählen, welche sämmtlich einen Durchmesser von 12,7 Cmtr. und eine Schraube von 61 Cmtr. Durchmesser haben, sind drei nur 8 Mtr. lang und bestehen aus einem Stück, während die übrigen 18 Pfähle länger und aus 2 Theilen mittels an ihren Enden angeschnitterer Schrauben und einer gemeinschaftlichen, hohen Schraubenmutter, f. Fig. 984 u. 985, zusammengesetzt sind. Die auf die Köpfe der Pfähle aufgesetzten, gußeisernen Schuhe dienen zur Aufnahme hölzerner Streckbäume, über welche hölzerne Querbalken und über diese wieder hölzerne Langschwellen mit dem Bohlenbelag gelegt wurden. Außer durch die erwähnten Streckbäume und Querbalken sind die Pfähle nach der Länge und Breite der Brücke durch diagonale, schmiedeeiserne, mit Spannschrauben versehene Bänder verbunden. Zur Befestigung dieser Zugstangen an den Pfählen sind die auf die Köpfe der letzteren gesetzten Schuhe durchlocht, während erstere unten, in einem Abstände von 2,5 Mtr. unter den Schuhen, mit einem aus vier Stücken bestehenden, mit den Pfählen verbolzten Krager verbunden sind. Das Einschrauben der Pfähle in den Seeboden geschah von einem, auf zwei Pontons ruhenden Rüstboden aus, zwischen welche für jeden Pfahl zuerst eine, in Form eines abgestutzten Kegels konstruirte, eiserne Führung auf dem Grunde aufgestellt und dann in der geeigneten Höhe über dem Rüstboden mittels eines Klemmapparats die zur Drehung bestimmten Hebel, an welche 8 bis 16 Mann angestellt wurden, mit dem Pfahle verbunden. Auf diese Weise wurde jeder Pfahl während eines Tages auf durchschnittlich 2 bis 6 Mtr. eingeschraubt, eine Zeit, welche wesentlich von der weicheren oder, gewöhnlich durch Korallen bedingten, härteren Beschaffenheit des Seebodens abhing. Erst nach Aufstellung sämmtlicher Pfähle ging man zum Anlegen der Schuhe, Krager und Zugstangen über, während die Pfähle durch die Spannschrauben in ihre senkrechte Stellung gebracht wurden.

Außer den vorgenannten schmiedeeisernen, massiven und gußeisernen, hohlen Pfählen hat man auch solche von Holz oder hohle von Eisenblech angewendet und sie in letzterm Falle, um ihr Eindringen in den Boden zu erleichtern, mit einem pneumatischen Apparat in Verbindung gesetzt.

Die Gründung mittels Schraubenpfählen erwies sich, mit Ausnahme von festem Gestein, in allen Bodenarten anwendbar, erforderte jedoch eine der Natur des Bodens entsprechende Form und Abmessung der Schraube. Bei einem Baugrunde von großem Widerstande wurde der Pfahlschuh gewöhnlich durch eine schraubenförmige Scheibe von 1,2 Mtr. Durchmesser gebildet, die sich mit einer Schraube vom Durchmesser des Pfahles verband, deren Spitze aber die Form eines Schraubenbohrers mit $1\frac{1}{2}$ Umgang des Schraubengewindes erhielt. Bei

feſterem Boden wurde die Schraube mehr koniſch und mit 3 Umgängen um den Pfahl angewandt, wobei der Schraubengang auch weniger Vorſprung und höchſtens 0,75 Mtr. Durchmesser hatte. Zum Einſchrauben bediente man ſich gewöhnlich eines ſtarken, ſchmiedeiſernen Schaftes, der aus Cylindern von 3,05 bis 3,66 Mtr. (10 bis 12' engl.) Länge zuſammengeſetzt wurde und deſſen unterſter Theil ein Zapfenloch hatte, in welches der Zapfen der Schraubenaxe eingepaßt wurde. Durch Drehen einer, in einer geeigneten Höhe des Schaftes angebrachten Erdwinde wurde dann mittels eingesteckter Hebel das Einſchrauben bewirkt.

Drittes Kapitel.

Die gemischteisernen Brückenpfeiler.

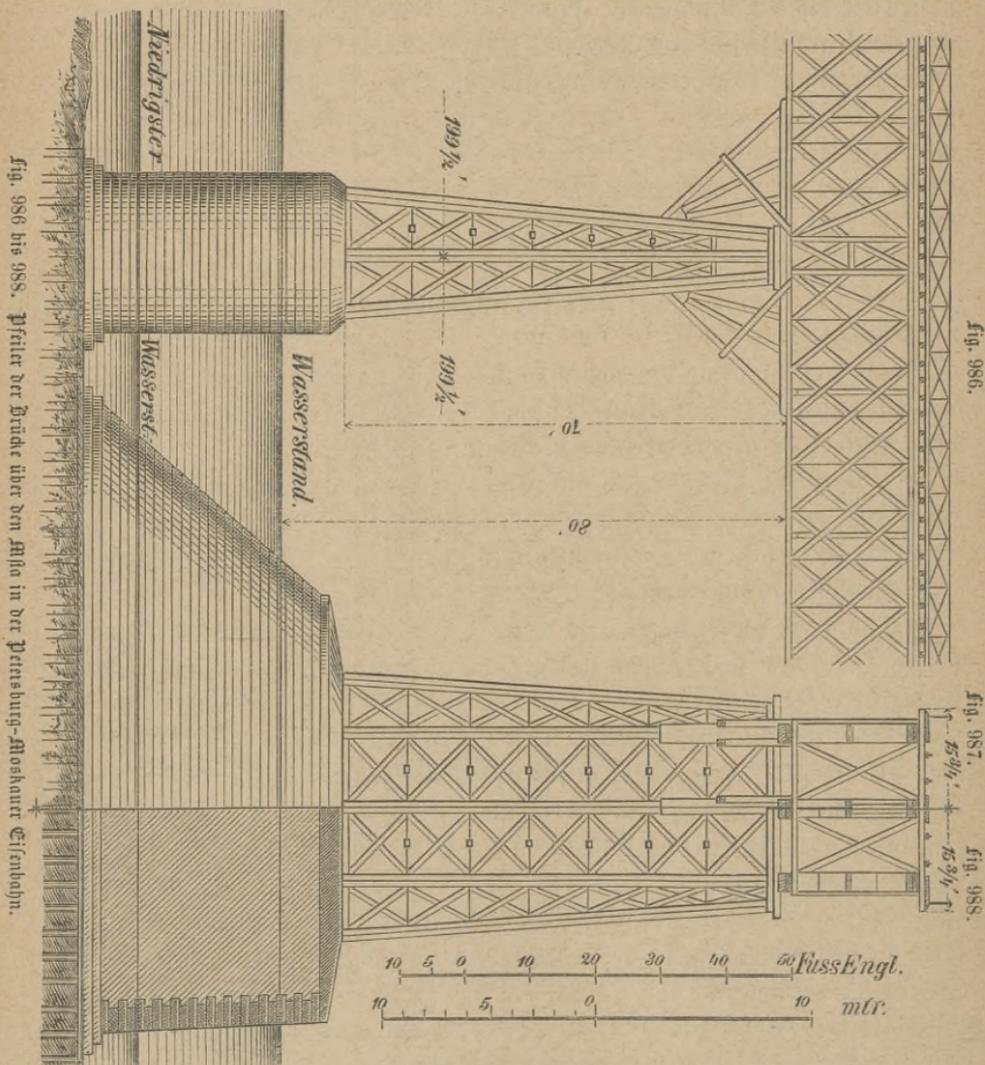
Die aus Guß- und Schmiedeiſen-Theilen zuſammengeſetzten oder gemischteisernen Brückenpfeiler erſchienen zunächſt als Nachbildungen der, im Eingang dieſes Abſchnitts bereits erwähnten, hölzernen Viaduktſteiler, welche ſchon in den vierziger Jahren auf amerikaniſchen Bahnen an der Stelle langer und hoher Dämme vielfach zur Ausführung kamen, zuweilen Längen von mehreren Meilen und bisweilen, wo die Bahn über bedeutende Schluchten führte, bedeutende Höhen beſaßen.

Eins der größten Bauwerke dieſer Art, der von Seymour erbaute Viadukt über den Geneseefluß bei Portage auf der Buffalo- und New-York-City-Bahn²¹²), beſitzt z. B. 15 Oeffnungen von je 15,24 Mtr. (50' engl.) von Mitte zu Mitte der Pfeiler nebst einer Durchlaßöffnung für einen Kanal von 16,46 Mtr. (54' engl.) Weite mit Howe'schen Trägern. Die im Flußbett ſtehenden Pfeiler deſſelben haben einen, in der Baſis 22,87 Mtr. (75' engl.) langen, 4,57 Mtr. (15' engl.) breiten und 9,14 Mtr. (30' engl.) hohen Unterbau von Sandſtein und 57,4 (190' engl.) hohe, in fünf Stockwerken aufgeführte, hölzerne Pfeiler, welche unten aus einundzwanzig $\frac{35}{35}$ Emtr. ($\frac{14}{14}$ " engl.) ſtarken und oben aus zwölf $\frac{30}{30}$ Emtr. ($\frac{12}{12}$ " engl.) ſtarken Pfosten beſtehen.

Dieſe Pfeiler ſind theils durchweg aus Holz, theils aus Holz und Schmiedeiſen erbaut, wobei das Holz zu den gedrückten, das Eiſen zu den gezogenen Theilen verwendet erſcheint, und ſind von den Vereinigten Staaten auch auf den Kontinent übertragen worden.

Eine Nachbildung ſolcher, nach amerikaniſchem System konſtruirter Pfeiler zeigte z. B. die Ende der vierziger Jahre in der Petersburg-Moskauer Eiſenbahn ausgeführte, in der Nacht vom 30. Oktober 1869 durch Feuer zerſtörte Brücke über den Fluß Msta²¹³), ſ. Fig. 986 bis 988, welche bei einer

Breite von 9,6 Mtr. ($31\frac{1}{2}'$ russ.), 60,81 Mtr. ($199\frac{1}{2}'$ russ.) entfernte Pfeiler besaß, deren 12, 19 Mtr. (40' engl.) hoher Unterbau aus, theilweise mit Granit bekleidetem, Ziegelmauerwerk und dessen 21, 34 Mtr. (70' engl.) hoher Oberbau aus 15 hölzernen Ständern bestand, welche durch eiserne Zugbänder und hölzerne Kreuzstreben mit einander verbunden waren.

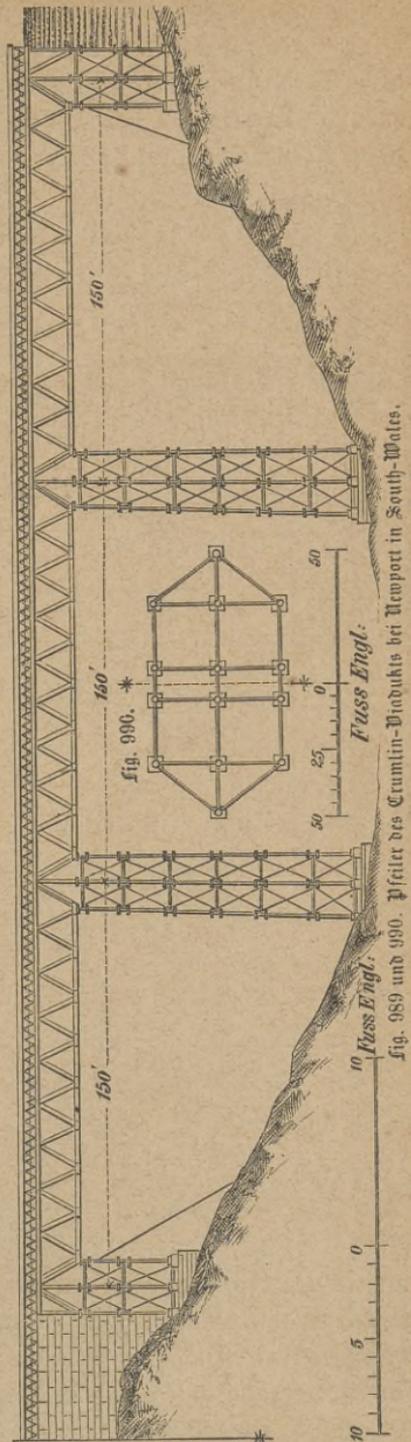


Sowol diese Holzkonstruktionen, als auch die, im vorigen Kapitel besprochenen Eisenkonstruktionen von schmied- oder gußeisernen Pfählen mit schmiedeisernen Diagonalversteifungen veranlaßten, in Verbindung mit den Fortschritten, welche man in der Konstruktion eiserner Brückenträger, besonders in England, gemacht hatte, in den fünfziger Jahren die Herstellung von Pfeilern

mit gußeisernen Ständern, deren Verbindung durch schmiedeiserne Diagonalbänder bewirkt war.

Als die ersten und zugleich kühnsten dieser gemischteisernen Brückenpfeiler müssen die bis 53 Mtr. hohen gußeisernen, durch gußeiserne Querverbindungen sowie durch horizontale und vertikale schmiedeiserne Andreakreuze versteiften, auf Steinsokeln ruhenden Säulenpfeiler des im Jahre 1850 begonnenen, auf Seite 232 bis 235 bereits erwähnten und in Fig. 397 bis 404 dargestellten Crumlin = Viadukts bei Newport in South = Wales, s. Fig. 989 bis 995, angesehen werden. Von den sieben Öffnungen dieses, das gespaltene Ebenthal in zwei Theilen übersetzenden Viadukts liegen drei Öffnungen mit zwei Zwischen = und zwei Endpfeilern in der einen, die übrigen sieben Öffnungen mit sechs Zwischen = und zwei Endpfeilern in der anderen Thalfenkung, deren ungleiche Tiefe eine verschiedene Höhe der Pfeiler bedingte. Um ein möglichst gleichmäßiges Ansehen derselben, sowie möglichst übereinstimmende Maße ihrer einzelnen Bestandtheile zu erhalten, entschieden sich die bauleitenden Ingenieure Liddle und Gordon für deren Bau in einzelnen, 5,18 Mtr. (17' engl.) hohen Etagen, deren die höchsten, in der Thalsohle stehenden, vom Fundamente bis zur Schienenoberkante des Fahrgeleises 61,87 Mtr. (203' engl.) hohen Pfeiler zehn, die übrigen Pfeiler zwei, fünf und sechs besitzen. Die Zahl der, aus 5,18 Mtr. (17' engl.) langen, 0,31 Mtr. (1' engl.) im Durchmesser dicken, mittels Flanschen und je vier, 2,5 Cmtr. (1" engl.) starken

Fig. 989.



Bolzen auf einander geschraubten Röhrenstücken mit von 2,18 bis 2,5 Cmt. ($\frac{7}{8}$ " bis 1" engl.) zunehmender Wandstärke zusammengesetzten Säulen je eines Pfeilers beträgt vierzehn, die in der Grundform eines, nach der Brückenbreite langgezogenen, in Fig. 990 dargestellten Sechsecks in drei Reihen aufgestellt sind, wovon auf jede der beiden äußeren vier und auf die mittlere sechs entfallen. Nur die beiden mittleren, den Kern des Pfeilers bildenden Säulen dieser Mittelreihe haben eine lothrechte Stellung, alle übrigen eine Neigung von etwa $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ und $\frac{1}{35}$ ihrer Höhe erhalten.

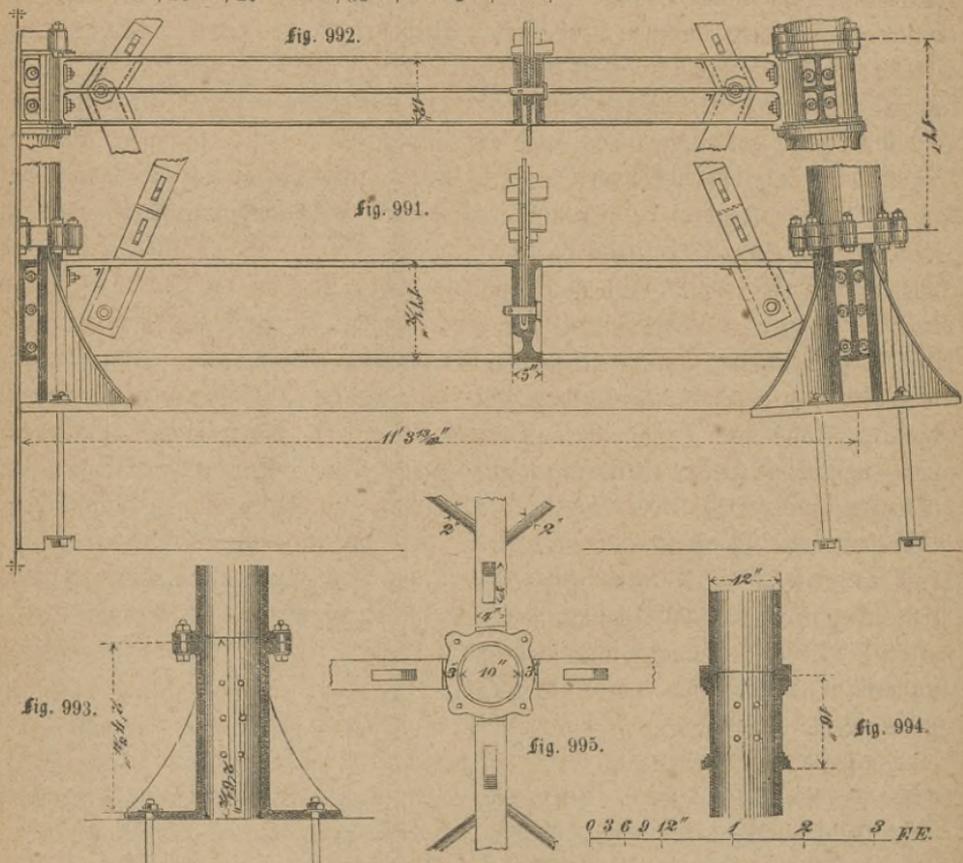


Fig. 991 bis 995. Details der Pfeiler des Crumlin-Viadukts bei Newport in South-Wales.

Die Säulen der unteren Etage stehen auf Plinthenstücken von der Form eines hohlen, achteckigen Prisma's mit einer, 0,91 Mtr. (3' engl.) im Quadrat haltenden, durch acht Bolzen mit den granitenen Fundamentblöcken verankerten Grundplatte, vier Diagonalnerven und einer, von 0,76 bis 1,52 Mtr. ($2\frac{1}{2}$ bis 5' engl.) bei den verschiedenen Pfeilern variirenden Höhe. Die Flanschen der Säulen und Plinthenstücke sind an ihrer Berührungsstelle auf der Drehbank eben abgedreht, während jedes obere Säulenstück mit einem vor-

Springenden, genau abgedrehten Ringe sich ohne jede Zwischenlage in eine entsprechende, ebenfalls abgedrehte Vertiefung des unteren Säulenstücks setzt. Die Querverbindung der Plinthenstücke, sowie der oberen Enden der einzelnen Röhrenstücke unter sich, ist durch gußeiserne, im Querschnitt I-förmige, bzw. 43,75 Cmtr. ($17\frac{1}{2}$ " engl.) und 30 Cmtr. (12" engl.) hohe, auf kleinen Auslagern ruhende Querbalken mit 1,87 Cmtr. ($\frac{3}{4}$ " engl.) starker Vertikalrippe bewirkt, welche mit den Plinthenstücken durch je 6, mit den Röhrenstücken durch je 4 Bolzen verschraubt sind. Die an den Enden der Querbalken befestigten Kreuzverbindungen in den, zwischen den Säulen gelegenen, ganz oder nahezu vertikalen Feldern bestehen aus 10 Cmtr. (4" engl.) breiten und 1,87 Cmtr. ($\frac{3}{4}$ " engl.) starken Flacheisen, welche an dem einen Ende mit einem runden, zur Aufnahme eines Bolzens bestimmten Loch und am anderen Ende mit oblongen, auf eine Keilstellung berechneten Löchern versehen sind, mittels derer sich die Längen der zu den Kreuzverbindungen bestimmten Schienen nicht nur reguliren, sondern auch diese Kreuzverbindungen spannen lassen. Nur in der obersten Etage der Pfeiler sind die oberen Enden der Kreuzbänder, statt an die Querbalken, an die, mit angegossenen doppelten Lappen versehenen, Säulenköpfe befestigt. Die in den, zwischen den Säulen gelegenen, horizontalen Feldern angebrachten Kreuzverbindungen bestehen aus runden, mit von 5 Cmtr. (2" engl.) in den unteren, bis auf 3,75 Cmtr. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser in den oberen Etagen abnehmenden Zugstangen, welche ebenfalls die gußeisernen Querbalken an deren Enden und in deren halber Höhe durchsetzen und mittels der, an beiden Enden befindlichen, Spindeln und Muttern gespannt sind. Die oberste, für die Aufnahme der vier Tragwände des Viadukts bestimmte Etage zeigt eine von der vorbeschriebenen abweichende Anordnung, indem auf die Säulenköpfe der Säulen kleine, etwa 0,61 Mtr. (2' engl.) hohe gußeiserne Aufsätze und zwischen diesen letzteren gußeiserne Querbalken von 0,46 Mtr. ($1\frac{1}{2}$ ' engl.) Höhe parallel und von 0,46 Mtr. (2' engl.) Höhe senkrecht zur Brückenaxe zu liegen kommen. Auf jene gußeisernen Aufsätze sind vier, zur Aufnahme der Tragwände bestimmte, dreieckige, 4,27 Mtr. (14' engl.) hohe, mit je einer Vertikalrippe versehene, gußeiserne Böcke geschraubt, deren Köpfe durch gußeiserne Querbalken von 0,36 Mtr. ($1' 2\frac{1}{2}$ " engl.) Höhe verbunden sind. Die zwischen den geneigten Seiten jener Böcke befindlichen Kreuzverbindungen aus Flacheisen von 10 Cmtr. (4" engl.) Breite und 2,5 Cmtr. (1" engl.) Stärke sind wie diejenigen der unteren Etagen befestigt. Auf die Köpfe dieser Böcke sind die, 1,07 Mtr. ($3\frac{1}{2}$ ' engl.) langen, 12,5 Cmtr. (5" engl.) breiten, mit 10 Cmtr. (4" engl.) breiten und 1,25 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " engl.) tiefen, sauber abgehobelten Rinnen versehenen Sättel für die Tragwände aufgeschraubt, worin dieselben nach Maßgabe ihrer Längenveränderung durch die Temperatur frei hin und her gleiten können. Die auf den festen Felsen gegründeten, von 0,91 bis 3,05 Mtr. (3 bis 10' engl.)

hohen Pfeilerfundamente bestehen in massivem, aus starken Blöcken in wagrechten Schichten mit gutem Verbande ausgeführten Mauerwerk, worin die stärksten Steinblöcke unmittelbar unter den Säulenfüßen liegen und so angeordnet sind, daß das Pfeilergewicht auf eine möglichst große Fläche vertheilt wird.

Auch die 43,23 Mtr. hohen, gemischteisernen Pfeiler der im Jahre 1857 begonnenen und 1862 eröffneten, auf Seite 281 hinsichtlich ihrer Träger beschriebenen und in Fig. 596 bis 604 abgebildeten Eisenbahnbrücke über die Saane bei Freiburg im Uechtland, auch wol Grandfey- Viadukt genannt,

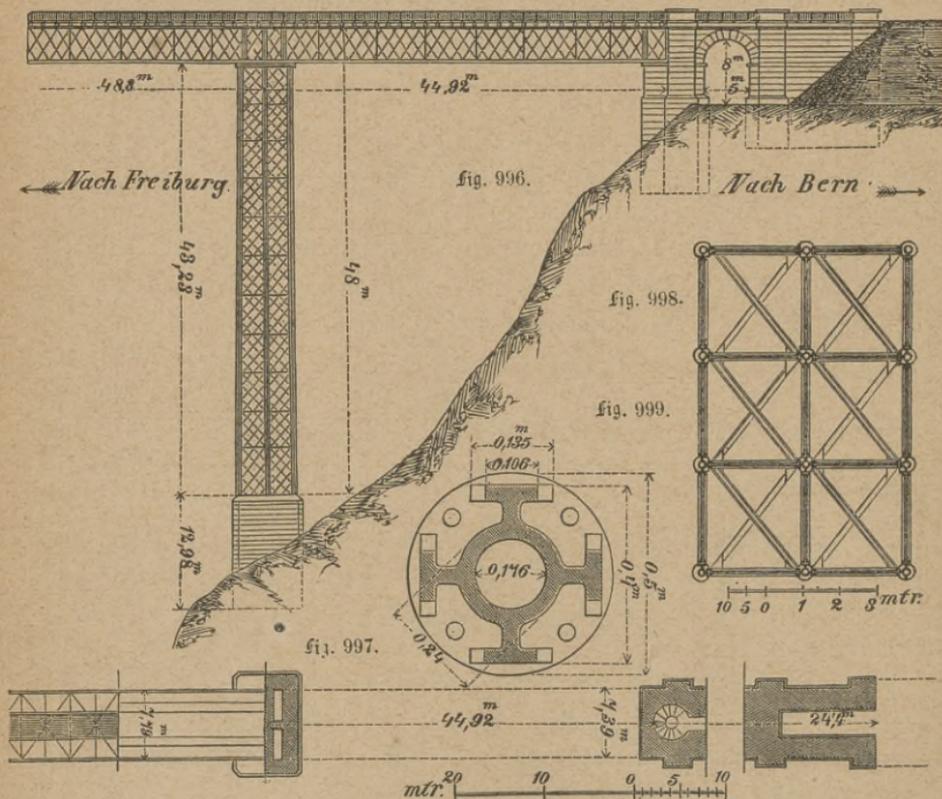


Fig. 996 bis 999. Pfeiler des Viadukts über die Saane bei Freiburg.

haben hohle, gußeiserne, unter sich verbundene Tragsäulen auf Steinsockeln, s. Fig. 979 bis 987, erhalten, jedoch weichen besonders deren Grundrisse und Querverbindungen von denjenigen der Crumlin-Viaduktspfeiler ab. Vor Allem sind die beiden, dort an den Seiten der Fahrbahn angebrachten Seitenstreben weggelassen und so die Zahl der Tragsäulen auf zwölf vermindert, welche nun einen rechteckigen Grundriß bilden und überdies in unter sich gleiche Abstände gebracht sind. Ferner sind nur die am Sockel und Kapital dieser Pfeiler angebrachten Horizontalverbindungen aus gußeisernen Platten hergestellt, wäh-

rend außer den horizontalen und vertikalen Diagonalversteifungen auch die Horizontalverbindungen der Tragfäulenschäfte aus Schmiedeisen gebildet sind. Die Höhen der aus Sandstein bestehenden, mit festem Jurakalkstein abgedeckten und mit Aussparungen im Mauerwerk versehenen, mit ihrer Oberfläche in einer und derselben horizontalen Ebene liegenden Pfeilersockel variiren mit den Terrainhöhen von 13 bis zu 32 Mtr. und tragen den 43,23 hohen, zwischen den äußersten Säulenaxen unten 10 Mtr. breiten und 6,2 Meter tiefen, oben 6,27 Mtr. breiten und 4,28 Mtr. tiefen Eisenbau, dessen zwölf gußeiserne Röhrenfäulen hiernach mit einer Neigung von $\frac{1}{23},2$ bis $\frac{1}{42},8$ gegen einander gestellt sind.

fig. 1000.

fig. 1001.

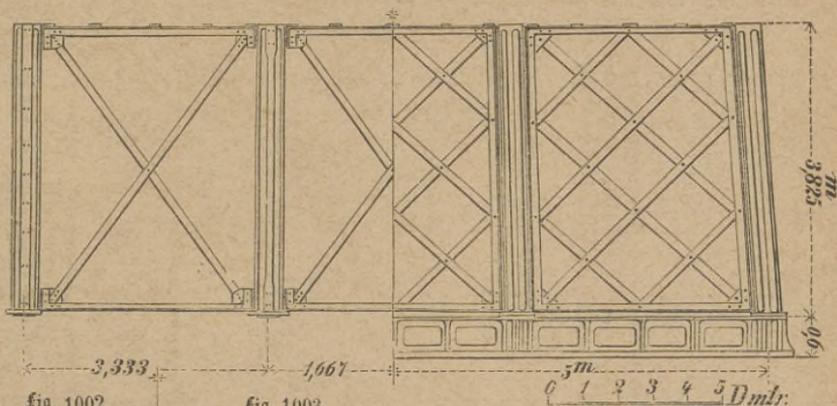


fig. 1002.

fig. 1003.

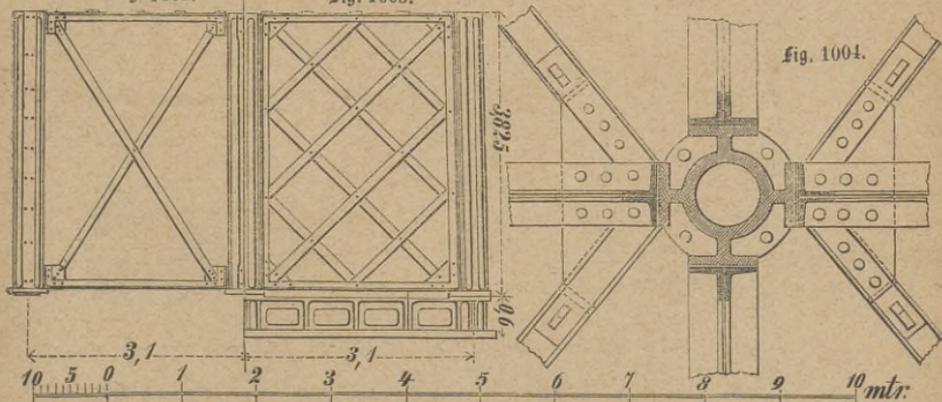


Fig. 1000 bis 1004. Details der Pfeiler des Viadukts über die Saane bei Freiburg.

Jede einzelne dieser Säulen ist wieder aus elf Stück, 3,825 Mtr. im Mittel langer Röhren mit 24 Cmtr. Durchmesser und 3,2 Cmtr. Wandstärke mittels 5 Cmtr. starker Flanschen und je vier 4 Cmtr. starker Bolzen zusammengesetzt und zur Vermehrung ihrer Steifigkeit, sowie zur Erleichterung ihrer Befestigung an die Querverbindungen, mit T-förmigen Rippen von 3 Cmtr. Stärke versehen. Zur wechselseitigen Absteifung dieser zusammengesetzten Säulen

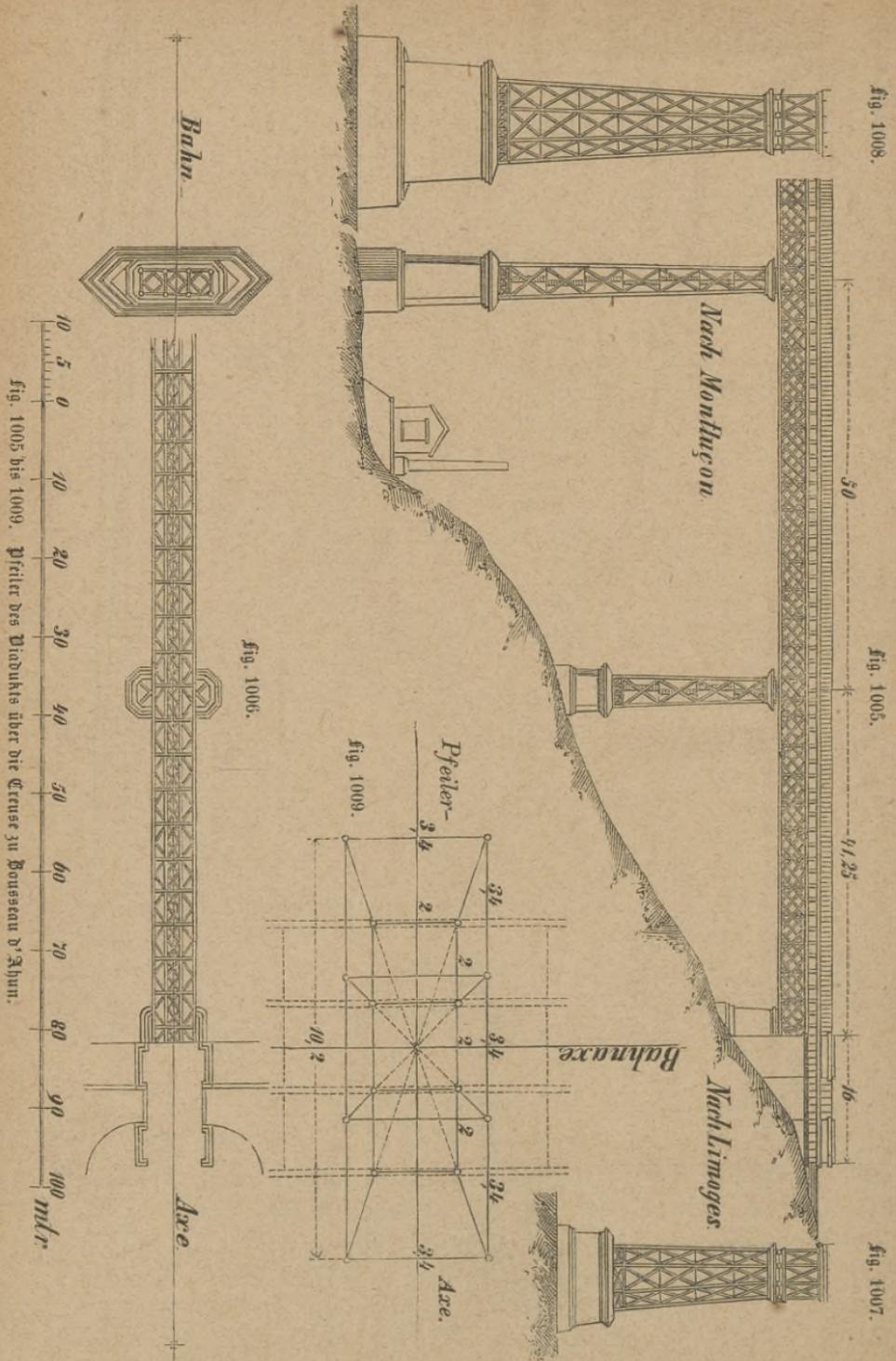


Fig. 1014.

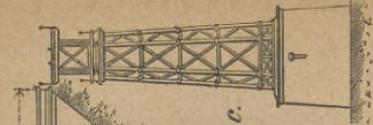


Fig. 1010.

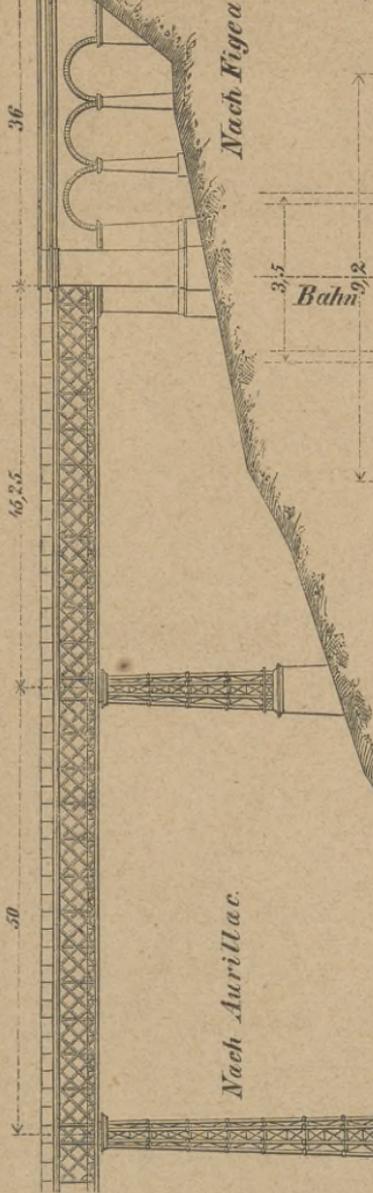


Fig. 1015.

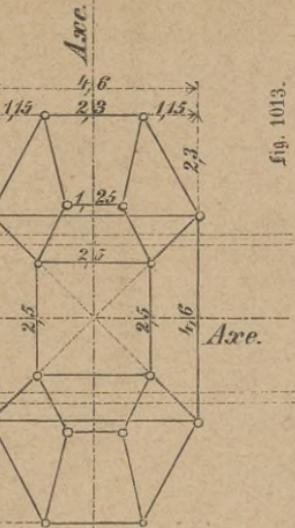
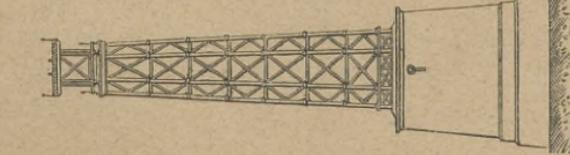


Fig. 1016.

Pfeiler -

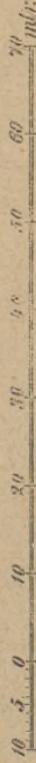


Fig. 1013.

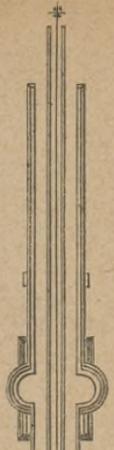


Fig. 1012.

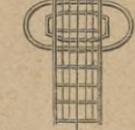


Fig. 1011.



Bahn - Arc.

Fig. 1010 bis 1016. Pfeiler des Cere-Fluadukis in der Orleans-Bahn.

dienen im Querschnitt kreuzförmige, aus je vier Winkelleisen von 8 Cmtr. Schenkellänge und 1 Cmtr. Stärke zusammengesetzte Querverbindungen und aus Flacheisen von 1 Cmtr. Breite und 1 Cmtr. Stärke konstruirte Gitterwerke im Aeußeren und Diagonalverbindungen im Innern des Pfeilers, wozu noch von zwei zu zwei Röhrenstücken, also in Abständen von 7,65 im Mittel, wagrechte, aus im Querschnitt U-förmigen Diagonalstäben von 10 Cmtr. Breite und 4 Cmtr. Schenkellänge bestehende Diagonalkreuze kommen. Die auf diese Weise zu einem festen Pfeiler vereinigten Säulen ruhen auf gußeisernen, 60 Cmtr. hohen, durch 3,5 Cmtr. starke Rippen verstärkten, aus je 16 Stücken mittels je acht 3 Cmtr. starker Schraubenbolzen zusammengebolzten Sohlstücken, welche mittels zwischengelegter Bleiplatten auf den Steinsockel versetzt sind. Am oberen Ende tragen die Pfeiler gußeiserne, 60 Cmtr. hohe, wie jene Sohlstücke konstruirte und zusammengesetzte Rahmen, welche die als Unterlage für den eisernen Ueberbau dienenden hölzernen Bohlstücke aufnehmen.

Als die neuesten Beispiele von Viadukten mit eisernen Pfeilern sind die französischen Eisenbahnviadukte²¹⁵⁾ zu betrachten, welche in den Jahren 1864 u. 1865 von Nördling erbaut sind, wovon der eine zweigeleisige in Bousséau d'Ahun die Bahn von Montluçon nach Limoges über das Creusethal, s. Fig. 1005 bis 1009, der andere eingleisige die Bahn von Figeac nach Aurillac über den Cèrefluß, s. Fig. 1010 bis 1016, führt. Der erstere besitzt eine Eisenhöhe der Mittelpfeiler von 33,9 Mtr., der Endpfeiler von 20,2 Mtr. Das Konstruktionsystem seiner eisernen Pfeiler erscheint im Allgemeinen demjenigen der Saanebrückenpfeiler nachgebildet, jedoch ist die mittlere Tragsäulenreihe weggelassen und dadurch die Säulenzahl auf acht reduziert. Die Hauptabmessungen des Cère-Viadukts weichen nur unbedeutend von denjenigen des Bousséau-Viadukts ab, dagegen sind die acht Tragsäulen in der Form eines lang gezogenen Achtecks auf einem elliptischen Mauersockel vertheilt. Zur Vermeidung einer jeden nachtheiligen Einwirkung der elastischen Biegung der Brückenträger auf die Standfähigkeit der Pfeiler und die Anspruchnahme ihrer Theile ruhen jene Träger über der Mitte der Pfeilerkapitale auf stumpfen Schneiden, um welche sie sich wie um Charniere drehen können und mittels dieser, sowol über den eisernen Zwischenpfeilern als über den gemauerten Landpfeilern, auf Friktionsrollen. Nach Mittheilungen des Erbauers auf der XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure in Wien²¹⁶⁾ kostet der steigende Meter Eisenbau

| | | | | |
|-------------|---|---|---------------|--------|
| in Bousséau | { | im obersten (7ten) Stockwerke (3422 Kg. Metall) | 1686 | Frcs. |
| | | = untersten | = (3927 = =) | 1889 = |
| an der Cère | { | im obersten (7ten) Stockwerke (2652 = =) | 1368 | = |
| | | = untersten | = (3082 = =) | 1583 = |

Viertes Kapitel.

Die schmiedeiserne Brückenpfeiler.

Obwol die bei weitem größte Zahl der eisernen Brückenpfeiler bei geringerer Höhe aus Gußeisen, bei größerer Höhe aus Gußeisen- und Schmiedeisen hergestellt wurde, so gewahren wir hierbei doch auch die Anfänge einer fast ausschließlich en Anwendung des Schmiedeisens. Außer den massiven, schmiedeisenen Schäften der im zweiten Kapitel betrachteten Schraubenspähle gehören hierher die gegliederten schmiedeisenen Stützen von Brückenträgern, wie sie bei Ausführung der Brücke über den Rhein bei Mainz, s. Fig. 1017 bis 1023, zur unmittelbaren Unterstützung der Träger über den Hauptöffnungen zur Anwendung gekommen sind, deren Stützpunkte 6,31 Mtr. über der Steinkonstruktion der beiden Land- und der drei Strompfeiler liegen. Wie aus der auf Seite 312 bis 315 gegebenen Darstellung und Abbildung dieser Träger hervorgeht, laufen deren Enden in zwei Bogenschuhe aus, wovon der eine auf einer beweglichen, der andere auf einer festen Auflage ruht. Die Eisenaufsätze der Landpfeiler nehmen jene, in Rollenstühlen bestehenden beweglichen, die Eisenaufsätze der Strompfeiler je ein festes und ein bewegliches Auflager auf, ruhen auf einem aus zwei Stücken zusammengesetzten, mit den obersten Pfeilerquadern verankerten gußeisernen Fuße, bestehen nach der Breite der Brücke aus je drei versteiften, nach der Länge der Brücke durch Gitterwerk untereinander verbundenen hohen Blechsäulen und sind nach der Breite der Brücke durch je zwei schmiedeiserne, in den Ecken mittels dreieckiger Bleche ausgesteifte Querbalken so verbunden, daß sie über den Land- und Strompfeilern thorförmige Öffnungen von 4,04 Mtr. Breite und 5,1 Mtr. Höhe, also hinreichender lichter Weite und Höhe für die durchfahrenden Eisenbahnzüge bilden. Die Pfeileraufsätze der Strompfeiler besitzen nach der Länge der Brücke die der erforderlichen größeren Auflagerfläche und doppelten abzutragenden Last entsprechende größere Stärke von 1,4 Meter, während die Pfeileraufsätze der Landpfeiler eine solche von 0,7 Mtr. am oberen und von 1,1 Mtr. am unteren Ende haben. Die nach der Breite der Brücke durchaus gleiche Stärke beider beträgt 0,75 Mtr. am oberen und 0,85 Mtr. am unteren, mit der gußeisernen Basis verbundenen Ende.

Unter die neuesten Beispiele schmiedeiserne Aufsätze auf steinernen Pfeilern gehören die Pilonen der von Schmid entworfenen und in der Eisenbauanstalt von Friess und Sohn in Sachsenhausen hergestellten, im Jahre 1869 vollendeten, versteiften Charnierhängebrücke für Fußgänger über den Main zwischen Frankfurt und Sachsenhausen²¹⁷), s. Fig. 1024 bis 1060, deren Träger nach dem auf Seite 206 und 207 erwähnten System von Köpke

fig. 1017.

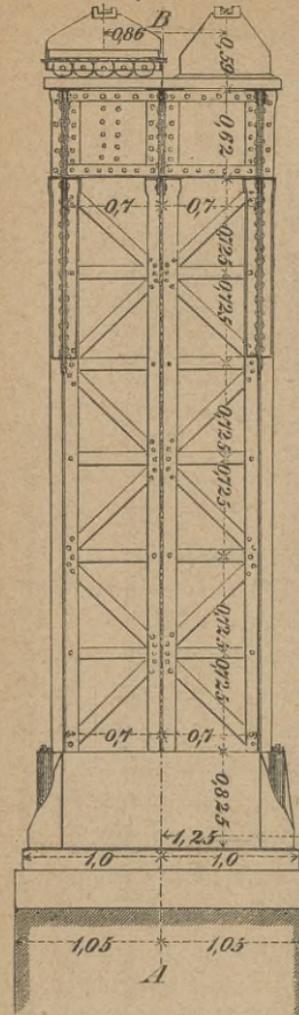
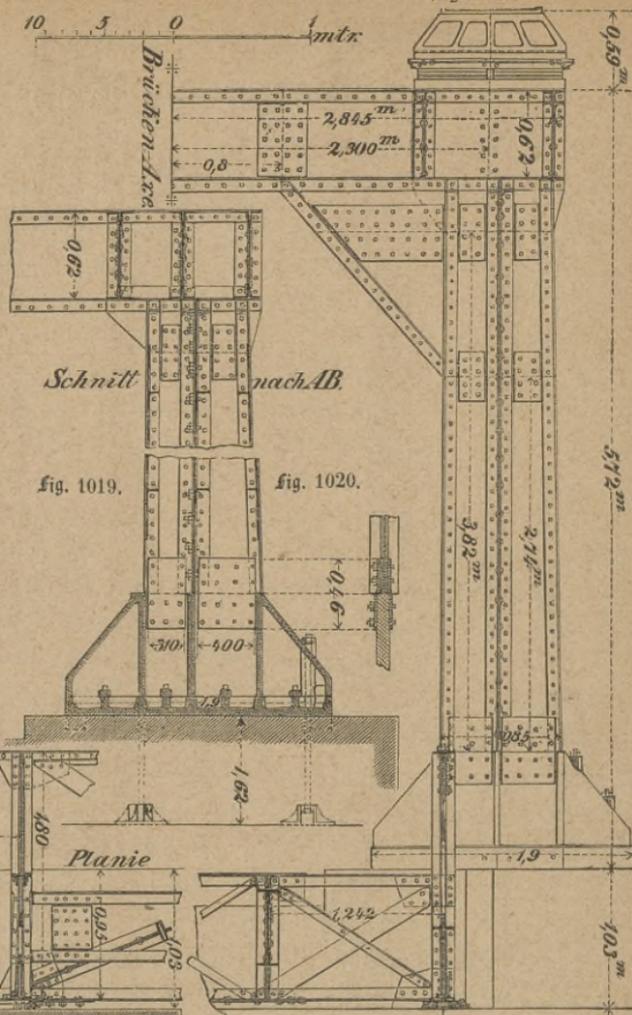


fig. 1018.



Schnitt nach AB

fig. 1019.

fig. 1020.

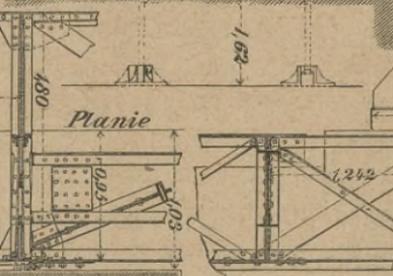
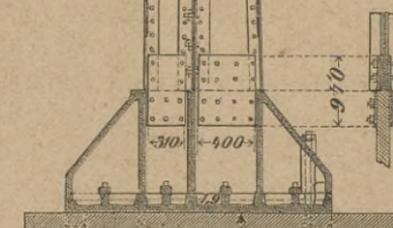


fig. 1021.

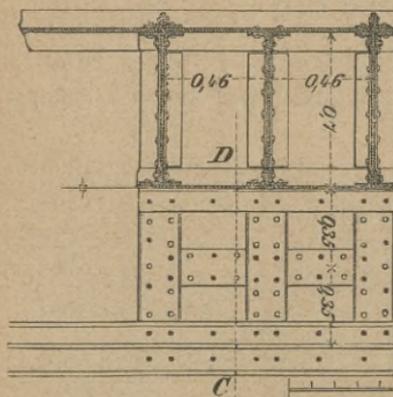


fig. 1022.

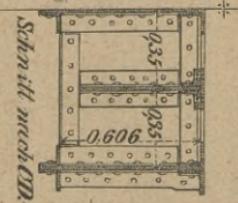
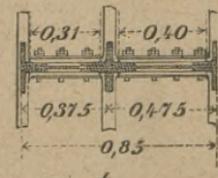


fig. 1023.



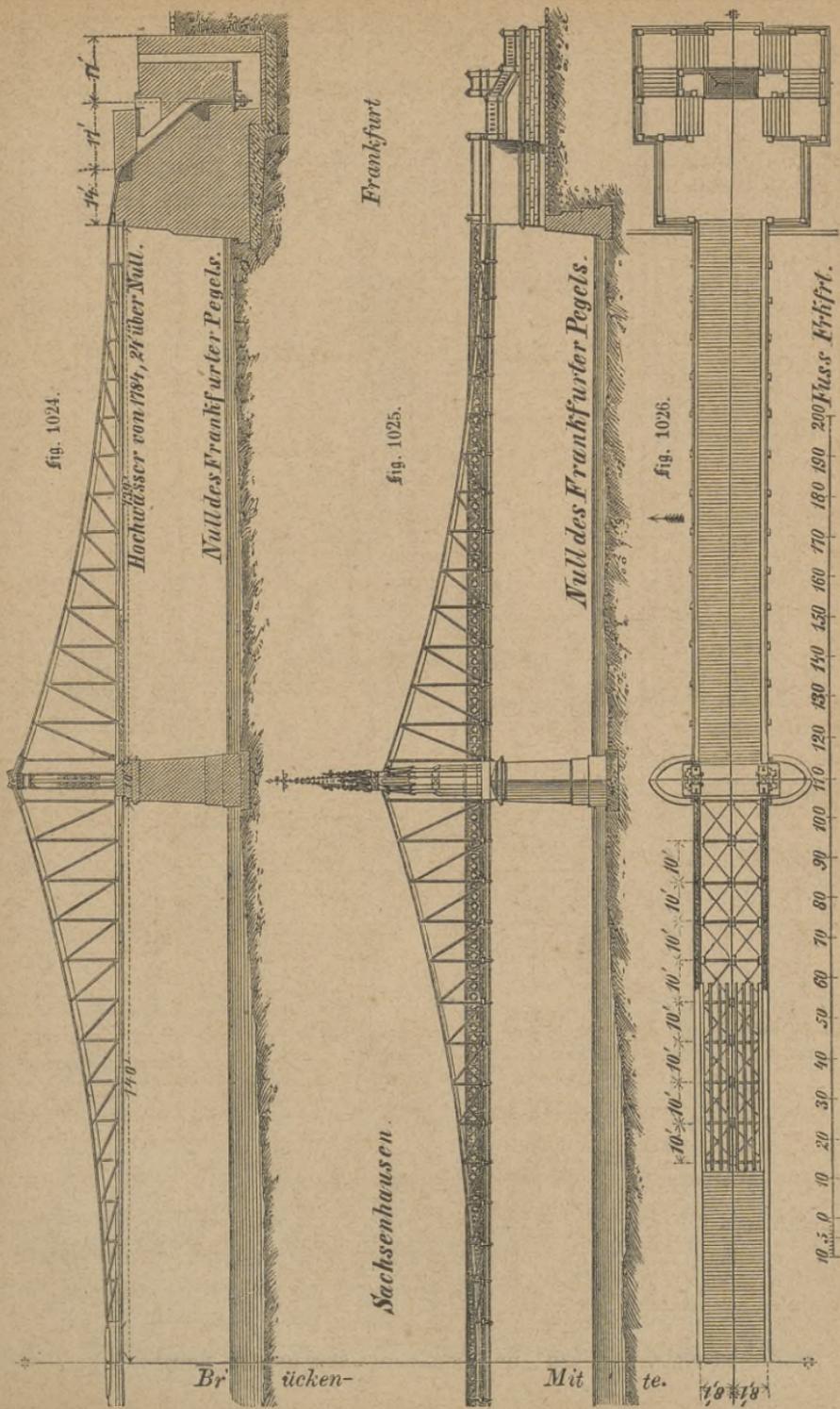


Fig. 1024 bis 1026. Charrierhängebrücke über den Main bei Frankfurt.

zwei gußeiserne Böcke geführt und dann in vertikaler Richtung gegen wagrecht liegende Gussplatten mittels schmiedeiserne Querbolzen und doppelter Spannseile in zugänglichen Kammern verankert sind. Die von schmiedeiserne Geländern begrenzte, im Lichten derselben 3,98 Mtr. (14' Frnkf.) breite, von den Ufern nach der Mitte um 28,46 Cmtr. (1' Frnkf.) steigende Verkehrsbahn besteht, wie Fig. 1027 zeigt, aus 4,74 Cmtr. (2" Frnkf.) starken, zur Wasserableitung

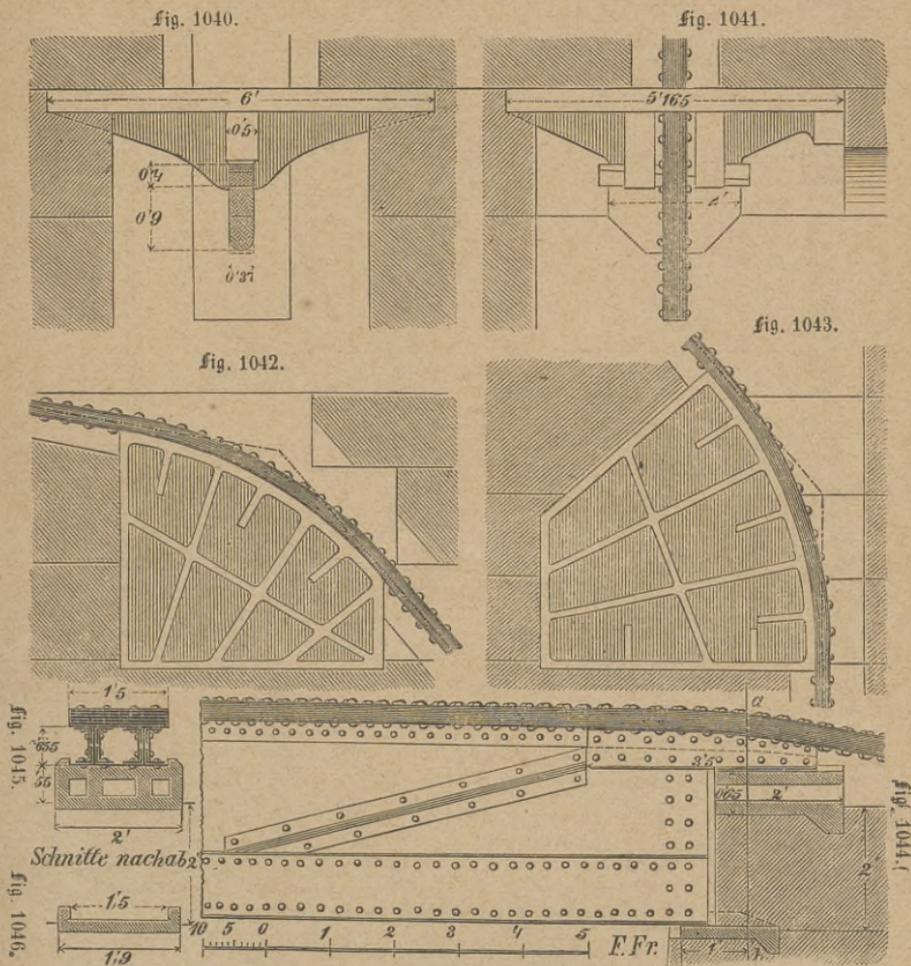


Fig. 1040 bis 1046. Details der Chamierhängebrücke über den Main bei Frankfurt.

leicht gebogenen, kiefernen Querbohlen auf acht kiefernen Streckbäumen, die auf 2,75 Mtr. (10' Frnkf.) von einander entfernten, im Querschnitt I-förmigen, schmiedeiserne Querträgern ruhen, welche letztere an die unten geraden Gurtungen der Hauptträger mittels doppelter Winkelleisen und Nieten angeschlossen sind. Die erforderliche Seitenversteifung ist durch einen zweifachen,

horizontalen Kreuzverband aus Winkleisen bewirkt, welche mittels schmiedeiserner Horizontalplatten an die Enden und Mitten der Querträger genietet wurden.

Die obere gekrümmte Gurtung besitzt, wie Fig. 1039 zeigt, einen U-förmigen Querschnitt mit einer 42,69 Emtr. (1,5' Frnkf.) breiten, aus übereinander liegenden schmiedeisernen Platten zusammengesetzten, oberen Kopfplatte, dem eigentlichen Zugbände, und zwei, durch je zwei Winkleisen mit diesem vernieteten, Vertikalplatten.

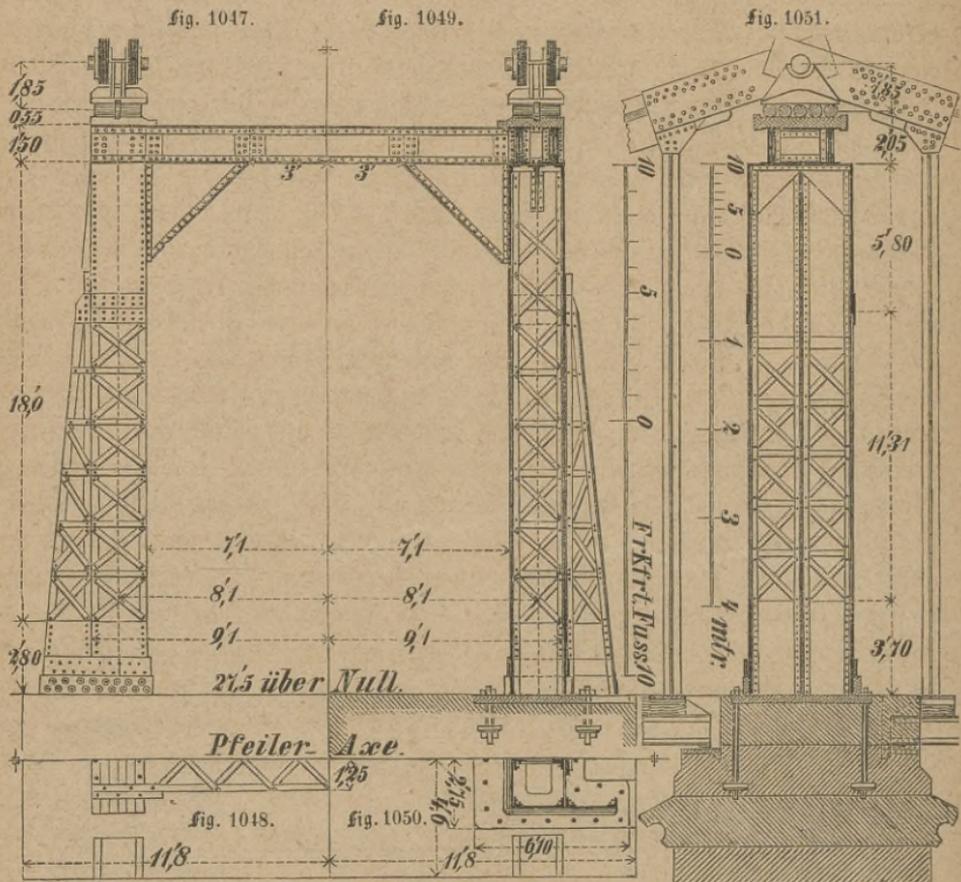


Fig. 1047 bis 1051. Pfeileraufsätze der Charnierhängebrücke über den Main bei Frankfurt.

Die untere gerade Gurtung hat einen, in den Figuren 1036 bis 1039 dargestellten, kastenförmigen Querschnitt, welcher aus vier Winkleisen mit zwei vertikalen, zunehmenden Anspruchnahmen entsprechend aus Gitterwerk und Blechplatten hergestellten, Wandungen besteht, während dessen wagrechte Wandungen aus Gitterwerk gebildet sind. Die in den Fig. 1036 bis 1039 dargestellten Vertikal-, sowie die in den Fig. 1033 bis 1035 dargestellten Diagonalverbindungen der Gurtungen sind aus je vier Winkleisen mit einfachem

Gitterwerk hergestellt und jene von innen, diese von außen gegen die Vertikalandungen der Gurtungen genietet.

Die schmiedeeisernen Pfeileraufsätze, wovon Figur 1047 eine Quersansicht, Fig. 1049 einen Querschnitt, Fig. 1050 den Horizontalschnitt, Fig. 1048 die Daraußsicht und Fig. 1051 den Längenschnitt giebt, zeigen die Anordnung von Thoren, deren schmiedeeiserne Ständer aus vertikalen, rechteckigen, mit einer Scheidewand versehenen Kästen und je zwei angeschlossenen, äußeren Strebewänden bestehen, auf U-förmigen gußeisernen, mit dem Quaderwerke verankerten, mit Rippen versehenen Unterlagsplatten stehen und einen schmiedeeisernen Kasten tragen, worauf die gußeiserne Unterlagsplatte für den Kollstuhl des Pfeilercharniers ruht. Jene vertikalen Kästen sind aus Winkelleisen, unten und oben aus Eisenblech, in der Mitte aus Gitterwerk gebildet, während die oben auslaufenden Strebewände ebenfalls aus Gitterwerk bestehen und einen Fuß aus Eisenblech besitzen. Die Querbalken jener Thore sind aus je zwei, oben durch Gitterwerk vereinigten, Blechbalken mit I-förmigem Querschnitt hergestellt, welche durch dreieckige Versteifungsbleche mit den Ständern verbunden sind. Die vier, in Fig. 1052 bis 1060 dargestellten, Pfeilercharnieri bestehen aus je einem, 16,59 Cmt. (7" Frnkf.) im Durchmesser haltenden, schmiedeeisernen Bolzen, welcher in dem ausgedrehten, oben durch einen gußeisernen Halbcylinder geschlossenen Lager des gußeisernen Kollstuhls ruht und die aus vertikalen, in einander greifenden Blechplatten gebildeten, durchbohrten Enden der oberen gekrümmten Gurtung aufnimmt. Jeder Kollstuhl ruht auf fünf, in der Mitte mit Verstärkungsrippen versehenen, unter sich verbundenen Walzen, welche sich auf der oben erwähnten, mit einer jenen Rippen entsprechenden Nuth versehenen, gußeisernen Unterlagsplatte wälzen. Die zwei Scheitelcharnieri bestehen aus je einem schmiedeeisernen Bolzen von gleichem Durchmesser, welcher die gleichfalls in vertikale, in einander greifende, durchbohrte Bleche endigenden, gekrümmten Gurtungen der beiden Trägerhälften aufnimmt, während die unteren geraden Gurtungen außer Verbindung stehen. Die zum Zwecke der Umfassung der Charnierbolzen erforderliche Umsehung der wagrecht auf einander liegenden in vertikale Gurtungsplatten ist durch eine allmähliche Verjüngung der ersteren bewirkt, welche zwischen die letzteren eintreten und daselbst zur Wiederherstellung des verlorenen Querschnitts durch seitlich, oben und unten angebolzte Flach- und Winkel-Schienen verstärkt sind, während die Verbindung der wagerechten und lothrechten Platten durch vier, innen angebrachte Winkelschienen hergestellt ist. Die Befestigung dieser Plattenlager, welche wegen deren bedeutender Dicke, sowie wegen des in der Nähe der Charnierbolzen beschränkten Innenraumes der Gurtungen nicht durch Nietung bewirkt werden konnte, erfolgte unter Anwendung konischer Bolzen mit etwa $\frac{1}{20}$ Verjüngung ohne Kopf, die mittels der Mutter in den konisch ausgebohrten Bolzenlöchern der zu verbindenden Platten fest angezogen wurden.

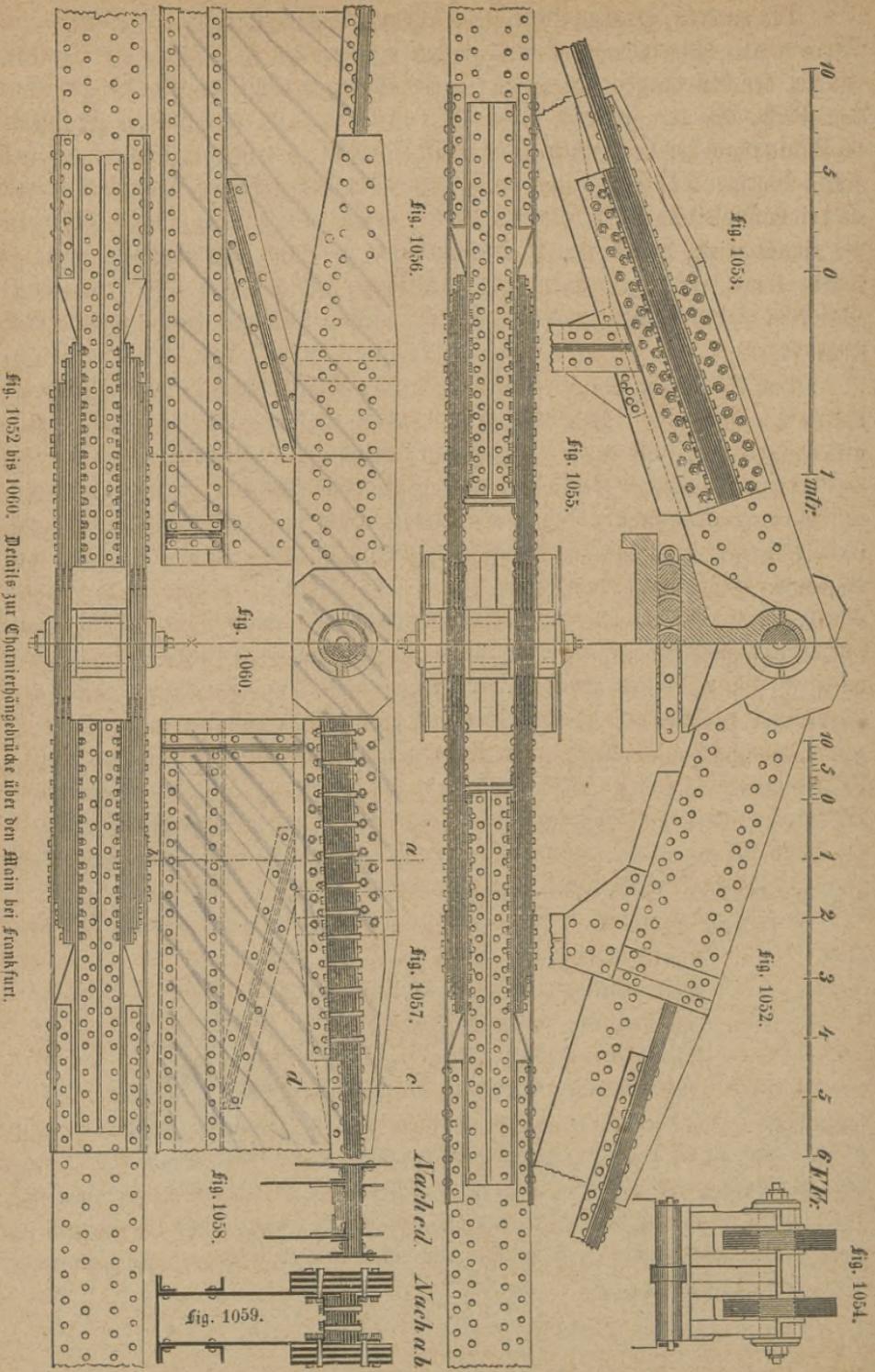


fig. 1052 bis 1060. Details zur Chemierhängebrücke über den Main bei Frankfurt.

Die unteren, geraden Gurtungen ruhen auf gußeisernen, in die Land- und Strompfeiler eingelassenen Schiebelplatten und ergeben sich, sowie die Verankerungen der Gurtungen, sammt den Ueberführungen derselben über die gußeisernen Böcke, aus den Figuren 1040 bis 1046. Da das Planum des Frankfurter Mainquais an der Brückenstelle 13,25' Frnkf., der höchste Wasserstand von 1784 dagegen 24' Frnkf. und mit Bezug hierauf die Verkehrsbahn der Brücke an den Landpfeilern 27' Frnkf. über Null des Frankfurter Pegels liegt, außerdem die Zugänge zur Brücke den Quairaum nicht erheblich beschränken durften, so wurde sowol auf dem rechten oder Frankfurter als auf dem linken Mainufer über dem Verankerungsmauerwerk ein gleicharmiger Treppenaufgang zur Brücke angeordnet.

Das Eisenwerk wurde nach sorgfältiger Reinigung von Rost zuerst mit einem Diamantfarbe- und hierauf mit einem dreifachen Delfarbe-, die Verankerungsbänder und Keile dagegen mit einem Theer-Anstrich versehen. Die am 21ten September 1869 angestellten Belastungsproben, wobei die Brücke mit Kohgußeisenstücken von je 1 Ctr. Gewicht bis zu 75 Zpfd. Totalbelastung per □' preuß. während drei Stunden gleichmäßig beschwert war, ergaben eine bleibende Einsenkung von 2,37 Cntr. (1" Frnkf.), welche zum größten Theil als die Folge einer festeren Auflagerung der Verankerungsbänder auf den Unterlagsböcken und einer Eindrückung dieser letzteren in ihr Cementlager, wodurch sich die Anfangspunkte der Bogen über ihren Auflagern um einige Millimeter verschoben, anzusehen ist. Die Verkehrsbahn der mittleren Oeffnung nimmt nunmehr bei der eintretenden höchsten Temperatur die horizontale, bei Abnahme derselben eine zunehmende konvexe Lage an. Auch unter den, bei einem sechs volle Tage dauernden Auftragen sowie bei dem Wiederabtragen der Probelastung, unvermeidlichen, mannichfaltigen einseitigen Belastungen erwiesen sich die Träger als hinreichend steif.

Das Totalgewicht der Eisenkonstruktion beträgt 4750 Ctr., wovon auf

| | |
|----------------------------------|--------|
| die Mittelbrücke | 1890 = |
| beide Seitenbrücken | 2040 = |
| die Verankerungsbänder und Keile | 321 = |
| die Pfeileraufsätze | 298 = |
| die Geländer | 201 = |

entfallen, welches einem Gewicht derselben von 8,22 Ctr. p. laufenden Fuß Frnkf. oder 1444 Kg. p. laufenden Meter entspricht. Die Kosten des ganzen Baues belaufen sich auf 120,000 Fl., wovon auf den Unterbau 54,000 Fl., auf den Oberbau 66,000 Fl. zu rechnen sind. Die Kosten des Oberbaues belaufen sich mithin auf 114,3 Fl. für den laufenden Fuß Frnkf. oder 401,6 Fl. für den laufenden Meter.

Historische Ergebnisse für die Anwendung und Anordnung eiserner Brückenpfeiler. Ein Rückblick auf die hier erörterten Pfeilerkonstruktionen mit vollen und durchbrochenen Wandungen zeigt, die fast ausschließliche Anwendung des Gußeisens für die gedrückten, die volle Belastung der Brückenträger aufnehmenden Haupttheile der Pfeiler, während bei den neuesten Konstruktionen der durchbrochen gebauten Pfeiler zu den Horizontal- und Kreuzverbindungen jener gußeisernen Haupttheile das Schmiedeeisen als die zähere und geringere Abmessungen zulassende Materialgattung verwendet erscheint. Die ausschließliche Anwendung des Schmiedeeisens zu gegliederten Brückenpfeilern zeigt sich vorerst noch vereinzelt und hier nur zu Pfeileraufsätzen, bietet jedoch dann den Vorzug einer größeren Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen und einer bequemeren Verbindung der einzelnen, in Folge des Walzens mit glatten Oberflächen versehenen Theile. Hinsichtlich der konstruktiven Anordnung der Pfeiler zeigt sich bei dem System mit undurchbrochenen Wandungen, den statischen Gesetzen der relativ größten rückwirkenden Festigkeit und Stabilität bei gleichem Materialaufwand entsprechend, die Form des Hohlkörpers, insbesondere des hohlen Cylinders, angewendet, während bei dem offen gebauten System ein Fortschreiten von den, auch in ihrem Kern mit Tragsäulen versehenen Pfeilern bis zu jenen, die, dem angeführten statischen Prinzip entsprechend, zu vollständigen Hohlkörpern ausgebildet sind, stattfindet. War der Zweck jener, im Kern befindlichen Tragsäulen, die Hauptbelastung aufzunehmen, während der Mantel jener Pfeiler nur deren Stabilität zu befördern bestimmt war, so erfüllen die Wandungen der zu vollständigen Hohlkörpern ausgebildeten Pfeiler gleichzeitig den Zweck der Stabilität und der Uebertragung ihrer Belastung. Im Gegensatz zu den, aus einzelnen cylindrischen Röhren mit vollen Wandungen bestehenden, Brückenpfeilern erscheinen als die vollkommensten offen gebauten Pfeilerkörper diejenigen mit rechteckigem Horizontalschnitt, eine Form, welche sowol der Gestalt der nothwendig rechteckigen Auflagerfläche der Brückenträger sich trefflich anschließt, als auch den durch seitlich wirkende Kräfte, wie Windstöße, veranlaßten Biegungen der Pfeiler, aus theoretischen und praktisch bestätigten Gründen den wirksamsten Widerstand entgegensetzt. Die Zukunft wird aber die Frage zu erwägen haben, ob diesen, unten durch Verankerung im Sockelmauerwerk festgehaltenen, oben, abgesehen von ihrer Vertikalbelastung, durch Sturmwind horizontal und mehr oder minder gleichmäßig belasteten Körpern die Form einer abgestutzten, mit geraden Kanten versehenen Pyramide als die zweckmäßigste entspreche. Gerade die erforderliche schmale Auflagerfläche der Brückenträger weist auf eine nach oben zugespitzte Endigung der Pfeiler und theoretische Untersuchungen über, am einen Ende eingespannte und gleichförmig belastete, Balken auf andere als gerade Begrenzungslinien derselben hin.

Dritter Abschnitt.

Die Fundamente der eisernen Brücken.

Die Fundamente der eisernen Brücken bestehen meist, wie die Pfeiler derselben, aus Stein oder Eisen, jedoch wurden auch hölzerne Fundamente nicht ausgeschlossen. Bis zum Anfang der dreißiger Jahre unseres Jahrhunderts wurden die Brückenfundamente fast ausschließlich von Holz, insbesondere unter der Form des liegenden oder Pfahlrosts, oder von Stein, insbesondere unter der Form eines Mauer- oder Bétonkörpers, ausgeführt. Als die ersten Fundamente in Eisen sind die, gewöhnlich gußeisernen, an den Fuß zunächst schmiedeiserner Stangen befestigter, Schraubenflanschen Mitchells anzusehen, durch welche man vom Jahre 1834 ab gewissen Seebauten, wie Ankerpfählen, Leuchthürmen, Seehafendämmen und Landungsbrücken einen festen Stand, besonders in dem Sande des Seeufers, zu verschaffen wußte. Die auf die Anwendung der Schraubenpfähle zeitlich zunächst folgende, sich des Eisens bedienende Gründungsmethode war diejenige mit Anwendung gußeiserner Spundwände, wovon die im Jahre 1837 durch Kapitän Moorson in der Nähe von Tewkesburg über den Aven erbaute Eisenbahnbrücke wol das erste Beispiel darbietet, bei welcher eiserne Kästen vollständig montirt in das Flußbett hinabgelassen, eingerammt und hierauf mit Béton gefüllt wurden. Die beim Bau der New-Battersea-Brücke um das Jahr 1850 angewandte gußeiserne Spundwand wurde dagegen aus einzelnen gußeisernen Pfählen hergestellt, welche in Entfernungen von 2,74 Mtr. (9' engl.) eingerammt wurden und auf beiden Seiten mit Ruthen versehen waren, zwischen welche man gußeiserne Platten mittels eines eisernen Rammbaren und eines Aufsetzers aus Ulmenholz eintrieb. Nachdem diese Pfähle und Platten 5,18 bis 5,48 Mtr. (15 bis 18' engl.) in den Boden des Flußbettes eingerammt waren, wurde der durch dieselben gebildete Kasten mit Béton gefüllt, der sich mit dem Eisen erfahrungsgemäß trefflich verbindet. Auch bei dem Bau der von Page im Anfang der sechziger Jahre fundirten Chelsea- und Westminster-Brücke über die Themse in London wurde eine eiserne Umschließungswand aus runden, mit Ruthen versehenen Leit- und flachen Spund-Pfählen eingerammt und nach sorgfältiger Ausbaggerung des weichen Schlamm- und Sandbodens mit Béton ausgegossen, worauf zuletzt der massive Pfeilerkörper gestellt wurde. Das Bétonfundament der Westminster-Brücke enthielt zur Vermehrung seiner Widerstandsfähigkeit eine Anzahl hölzerner Klotzpfähle von einer, der Bétonschüttung gleichen

Höhe, über deren Köpfen große Granitblöcke versetzt und deren Zwischenräume mit Béton ausgefüllt wurden. Die gußeisernen Leitpfähle mit den auf den Kopfplatten der gußeisernen Spundpfähle aufgestellten Granitplatten bildeten Umschließungswände, zwischen welchen jene auf den hölzernen Kostpfählen ruhenden Granitblöcke mit ihrer Bétonfüllung zunächst eine Art Krost zur Aufnahme des massiven Pfeilerkörpers, der mit einem durchgehenden Granitsockel begann, darstellten.

Zur Vermeidung besonderer Spundwände und Fangdämme wendete der französische Ingenieur Pluyette im Jahre 1856 beim Bau der steinernen Brücke zu Nogent an der Marne eine Umhüllung des Fundaments aus Eisenblech an, deren oberer Theil, nachdem er den Dienst als Fangdamm verrichtet, wieder abgenommen wurde. Diese Blechhülle bestand aus drei Zonen, deren unterste einer 3 Mtr. hohen Bétonschiicht entsprach und aus dünnem Blech gebildet war, die mittlere, 3,5 hohe Zone dem größten, während der Ausführung des Mauerwerks stattfindenden Wasserdruck gewachsen, also am steifsten sein mußte und die oberste, 2,5 Meter hohe, später wieder entfernte Zone, dem geringeren Wasserdruck entsprechend, schwächer war. Jede Zone bestand aus mehreren Blechstreifen, die an ihren Horizontalfugen von außen durch angenietete Winkelleisen geschlossen und verstärkt wurden, während im Inneren vertikale, mit horizontalem Zuganker versehene T-Eisen angebracht waren, die beziehungsweise im Béton und Mauerwerk verblieben.

Als die nächsten, auf diese Schraubenpfähle und eisernen Umschließungen folgenden Anwendungen des Eisens zu Brückenfundamenten sind die im Jahre 1847 verwendeten engen, hohlen eisernen Cylinder anzusehen, welche ihr Erfinder Dr. Pott den Pfählen eines Pfahlkrost nachgebildet hatte und, indem er die im Innern der Pfähle enthaltene Luft möglichst verdünnte, statt durch Rammarbeit, durch den auf diese Weise erzeugten Ueberdruck der atmosphärischen Luft eintreiben ließ. Diese, deshalb von ihrem Erfinder pneumatische Cylinder genannten, unten offenen, oben mit einem luftdicht schließenden Deckel, durch welchen ein Luftrohr ging, versehenen gußeisernen Röhrenpfähle, welche in lockerem Boden, wie in Sand und losem Kies, durch einen Ueberdruck der äußern Luft in Verbindung mit dem eignen und einem besondern Belastungsgewichte mehr oder weniger leicht niedergedrückt, hierauf nach Abnahme des Deckels durch Herausheben des eingedrungenen Grundes entleert, nach luftdichter Befestigung des Deckels wieder evakuirt und weiter eingetrieben werden konnten, erwiesen sich bei Gründungen in festerem Baugrunde oder in weichem Baugrunde, worin man auf Hindernisse stieß, als unzureichend und wurden vom Jahre 1861 ab durch eiserne, luftdichte Cylinder ersetzt, aus welchen man durch Verdichtung der innern Luft das Wasser auspreßte und hierauf im Trocknen durch Handarbeit den Boden im Innern beseitigte und so den Cylin-

der, gleichfalls mit Hülfe seines eignen und eines besonderen Belastungsgewichts, nach und nach zum Niedergehen bis zum festen Baugrund zwang. Bei der in diesem Jahre begonnenen Fundation der Brücke über den *Medway* bei *Rocheſter*, woselbst man bei Gründung des einen Landpfeilers im Boden auf Holz und Steine, die wahrscheinlich von einer alten Brücke herrührten, gerieth und deshalb von der *Pott'schen* Gründungsmethode abgehen mußte, führte nämlich der die Ausführung der Brücke leitende Ingenieur *Hughes* das von *Triger*, *Cavé* und *Mongel* bereits im Jahre 1841 bei dem Abbau der reichen Kohlenflöze an der *Charente*, zwischen *Rocheſort* und *Ingrande* zur Durchsetzung einer etwa 20 Mtr. mächtigen, wasserführenden Sandschicht unter dem Wasserspiegel des Flusses angewandte Verfahren ein, welches darin bestand, die Luft in einer festgeschlossenen weiten Röhre zu verdichten und hierdurch das darin befindliche Wasser unter ihrem unteren Rande hinauszupressen, um in dem Inneren des Cylinders hinabsteigen und dort, durch Beseitigung des Bodens in der Mitte und am Rande des Cylinders durch Handarbeit, diesen zum allmäligen Niedersinken bringen zu können. Um das Ein- und Aussteigen der hierzu erforderlichen Mannschaft bewirken zu können, ohne den ganzen Vorrath der komprimirten Luft zu verlieren, hatte man auf das obere Ende der Röhre eine Luftschleuse, d. h. einen cylindrischen Aufsatz geschraubt, dessen doppelter, mit verschließbaren Oeffnungen versehener Boden den Arbeitern, sowie dem ausgehobenen Grunde, den Durchgang gestattete. Indem die genau schließenden Klappen dieser Böden nach einander geöffnet und hierdurch der Innenraum der Schleuse abwechselnd mit der äußeren und inneren verdichteten Luft in Verbindung gesetzt werden konnte, erhielt man selbst während dieses Durchganges die erforderliche Luftspannung im unteren Arbeitscylinder. Diese Spannung mußte bis zu der Wassertiefe von 20 Mtr. 3 Atmosphären betragen, um dieser Wassersäule und dem Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht zu halten; ein Luftdruck, bei welchem nach den von *Las Casas* vorher angestellten Beobachtungen Menschen noch leben und arbeiten konnten.

Diese auf die Anwendung verdichteter Luft basirte Fundationsmethode verdrängte bald das *Pott'sche* Gründungsverfahren und wurde, außer auf die Versenkung von Fundamentröhren eiserner, bis zum festen Baugrund hinreichender Brückenpfeiler, auch auf die Versenkung steinerne Brückenpfeiler und Fundamente angewendet, indem man auf einer eisernen Arbeitskammer, die mit eisernen, in Luftschleusen mündenden, beim Aufmauern ausgesparten Luft- und Arbeitsschächten versehen war, die Mauerung über Wasser ausführte und durch die Belastung des Mauerwerks, sowie durch die Bodenlösung im Innern der Arbeitskammer, gleichzeitig den allmäligen Niedergang des Pfeilers bis zum festen Baugrund bewirkte, worauf die Arbeitskammer sammt jenen Schächten, nach Entfernung der in ihnen befindlichen eisernen Röhren, nach-

einander mit Beton ausgefüllt und hierdurch ein massives Pfeilerfundament gebildet wurde.

An diese Herstellung massiver Brückenfundamente mittels komprimirter Luft reiht sich beim Bau der ostindischen Eisenbahn von Calcutta nach Delhi, für welche die Beschaffung des pneumatischen Gründungsapparates aus Europa zu kostspielig erschienen war, im Jahre 1861 die Anwendung eines, angeblich schon seit Jahrhunderten von den Eingebornen Ostindiens bei Fundirungen eingehaltenen, Verfahrens der Gründung von Brückenpfeilern auf einzelne runde, im Inneren hohle, gemauerte Senkbrunnen, welche, wie die gewöhnlichen Brunnen, durch ein gleichzeitiges allmähliges Ausgraben des Grundes im Innern und durch Aufmauern auf einem eisernen winkelförmigen, durch Eckbleche versteiften Kranz, einem sogenannten Schling, mit welchem sie verankert sind, bis auf den festen Baugrund gesenkt und dann durch eine gemauerte, allmählig vorgefragte Abdeckung unter einander verbunden wurden. Die Schwierigkeit der hierbei erforderlichen gleichzeitigen Versenkung mehrerer naheliegender Brunnen führte bei Erbauung der Parnitzbrücke in Stettin im Jahre 1866 zur Herstellung von Brückenpfeilern durch die Versenkung eines einzigen Senkbrunnens. Dies Verfahren, welches schon der ältere Brunel im Jahre 1825 bei Versenkung des großen cylinderförmigen, 30,48 Mtr. (100' engl.) im Durchmesser haltenden Arbeitsschachtes für den Themsetunnel an der Wapping-Seite durch plastischen und leetigen Thon bis zu einer Tiefe von 30,48 Mtr. (100' engl.) eingeschlagen hatte, wobei freilich durch den, in dem wasserundurchlässigen Baugrunde vorhandenen geringen Wasserzudrang die Gewinnung des Bodens durch gewöhnliche Handarbeit gestattet und dadurch das Gründungsverfahren wesentlich vereinfacht war, hatte sich bereits im Jahre 1861 bei Versenkung eines Wasserbrunnens von 12,19 Mtr. (40' engl.) innerem Durchmesser und aus 0,94 Mtr. (3' engl.) dickem Backsteinmauerwerke für eine Brauerei von Allsopp zu Burton am Trent in Sand- und Grandboden bis zu einer Tiefe von 12,19 Mtr. (40' engl.) auch bei Gegenwart von Wasser als ausführbar erwiesen. Durch die Anwendung einer, im untern Theile des runden und hohlen Drehpfeilers der Parnitzbrücke angebrachten, mit durch Luftschleusen abgeschlossenen Schächten versehenen, Arbeitskammer waren jene Verfahren wesentlich vervollkommen worden; eine Anordnung, welche bei den, aus je zwei kleinen, 8,13 Mtr. (25' 9" engl.) von Mitte zu Mitte entfernten Senkbrunnen von 5,65 Mtr. (18' preuß.) Durchmesser, die über Mittelwasser durch ein flaches, verankertes Gewölbe mit einander verbunden sind, gebildeten Landpfeilern derselben Brücke durch die Herstellung eines Steigerohrs für den Abfluß des Wassers im Innern der Röhre eine weitere Vervollkommnung erfahren hat. Zur Gründung von Brückenpfeilern auf einem einzigen Senkbrunnen mit der, ihrer Bestimmung

sich besser anschließenden rechteckigen Grundform dürfte die Versenkung der hohlen rechteckigen Pfeiler führen, welche bei Erbauung der, auf dem südlichen Ufer des Sandthorhafens in Hamburg erforderlichen, Kaimauer auf einem Bohlenkranz aufgemauert, nach Erhärtung des Mauerwerkes durch Ausbaggerung auf die erforderliche Tiefe gesenkt und dann zur Unterstützung des Kais durch Gurtbogen verbunden wurden.

Als die neueren, vorzugsweise auch zur Herstellung von eisernen Brücken angewandten Gründungsverfahren sind hiernach diejenigen mit eisernen Schraubenpfählen, welche bei Betrachtung der eisernen Brückenpfeiler besprochen worden sind, diejenigen mit Röhrenpfählen und Senkbrunnen oder Senkpfählern mit oder ohne Anwendung von verdünnter oder verdichteter Luft, sowie die Gründungen mit Anwendung eiserner Spundwände zu unterscheiden, welche letzteren, indem wir die älteren, unter anderen in dem zweiten Bande der Schule der Baukunst²¹⁹⁾ behandelten, Gründungsverfahren als bekannt voraussetzen, zunächst zu betrachten sind.

Erstes Kapitel.

Die Fundamente mit eisernen Umschließungen.

I. Die gußeisernen Umschließungen.

Auf die, von Mitchell im Jahre 1834 vorgeschlagene und bewirkte, erste Anwendung des Eisens zur Herstellung von Brückenstützen aus Schraubenpfählen, welche im zweiten Kapitel des vorigen Abschnitts von Seite 393 bis 399 dargestellt und beschrieben sind, folgte im Jahre 1837 als die zweite Anwendung des Eisens zu Gründungen die Herstellung von eisernen Senkkästen, um welche Zeit Kapitän Moor'son die Gründung einer Eisenbahnbrücke über den Aven in der Nähe von Tewkesbury²²⁰⁾ durch Herablassen eines vollständig fertig zusammengesetzten eisernen Kastens bis auf das Flußbett, durch Einrammen, Ausschöpfen der weichen Bodentheile und Ausfüllen desselben mit Beton bewirkt und hierdurch die Anlage von Fangdämmen und das Ausschöpfen des Wassers umgangen hatte.

Auch das beim Bau der neuen Battersea-Brücke²²¹⁾ im Jahre 1851 in Anwendung gekommene Verfahren hatte den Zweck, die Gründung der Pfeiler ohne Fangdämme, jedoch nicht mittels fertig montirter, sondern aus successive eingerammten eisernen Spundpfählen gebildeten Spundwände zu bewirken, deren

innerer Raum dann ebenfalls mit Béton ausgefüllt werden sollte. Das Einrammen der eisernen, auf beiden Seiten mit Nuthen versehenen Leitpfähle der Spundwand erfolgte hinter einer, zuvor nach Maßgabe der zuerst aufgestellten Merkpfähle um die Baustelle des zu gründenden Pfeilers geschlagenen, hölzernen Spundwand in Entfernungen von 2,74 Mtr. (9' engl.), zwischen welche hierauf die in jene Nuthen passenden, gußeisernen Platten mittels eines eisernen Kamm bären und eines umgekehrt T-förmigen Aufsetzers von Ulmenholz, dessen unterer wagrechter Theil eine Stärke von 35 Cmt. (14" engl.) im Quadrat bei 2,29 Mtr. ($7\frac{1}{2}'$ engl.) Länge, und dessen oberer senkrechter Theil 3,05 Mtr. (10' engl.) Länge hatte, eingetrieben wurde. Die auf diese Weise 5,2 bis 5,5 Mtr. (17 bis 18' engl.) in den Boden des Flußbetts hinabgetriebenen Leitpfähle und Platten wurden, nachdem der aus ihnen gebildete Kasten geschlossen war, mit Béton ausgefüllt, der nach den zuvor gemachten Erfahrungen sich mit dem Eisen fest verband.

Der vorbeschriebenen Gründung mit Umgehung der Fangdämme ähnlich waren die Fundirungen, welche Page bei Erbauung der dem Chelsea-Hospital in Chelsea oberhalb London gegenüber gelegenen, im Jahre 1852 begonnenen Kettenbrücke²²²⁾, sowie bei der, an Stelle der aus 15 gemauerten Halbkreisbogen bestehenden alten Westminsterbrücke, welche von Portlandstein erbaut und in Folge der Wetterunbeständigkeit dieses Materials vielfachen Reparaturen ausgesetzt gewesen war, im Jahre 1854 begonnenen neuen Westminsterbrücke²²³⁾ mit sieben, zwischen zwei Land- und sechs Zwischenpfeiler aus Mauerwerk eingesetzten, gußeisernen Bogen. Die Chelsea-Kettenbrücke, welche einen ganzen und zwei halbe Kettenbogen besitzt, erforderte hiernach die Gründung zweier, 213,36 Mtr. (700' engl.) absteher Land- und zweier 107,29 Mtr. (352' engl.) von einander entfernten Mittelpfeiler, welche 5,79 Mtr. (19' engl.) Breite und 26,82 Mtr. (88' engl.) Länge haben, und zu deren Gründung in 0,91 Mtr. (3' engl.) Entfernung 32,5 Cmt. (13" engl.) im Quadrat haltende hölzerne Pfähle eingerammt, 7,62 Mtr. (25' engl.) unter dem Wasserspiegel abgeschnitten und mit einer Spundwand aus gußeisernen Platten und Pfählen umgeben wurden. Zwischen diese 2,74 Mtr. (9' engl.) von einander entfernten Pfähle wurden jene 2,5 Cmt. (1" engl.) starken, mit 15 Cmt. (6" engl.) hohen Rippen versehenen, gußeisernen Platten eingetrieben. Nachdem der zwischen den hölzernen Pfählen befindliche Grund so weit als nöthig ausgehoben war, wurde dieser Raum mit, aus 5 Theilen Kies und 1 Theil blauem Kalk bestehendem, Konkret ausgefüllt, worauf zwei Schichten Sandsteinquader versetzt wurden, welche den mit dem Kettenauflager versehenen, gußeisernen Thürmen als Unterbau dienen.

Die erwähnten sechs Zwischenpfeiler der neuen Westminsterbrücke, s. Fig. 1061 bis 1064, wurden in der Höhe des größten Wasserstandes 3,05 Mtr. (10'

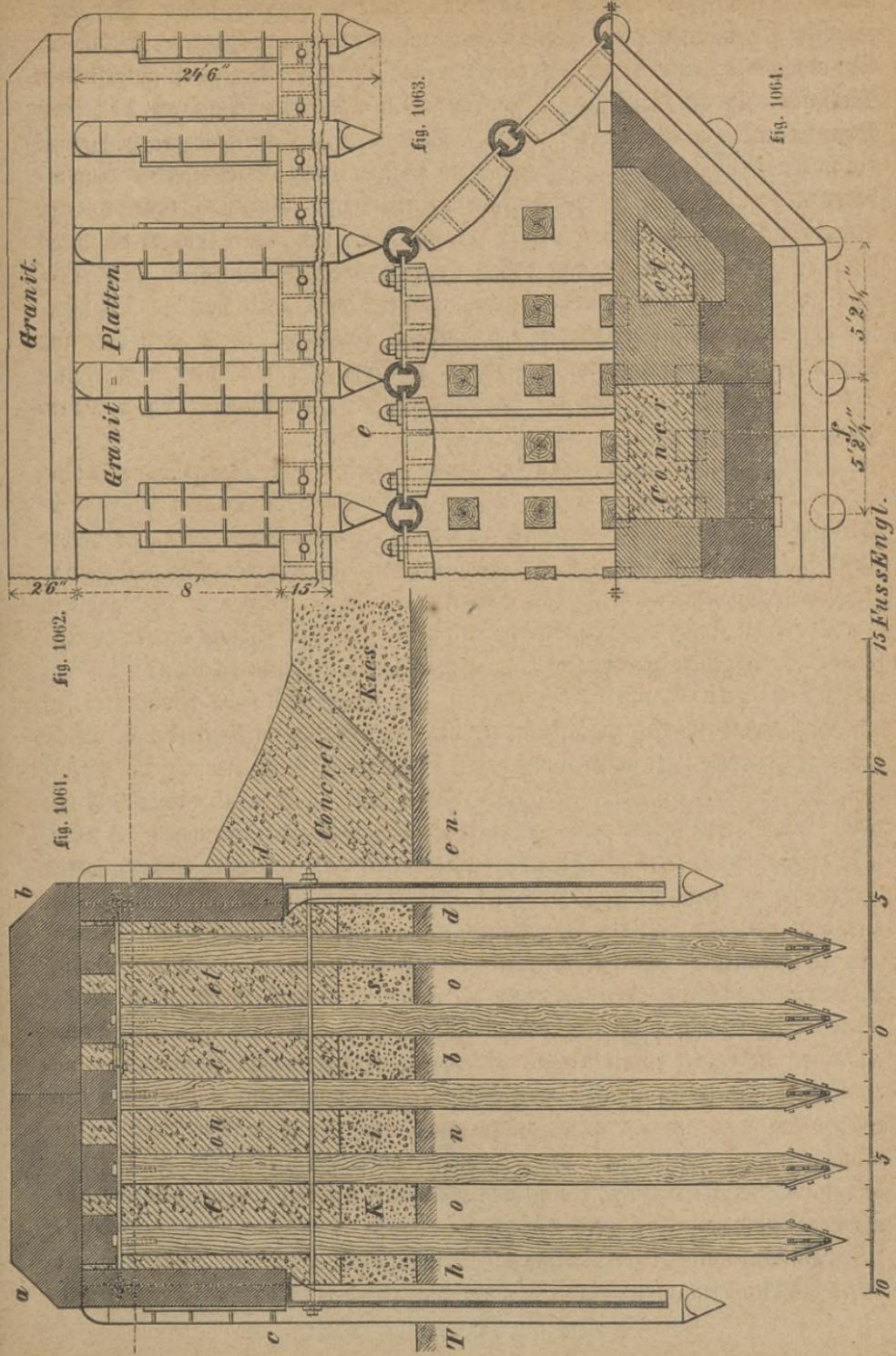


Fig. 1061 bis 1064. Fundament der Westminster-Briicke über die Themse in London

15 Fuss engl.

engl.) stark aus Granitquadern im Aeußeren mit einer Hintermauerung aus Ziegelstein hergestellt. Das Innere der Pfeiler erhielt nur unter den je 15 gußeisernen Bogenrippen des Ueberbaues massive Quermauern, während die zwischen denselben enthaltenen Räume mit Konkret gefüllt sind. Die massiven Pfeiler reichen bis 0,61 Mtr. (2' engl.) über den höchsten Wasserstand, von wo der Eisenbau beginnt. Unter jedem Zwischenpfeiler wurden 145 kieferne, 37,5 Cmtr. (15" engl.) im Quadrat starke, 9,14 Mtr. (30' engl.) lange Pfähle in Reihen von je 3 und 5 Stück bis auf 5,2 bis 5,5 Mtr. (17 bis 18' engl.) in das unter einer 1,52 bis 2,44 Mtr. (5 bis 8' engl.) mächtigen Kieselschicht befindliche Thonlager eingerammt. Diese hölzernen Pfähle sind von einer, aus runden halben Leitpfählen und flachen Spundpfählen bestehenden, gußeisernen Wand umgeben, deren 7,47 Mtr. (24' 6" engl.) lange, 37,5 Cmtr. (15' engl.) starke Leitpfähle so tief eingerammt wurden, daß ihre Köpfe 0,61 Mtr. (2' engl.) über den niedrigsten Wasserstand hervorragten. In die auf beiden Seiten der Leitpfähle angegossenen Ruthen wurden die 4,57 Mtr. (15' engl.) langen, 2,5 Cmtr. (1" engl.) starken Spundpfähle so tief eingerammt, daß deren in eine breite horizontale Kopfplatte endigender Kopf noch 1,83 Mtr. (6' engl.) unter dem niedrigsten Wasserstande verblieb. Auf dem Kopfe dieser Spundpfähle und zwischen jenen Leitpfählen wurden 2,44 Mtr. (8' engl.) hohe, 45 bis 50 Cmtr. (18 bis 20" engl.) dicke Granitplatten aufgestellt, welche somit den zwischen den Leitpfählen verbliebenen Zwischenraum schlossen und in gleicher Höhe mit diesen letzteren endigten. Nachdem aus dem, zwischen den Kostpfählen enthaltenen, Räume aller Schlamm und Sand bis auf den festen Kies ausgebaggert, die oberen Enden der gegenüberstehenden Platte durch Taucher mittels 5 Cmtr. (2" engl.) starker Zuganker unter einander verbunden waren, wurden die Kostpfähle 15 Cmtr. (6" engl.) über dem kleinsten Wasser wagerecht abgeschnitten und deren Köpfe sowie die eisernen Leitpfähle durch 20 Cmtr. (8" engl.) breite, 2,5 Cmtr. (1" engl.) starke, in dieser Höhe eingezogene und verschraubte Flacheisen unter einander verankert. Alle Zwischenräume innerhalb der eisernen Wände wurden hierauf mit Konkret aus Kies und Portlandcement bis zu den Pfahlköpfen ausgefüllt, auf alle Pfahlköpfe 45 Cmtr. (18" engl.) hohe, 0,61 Mtr. (2' engl.) im Quadrat haltende Granitblöcke verlegt und deren Zwischenräume ebenfalls mit Konkret gefüllt. Die in der vorbeschriebenen Weise durch die Hohlpfähle und Granitplatten hergestellte Umschließungswand bildete mit den auf den Kostpfählen ruhenden Steinblöcken, sammt dem zwischen dieselbe eingefüllten Konkret, eine 0,61 Mtr. (2' engl.) über dem niedrigsten Wasserstand liegende wagerechte, zur Aufnahme des massiven Pfeilerkörpers geeignete Grundlage, der mit einem 0,76 Mtr. (2½' engl.) hohen, ganz durchgehenden Granitsockel begann. Zum Schutze gegen Unterspülungen wurde der außerhalb der eisernen Wand befindliche Kies ringsum bis auf den Thon ausgebaggert und der hierdurch gebildete Graben mit Konkret ausgefüllt.

II. Die schmiedeisernen Umschließungen.

Statt der vorbeschriebenen, gußeisernen Umschließungen wendete der französische Ingenieur *Pluyette* beim Baue der steinernen Brücke zu *Moquent* über die *Marne* ²²⁴⁾, deren Flußbett an der Baustelle sehr beweglich ist und aus einer 1 Mtr. starken Sand- und Schlammsschicht, aus zwei 1,5 Mtr. starken Schichten von Klaiboden und Thon mit Sand und etwa 3 Mtr. unter der Sohle oder 7 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande aus grobem, tragfähigem Sande besteht, im Jahre 1856 zur Vermeidung der Spundwände und Fangdämme eine Umhüllung des Fundaments aus Eisenblech an, deren oberer Theil, nachdem er als Fangdamm gedient, wieder abgenommen wurde. Um eine dereinstige Zerstörung des unteren, die Spundwand vertretenden Theils der Blechwand unschädlich zu machen, beschränkte er die Höhe der Bétonschiht auf 3 Mtr. und begann mit dem Quadermauerwerk schon in der Höhe der Flußsohle. Nach dieser allgemeinen Anordnung wurde die Blechhülle in drei Zonen eingetheilt, deren unterste, der Höhe der Bétonschiht entsprechende, aus dünnem Blech bestand, deren mittlere, 3,5 Mtr. hohe, dem während der Ausführung des Mauerwerks eintretenden größten Wasserdruck gewachsen sein sollte, also die größte Stärke erhielt, und deren oberste, 2,5 Mtr. hohe, einem geringeren Wasserdruck ausgesetzte, nach Auführung des Mauerwerks wieder entfernt werden konnte. Jede an den Ecken abgerundete Eisenblechhülle war 11,75 Mtr. lang, 10 Mtr. weit, und jede Zone bestand wieder aus Ringen, welche an ihren Horizontalverbindungen durch Niete mit, die Hüllen äußerlich umschließenden, Eckisen verbunden waren, während sich im Innern vertikale, zur Befestigung der im Béton resp. Mauerwerke verbleibenden Zuganker dienende, T-Eisen befanden. Die Blechstärke der unteren Zone betrug in den Seitenflächen 4,5 Mmtr., in den gekrümmten Flächen 4 Mmtr., während die $\frac{2}{3}$ Cmtr. starken Zuganker 3,917 Mtr. von einander entfernt waren. Die Blechstärke der mittleren Zone betrug 10 Mmtr. in den Seiten- und 8 Mmtr. in den runden Flächen, während die ebenfalls 3,917 Mtr. von einander entfernten Zuganker I-förmigen Querschnitt erhielten. Die äußeren Gurtungen, deren Eckisen bei 15 Mmtr. Stärke 10 und 20 Cmtr. Seite hatten, wovon die erstere sich an die Hülle lehnte, kehrte hier in 1,5 Mtr. Höhe wieder. Die Blechstärke der dritten Zone, welche in vertikale, durch lösbare Bolzen verbundene Felder getheilt war, die nach dem Gebrauch beseitigt werden konnten, betrug 4,5 Mmtr. in den Seiten- und 3,5 Mmtr. in den abgerundeten Flächen, während die hier verwendeten Eckisen, bei 8 Mmtr. Stärke, 6 Cmtr. Seite hatten. Die Abnahme der dritten Zone wurde mit 2 Haspeln bewirkt, nachdem man das Wasser ausgepumpt, die Verbindungsschrauben gelöst und provisorisch durch Korkpfropfen ersetzt hatte. Da die

Hülle nach dem Ausschöpfen des inneren Wassers dem Drucke der äußeren Wasser- säule nicht widerstehen konnte, so brachte man darin beim Ausschöpfen eine proviso- rische Auszimmerung an, welche nach Maßgabe des Fortschritts der Ausmauerung wieder entfernt wurde. Jede Blechhülle wurde auf einer Rüstung ausgeführt, welche man über zwei Rähne von angemessener Größe gelegt hatte. Nach Voll- endung der ersten Zone hob man dieselbe mittels acht, auf einem Gerüst befindlicher Schrauben an, entfernte jene Rüstung und ließ die Zone zwischen den Schiffen so tief herabsinken, als nöthig war, um mit dem Ausbringen der zweiten Zone vorgehen zu können. Nach Vollendung der Hülle wurde sie auf den Schiffen nach der gehörig ausgebaggerten Baustelle geführt und dort bis auf den festen Boden gesenkt; eine Operation, welche fünf Stunden in Anspruch nahm. Hierauf wurde der Grund innerhalb der Umschließung mit Handbaggern ge- hörig gereinigt und dann die Versenkung des Bétons vorgenommen. Nach Mittheilung des Erbauers betragen bei jeder Hülle die Gewichte

| | |
|--------------------------------|---------------|
| der beiden unteren Zonen . . . | 63299,85 Kg., |
| der dritten Zone | 6577,15 = |
| zusammen 69877,00 Kg., | |

| | |
|--|--------------|
| die Bearbeitungskosten des Eisens p. Kg. | 0,200 Fres., |
| die Kosten der Zusammensetzung, Rüstung, Schiffsmiethc rc. | |
| p. Kg. | 0,186 = |
| die Versenkungskosten der Hülle desgl. | 0,003 = |
| daher in Summa p. Kg. 0,389 Fres. | |

Die Wasserförderungskosten waren sehr gering, obwol die Wasser säule $5\frac{1}{2}$ Mtr. betrug, und erreichte unter Anwendung einer Lokomotive und einer Pumpe, die nicht über 30 Kubmtr. per Stunde lieferte, nur den Betrag von 1500 Fres. für jeden Pfeiler; ein Beweis, daß die Hülle einen sehr guten Abschluß des Wassers gewährte. Als besonderer Vortheil dieser Blechhüllen ist die Mög- lichkeit anzusehen, sie schon im Winter anzufertigen und bei günstigem Wasser- stande sofort zu benutzen; Umstände, welche eine nicht unbedeutende Beschleu- nigung der Gründungsarbeiten herbeiführen können.

Die neueste Anwendung schmiedeiserner Hüllen um Bétonfundamente stei- nerer Brückenpfeiler wurde bei der vom Baudirektor Berg im Jahre 1866 bis 1868 ausgeführten zweigleisigen Brücke über die große Weser in Bre- men²²⁵⁾ in der Bremen-Oldenburger Eisenbahn, s. Fig. 1065 bis 1074, ge- macht, welche, von der Neustadtseite auf dem linken Weserufer ausgehend, drei feste, mittels je dreier Parabelträger überbrückte Oeffnungen von je 45,57 Mtr. (157',48 Brem.), zwei Drehbrücken-Oeffnungen für eine zweiarmlige parabolische Drehbrücke von je 18,61 Mtr. (64',32 Brem.) und eine kleinere feste, mittels dreier kleinerer Parabelträger überbrückte Oeffnung von 18,24 Mtr. (63',04 Brem.) Spannweite, daher außer zwei Landpfeilern zwei einfache Strompfeiler,

einen Drehpfeiler und zwei Aufschlagepfeiler enthält. Während jene Landpfeiler auf Pfahlrost mit davorgeschlagenen hölzernen Spundwänden gegründet sind, erfolgte die Bétongrundamentirung der Strom-, Dreh- und Aufschlagepfeiler in schmiedeisernen, die Spundwände ersetzenden Senkkästen, welche auf 3,47 Mtr. (12' brem.) unter Null hinabgehen und, nach vorhergängiger Ausbaggerung der Flußsohle, an starken, auf je zwei, in genügendem Abstände von einander gekuppelten, Transportschiffen errichteten Gerüsten aufgehängt, von diesen mittels Flaschenzügen und Ketten auf die Flußsohle hinabgelassen, hierauf mit Béton ausgefüllt und mit einem starken Steinwurf umgeben wurden.

Nach Feststellung der Brückenbaustelle, an welcher die von Oldenburg kommende Eisenbahn den Weserstrom innerhalb der Stadt Bremen übersetzen sollte, hatten Bohrungen, die zwischen gekuppelten Schiffen mittels gewöhnlicher Löffelbohrer innerhalb gußeiserner, in das Bohrloch eingelassener Röhren ausgeführt wurden, an verschiedenen Stellen der Baulinie ergeben, daß der feste, kiesartige Sand schon in einer Tiefe von 2,89 Mtr. (10' brem.) unter Null sehr fest wurde und daß man bereits bei 2,89 bis 3,47 Mtr. (10' bis 12' brem.) unter Null selbst mit dem belasteten und starkbemannten Bohrer nur sehr wenig mehr einzudringen vermochte. Die in das Strombett eingerammten Probepfähle konnten durch eine Kunststramme mit 950 Pfd. schwerem Bär bei 6,93 Mtr. (24' brem.) nur schwer und bei 4,05 Mtr. (14' brem.) Tiefe unter Null wenig oder gar nicht mehr eingetrieben werden, während ein in die Baulinie gelegter Dampfbagger, welcher an einzelnen Stellen den Sand aus einer Tiefe von 3,47 Mtr. (12' brem.) unter Null hervorholte, schon bei 3,18 Mtr. (11' brem.) unter Null einen reinen, von Erdtheilen und Verunreinigungen freien, grobkörnigen und kiesigen Sand zu Tage förderte. Da es unter diesen Umständen zweifelhaft erschien, ob man hölzerne, zur Aufnahme der Bétonschüttung bestimmte Spundwände, namentlich in den höher gelegenen Stellen der Flußsohle, bis zu der erforderlichen Tiefe dicht geschlossen hinabtreiben könnte, auch die auf 3,47 Mtr. (12' brem.) unter Null projektierte Bétonsohle wegen der auf 2,31 Mtr. (8' brem.) unter Null zu haltenden Tiefenlage des Fahrwassers nicht höher zu legen war, so gestattete die erwähnte Gründungsmethode, die Vortheile einer starken Bétongrundamentirung mit denen einer sicher und leicht ausführbaren, nicht unter — 3,47 Mtr. (12' brem.) herabgehenden Umschließung zu vereinigen. Zudem hatte ein vergleichender Kostenanschlag ergeben, daß dieselbe etwa 68,000 Thlr. billiger, als eine solche auf Pfahlrost in Fangdämmen auszuführen wäre, während letztere überdies wegen bedeutenderer und länger dauernder Raumversperrung den Schiffsverkehr während der Bauzeit mehr beeinträchtigt haben würde.

Die nach unten erweiterten Senkkästen der Strompfeiler, s. Fig. 1065 bis 1069, erhielten, dem Grundriß der letzteren entsprechend, eine schmale, rechteckige,

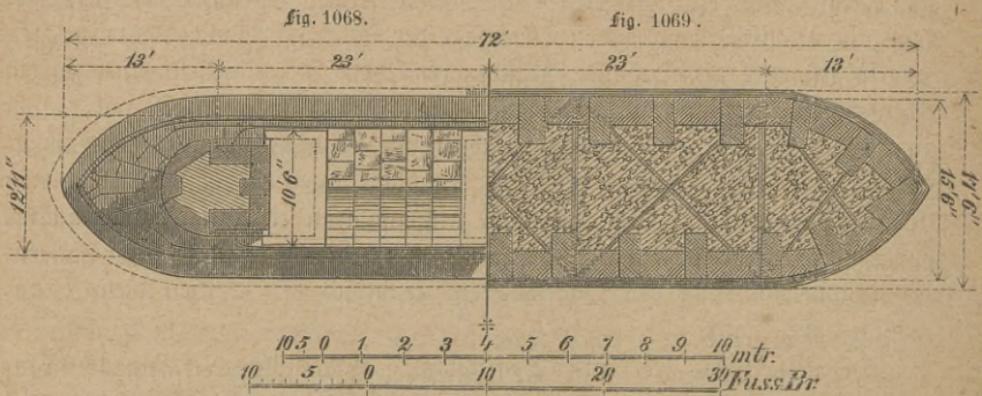
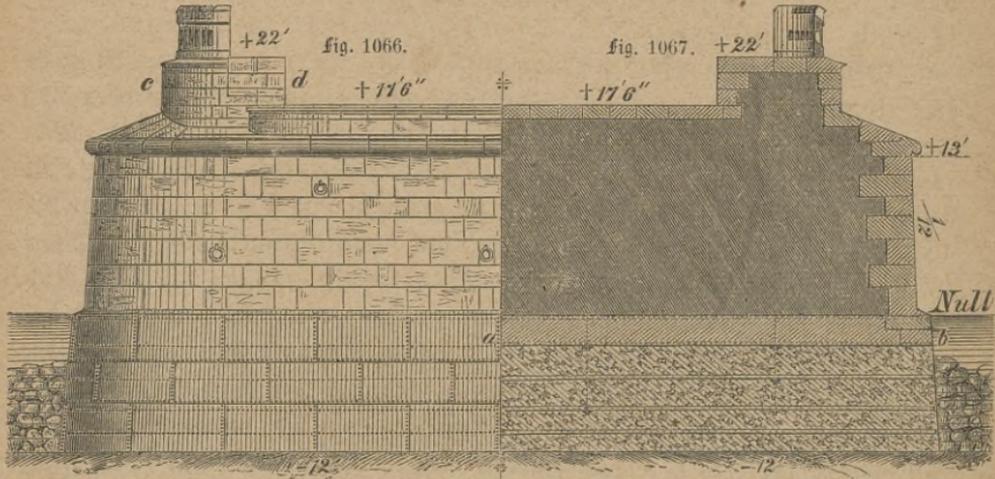
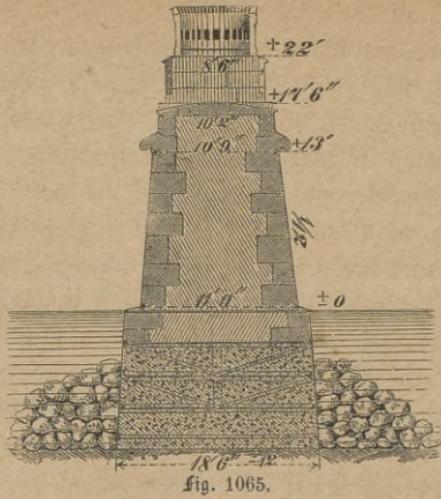


Fig. 1065 bis 1069. Pfeiler der Brücke über die große Weser in Bremen.

in je zwei spitzbogige, an der Spitze etwas abgerundete Köpfe endigende Form, während der Senkkästen des stärkeren Drehpfeilers nur zwei spitzbogige Köpfe mit abgerundeten Spitzen besitzt. Alle fünf Senkkästen wurden aus je drei, je 1,16 Mtr. (4' breim.) hohen Zonen von $\frac{3}{8}$ " engl. starkem, sogenanntem Schiffsblech mittels $\frac{3}{43}$ ölliger Nieten in $2\frac{1}{23}$ ölliger Nietenfernung bei $2\frac{1}{2}$ " Ueberlappung wasserdicht zusammengenietet und durch Winkleisen von $3'' \times 3'' \times \frac{7}{16}$ " engl., an welche zugleich die zur Versteifung der Kästen gegen den Druck des Wassers, der Bétonausfüllung und des umgebenden Steinwurfs erforderlichen Quer- und Diagonalversteifungen aus T- und Flach-Eisen angenietet wurden. Um ein ungleichmäßiges Eindringen ihrer unteren scharfen Kante in die ausgebaggerte Flußsohle zu verhindern und ihnen einen sichern Stand auf derselben zu verschaffen, wurden in ihrem Innern und in einem Abstände von 29 Cmtr. (1' breim.) über ihrer Unterkante ringsherum Winkleisen angenietet, unter welchen vor der Absenkung 58 Cmtr. (2' breim.) lange, 29 Cmtr. (1' breim.) hohe und 17 Cmtr. (6" breim.) starke eichene Klöße in Entfernungen von 0,87 Mtr. (3' breim.) befestigt wurden.

Der Senkkasten für den Drehpfeiler erhielt in der Höhe der Nulllinie eine Breite von 12,43 Mtr. (43' breim.) und eine Länge von 20,81 Mtr. (72' breim.), daher bei $\frac{1}{12}$ Anlauf an der Unterkante eine Breite von 13 Mtr. (45' breim.) und eine Länge von 21,38 Mtr. (74' breim.). Die zu seiner Absteifung verwandten T-Eisen messen $12,5 \times 12,5 \times 0,9$ Cmtr. ($5'' \times 5'' \times \frac{3}{8}$ " engl.), die Flachisen $7,5 \times 0,9$, $25 \times 0,9$ und $17 \times 0,9$ Cmtr. ($3'' \times \frac{3}{8}$ ", $10'' \times \frac{3}{8}$ " und $6'' \times \frac{3}{8}$ " engl.), die Winkleisen $7,5 \times 7,5 \times 1,1$ Cmtr. ($3'' \times 3'' \times \frac{7}{16}$ " engl.).

Die Senkkästen der Aufschlagepfeiler der Drehbrücke erhielten in der Höhe der Nulllinie eine Breite von 4,79 Mtr. (16' 6" breim.) und eine Länge von 20,81 Mtr. (72' breim.), mithin bei $\frac{1}{12}$ Anlauf von der Unterkante eine Breite von 5,37 Mtr. (18' 6" breim.) und eine Länge von 21,38 Mtr. (74' breim.). Die zu ihrer sowie zur Absteifung der Strompfeiler angewandten T-Eisen messen $12,5 \times 12,5 \times 0,9$ Cmtr. ($5'' \times 5'' \times \frac{3}{8}$ " engl.), die Flachisen $12,5 \times 0,9$ und $7,5 \times 1,25$ Cmtr. ($3'' \times \frac{3}{8}$ " und $3'' \times \frac{1}{4}$ " engl.), die Winkleisen $7,5 \times 7,5 \times 1,1$ Cmtr. ($3'' \times 3'' \times \frac{7}{16}$ " engl.).

Die Senkkästen für die beiden Strompfeiler enthielten in der Höhe der Nulllinie eine Breite von 4,5 Mtr. (15' 6" breim.) und eine Länge von 20,81 Mtr. (72' breim.), was bei $\frac{1}{12}$ Anlauf an der Unterkante eine Breite von 5,08 Mtr. (17' 6" breim.) und eine Länge von 21,38 Mtr. (74' breim.) ergibt.

Der während und zur Herstellung des Pfeilermauerwerks zwischen der Oberfläche der Bétonlage und dem jeweiligen Wasserstand erforderliche Fangedamm bestand in einem, bis zu 1,16 Mtr. (4' breim.) über Null reichenden,

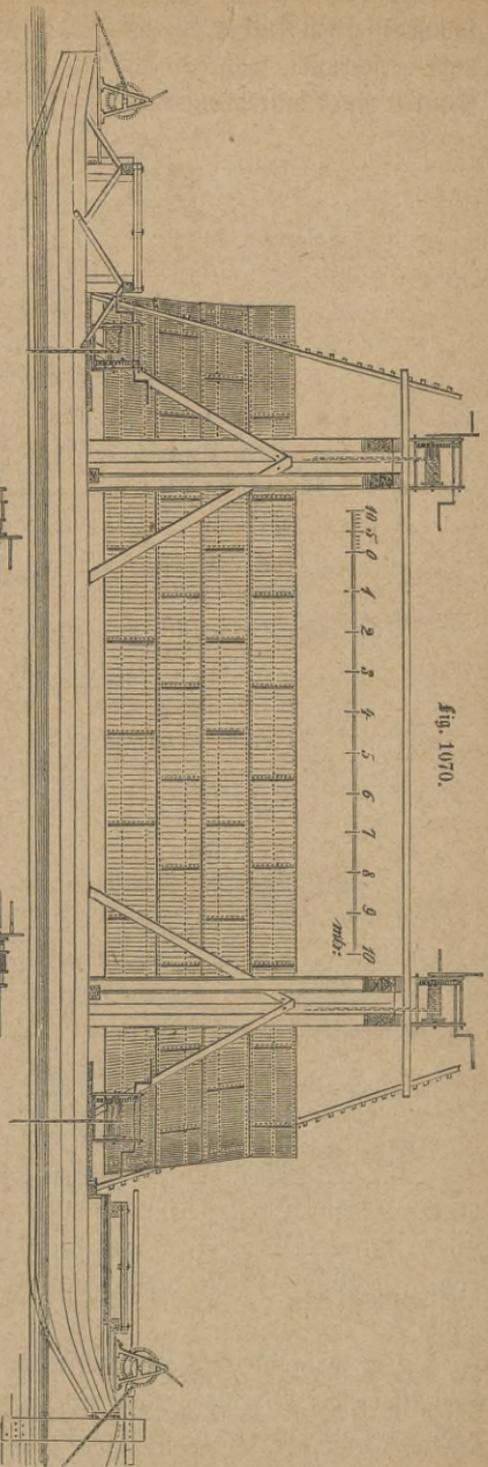


Fig. 1070.

Fig. 1072.

Fig. 1071.

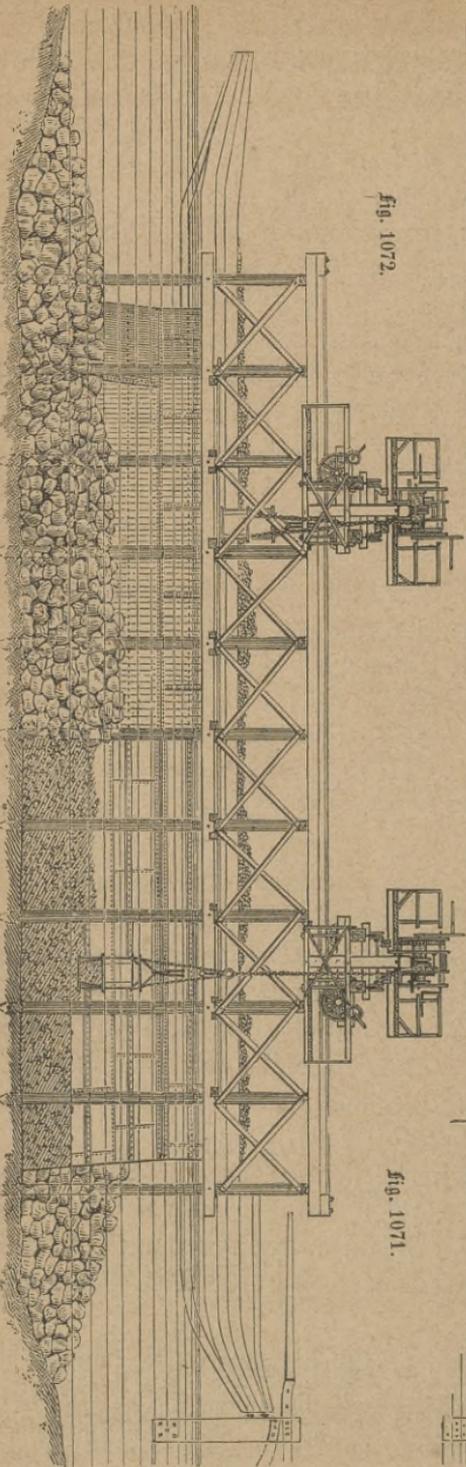


Fig. 1070 bis 1072. Fängemaschke und Fängendurchschnitt eines in der Gründung begriffenen Pfeilers der Brücke über die große Weier in Bremen.

schmiedeeisernen Aufsatz, der mit dem Senkkasten in der Höhe der Nulllinie wasserdicht verschraubt, während jener Maurerarbeit wasserdicht erhalten und später bei Eintritt eines hinreichend niedrigen Wasserstandes wieder abgenommen wurde.

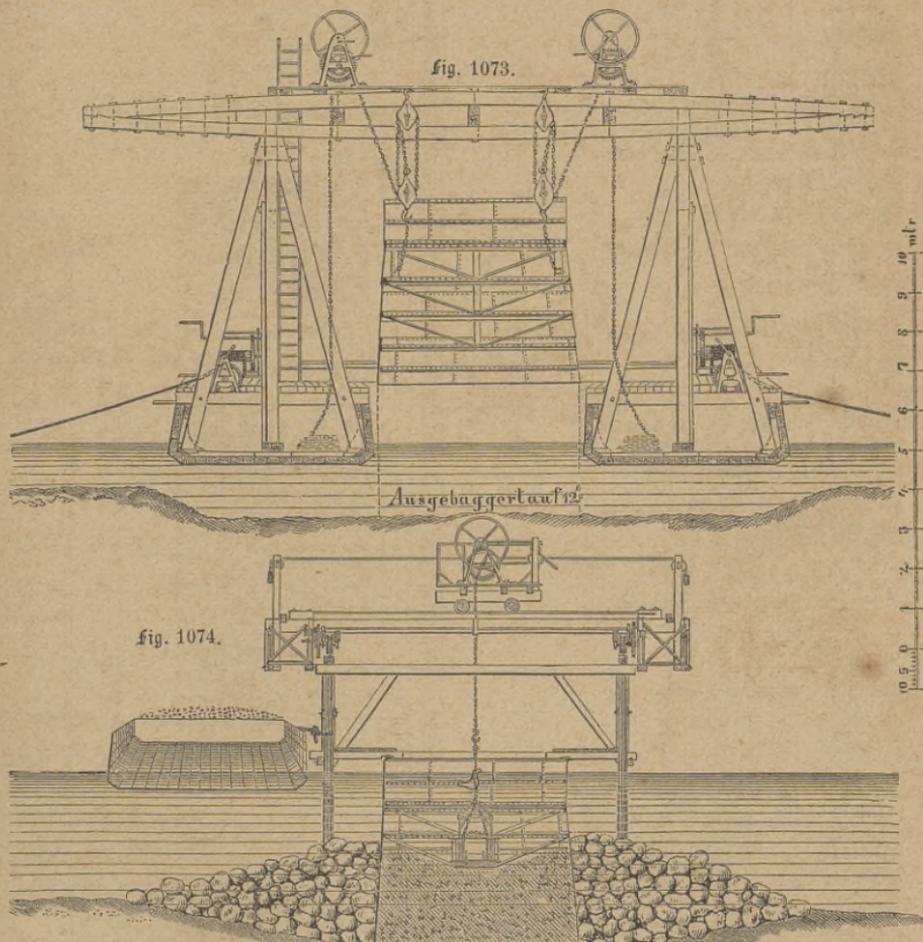


Fig. 1073 und 1074. Seiten-Ansicht und Querschnitt eines in der Gründung begriffenen Pfeilers der Brücke über die große Weser in Bremen.

Das Gewicht der Senkkästen sammt diesem Aufsätze betrug

für die Strompfeiler . . $2 \times 54,306$ Pfd.,

„ „ Aufschlagpfeiler $2 \times 54,957$ =

„ „ Drehpfeiler . . $80,157$ = zusammen $298,682$ Pfd.,

und wurde von der Firma C. Waltjen u. Co. in Bremen deren Anfertigung um den Preis von rund 16,000 Thln., deren Absenkung in Zeit von 65 Tagen um die Summe von rund 2450 Thln. für Gerüst- und Schiffskosten zc. bewirkt, was bei einer gesammten Fundamentsfläche von rund 6605 □Fuß brem. für Umschließung der Baugrube mit Spundwand und Fangdamm

2 Thlr. 57, 6 Grt. brem. für den Bremener Quadratfuß oder 36 Thlr. 22 Sgr. für den □ Mtr. beträgt.

Vor Absenkung der Kästen wurde durch stromauf- und abwärts, sowie durch seitwärts eingeschlagene Richtungspfähle die Pfeiler- und beziehungsweise Brücken-Axe genau abgesteckt, das Strombett gleichmäßig tief und, um einem zu raschen Versanden der Baugrube vorzubeugen, in hinreichender Länge und Breite mit etwa $\frac{1}{6}$ füßigen Dossirungen bis auf 3, 47 Mtr. (12' brem.) unter Null ausgebaggert, unmittelbar nach Vollendung dieser Arbeit der vollständig fertig zusammengesetzte und an den über den Transportschiffen aufgebauten starken Gerüsten mittels Ketten, Flaschenzügen und Winden aufgehängte Kästen, s. Fig. 1070 und 1073, durch einen Schleppdampfer von der Fabrik des Lieferanten binnen 2 Stunden an die Baustelle transportirt, die Transportschiffe vor vier Anker, deren Ketten um eben so viele Winden liefen, gelegt und mittels dieser sammt dem Senfkasten binnen durchschnittlich 4 Stunden in die Richtung der beiden erwähnten Axenlinien gebracht, worauf der Kasten durch Nachlassen der Winden auf etwa 3, 18 Mtr. (11' brem.) hinabgelassen, nochmals nach beiden Axen einvisirt und nachgerichtet und dann vollständig auf die Flußsohle gesenkt wurde. Mit den zwei Stunden, welche diese letzte Manipulation in Anspruch nahm, erforderte also die Absenkung der Kästen einschließlich ihres Transportes bis zur Baustelle etwa 8 Stunden. Unmittelbar nach Absenkung der Kästen wurden von zwei Schiffsrüstungen aus, in einem Abstände von etwa 1, 16 Mtr. (4' brem.) von der Langseite eines Kastens, elf Stück 8, 67 Mtr. (30' brem.) lange, scharf zugespitzte Pfähle mittels Zugamme 1, 45 bis 1, 73 Mtr. (5 bis 6' brem.) tief in das Flußbett geschlagen und unverweilt die aus Porta und weißen Sandsteinen bestehenden Steinwürfe mittels großer Transportfähne von 60 bis 80 Last Tragfähigkeit, sogenannter Weserböcke, welche sich dicht an jene Pfähle legten, eingebracht, worauf man die durch Peilungen ermittelten Unebenheiten so lange ausglich, bis eine regelmäßige Böschung erreicht war. Während die Steinwürfe der Strompfeiler nur einen kleinen Umkreis bedeckten, wurde der Steinwurf des Drehpfeilers über die angrenzenden Drehöffnungen auf eine Strecke von 1, 16 Mtr. (4' brem.) ausgebreitet, wodurch die Flußsohle auf die vorgeschriebene Wassertiefe von 2, 31 (8' brem.) unter Null zu liegen kam. Die erwähnten, an der Langseite der Kästen eingeschlagenen Pfähle wurden noch während des Einbringens der Steinwürfe verstrebt und verholmt, die Holmen mit Eisenbahngeleisen für zwei zum Versenken des Bétons bestimmte Laufrahnen belegt und dieser aus eisernen, mit Bodenklappen versehenen, nach dem System Michalick konstruirten Senfkästen eingebracht, wobei die Absteifungen dieser Kästen der dichten und gleichmäßigen Vertheilung des Bétons kein Hinderniß entgegensetzten. Der angewandte Béton bestand aus 8 Theilen Steinschlag und 5 Theilen, aus 1 Theil Traß, 1 Theil gelöschtem Kalk und 1 Theil Sand gebildetem Mörtel,

welche ohne allen Wasserzusatz auf großen, mit besonderem Mörtelboden versehenen Fahrzeugen von Hand gemengt, mittels dieser nach Bedarf an die Baustelle gefahren und je nach dem Stande des Wassers durch Schaufelwurf, durch Karren oder in Rinnen auf einen, 1,45 Mtr. (5' breim.) über Null an beiden Seiten des als Fangdamm dienenden eisernen Auffasses angebrachten Breterboden abgelagert und von da in die Bétonkästen verbracht. Die Bereitung des Mörtels erfolgte auf einem neben dem Sicherheitshafen angelegten Mörtelboden, worauf jener in Karren an das Ufer gefahren und durch einen dort aufgestellten Trichter in die untergelegten Mörtelfahrzeuge geschüttet wurde, die ihn nach den Pfeilerstellen transportirten und den Bétonschiffen zubrachten. Die Qualität dieses Bétons, welcher nach vollendeter Einschüttung eine Höhe von 0,73 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ breim.) unter Null erreichte, mithin eine Stärke von 2,75 Mtr. ($9\frac{1}{2}'$ breim.) hatte, erwies sich nach einer ihm zum Abbinden gelassenen Ruhezeit von 84 Tagen so dicht und fest, daß nach Ablauf dieser Zeit das über dem Béton stehende Wasser durch Handpumpen, Handeimer und Wasserschaufeln beseitigt und das Ebenen der Oberfläche auf 0,87 Mtr. (3' breim.) unter Null, wo mit dem Mauerwerk begonnen werden sollte, nur mittels gut verstählter und geschärfter Spitzhacken bewirkt werden konnte.

Die Belastung der Bétonfundamente berechnet sich:

1. für einen Strompfeiler, wenn das Gewicht des eisernen Ueberbaues, der Schwellen, Schienen und der für den laufenden Fuß zu 5880 Pfd. berechneten Verkehrsbelastung zu 1,492,600 Pfd. und dasjenige des Pfeilers sammt Rollenschuh und Verkehrslast zu 1,624,749 Pfd. angenommen wird, auf 3,117,349 Pfd. oder 1,558,675 Kg. und, da die Bétonschicht des Pfeilerfundaments eine Oberfläche von 87,569 \square Mtr. (1046 \square' breim.) besitzt, auf 17,799 Kg. p. \square Mtr. (2980 Pfd. p. \square' breim.);

2. für einen Aufschlagpfeiler, wenn dessen Oberlast 2,817,337 Pfd. oder 1,408,669 Kg. und die Oberfläche der Bétonfundamentirung 39,011 \square Mtr. (1111 \square' breim.) beträgt, auf 15,000 Kg. p. \square Mtr. (2536 Pfd. p. \square' breim.);

3. für den Drehpfeiler, wenn dessen Oberlast 4,210,273 Pfd. oder 2,105,137 Kg. und die Oberfläche der Bétonfundamentirung 191,8147 \square Mtr. (2291,2 \square' breim.) beträgt, auf 11,000 Kg. p. \square Mtr. (1886 Pfd. p. \square' breim.).

Bleibt man bei der gewöhnlichen Annahme stehen, daß ein Kubikcentimeter Béton je nach der Beschaffenheit des Materials durch ein Gewicht von durchschnittlich 30 Kg. zerdrückt werde, so ergiebt sich für die Tragfähigkeit des Bétonfundaments der Strompfeiler eine 16fache, der Aufschlagpfeiler eine 20fache und der Drehpfeiler sogar eine 27fache Druckfestigkeit.

Zweites Kapitel.

Die Fundamente mit versenkten und ausgefüllten eisernen Röhren.

I. Ohne Anwendung von Luftdruck versenkte eiserne Röhren.

Zur Anwendung eiserner Röhren bei der Gründung von Brücken mögen die eisernen Bohrtäucher Veranlassung gegeben haben, welche man bei Bodenuntersuchungen zur Reinhaltung der Bohrproben, bei Bohrungen artesischer Brunnen zur Freihaltung des Bohrlochs oder zur Abteufung von Bergwerkschächten einsenkte, während für die Art ihrer Einsenkung die Methode der Ausbaggerung ihres Inneren am nächsten lag, welche man seit Jahrhunderten zur Senkung auf einem Bohlenkranz allmählig aufgemauerter Brunnen angewandt hatte.

Als eine der ersten Brücken, deren Landpfeiler auf die hier angedeutete Art gegründet wurden, kann die im Jahre 1849 durch Brunel erbaute, auf Seite 235 bis 237 bezüglich ihrer Träger und auf Seite 368 und 369 bezüglich ihrer Pfeiler beschriebene Brücke der Great-Western-Bahn über die Themse bei Windsor angesehen werden. Die sechs Paare der 7,92 Mtr. langen, je 2,71 Mtr. nach der Längenausdehnung der Brücke und je 5,334 Mtr. senkrecht zu derselben von einander abstehenden Säulen mit 1,828 Mtr. äußerem und 1,772 Mtr. innerem Durchmesser wurden durch Ausbaggerung des Bodens aus ihrem Inneren etwa zur Hälfte bis zum festen Grunde gesenkt, worauf sie mit Béton gefüllt wurden.

In der vorbeschriebenen ähnlichen Weise wurde der Pfeiler einer Drehbrücke zu Westerwoort über die Dffel gegründet, indem man zwei gußeiserne, mit Ansätzen versehene Röhren von 4,5 Mtr. Durchmesser und 8,5 Mtr. Entfernung von Mitte zu Mitte bis auf den festen Grund senkte. In die erwähnten Ansätze wurden nach außen gekrümmte Platten eingeschoben und nach dem Ausbaggern Alles mit Béton gefüllt.

Auch die eisernen Mittelpfeiler der von Stephenson im Jahre 18 $\frac{2}{3}$ in der ägyptischen Eisenbahn von Kairo nach Alexandria erbauten und auf Seite 370 bis 372 bezüglich ihrer Pfeiler beschriebenen und abgebildeten Brücke über den Nil bei Benha wurden dadurch gegründet, daß die je zwei, jene Pfeiler bildenden Röhren von 2,13 Mtr. (7' engl.) Durchmesser durch Ausbaggerung des in ihrem Inneren befindlichen Bodens durchschnittlich 10,67 Mtr. (35' engl.) unter den niedrigsten Wasserstand versenkt wurden.

Auch die eisernen Röhren der auf der Zweigbahn von Mans nach Mezi-don über die Sarthe um das Jahr 18 $\frac{2}{3}$ erbauten Brücke von Neuville ²²⁶⁾

wurden, abweichend von der ursprünglich beabsichtigten Senkung mittels Kompression der Luft, durch Ausräumen des in ihrem Innern befindlichen Bodens gesenkt. Die gemauerten Pfeiler dieser, aus drei Stichbogengewölben von 15 Mtr. Spannweite und 3 Mtr. Pfeilhöhe bestehenden Brücke ruhen auf einer Reihe von 5 ausgemauerten eisernen Cylindern mit 15 Cmtr. Abstand und 1,8 Mtr. innerem Durchmesser, welche wie folgt eingesenkt wurden. Zunächst wurden an den Langseiten jedes Pfeilers zwei Reihen eichener Pfähle eingerammt und deren Köpfe durch Lang- und Querschwellen so verbunden, daß dadurch quadratische, den Mantel jedes Cylinders so genau als möglich berührende und zur Führung dieses letzteren dienende Oeffnungen entstanden. Eine bewegliche, provisorische Plattform diente zur Aufstellung einer Ramme und eines Hebezeugs. Die Röhren wurden aus 1 Mtr. hohen gußeisernen Trommeln, deren jede aus fünf, durch vertikale Flanschen und Bolzen verbundenen Segmenten bestand, ebenfalls mittels Flanschen und Bolzen verbunden. Nur die unterste, zum Durchschneiden des Bodens bestimmte, 0,6 Mtr. hohe Trommel wurde aus Eisenblech hergestellt und mit zugeschärftem Rande versehen. Für's erste wurden auf diese unterste Eisenblechtrommel zwei der erwähnten gußeisernen Trommeln aufgeschraubt und hierdurch eine 2,6 Mtr. lange Trommel gebildet, welche, indem man sie mittels des Hebebocks senkrecht aufzog und wieder fallen ließ, durch den Sand so weit als möglich durchgestoßen wurde. Mittels eines schraubenförmigen Ausräumers, der aus einem cylindrischen Blechgefäß von etwa 0,4 Mtr. Durchmesser mit einer inneren, der archimedischen Schnecke ähnlichen, Schraube bestand, wurde der in dem Cylinder enthaltene Sand dadurch herausgehoben, daß zwei auf einem hölzernen Gerüst stehende Arbeiter die senkrechte schmiedeiserne Welle jener Schraube mittels Hakenhebeln drehten. War der Apparat gefüllt, so wurde derselbe durch das Hebezeug aufgewunden und sein Inhalt in den Fluß geschüttet. Um den Kies von den inneren Wänden des Cylinders, bis zu welchen jene Ausräumer nicht gelangten, zu gewinnen, stieß man denselben mit einer eisernen, an einem langen Stiel befestigten Schaufel von dem Rande nach der Mitte, wodurch zugleich die Einsenkung der Röhren bewirkt wurde. Nöthigenfalls und wenn eine Röhre dem Versenken zu großen Widerstand entgegensetzte, ließ man von einem über der Röhre aufgestellten Gerüst eine Art *Rammbar* auf die oberste Trommel fallen; ein Verfahren, welches man auch zur Geraderichtung der Röhre benutzte, wenn dieselbe in Folge eines größeren Kiefels oder sonstigen Hindernisses an dem unteren Rande sich hatte schiefer stellen wollen. Als die Röhren bis zu einer gewissen Tiefe eingedrungen waren, begann man mit dem Ausschöpfen des Wassers und zwar sog eine starke, von 12 Mann bewegte *Letestusche* Pumpe nicht allein das Grundwasser, sondern auch den feinen Sand an, den der Ausräumer nicht fördern konnte. Auf diese Weise erreichte man die Felsenschicht und bewirkte so

die möglichst vollkommene Reinigung des Cylindersinneren, dessen Boden man mit einer 0,6 bis 1 Mtr. starken hydraulischen Bétonschicht bedeckte. Nach der im Verlauf von acht Tagen erfolgten Erhärtung des Bétons konnte die Röhre leer gepumpt und mit Backsteinen ausgemauert werden. Dieses Mauerwerk wurde mit etwa 0,4 Mtr. hohen Granitplatten von gleichem Durchmesser abgedeckt, welche zugleich, da die Röhren in gleicher Höhe standen, zur Herstellung des Niveau's in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes dienten. Breite Granitplatten von derselben Stärke dienten zur Ueberdeckung der Scheiben und als Sockel für das volle Mauerwerk der Pfeiler. Der obere Theil der Röhre wurde mit einem 10 Mtr. starken, 60 Cmtr. hohen Blechband umgeben und mit dem senkrechten Schenkel eines Winkelleisens vernietet, dessen horizontaler Schenkel zwischen die Scheiben und Deckplatten eingelassen war. Nach der Ausrüstung nahm man nicht die geringste Senkung der Pfeiler wahr, obgleich ein jeder von seiner Basis aus einen Druck von über 6 Rg. p. □ Cmtr. ausübte.

In ähnlicher Weise wurden die 22 gußeisernen Säulen der, auf Seite 372 hinsichtlich ihrer Gesamtanlage und ihrer Pfeiler beschriebenen, Landungsterrasse von Gravesend bei London, s. Fig. 1075 bis 1085, durch Schlamm, gelben Sand, Kies und Gerölle bis auf den festen Kalkfelsen gesenkt, nur bediente man sich, um deren Eindringen in den Boden zu befördern, neben der Baggerung statt des Rammflozes einer ruhenden Belastung. Vor Beginn der Gründungsarbeit und zum Schutze vor dem Stoß der vorüberfahrenden Schiffe hatte man den ganzen Bauplatz mit starken, in regelmäßigen Zwischenräumen eingerammten Schutzpfeilern umgeben und deren Köpfe durch wagrechte Balken verbunden, worauf man eine Eisenbahn für die Aufnahme eines, zur Aufstellung der Säulen dienenden, Hebezeugs von 12,35 Mtr. Höhe legte. Nach Beendigung dieser Vorarbeiten schritt man zur Gründung der Mauer, Strebepfeiler, Pavillons und ersten Säulenreihe, deren Fundamente in eine Tiefe von 6,4 Mtr. unter dem Boden und von 0,305 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande zu liegen kamen. Die Mauern, Strebepfeiler und Pavillons wurden auf eine Bétonschicht fundirt, während man die Säulen auf rechtwinklige Mauerblöcke aus Ziegeln stellte, deren Zwischenräume mit Kalkstein fest ausgestampft waren. Hieran schloß sich die Aufstellung der übrigen, auf Seite 372 betrachteten, Säulen durch Zusammensetzung von gußeisernen, aus segmentförmigen, mit einander verbolzten Platten gebildeten, Trommeln von 1,83 Mtr. Durchmesser und 16 Mmtr. Wandstärke, deren unterster, um leichter in den Boden einzudringen, unten scharfkantig war. Diese Trommeln wurden an den Stellen, welche die Säulen einnehmen sollten, mittels des Hebezeugs hinabgelassen und deren so viele zusammengeschaubt, daß sie über den höchsten Wasserstand hervorragten. Zur Führung dieser Säulenstücke diente oben ein durch Ketten fest mit den Gerüsten verbundener Ring, unten eine auf der Flußsohle ruhende Reihe von Bohlen, s. Fig.

1084, wozu bei den, in größerer Tiefe zu gründenden, Säulen der Quergalerie überdies ein äußerer, bis zur Hälfte der Gründungstiefe eingesenkter Führungszylinder von 2,135 Mtr. Durchmesser, s. Fig. 1085, kam. Um die an ihre Einsenkungsstelle verbrachten Cylinder einzutreiben, baggerte man den inneren Boden bis zu 30 Cmt. Tiefe unter dem Röhrenfuße aus, belastete

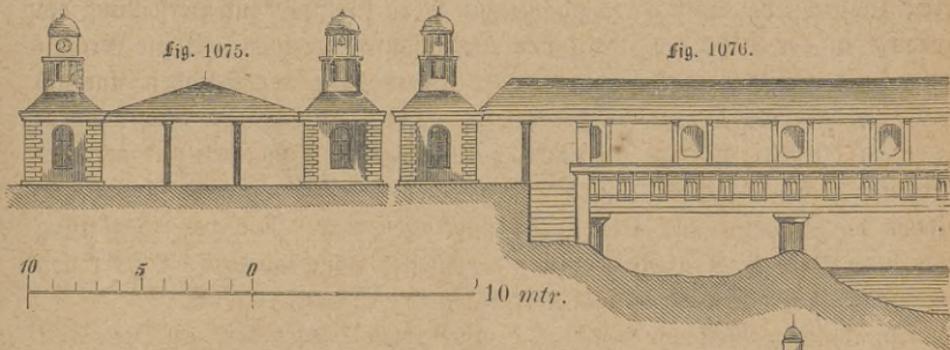


fig. 1077.

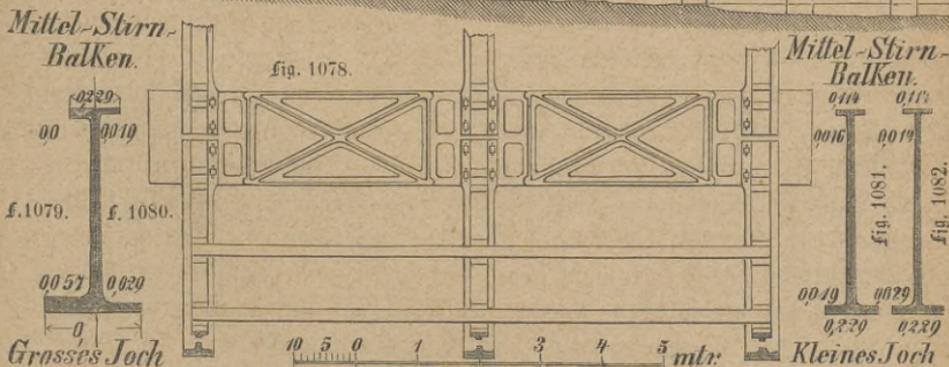
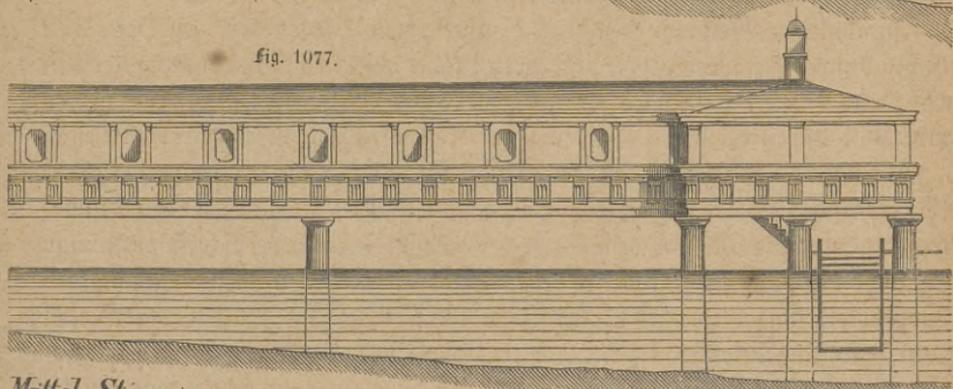


Fig. 1075 bis 1082. Landungsterrasse bei Gravesend.

sie dann mit einem Gewicht von 5 bis 10 Tonnen und vermehrte dasselbe bei eintretendem Widerstande durch Auflegen einer der Säulen bis zu 20 Tonnen, bis sie niedergingen. Nach drei- bis viermaliger Wiederholung dieser Operation hatten die Röhren die erforderliche Tiefe erreicht, worauf die Saugpumpen hingestellt und Röhren von 0,15 Mtr. Durchmesser angebracht wurden, die alles

durch den unteren Theil des Cylinders eingedrungene Wasser aufnehmen. Dann führte man das innere Mauerwerk in der früher beschriebenen, bei den Säulen der Quergalerie von dem der übrigen Säulen abweichenden Weise aus. Bei dem Ausgießen der letzteren Säulen mit Beton wurde das unten durchsickernde Wasser, um ein Auswaschen des Betons zu verhindern, durch eine in Figur 1085 dargestellte Röhre aufgefangen, die man darin stecken ließ. Nach Voll-

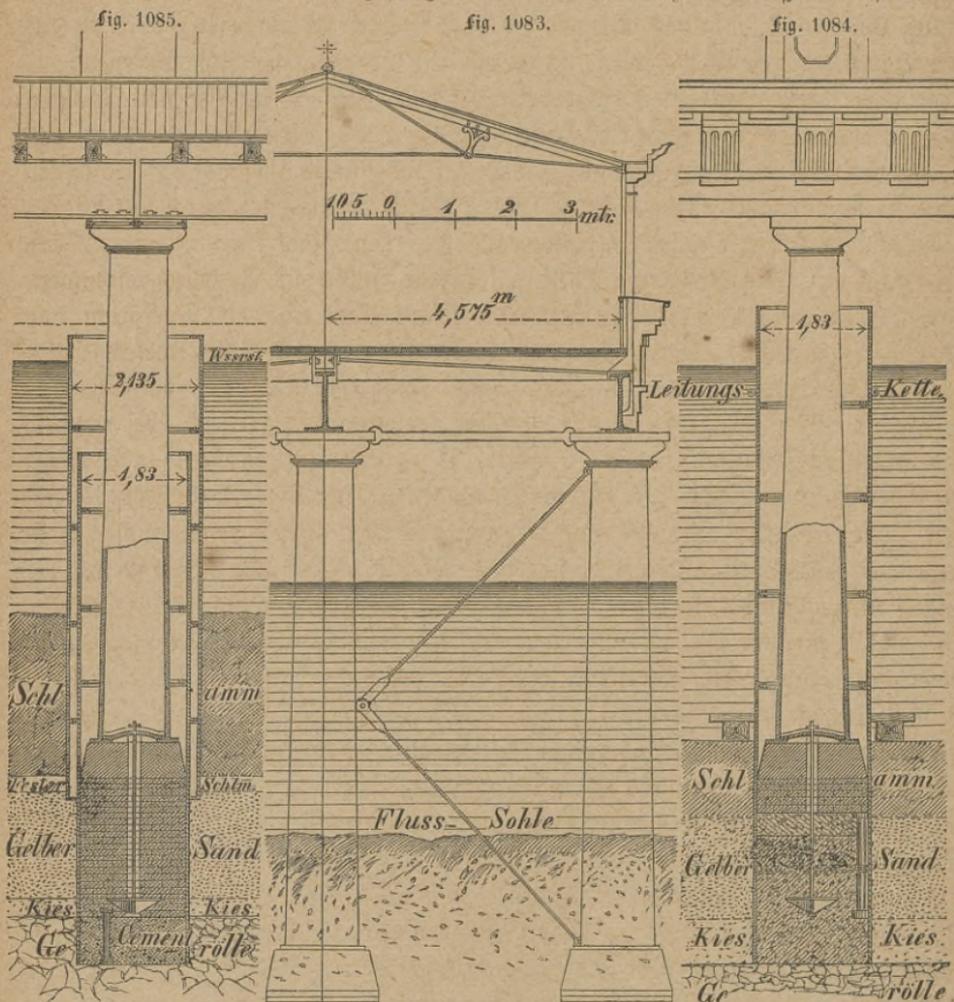


Fig. 1083 bis 1085. Details der Landungsterrasse bei Gravesend.

endung des Mauerwerks wurden die Säulen aufgestellt, mit den Mauerankern verschraubt und die erwähnten Gründungscylinder, wie Fig. 1083 des Querschnitts zeigt, bis auf den unteren, den Mauerkörper umschließenden Theil herausgenommen. Hierauf wurden die Säulen nach Fig. 1083 unter einander verbunden, die in Fig. 1079 bis 1082 dargestellten Balken über sie gestreckt und mit Bohlen belegt.

II. Mittels verdünnter Luft versenkte eiserne Röhren.

Etwa zehn Jahre nach Anwendung der ersten eisernen, im Jahre 1837 in zusammengesehtem Zustande eingesenkten Spundwand, also noch vor Anwendung der, seit dem Jahre 1851 ausgeführten, eingerammten eisernen Spundwände, schlug Dr. Pott, um das Einrammen von Pfählen zu umgehen, vor, in auf den Baugrund gesenkten hohlen, unten offenen, oben mit luftdicht schließendem, aber von einem Luströhr durchsetzten Deckel versehenen, gußeisernen Pfählen mittels doppelter Luftpumpen die Luft möglichst zu verdünnen, um durch den Druck der äußeren Luft sowol auf den Deckel des Pfahls als auch auf das seinen unteren Rand umgebende, nicht zu feste Erdreich, welches hierdurch mit Wasser vermisch't im Innern desselben aufsteigen sollte, den Pfahl einzutreiben. Wenn der Pfahl auf diese Weise zum Theil gefüllt war, sollte sein Deckel abgenommen, sein Inhalt ausgeleert, der Deckel wieder aufgesetzt und die Operation von Neuem begonnen werden. Eine der zahlreichen Anwendungen dieses Gründungsverfahrens zeigte der im Jahre 1847 ausgeführte Viadukt bei Chester in der Chester-Holyhead-Bahn auf der Insel Anglesea, bei welchem 19 gußeiserne Röhren von 3,75 Mtr. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) Wandstärke und etwas über 30 Mtr. (1' engl.) äußerem Durchmesser den Kost jedes Pfeilers trugen. In den 1,22 Mtr. (4' engl.) unter dem Niveau der gewöhnlichen Ebbe liegenden, aus Sand und Kies bestehenden Boden wurde jeder 4,87 Mtr. (16' engl.) lange Pfahl 3,96 Mtr. (12' engl.) tief eingetrieben, bis auf 1,83 Mtr. (6' engl.) entleert und im Uebrigen mit Béton gefüllt. Eine wesentliche Verbesserung erfuhr diese von 1845 bis 1847 zur Fundirung von Ankerpfählen, Leuchthürmen und Viadukten benutzte Methode durch die Verbindung der Pfähle mit größeren Luftreservoirs, in welchen man die Luft verdünnte und durch plötzliches Oeffnen des Verbindungsrohres einen Stoß der äußeren Luft auf den Pfahl und hierdurch ein kräftigeres Eintreiben bewirkte. Die größte Tiefe, in welche man auf diese Weise Röhrenpfähle von 0,3 bis 0,76 Mtr. (1' bis 2,5' engl.) Durchmesser eintrieb, soll 9,14 Mtr. (30' engl.) bei Sand und 6,09 Mtr. (20' engl.) bei Thon betragen haben. Die Röhrenpfähle selbst wurden nach und nach, dem allmäligen Einsinken entsprechend, aus etwa 2,74 Mtr. (9' engl.) langen gußeisernen Röhrenstücken, deren unterstes einen nach außen gefehrten, schneidensförmigen Rand hatte, mittels innerer Flanschen und Bolzen zusammengeschaubt.

Im Jahre 1847 verkaufte Pott sein Patent an Fox und Henderson, welche seine Methode im Jahre 1849 zu der Gründung der Brücke über den Medway in der Nord-Kent-Eisenbahn bei Rochester anwandten. Da man bei der Foundation des einen Landpfeilers im Boden auf Holz und

Steine gerieth, welche wahrscheinlich von einer alten Brücke herrührten, so reichte die Pott'sche Methode, die Pfähle einzutreiben, nicht mehr aus und der die Brücke ausführende Ingenieur Hughes führte das in der Einleitung zu diesem Abschnitt bereits beschriebene, im Jahre 1841 von Triger, Cavé und Mougel bei dem Abbau der Kohlenflöße an der Charente und später bei Abteufung mehrerer Schächte in den Bergwerken der Loire angewandte Verfahren ein, welches statt der verdünnten sich der verdichteten Luft zur Auspressung des Wassers bedient, um innerhalb des Cylinders im Trocknen arbeiten zu können. Die, ursprünglich zur Einsenkung der Röhren mittels verdünnter Luft bestimmten, gußeisernen Röhren der Rochesterbrücke hatten 1,83 — 2,13 Mtr. (6 bis 7' engl.) Durchmesser, bestanden aus 2,74 Mtr. (9' engl.) hohen, auf einander gesetzten Cylindern und wurden deren je 14 zu den vier Pfeilern dieser Brücke verwandt.

Zu einem ähnlichen Wechsel des Gründungsverfahrens war man bei der um das Jahr 1855 bewirkten Foundation der Brücke über den Great-Pee-Dee-Fluß in den Vereinigten Staaten genöthigt worden, bei welcher sich ein in dem Flußbett liegender Baumstamm dem Eindringen der Röhre entgegengestemmt hatte, nach dessen Beseitigung, mittels Trockenlegung des Cylinders-Inneren durch Kompression der Luft und hierdurch ermöglichter Zerfägung desselben, man sich übrigens dem Pott'schen Verfahren wieder zuwandte. Zur Einsenkung der im vorigen Abschnitt beschriebenen Pfeiler dieser Brücke dienten außer den zur Bewegung der Röhrenstücke erforderlichen Apparaten eine Hochdruckmaschine von acht Pferdekraften, zwei Luftpumpen von 0,305 Mtr. Kolbenhub mit Feder-Ventilen von 51 Cmtr. Durchmesser, ein Rezipient oder Luftverdünnungsapparat, eine Saugröhre zur Verbindung des Rezipienten mit den Deckeln der Röhrenpfeiler, Vorrichtungen, welche auf zwei fest miteinander verbundenen Booten von 9,75 Mtr. Breite, 15,85 Mtr. Länge und 1,5 Mtr. Tiefgang vertheilt waren. Sobald die einzelnen Theile eines Rohres an Ort und Stelle gebracht, der Kopf desselben durch eine Kalotte geschlossen, das Saugrohr befestigt und das Vacuum im Rezipienten hergestellt war, setzte man den letzteren mit dem Rohre in Verbindung, worauf in demselben eine Luftverdünnung und in Folge dessen die Einsenkung des Pfahls eintrat. Der nutzbare Effekt, welcher durch jede einzelne, sowie durch die Gesammtanwendung des atmosphärischen Luftdrucks erzielt wurde, ließ sich durch die Tiefe der Einsenkung der Röhre messen, und hing im Allgemeinen von dem Widerstande der das Flußbett bildenden Materialien ab. In dem aus reinem, feinem Sande bestehenden Flußbette des Great-Pee-Dee-Flusses erhielt man durch den Ueberdruck der atmosphärischen Luft Einsenkungen von 1,8 bis 3,35 Mtr., wobei die Zahl der Kolbensschläge mit dem mehr oder minder bedeutenden Widerstande der wegzuschaffenden Sandmassen wechselte. Sobald die Wirkung des Luftdrucks

bzw. das Einsinken des Pfahls aufhörte, mußte der in das Innere der Röhre eingedrungene Grund herausgeschafft werden; eine Operation, die nach Abnahme der Kalotte unter dem gewöhnlichen Luftdruck hätte bewirkt werden können. Durch den erwähnten Baumstamm aber, welcher sich dem Eindringen der ersten Röhre entgegensetzte, war man zur Herstellung einer Luftkammer auf dem Rohre genöthigt worden, welche aus einer, auf den obersten Rand desselben aufgeschraubten, in zwei neben einander liegende, mit Luftausgleichshähnen versehene Abtheilungen getheilten, Hülle bestand, deren jede oben und unten eine mit Klappen verschließbare Oeffnung zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter und zum Hindurchschaffen der leeren und gefüllten Eimer besaß. Nach Beendigung dieser Vorbereitungen wurde die Luftsaugpumpe in eine Luftdruckpumpe verwandelt, in Thätigkeit gesetzt und die Luft mit Hülfe eines im Inneren des Rohres angebrachten, über dem Wasserspiegel des Flusses mündenden Heberr in einem zu dem Auspressen des Wassers geeigneten Grade verdichtet. Während man nun einen, der Pressung der äußern Wassersäule gleichen, Druck unterhielt und hierdurch das Innere des Cylinders trocken legte, schafften Arbeiter den Sand heraus und bewirkten die Beseitigung des der Senkung hinderlichen Baumstammes, worauf man den luftleeren Raum wieder herstellte und die weitere Einsenkung der Röhre in der früheren Weise fortsetzte. In der Folge benutzte man die Luftkammer, wenn in Folge der Luftverdünnung der Sand bis zu einer Höhe von ungefähr 1,9 Mtr. eingesogen und ein Stillstand in der Senkung des Pfahls eingetreten war, erst zur Kompression und dann zur plötzlichen Entlassung der verdichteten Luft, worauf der Druck des äußeren, gewaltsam in die Röhre dringenden, sein Niveau herstellenden Wassers mit Macht den Sand hob und hierdurch eine weitere Senkung der Röhre bewirkte. In dieser Weise wurden die Röhren ohne Unfall durch den Sand auf den darunter liegenden Thonschiefer bis zu einer mittleren Tiefe von 4 Mtr. gesenkt.

Da das Gründungsverfahren mittels verdünnter Luft nur über den Druck von höchstens einer Atmosphäre zu verfügen hatte, mithin nur in leichtem, von besonderen Hindernissen freiem Sand- oder Schlamm Boden zu verwenden war, so wandte man sich in der Folge mehr der für alle Bodenarten ausreichenden Gründungsweise mittels verdichteter Luft zu, deren Anwendung durch die Foundation der beiden zuletzt erwähnten Brücken bereits vorbereitet war.

III. Mittels verdichteter Luft versenkte Röhren.

Die bei Gründung der auf Seite 368 und 437 bereits erwähnten Brücke bei Rochester im Jahre 1851 in dem Flußbett des Medway vorgefundenen, wahrscheinlich von den Ueberresten einer alten Brücke herrührenden, Hindernisse hatten zu der Annahme des auf Seite 420 und 437 erwähnten,

beim Abbau von Kohlenflözen an der Charente von Triger, Cavé und Mougél im Jahre 1841 eingeschlagenen Verfahrens der Trockenlegung des Flußbettes innerhalb einer eingesenkten Röhre durch Verdichtung der in derselben enthaltenen Luft, beziehungsweise zu dessen erster Anwendung bei Gründung von Brücken geführt. Diese Brücke besitzt drei Bogen, wovon der mittlere 55,25 Mtr. und jeder der beiden übrigen 45,5 Mtr. Spannweite hat, auf vier Pfeilern, wovon jeder 5,388 Mtr. Breite bei 21,35 Mtr. Länge hat und von vierzehn gußeisernen, cylindrischen, 2,35 Mtr. im Durchmesser haltenden, mit einem gußeisernen Kostbelag bedeckten Pfählen getragen wird. Diese gußeisernen Röhren hatten 1,83 Mtr. (6' engl.) und 2,13 Mtr. (7' engl.) Durchmesser und bestanden aus 2,74 Mtr. (9' engl.) hohen, mittels Flanschen und Bolzen auf einander gesetzten Röhrenstücken. Um ihre Einsenkung mittels verdichteter Luft bewirken zu können, wurden sie am oberen Ende mit einem hermetisch schließenden, zur Beleuchtung des Innern mit zwei Glasscheiben von 22,5 Cmtr. (9" engl.) versehenen Deckel und zwei in demselben befestigten, 1,93 Mtr. (6' 4" engl.) hohen, im Querschnitt D-förmigen Luftschleusen versehen, durch welche man nach und nach sowol die Ausglei chung des Druckes der gewöhnlichen und komprimirten Luft bewirken, als den Durchgang der Arbeiter, des geförderten Bodens und des im Innern erforderlichen Baumaterials bewerkstelligen konnte. Auf diese Weise wurden die Pfähle nacheinander in Entfernungen von 2,74 Mtr. (9' engl.) von Mitte zu Mitte durch weiche Erde, Sand und Kies bis auf die, 14,33 Mtr. (47' engl.) unter Hochwasser befindliche Kreide gesenkt; eine Operation, welche zur Einsenkung je eines laufenden Meters der stärkeren Pfähle etwa 9 und der schwächeren Pfähle etwa 6 Stunden erforderte und wobei manche Pfähle zur Beförderung des Senkens eine Belastung bis zu 40,000 Kg. (40 Tons) bedurften. Der gewonnene Boden wurde mittels zweier, im Innern der Röhre zwischen den beiden Luftschleusen angebrachter, leichter, schmiedeiserner Krabben in Cimetern aufgewunden und jeder Cimer einzeln durch die Luftschleuse geschafft, worauf die Röhren theils mit Béton ausgefüllt, theils mit Backsteinen ausgemauert wurden.

Diese Gründung auf eiserne Röhrenpfeiler, unter Anwendung verdichteter Luft, fand bald, zum Theil mit Einführung verschiedener Abänderungen und Verbesserungen, Nachahmung in England, Deutschland und Frankreich. So wurden die aus eisernen Röhren bestehenden Strompfeiler der in den Jahren 1850/52 erbauten, auf Seite 225 bis 228 beschriebenen und dargestellten Brücke über den Wyé bei Chepstow, wie dies auf Seite 370 bereits erwähnt ist, durch Auspressen des Wassers mittels komprimirter Luft und unter Mitwirkung ihres eigenen Gewichts bis auf den 15,24 bis 18,29 Mtr. (50 bis 60' engl.) unter der Flußsohle befindlichen Felsen versenkt und hierauf mit Béton ausgefüllt.

Bei der um das Jahr 18 $\frac{3}{4}$ in der Zweigbahn von Mans nach Mezi don bei Mans über die Sarthe erbauten steiner- nen Brücke von Neuville wurde, zur Ver- meidung eines kostspieligen Wasserschöpfens und in Folge einer mangelhaften Condi- rung, nach welcher man eine in geringer Tiefe liegende Schicht zerklüfteten Kalksteins für groben Kies gehalten und den festen Boden erst bei einer Tiefe von mindestens 6 Mtr. unter dem Wasser vermuthet hatte, beschlossen, statt eines hölzernen Pfahlrostes eiserne Cylinder durch Kompression der Luft in den Sand einzutreiben. Bei der Aus- führung erfolgte indeß die auf Seite 436 bis 438 beschriebene Einsenkung der Röhren unter Vermeidung des pneumatischen Ver- fahrens durch einfache Ausräumung ihres Inneren. Dagegen gelangte um diese Zeit in Mahon eine Blechbalkenbrücke auf pneumatisch versenkten Röhrenpfelern zur Ausführung.

Die erste, auf pneumatisch versenkte Röhrenpfiler gegründete Brücke in Dester- reich war die, im Jahre 1857 in der öster- reichischen Süd-Ost-Eisenbahn erbaute, auf Seite 335 bis 338 dargestellte und beschrie- bene Brücke über die Theiß bei Szege- din, s. Fig. 1086 bis 1088, eine Grün- dungsweise, wozu der gänzliche Mangel der Umgebung Szegebins an Kalk und Steinen geführt hatte. Dem auf Seite 373 bis 375 über die Konstruktion der Pfeiler dieser Brücke Bemerkten ist hier die Beschreibung ihrer Versenkung hinzuzufügen. Die hierzu erfor- derliche Luftschleuse befand sich in einem schmiedeisernen, mit dem oberen Theile der Cylinder luftdicht verbundenen Aufsatze, in welchen die Luft mittels einer, auf einem Schiff befindlichen, Luftdruckpumpe und eines, durch Einschaltung von Gummiröhren nach-

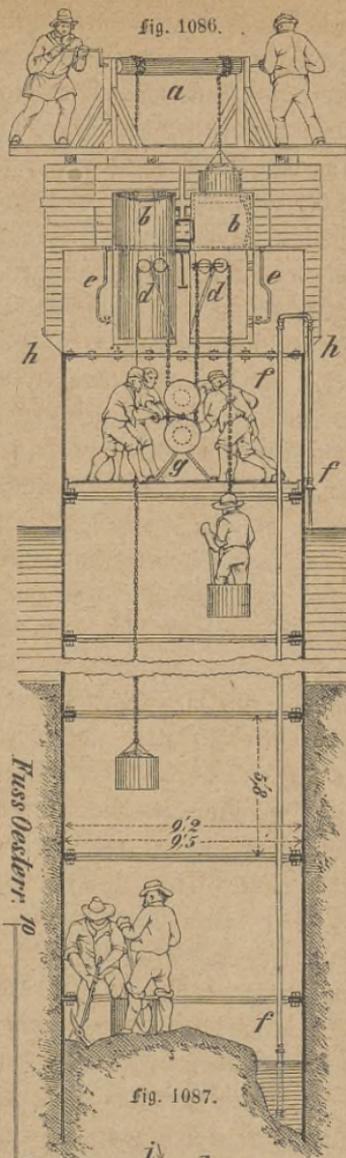


Fig. 1086 bis 1088. Gründung der Brücke über die Theiß bei Szegebin.

giebigen, kommunizirenden Rohres eingepumpt wurde, in Folge dessen das im Cylinder befindliche Wasser theils unter dem unteren Rande desselben, theils durch ein in demselben angebrachtes, über dem Wasserspiegel des Flusses mündendes Steigrohr *f* entwich. Der hierdurch wasserfrei gewordene, innere Raum der Röhre wurde so für die, eine Vertiefung des Bodens bewirkenden, Arbeiten zugänglich; eine Arbeit, die, um eine vertikale Einsenkung der Cylinder zu bewirken und ein Schiefgehen derselben zu vermeiden, sehr vorsichtig, gleichförmig und vorzugsweise an jenen Stellen vorgenommen werden mußte, welche dem Einsinken der Cylinder den größten Widerstand entgegensetzten. Zu einer genauen Führung derselben wurden sie von einem solid konstruirten Gerüste umgeben, welches in verschiedenen Höhen die Cylinder mit Zangen umspannte und in geeigneten Höhen zugleich die Arbeitsgerüste bildete. Zur Beförderung der Senkung, sowie zur Vermeidung eines durch den Druck der verdichteten Luft hervorgebrachten Auftriebes, wurden die Cylinder mit eisernen, bis zu 400 Ctr. gesteigerten Gewichten belastet. Das gewonnene Material wurde durch einen, in dem obenerwähnten schmiedeisernen Röhrenaufsatz befindlichen, Haspel *a* gehoben und durch die Luftschleuse entfernt.

Die Luftschleuse bestand aus einem vertikal stehenden, mit einer oberen, wagrechten und einer seitlichen vertikalen Klappe versehenen, 1,8 Mtr. hohen, durchweg luftdicht geschlossenen Halbcylinder aus Eisenblech von 0,67 Mtr. Durchmesser. Je zwei mit Hähnen versehene Röhren verbanden die Luftschleuse sowol mit dem inneren Raume des zu versenkenden Cylinders, als mit dem umgebenden Luftraum und indem jede dieser Röhren mittels der Hähne sowol von außen als von innen zu öffnen war, konnten die Arbeiter die beiden Schlenfenklappen beliebig von der einen oder anderen Seite öffnen, passiren und zum Durchschleusen des geförderten Bodens oder der einzubringenden Baumaterialien mittels der im Inneren des Cylinders angebrachten Winde *g* benutzen. Ein außerhalb und über dem Cylinder auf dem denselben umgebenden Arbeitsgerüste ruhender, mit einer provisorischen Eisenbahn in Verbindung stehender Laufbahn diente theils zum Aufsetzen der einzelnen Röhrentrommeln, theils zum Auf- und Abwinden der erwähnten Materialien aus der und in die Luftschleuse. Um den im Pfeiler herrschenden Luftdruck dem Bedürfniß der Trockenlegung und der Arbeitenden anpassen zu können, war in dem oberen Aufsatz ein Manometer angebracht, nach dessen Stande der Gang der Luftpumpe regulirt wurde. Ueberdies eröffnete ein, oben an dem Cylinder angebrachtes Sicherheitsventil der inneren Luft einen Ausweg, wenn deren Verdichtung durch Unachtsamkeit der Arbeiter einen zu hohen Grad erreicht hatte. Die Luftpumpe, welche in der Verlängerung der Kolbenstange einer Dampfmaschine angebracht war, befand sich sammt einem Dampfkessel auf einem Schiffe. Da die Versenkung der Pfeiler durch das Ausschachten des Bodens nicht ganz genau bis auf die erforderliche Tiefe be-

wirkt werden konnte, so wurden die entstandenen kleinen Differenzen durch Abdrehen der, um einige Zolle vor den Flanschen vorgeetzten, Ränder der oberen Cylinderstücke ausgeglichen.

Im Jahre 1858 wurden die Gründungen der beiden Brücken über den Allier bei St. Germain des Fossés in der Eisenbahn von diesem Orte nach Clermont und Brioude, sowie bei Moulins in der Eisenbahn von diesem Orte nach Montluçon, durch Beschwerung der Eisencylinder mit Gewichten und Ausschöpfung des Inneren, nach vorher erfolgter Auspressung des Wassers mittels komprimirter Luft, in der auf Seite 375 bis 379 dargestellten Weise bewirkt, worauf dieselben nach gehöriger Einsenkung mit Bêton gefüllt wurden. Auch hier wurde die Luft des ganzen inneren Raumes der Cylinder verdichtet, jedoch war zum bequemen Belasten derselben zwischen der Luftschleuse und der Röhre ein besonderer, vorspringender Ring, ein sogenannter Halskragen, eingeschaltet worden.

So sehr alle diese Gründungsweisen die älteren Methoden an Zeitersparniß und Billigkeit übertrafen, so zeigten sie doch noch mehrfache Uebelstände, welche hauptsächlich in der bedeutenden Größe des mit komprimirter Luft zu füllenden Raumes, in der häufigen Verletzung der Luftschächte bei hohen, aus vielen Trommeln zusammengesetzten Röhren, in der lästigen Anwendung eines oft bedeutenden Gegengewichts und in der schwierigen Senkrechtführung der Röhren bestanden; Mißstände, welche bei der, im Jahre 1859 bewirkten, im dritten Kapitel dieses Abschnitts näher beschriebenen Gründung der Eisenbahnbrücke über den Rhein zwischen Kehl und Straßburg verbessert werden sollten. Den Uebergang hierzu bildete die Gründungsweise, welche Brunel beim Bau des Mittelpfeilers, der, bei Besprechung der Brückenträger auf Seite 237 bis 239 und der Brückenpfeiler auf Seite 363 bis 365 schon erwähnten, Brücke in der Cornish-Eisenbahn über den Fluß Tamar bei Saltash²²⁶⁾, s. Fig. 1089, angewandt hatte. Behufs möglicher Beschränkung des mit komprimirter Luft auszufüllenden Raumes hatte er an dem unteren Theile des den ganzen Brückenpfeiler umfassenden Cylinders aus Eisenblech von etwa 25,6 Mtr. (82' engl.) mittlerer Höhe und 12,19 Mtr. (40' engl.)

fig. 1089.

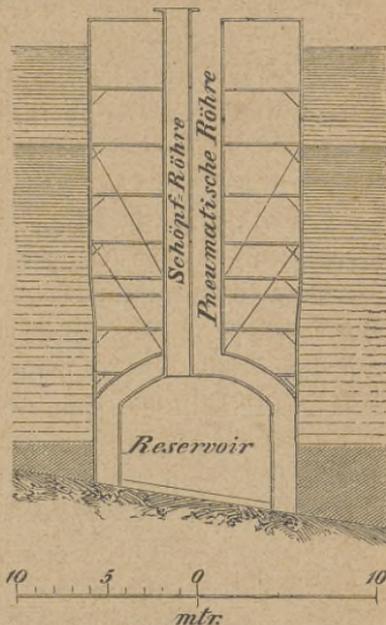


Fig. 1089. Gründung der Brücke über den Tamar bei Saltash.

Durchmesser eine besondere, durch Scheidewände mehrfach getheilte Luftkammer zum Ausschachten des Grundes anbringen lassen, von welcher aus besondere, möglichst enge Einsteigeschächte sowie auch ein Schöpfrohr in die Höhe ging, durch welches letztere man mittels einer Pumpe das Wasser aus der Luftkammer auffog.

Die Gründung der Kehl-Strassburger Brücke beruhte auf der Anwendung unten offener, unter sich verbundener Luftkästen von der Größe des Pfeilerquerschnitts, welche auf den Boden des Flusses gesetzt wurden, um das Pfeilermauerwerk aufzunehmen, dessen Oberfläche während der Einenkung immer über Wasser und in der Höhe des Arbeitsgerüsts mit den Mauermaterialien erhalten wurde. Auf dem Deckel jeder Kastenabtheilung standen zwei, oben mit Luftschleusen versehene Luströhren zum Auf- und Niedersteigen der Arbeiter, die, um die Luftschleuse über Wasser zu erhalten, dem Niedergehen des Kastens entsprechend, verlängert wurden, und von denen, um die Arbeit bei dieser Verlängerung des einen Luftschachts nicht unterbrechen zu müssen, mittlerweile der andere fungirte.

Durch Anwendung solcher besonderer Luft- und Steigeschächte innerhalb der großen Röhren verbesserte Cesanne, welcher auch die Fundirung der Theißbrücke geleitet hatte, im Jahre 1859 den Gründungsapparat der Brücke über den Niemen bei Kowno, s. Fig. 1090 bis 1095, deren Pfeilerkonstruktion auf Seite 379 bis 381 bereits beschrieben wurde und über deren Gründung im Anschluß an jene Beschreibung noch das Folgende zu bemerken ist. Um die Versenkung der je vier, in einer Linie stehenden Säulen zu den Zwischenpfeilern der Brücke und deren Eisbrechern zu bewirken, rüstete man dieselben bis auf die Höhe der Brücke ein und stellte auf dieser Rüstung eine Schiebebühne mit Winde her, welche beide auf Schienenbahnen rechtwinklig zu einander verschieblich waren. Hierdurch war man in Stand gesetzt, nicht allein die einzelnen Röhrentrommeln zu heben und genau an der richtigen Stelle zu versenken, sondern auch sämtliche, zu den pneumatischen Apparaten gehörige Konstruktionstheile aufzuwinden und zu richten. Wenn etwa acht der erwähnten Säulentrommeln mittels ihrer Flanschen und Bolzen unter einander verbunden und auf das vorher ausgebaggerte und abgeebnete Flußbett niedergelassen waren, so wurde die Glocke mit den Luftschleusen aufgebracht und die Luftpumpe in Gang gesetzt. Von dem unteren Theil der Röhre war durch eine versteifte Blechdecke ein 3,14 Mtr. (10' preuß.) hoher cylindrischer Arbeitsraum zur Gewinnung des Bodens abgeschieden und stand durch die erwähnten, in jeder Decke befestigten zwei Luft- und Steigeschächte mit der Glocke in Verbindung. Die Glocke bestand aus einem 3,14 Mtr. (10' preuß.) hohen Cylinder aus Eisenblech mit 3,14 Mtr. (10' preuß.) Durchmesser, dessen Decke von zwei 0,78 Mtr. (25' preuß.) hohen, 1,4 Mtr. (4,5' preuß.) im Durchmesser haltenden, halbcylindrischen Luftschleusen durch-

fig. 1090.

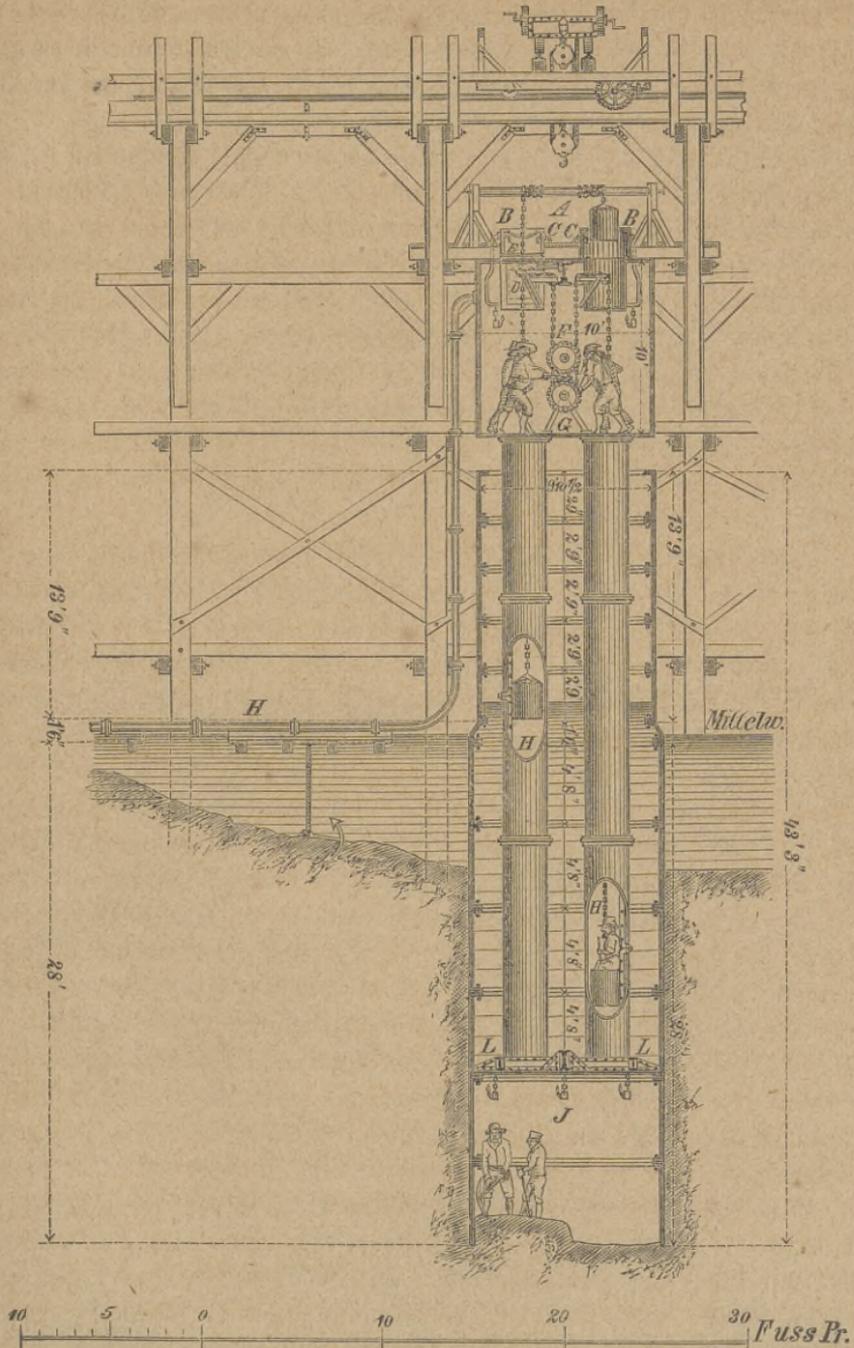


fig. 1090. Gründung der Eisenbahnbrücke über den Wiem bei Kowno.

setzt war, dessen Boden auf jenen beiden Schächten ruhte und eine Winde zum Auf- und Abwinden der Eimer durch den Schacht aus und in die Bodenkammer trug. Hierdurch war der mit komprimirter Luft zu füllende Raum wesentlich vermindert und die Möglichkeit gegeben, den zwischen der Röhre und jenen Schächten verbliebenen Raum durch Pumpen zu füllen und so den Cylinder, statt mit schwerfälligen Gewichten, auf die leichteste Weise mit Wasser zu belasten.

fig. 1091.

fig. 1093.

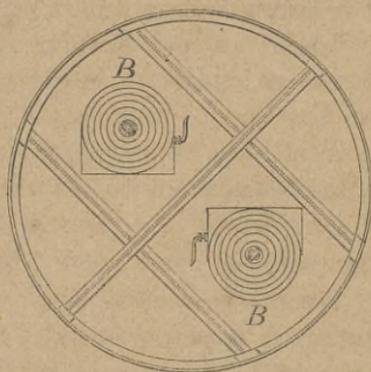
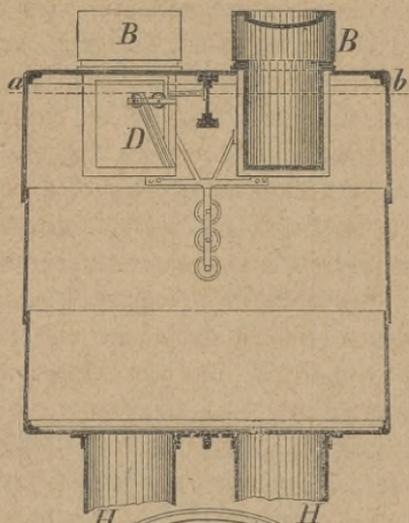


fig. 1094.

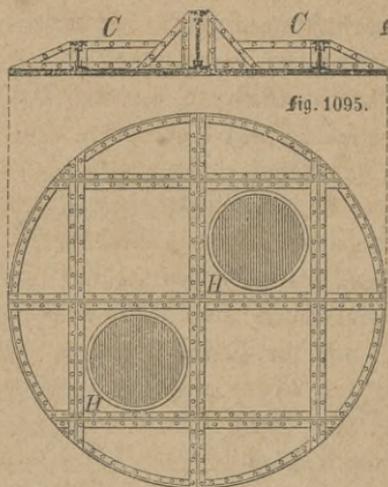


fig. 1095.

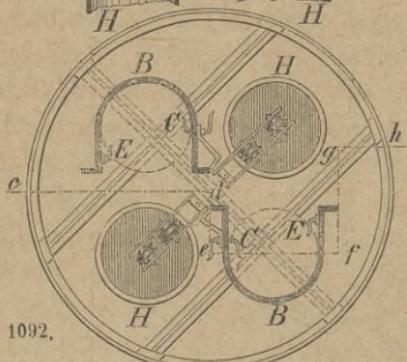


fig. 1092.

Schnitt nach ab.

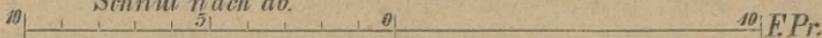


fig. 1091 bis 1095. Details zur Gründung der Eisenbahnbrücke über den Niemen bei Kowno.

Zu den Arbeiten in einer Röhre waren neun Mann nöthig, wovon einer die Aufsicht führte, zwei in der Bodenkammer die Erde loshackten und in Eimer füllten, vier mit der erwähnten Winde die Eimer aus der Bodenkammer gefüllt in die Glocke und geleert aus der Glocke in die Bodenkammer, die zwei übrigen mittels einer zweiten, über der Glocke befindlichen Winde die ge-

füllten Eimer aus der Glocke und die leeren Eimer in dieselbe zurück wanden. Hierzu, sowie zu dem Aus- und Einsteigen der Arbeiter in den Apparat, dienten die mit je zwei Klappen und Hähnen versehenen Luftschleusen. Beim Einsteigen begab sich der Arbeiter nach Oeffnung der oberen wagrechten Klappe, welche ein außerhalb derselben befindlicher Arbeiter wieder schloß, in das Innere der Luftschleuse, öffnete den Verbindungshahn der Luftschleuse und Glocke, wodurch die auf $1\frac{1}{2}$ bis 3 Atmosphären verdichtete Luft der letzteren unter starkem Brausen in die erstere strömte. Nach der, in etwa einer Minute erfolgten, Ausgleichung der Luft in beiden Räumen öffnete sich die untere lothrechte Klappe, durch welche sich der Arbeiter an einer Kette auf den Boden der Glocke hinabließ, von wo durch die beiden erwähnten Schächte Leitern nach der Bodenkammer führten. Bei dem Aussteigen öffnete der Arbeiter, nach dem Abschluß der Luftschleuse von der Glocke, den Verbindungshahn der Luftschleuse und des Außenraumes, um die Ausgleichung des inneren und äußeren Luftdruckes herzustellen, worauf sich die obere Klappe leicht öffnen ließ. In der Glocke herrschte gewöhnlich, außer dem Luftdruck von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Atmosphären, eine Temperatur von 38 bis 48° R.; Uebelstände, an welche sich die in ihr beschäftigten Arbeiter nach mancherlei Beschwerden erst gewöhnen mußten; dagegen besaß die Erdkammer eine Temperatur von durchschnittlich nur 16 bis 24° R. und bot, von dem Lampenruß und den Ausdünstungen, welche den Arbeitern gewöhnlich einen mit schwarzem, schleimigem Auswurf verbundenen Husten zuzogen, abgesehen, einen erträglicheren Aufenthalt. Während bei dem Bau der Dünamurger Brücke auf derselben Eisenbahnlinie neun Todesfälle, meist in Folge von etwa 6 Stunden nach beendigter Arbeitszeit eingetretenen Schlagflüssen, sich ereigneten, starb bei dem Rownoer Brückenbau nur ein Arbeiter während des Gebrauchs der pneumatischen Apparate. Die zur Verdichtung der Luft dienende Luftpumpe, welche mit der Glocke durch eine Leitung aus Kupfer- und Kautschuk-Röhren in Verbindung stand und durch eine Lokomotive von 6 Pferdekraften in Bewegung gesetzt wurde, war zur Vermeidung von Luftverlust und Reparaturen an der Röhrenleitung der Röhre möglichst nahe gerückt. Das Niedergehen der Röhren betrug in dem, meist aus Kies und grobem Sande bestehenden Flußbett durchschnittlich 0,47 Mtr. ($1\frac{1}{2}'$ preuß.) bis 0,79 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ preuß.) per Tag; ein Effekt, welcher in weichen Bodenarten sich bis zu 1,25 Mtr. (4' preuß.) und selbst 1,88 Mtr. (6' preuß.) per Tag steigern ließ. War man auf die vorbeschriebene Weise bei dem Senken des betrachteten Röhrenstücks mit dessen oberem Rande dem Wasserspiegel des Niemen nahe gekommen, so wurde die Glocke abgenommen, die Röhren und Steiggeschächte durch Aufsetzen neuer Trommeln und Blechrohre so viel erhöht, daß man damit den festen Baugrund zu erreichen hoffen durfte, die Glocke wieder aufgepaßt und das Versenken in derselben Weise bis zur erforderlichen Tiefe fortgesetzt. Hier angekommen, wurde

der untere Arbeitsraum der Röhre sofort mit Beton ausgefüllt, die Decke desselben herausgenommen und die Ausfüllung der Röhre unter Beseitigung der Schächte vollendet, wobei der Beton, auf einem vor Anker gelegten Ponton, aus 1 Theil Portland-Cement, 2 Theilen gestiebtem Grand und 3 Theilen kleingeschlagenem Granit gemischt wurde.

Die bei diesem Gründungsverfahren angewendete besondere, wenn auch erleichterte Belastung der Röhre, sowie die Schwierigkeit ihrer Geradeführung und den Zeitverlust beim Durchschleusen des gewonnenen Bodens, beseitigte der französische Ingenieur Castor, der die Gründungsarbeiten an der Rehl-Sträßburger Rheinbrücke in Entreprise ausgeführt hatte, bei Erbauung der auf Röhrenpfählern ruhenden, auf Seite 381 bis 384 hinsichtlich ihrer Pfeilerkonstruktion bereits besprochenen Gitterbrücke über die Seine bei Argenteuil in der Linie Paris-Pontoise-Dieppe, s. Fig. 1096 bis 1097, in den Jahren 1868 $\frac{2}{3}$ durch eine dem Einsinken der Röhre entsprechende Ausfüllung mit Beton, durch Aufhängung derselben an vier, auf einem festen Arbeitsgerüste ruhenden Führungsketten *k*, durch Anwendung einer, mit einem zweitheiligen Behälter *b* und *b'* umgebenen, Schleusenkammer und einer in der Luftschleuse befindlichen, von außen durch Dampf betriebenen Welle *c*. Mit dem durch diese Welle kontinuierlich geförderten Boden wurde zuerst der eine jener Behälter gefüllt, hierauf dieser Behälter geschlossen und nach außen entleert,

fig. 1096.

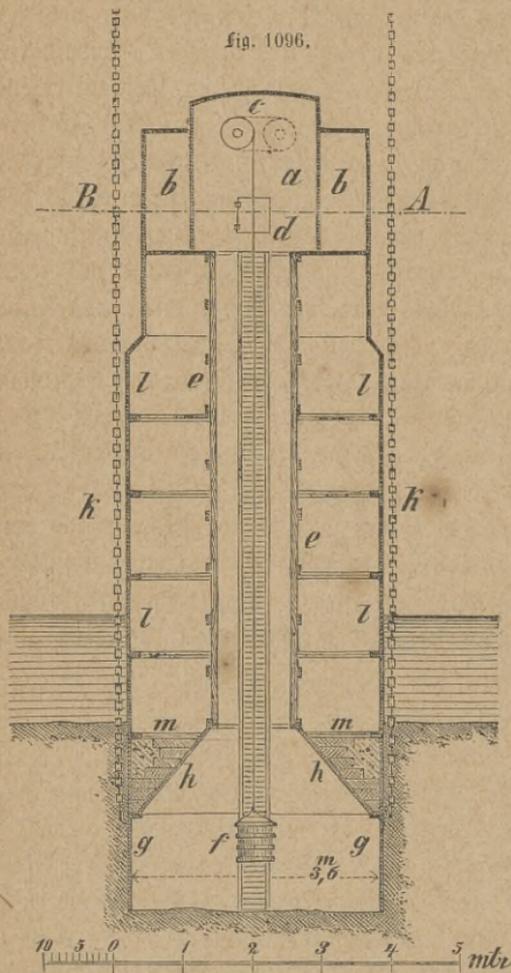


fig. 1097.

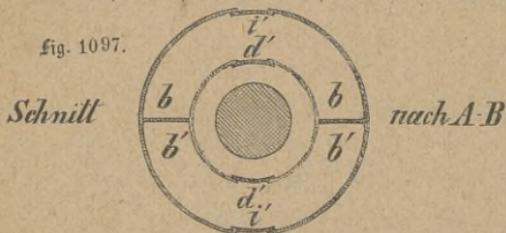


Fig. 1096 bis 1097. Gründung der Eisenbahnbrücke in der Linie Paris-Pontoise-Dieppe über die Seine bei Argenteuil.

diese Welle kontinuierlich geförderten Boden wurde zuerst der eine jener Behälter gefüllt, hierauf dieser Behälter geschlossen und nach außen entleert,

während man den anderen jener Behälter füllte. Die cylindrische Luftschleuse wurde aus einem inneren, ebenfalls cylindrischen, die Fortsetzung des Luft- und Steigeschachtes bildenden, durch gläserne, in seiner Decke angebrachte Rinsen erleuchteten, centralen Theile und aus einem, denselben umgebenden, hohlen, in zwei gleiche Abtheilungen geschiedenen Cylindermantel gebildet. Sobald die eine dieser Abtheilungen mit gefüllten, die andere mit leeren Körben besetzt war, konnte die erstere mit dem Außenraum, die letztere mit dem Förder- und Fahrtschacht in Verbindung gesetzt und so eine kontinuierliche Bodensförderung erreicht werden. Der Abtrag wurde hierbei mittels an einem Seile befestigter Körbe aus der Erdkammer durch den Förderschacht in die Luftschleuse gehoben, wobei das Seil über eine, durch ein schlaffes Laufband mit einer zweiten Rolle in Verbindung gesetzte, Rolle glitt, deren Ase durch jene kleine Dampfmaschine gedreht wurde. Sobald ein gefüllter Korb zu heben war, drückte ein Arbeiter mittels eines zweiarmigen Hebels zwischen diesen Rollen eine dritte, an dessen Ende befestigte, kleine Rolle gegen das Laufband, wodurch dieses gespannt und der Korb bis in die Höhe der inneren Seitenklappen *d' d'* der Luftschleuse gehoben wurde. Durch eine dieser Seitenklappen wurde der Korb hierauf in die Abtheilung *b* oder *b'* der Luftschleuse geschafft und von da, nachdem jene Abtheilung gefüllt war, durch eine der äußeren Seitenklappen *i' i'* in den Fluß entleert. Ueber das weiterhin eingehaltene Senkungsverfahren ist bei Besprechung der Röhrenpfeiler dieser Brücke auf Seite 382 bis 384 das Nöthige bemerkt worden.

Drittes Kapitel.

Die Fundamente aus versenktem Mauerwerk.

I. Ohne Anwendung von Luftdruck versenkte Steinfundamente.

Die Versenkung von gemauerten Brunnen zur Gründung von Bauwerken wurde seit Jahrhunderten von den Eingeborenen Ostindiens in Anwendung gebracht und bei dem Bau der Ostindischen Eisenbahnen von englischen Ingenieuren und Bauunternehmern angenommen. Die ersten Nachrichten über dieses indische Senkverfahren gelangten durch die Berichte des Oberingenieurs G. B. Bruce der Madrasbahnen nach England, demzufolge dort die im Sommer, wo die Flußbetten der meisten Flüsse ganz oder nahezu trocken sind, vorgenommene Senkarbeit sehr erleichtert war und einfach darin bestand, den Boden bis zum Wasserpiegel in gewöhnlicher Weise ausgraben und von da ab den Grund von eingeborenen, mit den einfachsten hölzernen Werkzeugen und Windvorrichtungen arbeitenden, Tauchern gewinnen zu lassen. In Bengalen wurde dieses Verfahren durch englische Ingenieure weiter ausgebildet, insbesondere die Taucherarbeit beseitigt oder doch auf seltene Fälle beschränkt. Der Durchmesser der hier angewandten, bis zu 13,11 Mtr. (43' engl.) unter den niedrigsten Wasserstand gesenkten Brunnen schwankte zwischen 2,44 bis 5,49 Mtr. (8 bis 18' engl.) und wurden deren je drei bis zwölf Stück zu dem Fundament eines Brückenpfeilers verwandt. Eine der schwierigsten dieser Gründungen scheint die von Strong ausgeführte Brücke über den Jumna²²⁷ bei Allahabad in der ostindischen Eisenbahnlinie von Calcutta nach Delhi, s. Fig. 1098 bis 1102, erfordert zu haben, deren schmiedeiserner Oberbau vierzehn Oeffnungen von je 62,48 Mtr. (205' engl.) überspannt und von dreizehn, auf je zehn Brunnen aus Ziegelmauerwerk von 4,11 Mtr. (13 $\frac{1}{2}$ ' engl.) äußerem Durchmesser, 1,03 Mtr. (3' 4 $\frac{1}{2}$ " engl.) Wandstärke und 13,11 Mtr. (43' engl.) Einsenkung unter dem niedrigsten Wasserstand fundirten, Zwischenpfeilern getragen wird. Da das Niedrigwasser an der Brückenbaustelle 4,57 Mtr. (15' engl.) mißt, so beträgt die Einsenkung der Brunnen unter das Flußbett 8,54 Mtr. (28' engl.), eine Tiefe, welche theils durch die Beschaffenheit des Baugrundes, welcher aus feinem, stellenweise mit Thon gemischtem, tiefer in feinen Grand übergehendem, dichtem, unter Einwirkung der Strömung aber sehr beweglichem Sande besteht, theils durch den bedeutenden Wechsel in den Wasserständen, der zwischen dem gewöhnlichen Niedrig- und Hochwasser etwa 13,72 Mtr. (45' engl.), bei den außergewöhnlichen Wasserständen der Jahre 1838 und 1861

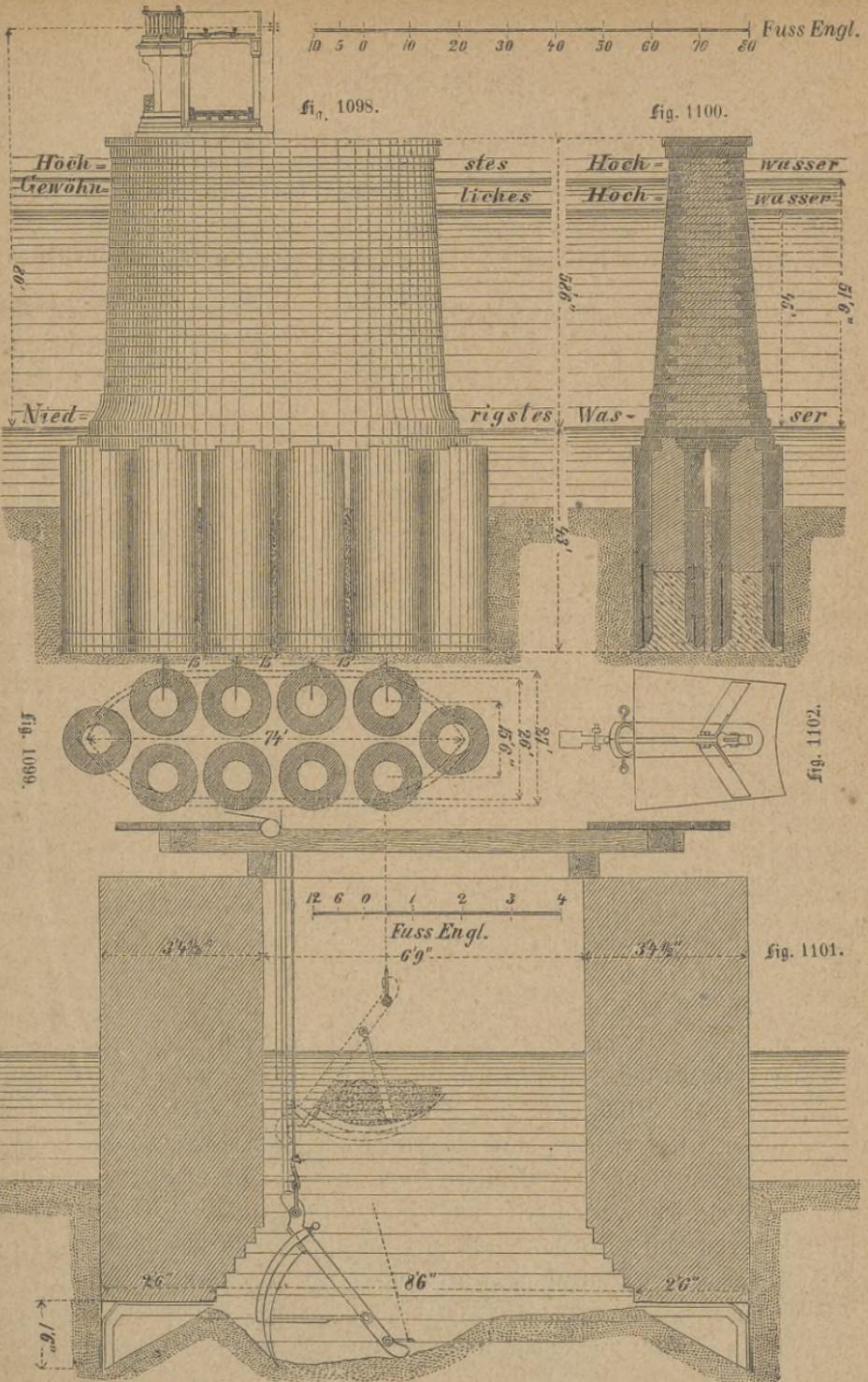


fig. 1098 bis 1102 Gründung der Eisenbahnbrücke über den Jumna bei Allahabad in Ostindien.

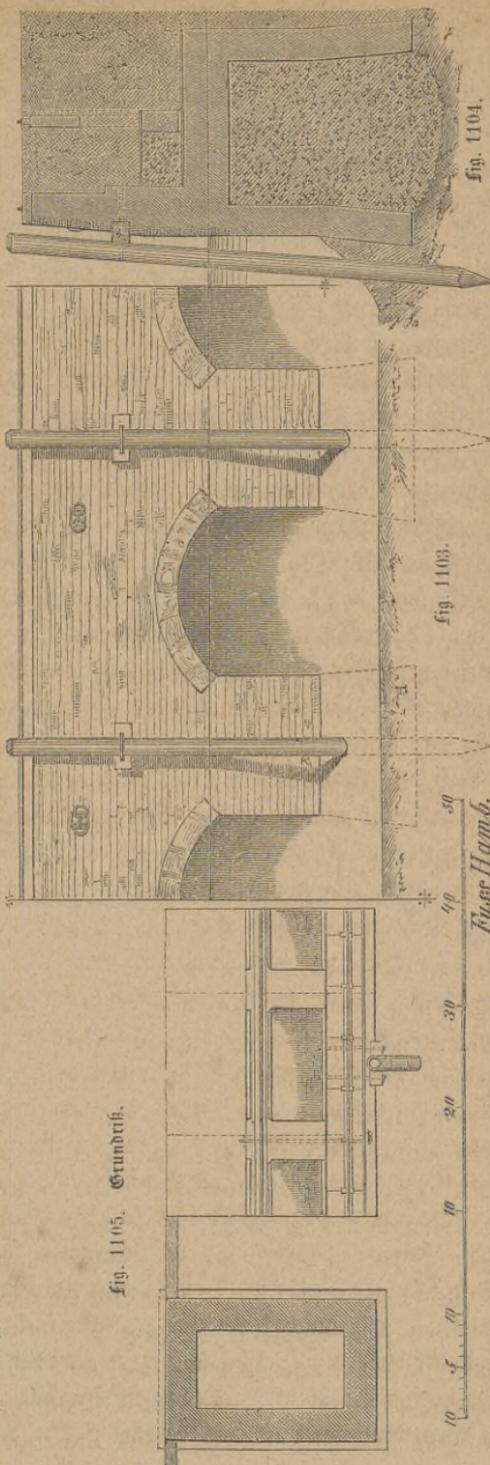
sogar 15,69 Mtr. ($51\frac{1}{2}'$ engl.) betrug, bedingt wurde. Die Fundirung der Pfeiler, welche zur Zeit des, vom November bis Mai andauernden, niedrigsten Wasserstandes ausgeführt wurde, geschah derart, daß man für jeden Strompfeiler zunächst eine künstliche Insel von 30,48 Mtr. ($100'$ engl.) Länge und 18,29 Mtr. ($60'$ engl.) Breite bildete, indem dieser Raum durch Fangdämme aus versenkten Sandsäcken von jeder, mit Ausnahme der stromaufwärts gefehrten Seite, eingeschlossen, so zur Ablagerung des von dem Strome mitgeführten Sandes disponirt und dann bis zur erforderlichen Höhe durch Handarbeit vollends ausgefüllt wurde. Auf dieser, in kurzer Zeit hergestellten, Insel wurden in Entfernungen von 4,57 Mtr. ($15'$ engl.) nach der Länge und von 4,72 Mtr. ($15,5'$ engl.) nach der Stärke der Pfeiler zehn zur Aufnahme der zehn Backsteincylinder bestimmte eiserne Brunnenkränze von 4,11 Mtr. ($13' 6''$ engl.) äußerem und 2,59 Mtr. ($8' 6''$ engl.) innerem Durchmesser verlegt, wovon jeder aus einem 0,76 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ engl.) breiten, wagrechten Ringe von 0,94 Cmtr. ($\frac{3}{8}''$ engl.) starkem Eisenblech und einem eben so starken, vertikalen, 45 Cmtr. ($18''$ engl.) hohen, oben 7,5 Cmtr. ($3''$ engl.) vorspringenden Ringe besteht, welche unter einander verbunden und durch dreieckige Bleche ausgesteift sind. Auf diesem Schling wurde das Ziegelmauerwerk des Brunnenzylinders zunächst in 3,66 Mtr. ($12'$ engl.), in zwei weiteren Stadien der Versenkung in 4,57 Mtr. ($15'$ engl.) und 4,88 Mtr. ($16'$ engl.) Höhe aufgeführt. Zur Verbindung des Schlings mit den beiden untersten Theilen jedes Mauerzylinders wurden sechs an dem Schling befestigte vertikale, 4,88 Mtr. ($16'$ engl.) hohe, in Entfernungen von je 1,52 Mtr. ($5'$ engl.) durch horizontale Flacheisen-Ringe verbundene Anker mit eingemauert. Die Versenkung erfolgte innerhalb der ersten 1,52 Mtr. ($5'$ engl.) durch Ausschaufeln des Sandes unter dem Brunnenkranze, im weiteren Verlaufe durch einen Baggerapparat, der einem, von den Eingeborenen unter dem Namen *jam* zum Ausgraben in größerer Tiefe benutzten hölzernen Werkzeug in Eisen nachgebildet war und dessen Wirkung bei der Durchbrechung festerer Schichten durch Taucher unterstützt werden mußte. Dieser Bagger, der eine Schaufel von 66 Cmtr. ($26''$ engl.) Breite und 71 Cmtr. ($28''$ engl.) Länge besaß und etwa 37,5 Kg. ($\frac{3}{4}$ Ctr.) wog, wurde an Seilen in das Innere des Brunnen hinabgelassen, dessen Schaufel mittels einer Stange in den Boden gedrückt und dann gefüllt durch eine Winde aufgewunden. Die Senkrechtführung der Brunnen erforderte eine durchaus gleichmäßige Ausbaggerung des Sandes an dem inneren Rande der Brunnen, auch war der Fortschritt der Senkung nach der Tiefe sehr verschieden, und sank von 46 Cmtr. ($18''$ engl.) täglich bei Beginn bis auf 2,5 Cmtr. ($1''$ engl.) täglich bei Beendigung der Arbeit. Diese Abnahme der Einsenkung wurde außer der zunehmenden Festigkeit des Sandes durch den bedeutenden Wasserdruck veranlaßt, welcher den Sand von außen in den Brunnen drängte und zur Ausbaggerung auch dieser eingedrungen

genen Bodenmassen nöthigte. Zur Beschleunigung der Einsenkung wurde daher das Gewicht der Brunnen theils durch erhöhtes Aufmauern, theils durch Belasten mit Schienen bis zu einer Gesamtlast von 400 Kg. (800 Pfd.) gesteigert. Waren die Brunnen bis zur angegebenen Tiefe versenkt, die Sohle von dem auf ihr befindlichen losen Boden befreit und geebnet, so wurden sie bis zu einer Höhe von 4,57 Mtr. (15' engl.) mit Béton gefüllt, nach dessen innerhalb etwa 18 Tagen erfolgter Erhärtung durch Pumpen von dem in ihnen befindlichen Wasser befreit und mit Geschieben bis zur Oberkante der Brunnen ausgemauert. Von hier ab, etwa 1,07 Mtr. ($3\frac{1}{2}'$ engl.) unter Niedrigwasser, beginnt das von der Außenseite mit zwei Schichten starker Quadern verkleidete Ziegelmauerwerk, welches den Zwischenraum zwischen den Brunnen an der Außenseite überdeckt und somit die eigentliche Pfeilerbasis bildet. Die untersten Quader sind, zur Herstellung eines gehörigen Verbandes mit dem Mauerwerk der Brunnen, 15 Cmtr. (6" engl.) in das Brunnenmauerwerk eingelassen, durch Klammern aus 3,13 Cmtr. ($1\frac{1}{4}"$ engl.) starken Quadrateisen unter sich verbunden und mit Vertiefungen in ihrer obern Basis versehen, worin die Quader der obersten Schicht eingreifen. Um das Mauerwerk der zehn einzelnen Brunnen zu einem zusammenhängenden Fundamente des Pfeilers zu vereinigen, wurden die Zwischenräume der Brunnen mit Béton ausgefüllt und das Mauerwerk der Brunnenzylinder so weit übergefragt, bis dessen Oberfläche ein geschlossenes Ganze bildete, und hierauf in der ganzen Ausdehnung des Pfeilers eine Bindschicht aus großen Quadern angeordnet, über der das steigende, aus Geschieben im Inneren und aus Quadern im Aeußeren hergestellte Pfeilermauerwerk aufgeführt wurde.

Alle Fundirungsbrunnen je eines Strompfeilers der Sunnabrücke mußten, wie die Erfahrung lehrte, gleichzeitig gesenkt werden; ein Erforderniß, welches wegen des geringen Abstandes der Brunnen mit mancher Schwierigkeit in der Ausführung verknüpft war, was nun auf die Idee führte, Brückenpfeiler aus einem einzigen Senkbrunnen zu bilden, welcher ebenfalls ohne Anwendung von verdichteter Luft mittels Ausbaggern oder Ausschöpfen auf einem eisernen oder auch hölzernen Schling zu versenken sei. Ein Vorbild hierzu lieferte das Verfahren, welches M. J s a m b a r d B r u n e l, der berühmte Vater des später durch die Erbauung der Windsor=Chepstow= und Saltashbrücke sowie des Great=Eastern noch berühmteren J s a m b a r d K i n g d o m B r u n e l im Jahre 1825 bei Versenkung des großen, auf der Notherrhithe=Seite gelegenen, aus Ziegeln gemauerten, mit Eisenstangen armirten, cylindrischen Arbeitsschachtes für den Themsetunnel zu London, von 15,24 Mtr. (50' engl.) Durchmesser und 0,91 Mtr. (3' engl.) dicken Mauern, bis zu einer Tiefe von 18,29 Mtr. (60' engl.) eingeschlagen hatte, welches jedoch durch den geringen Wasserzudrang in dem, aus plastischem und lettigem Thon bestehenden, Boden wesentlich vereinfacht war.

Dagegen lieferte die im Jahre 1861 zu Burton am Trent für die Brauerei der Herren Alfopp, erfolgte Versenkung eines Wasserbrunnens von 12,19 Mtr. (40' engl.) innerem Durchmesser und aus 0,91 Mtr. (3' engl.) dickem Backsteinmauerwerk durch Sand- und Grundboden bis zu 12,19 Mtr. (40' engl.) Tiefe den Beweis von der Ausführbarkeit dieser offenbar einfacheren und mit geringeren Kosten herzustellenden Gründungsweise, welche im Jahre 1864 von Buresch²²⁸⁾, gestützt auf die bei Senkung einiger Brunnen, namentlich eines solchen von 7,01 Mtr. (24' hann.) im äußeren Durchmesser bis 5,26 Mtr. (18' hann.) Tiefe in fließendem Sande, von ihm gesammelten eigenen Erfahrungen, zur Gründungsweise auch von Brückenpfeilern vorgeschlagen wurde; ein Vorschlag, welcher bei Herstellung der mit zwei, durch eine Drehbrücke schließbaren, Durchlaßöffnungen von je 12,55 Mtr. (40' preuß.) Weite und zwei fest überbrückten Oeffnungen von je 37,66 Mtr. (120' preuß.) versehenen Eisenbahnbrücke über die Parnitz in Stettin²³³⁾, im Jahre 1866 praktisch verwirklicht wurde, deren Drehpfeiler aus einem, unten 8,16 Mtr. (26' preuß.), oben 7,90 Mtr. (25' preuß.) im Durchmesser starken und deren Aufschlagpfeiler aus je zwei, 8,13 Mtr. (25' 9" preuß.) von Mitte zu Mitte entfernten, 5,65 Mtr. (18' preuß.) im Durchmesser starken, auf 12,27 Mtr. (39' preuß.) unter Wasser gesenkten, Brunnen bestehen. Die Versenkung dieser Brunnen wurde mit einigen Verbesserungen, nach dem Vorgang der im Jahre 1859 bewirkten Gründung der Rheinbrücke zwischen Kehl und Straßburg, unter Anwendung verdichteter Luft bewirkt und wird daher im zweiten Theile dieses Kapitels besprochen werden. Wiewol die runde Grundform der Bestimmung eines Drehpfeilers vollkommen entspricht, so erscheint doch für die Pfeiler fester Brücken die rechteckige Form als die für die Trägersauflagen angemessenere, und obwol in der Mittheilung über die Parnitzbrücke die runde Grundform solcher Brunnen für die beim Senken günstigste gehalten wurde, weil sie, da die Pfeiler hohl gesenkt werden sollten, die größte Sicherheit gegen den Wasserdruck gewähre, so wurde doch darin besonders bemerkt, daß nichtsdestoweniger die viereckige, insbesondere die quadratische Form für Pfeiler, die einem seitlichen Drucke zu widerstehen haben, nicht ausgeschlossen sei, sobald der Raum gestatte, den Innenraum durch ein ringförmiges Gewölbe zu begrenzen. Als ein Beispiel für die Ausführbarkeit einer Gründung auf gemauerten Brunnen von rechteckiger Grundfläche sind die im Jahre 1868 ausgeführten Gründungsarbeiten einer massiven, etwa 17,52 Mtr. (6000' hamb.) langen Raimauer am Sandthorhafen in Hamburg²²⁹⁾ zu betrachten, welche darin bestanden, rechteckige hohle Brunnen zu versenken, mit magerem Béton zu füllen und in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes mit Gurtbogen zu verbinden, worauf dann die, unmittelbar am Ufer mit einem Eisenbahngleise versehene Raimauer errichtet wurde. Die hierzu verwandten Brunnen, deren Grundfläche 5,29 Mtr. (18 $\frac{1}{2}$ ' hamb.) auf 4,29 Mtr.

(15' hamb.), deren Wandstärke 0,72 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ hamb.) und deren Entfernung von Mitte zu Mitte 7,72 Mtr. (27' hamb.) beträgt, wurden auf einem Bohlenkranz von 7,2 Emtr. (3" hamb.) Stärke sofort in der vollen Höhe von 5,15 Mtr. (18' hamb.) mit einem Anlauf von $\frac{1}{12}$ auf die unteren 2,86 Mtr. (10' hamb.) und senkrecht auf die oberen 2,29 Mtr. (8' hamb.) mit Ziegeln aufgemauert und bis auf 1,72 Mtr. (6' hamb.) unter die Sohle des Hafens gesenkt, so daß sie etwa 1,43 Mtr. (5' hamb.) in den Sand zu stehen kamen. Nach Aufmauerung etwa der Hälfte der Brunnen und Erhärtung des Mauerwerks der zuerst vollendeten, wurde mit dem Senken in der Weise begonnen, daß auf den Brunnen selbst eine Lokomobile mit stehendem Kessel gestellt wurde, welche einen gewöhnlichen Bagger mit senkrechter Leiter trieb. Diese Baggervorrichtung war auf Eisenbahnschienen nach den größeren Abmessungen des Brunnen, also senkrecht zur Railinie, beweglich, während die Baggerleiter um eine den Eisenbahnschienen parallele horizontale Ase schwang, wodurch die Arbeit an jedem Punkte der Breiten-dimension möglich wurde. In zweimal vierundzwanzigstündiger, ununterbrochener Arbeit wurde je ein Brunnen gesenkt und war man auf Hindernisse, wie Baumstämme u. dergl., welche der aus angeschwemmten Seepflanzen bestehende Moorboden und die darüber lagern-



Fuss Hamb.

Fig. 1103 bis 1105. Kaimauer am Sandthorhafen in Hamburg.

den Schichten feinen Sandes, des sogenannten *Darg*, auch kaum erwarten ließen, nicht gestossen. Der stehen gebliebene Theil des der Insel *Grasbrook* angehörenden Ufers bildete den Fangdamm. Zur Betreibung der Maurerarbeit wurde der Wasserspiegel in der Baugrube möglichst gesenkt, weshalb das innerhalb der Brunnen befindliche, durch das Wasser des Untergrundes mit dem äußeren Wasserspiegel kommunizirende, Wasser einige Fuß über der Sohle der Baugrube stand. Die Wände der Brunnen wurden also einem bedeutenden Ueberdruck weder von außen durch die Erde, noch von innen durch das Wasser ausgesetzt, und gab die geradlinige Form der Wandungen zu keinerlei Befürchtungen Anlaß.

II. Mit Anwendung von verdichteter Luft versenkte Steinfundamente.

Die Methode, Steinfundamente unter Mitwirkung verdichteter Luft zu versenken, erscheint zunächst als eine Anwendung des von *Triger*, *Cavé* u. *Mongel* bereits im Jahre 1841 bei dem Abbau der reichen Kohlenflöze an der *Charente* zwischen *Rochefort* und *Ingrande* zu Durchsetzung einer etwa 20 Mtr. mächtigen, wasserführenden Sandschicht unter dem Wasserspiegel des Flusses angewandten Verfahrens, welches darin bestand, die Luft in einer weiten Röhre zu verdichten und hierdurch das darin befindliche Wasser hinauszupressen, um in dem Inneren des Cylinders hinabsteigen und dort durch Beseitigung des Bodens am unteren Rande des Cylinders diesen zum allmäligen Niedersinken bringen zu können. Der hierbei verwendete Cylinder von 20 Mtr. Länge, 1 Mtr. Weite und 1,3 Cmr. Wandstärke war aus Eisenblech zusammengenietet und an seinem oberen Ende mit einer Luftschleuse, d. h. einem cylindrischen Aufsatz von etwa 1,6 Mtr. Höhe, versehen, dessen doppelter, mit verschließbaren Oeffnungen versehener Boden den Arbeitern, sowie dem ausgehobenen Grunde, den Durchgang gestattete. Indem die genau schließenden Klappen dieser Böden nacheinander geöffnet und hierdurch das Innere der Schleuse abwechselnd mit der äußeren und inneren Luft in Verbindung gesetzt werden konnte, erhielt man selbst während dieses Durchganges die erforderliche Luftspannung im unteren Arbeitscylinder. Diese Spannung mußte bei einer Wassertiefe von 20 Mtr. drei Atmosphären betragen, um dieser Wassersäule und dem Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht zu halten: ein Luftdruck, bei welchem nach den von *Las Casas* angestellten Beobachtungen Menschen noch leben und arbeiten konnten. Die erste Anwendung dieses Verfahrens auf die Gründung von Brückenpfeilern wurde im Jahre 1851 bei der auf Seite 441 und 443 bereits erwähnten Brücke über den *Medway* zu *Rochester* gemacht, bei welcher der Transport des losgehackten Erdmaterials durch eine als Einsteigeschacht dienende Röhre sowie durch die Luftschleuse bewirkt wurde. Da hierbei ein großes, dem Inhalt der ganzen Röhre entsprechendes Quantum komprimirter Luft erforderlich war und das Durchschleusen der Arbeiter und Erdeimer wegen der kleinen Luftschleusen nicht gehörig gefördert werden konnte,

auch einmal wegen des hierbei bewirkten zu schnellen Wechsels des Luftdrucks in der Schleuse eine der zu schwach konstruirten Luftklappen zerbrach und den Tod dreier, beim Ausgraben beschäftigter Arbeiter in dem, beim Entweichen der verdichteten Luft sofort nachstürzenden, Wasser herbeiführte, so verbesserte man dasselbe bei der Foundation des Mittelpfeilers der Brücke über den Tamar bei Saltash dadurch, daß man in dem unteren Theile des hierbei versenkten bedeutenden Cylinders eine niedrigere Arbeitskammer zum Ausschachten des Baugrundes und zum Aufführen des Mauerwerks anbrachte, diese mit einem besondern, über Wasser reichenden Rohre versah und so den mit verdichteter Luft zu füllenden Raum auf ein Minimum beschränkte. An der Stelle, wo sich jener auf Seite 263 bis 267 beschriebene Pfeiler erhebt, hat das Meer eine Tiefe von etwa 20 Mtr., und es mußte der Felsen unter einer, mehr als 5 Meter mächtigen, Schlammsschicht erreicht werden. Brunel versenkte zu diesem Zwecke den erwähnten, 10 Mtr. im Durchmesser haltenden, durch Rippen aus T-eisen im Inneren hinreichend versteiften Blechcylinder von 26,36 Mtr. durchschnittlicher Höhe, in dessen unterem Theile eine kuppelförmige, mit ihm vernietete Decke, ferner ein zweiter, mit ihm konzentrischer Cylinder von beiläufig 6 Mtr. Durchmesser und 3,5 Mtr. mittlerer Höhe angebracht, und durch eine zweite, tiefer liegende, mit jener ersteren konzentrische, kuppelförmige Decke aus Eisenblech geschlossen war, bis auf den festen Grund. In dem durch diese beiden Cylinder und Kuppeln gebildeten ringförmigen, etwa 2 Meter breiten Raume, der mit dem erwähnten, oben mit einer Luftschleuse versehenen Luftrohre verbunden war, wurde die Verdichtung der Luft bewirkt und hierdurch jener beschränktere Schacht und Arbeitsraum gebildet, wo die Arbeiter beziehungsweise ein- und aussteigen sowie ihre Arbeiten vornehmen konnten. Diese Arbeiten bestanden in dem Begräumen der ganzen Schlammsschicht von dem Schieferfelsen, der Abgleichung des letzteren und der Aufführung einer als Fangdamm dienenden, das Aufquellen des Grundwassers verhindernden Cementmauer in der ganzen Breite und Höhe jenes ringförmigen, hohlcylindrischen Zwischenraumes der Cylinder. Bei der Furcht, daß diese Arbeiten in einer über zwei Atmosphären komprimirten Luft den Arbeitern schädlich sein dürfte, wurde mittels einer zweiten Maschine eine, in einem besonderen, jene Doppelpuppel durchsetzenden Schöpfröhre angebrachte Pumpe in Bewegung gesetzt, um das Wasser des großen Cylinders auszuschöpfen, dessen Niveau möglichst hinabzudrücken und dadurch den Luftdruck in dem runden Arbeitsraume des Bodens um den ganzen Niveauunterschied, der zwischen den beiden Wasserspiegeln innerhalb und außerhalb des großen Cylinders stattfinden konnte, zu vermindern. Als nach beendigter Ausräumung des Schlammes vom Boden jenes Hohlcylinders und Ausfüllung desselben durch Cementmauerwerk das Wasser durch die Basis des Cylinders nicht mehr aufsteigen konnte, wurde das Innere dieses Mauercylinders völlig ausge-

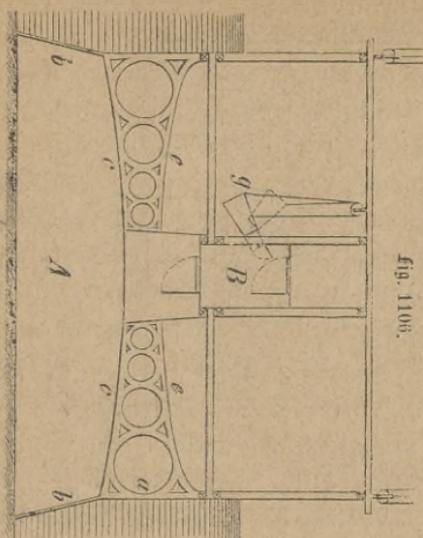


Fig. 1106.

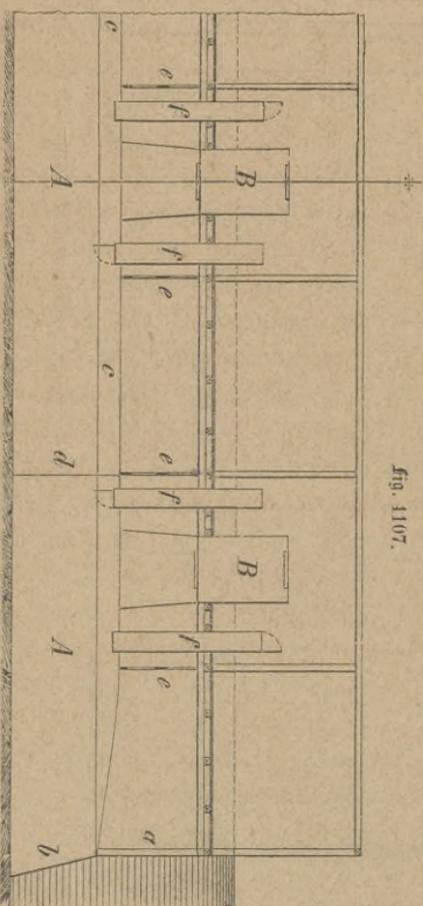


Fig. 1107.

pumpt, die auf dem Boden des kleinen, 6 Mtr. im Durchmesser haltenden Cylinders befindliche Schlamm-
schicht ohne Schwierigkeit unter freiem Himmel ausgehoben und dieser Raum bis zur Höhe jenes Mauerringes aufgeführt, indem man den Blechmantel des kleinen Cylinders bis zu seinem oberen Rande, wo ein Absatz von beiläufig 30 Cmt. gelassen wurde, mit einmauerte. Der über diesem Grundbau aus Granitquadern errichtete Pfeilersockel wurde dagegen mit dem blechernen Mantel des großen Cylinders nicht verbunden, so daß man, nachdem die Auf-
führung des Mauerwerkes bis über den Wasserspiegel gediehen war, die Verbindungsbolzen des oberen und unteren Blechmantels wegnehmen, den ersteren abheben und dadurch etwa 200,000 K_g. Eisenblech wieder gewinnen konnte.

An das Gründungsverfahren dieses Brückenpfeilers, welches wegen seiner großen Wichtigkeit für erforderliche tiefe Gründungen unter Wasser sofort Gegenstand des Nachdenkens der Ingenieure wurde, knüpften sich in den folgenden Jahren Verbesserungsvorschläge, wovon der eine ²³⁰⁾, für die Gründung einer Brücke in Mainz, s. Fig. 1106 und 1107, zwar die Gründungsmethode der Saltash-Brücke beibehält, aber zur Beförderung des Maurermaterials in den eisernen, nach der Form und ganzen Ausdehnung des Pfeilers bemessenen, durch zwei Scheidewände in drei, nicht kommunizirende Abtheilungen getrennten und in der Höhe auf das Nothwendigste beschränkten Luftkästen besondere Schächte von $\frac{1}{2}$ Mtr. Weite mit Luftklappen empfahl, während er zum Heraus-

fördern des Erdmaterials behufs Senkung des Luftkastens noch die Einsteigeschächte bestimmte.

Nach einem im Jahre 1852 von dem Ingenieur von Weiler zu Heidelberg aufgestellten Projekte für die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mannheim, s. Fig. 1108 bis 1109, sollten diese Förderschächte *D* bis auf den Wasserspiegel des nicht durch Scheidewände getheilten Taucherkastens hinabreichen, die mit Erdmaterial gefüllten Cimer bei *E* unter denselben geschoben und durch diese oben und unten offenen, also mit Wasser gefüllten, Schächte heraufgewunden werden. Der auf der Mitte des Taucherkastens stehende Steigeschacht *B* hatte in diesem Entwürfe bereits die, später beim Kehl-Sträßburger Brückenbau ausgeführte, Einrichtung und sollte zugleich zur Hereinschaffung des Baumaterials dienen. Der Taucherkasten sollte über seiner Decke mit einer nur so hohen eisernen Umfangswand versehen werden, daß dieselbe, wenn der Kasten auf dem natürlichen Boden des Flussbettes aufstand, etwas über den Wasserspiegel hervorragte, worauf vor und zum Zwecke der Einsenkung des Taucherkastens der von jener Wand umschlossene Raum über demselben mit Beton gefüllt, das Quadermauerwerk begonnen und ohne weitere Einschließung, der Einsenkung des Taucherkastens entsprechend, über Wasser auf- und fortgeführt werden sollte.

Durch die Ausführung der Saltash-Brücke und die hier gemachten Vorschläge, denen zufolge nun ein Luftkasten mit einem Steigeschacht und die Bodenförderung in nicht trocken gelegten Schächten herzustellen, folglich der Raum für die komprimirte Luft auf ein Minimum reduziert war, ferner das auf dem Taucherkasten über Wasser allmählig aufgeführte Mauerwerk die zu dessen Einsenkung erforderliche zunehmende Belastung liefern sollte, war das Verfahren vorbereitet, welches bei der im Jahre 1859 unter der Leitung des Ostbahn-Ingenieurs Fleur-Saint-Denis bewirkten Gründung der Brücke über den Rhein zwischen Kehl und Straßburg, s. Fig. 1110 bis 1119, eine praktische Bestätigung und weitere Vervollkommnung erfahren sollte.

Das Rheinbett an der Seite von Kehl besteht aus einem feinen, beweglichen Kies, der sich bei jedem Hochwasser verschiebt, und man hatte beobachtet, daß derselbe bei Anschwellungen manchmal bis zu Tiefen von 14 bis 15 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande aufgewühlt wurde. In einem so fluktuirenden Strombett war das Einrammen von Pfählen schwierig, die Wassergewältigung unmöglich und breite, auf den Kies gestellte Grundmauern nicht sicher vor Unterwaschungen. Diese Erwägungen führten zum Ausschluß der genannten Gründungsmethoden und zur Versenkung von Pfeilern auf die bis dahin nicht gekannte Tiefe von 20 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande und durchschnittlich 18 Mtr. unter der Flußsohle. Nur die vier Zwischenpfeiler dieser mit drei mittleren, fest überbrückten Oeffnungen von je 56 Mtr. und mit

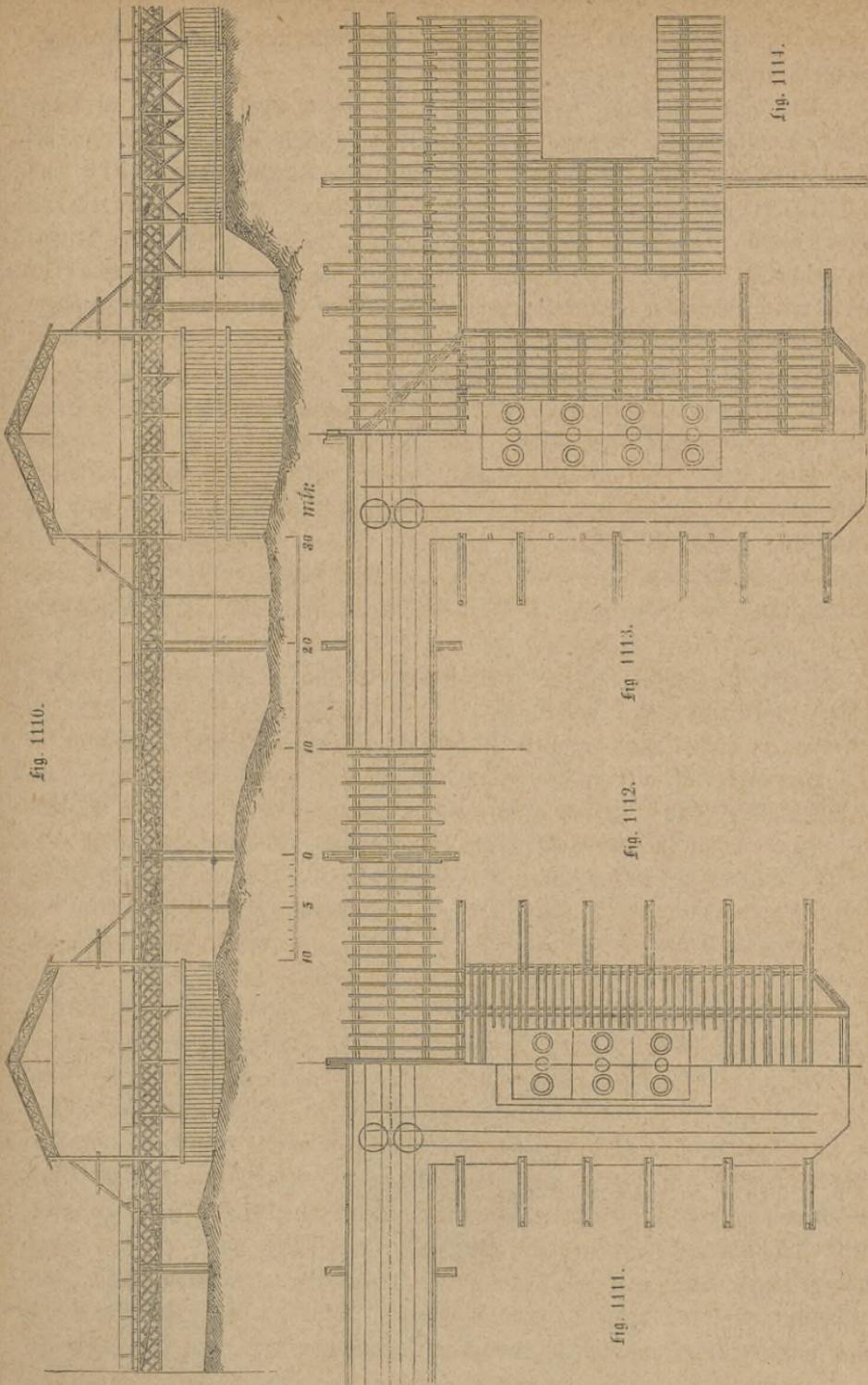


fig. 1110.

fig. 1111.

fig. 1112.

fig. 1113.

fig. 1114.

fig. 1110 bis 1114. Gründung der Eisenbahnbrücke über den Rhein zwischen Sehl und Stöckburg.

Fig. 1115.

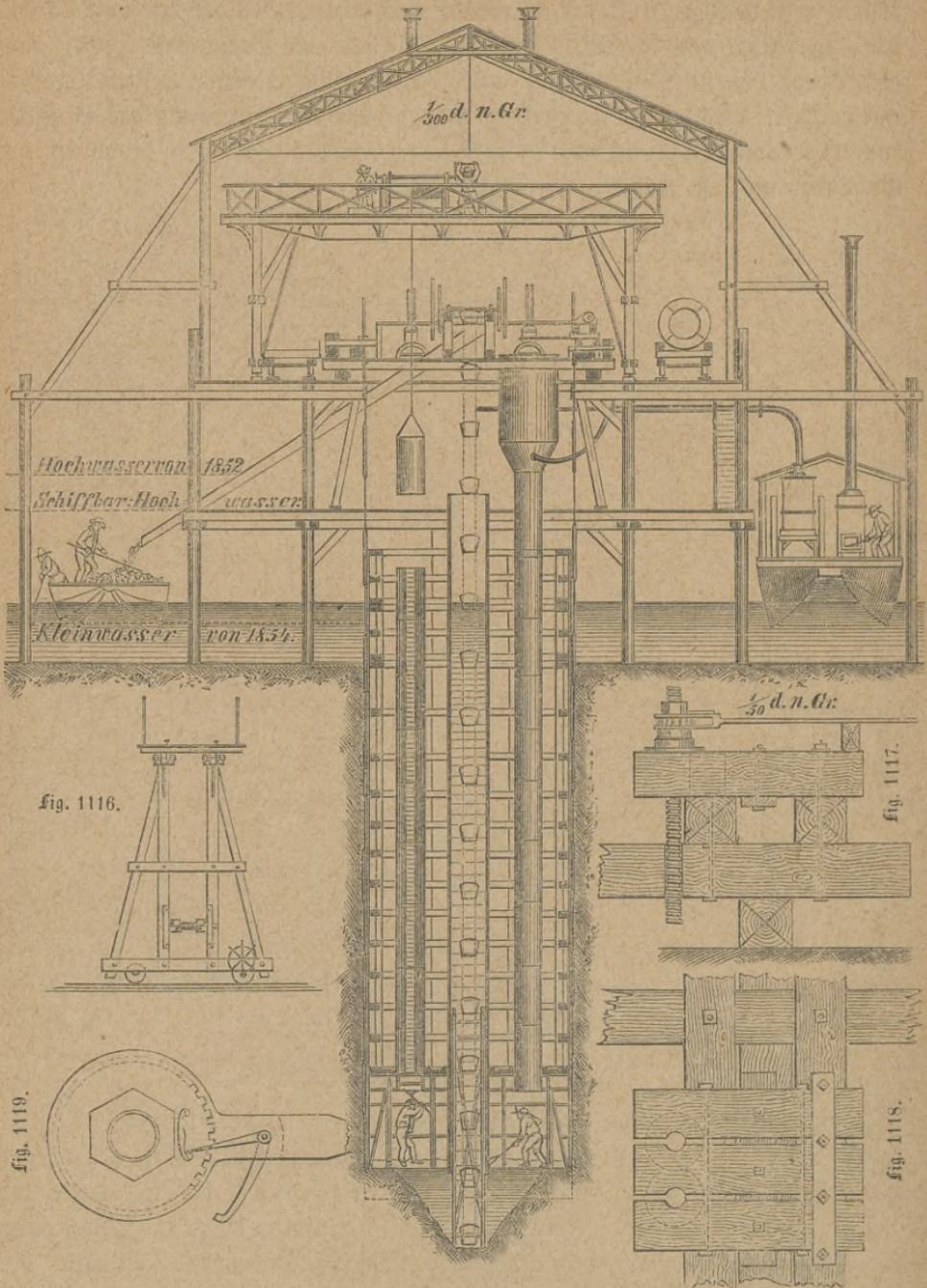


Fig. 1116.

Fig. 1117.

Fig. 1119.

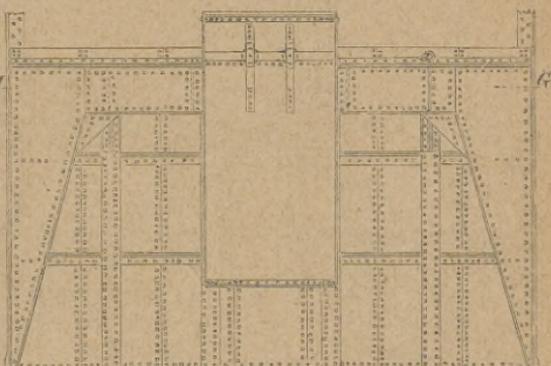
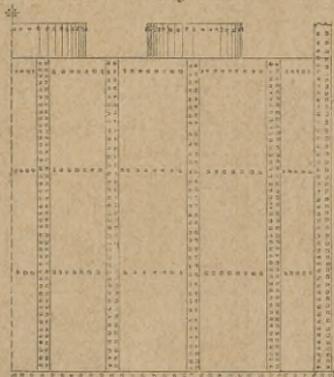
Fig. 1118.

Fig. 1115 bis 1119. Gründung der Eisenbahnbrücke über den Rhein zwischen Kehl und Straßburg.

zwei äußeren, durch Drehbrücken überbrückten Döffnungen von je 26 Mtr. Spannweite versehenen Brücke, wovon die zwei mittleren eine Breite von 7 Mtr. und eine Länge von 15 Mtr., die zwei äußeren eine Breite von 7 Mtr. und eine Länge von 20 Mtr. hatten, erforderten eine Versenkung mittels komprimirter Luft, während die beiden Landpfeiler durch Ausbaggerung der Baustelle fundirt wurden, in welche man hierauf einen ungeheueren Kasten hinabließ und mit Beton ausgoß.

Fig. 1120.

fig. 1121.



Schnitt nach GH. A Daraußsicht c

fig. 1124.

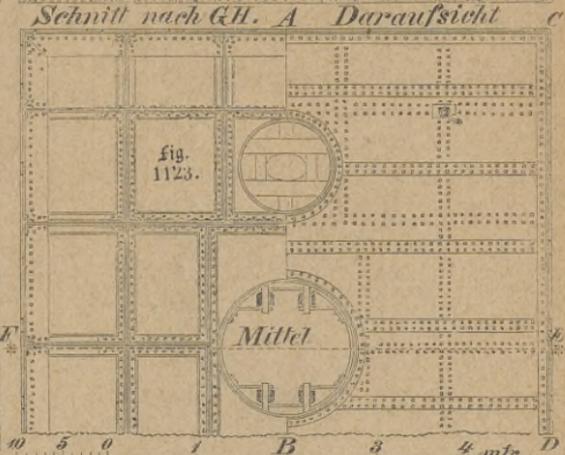
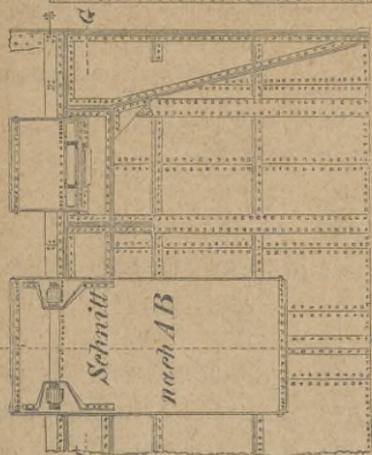


fig. 1122.

Fig. 1120 bis 1124. Details der bei Gründung der Eisenbahnbrücke über den Rhein zwischen Kehl und Straßburg angewandten Senkkasten.

Die Gründung der Kehl=Sträßburger Rheinbrücke²³¹⁾, s. Fig. 1110 bis 1125, bestand in der Anwendung eiserner, unten offener, anfangs getrennter, später unter sich verbundener, 5 Mtr. breiter, 7 Mtr. langer und 3 Mtr. hoher Luftkasten, deren, wie Fig. 1112 und 1113 zeigt, je drei einen jener schwächeren und je vier einen jener stärkeren Strompfeiler bildeten, mit kommunizirenden Döffnungen in den sich berührenden, 7 Mtr. langen Seitenwänden, welche auf den Boden des Flußbettes gesetzt wurden, um das Pfeilermauerwerk aufzunehmen, dessen Oberfläche während der Einsenkung durch ein die-

fer entsprechendes Aufmauern immer über Wasser und in der Höhe des Arbeitsgerüsts mit den Maurermaterialien erhalten wurde. Auf der Decke jeder Kastenabtheilung standen zwei, oben mit Luftschleusen versehene Luftröhren zum Auf- und Niedersteigen der Arbeiter, s. Fig. 1115 und 1120 bis 1124, die, um die Luftschleuse über Wasser zu erhalten, dem Niedergehen des Kastens entsprechend, durch

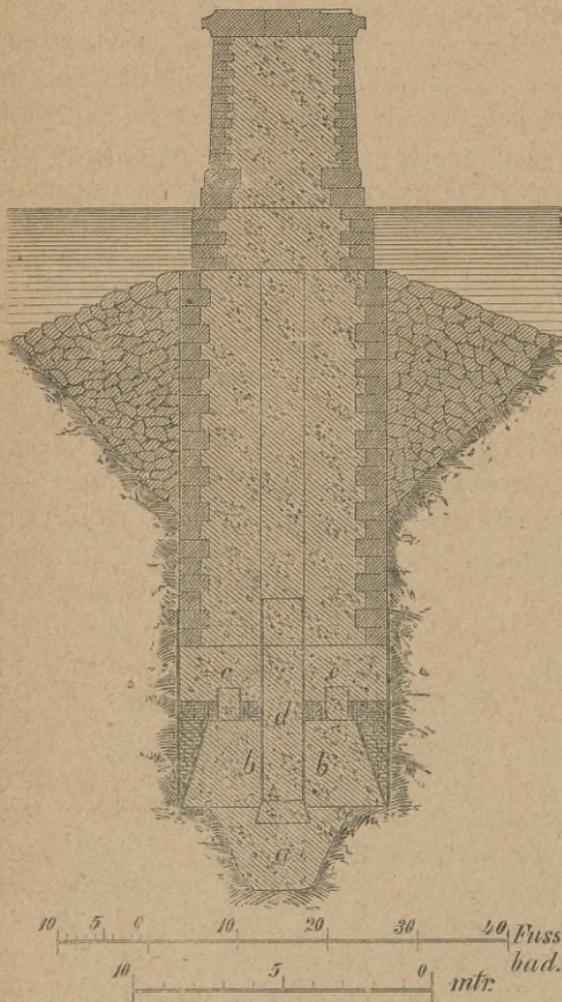


Fig. 1125. Pfeiler der Kehl-Strasburger Eisenbahnbrücke über den Rhein nach seiner Vollendung.

Ein- und Ausschaltung von Röhrenstücken verlängert wurden. Um während dieser Verlängerung des einen Lufschachtes die Arbeit nicht unterbrechen zu müssen, fungirte mittlerweile der andre. In dem oben und unten offenen, die Mitte jeder Kasten-
decke durchsetzenden, oben bis über Wasser, unten etwas tiefer als die unteren Ränder des Kastens reichenden, also mit Wasser gefüllten, in Fig. 1115 dargestellten, Förderschachte jeder Kastenabtheilung schaffte eine durch Dampf getriebene Kette mit Baggereimern den innerhalb des Kastens in sie geschaukelten Boden nach oben, von wo derselbe mittels einer Kutsche in Schiffe entleert wurde. War schon diese Einrichtung neu, so war es besonders die sichere Art der Senkrechtführung jedes Kastens, wonach jeder derselben mittels starker Ketten, s. Fig. 1115, und der mit ihnen verbundenen, auf dem unbeweglichen Arbeitsgerüste ruhenden, durch Hebel drehbaren Schraubensätze, s. Fig. 1117 bis 1119, nach und nach gleichmäßig heruntergelassen werden konnte.

Der Gang der Arbeit war der, daß die auf Schiffen stehenden, durch Dampf getriebenen Luftpumpen beständig Luft in die Luftröhren und Luftkasten einpumpten, wovon der, nach Senkung des inneren Wasserspiegels bis zum unteren Cylinderrande verbleibende, überschüssige Theil unter dem letzteren entwich.

Die Arbeiter stiegen durch entsprechende Stellung der in der Luftschleuse, zur Ausgleichung der in derselben befindlichen mit der äußeren und dann mit der comprimierten Luft, angebrachten Luftähne durch die beiden Bodenklappen der Luftschleuse auf Leitern bis zu dem Boden, welche den gelösten Kies in die Bagger-eimer warfen, die ihn mittels der, in kontinuierlicher Bewegung erhaltenen, Bag-gerkette durch den Förderschacht nach oben beförderten. Das Sinken des Kastens, durch die Tragketten geregelt, erfolgte durch diese Ausgrabung, sowie durch das mit Quadern verblendete, stets über Wasser um die Luft- und Förderschächte herum aufgeführte Mauerwerk. Nachdem man die beabsichtigte Gründungstiefe von 20 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande erreicht hatte, wurde der Luftkasten von dem Boden auf voll ausgemauert, wobei sich die Arbeiter allmählig in die Luftschächte zurückzogen, die eisernen Bekleidungen der Schächte herausgenommen und die zurückgebliebenen Hohlräume mit Béton gefüllt. Auf dem so mit Aus-nahme des schmiedeisernen Luftkastens massiv aus Mauerwerk und Béton her-gestellten Brückenfundamente wurde der über Wasser hervorragende, die Brücken-träger aufnehmende, obere Theil dieses Pfeilers, s. Fig. 1125, in der gewöhn-lichen Weise aufgemauert.

Die bei dem Kehl-Sträßburger Brückenbau zuerst wegen leichterer Reguli-rung der Einsenkung angenommene Trennung und dann nach eingetretener Gleich-mäßigkeit jener Senkung bewirkte Vereinigung der Luftkasten wurden bei der im Jahre 1865 fundirten, mit zwei Oeffnungen von 14,75 Mtr. (47' preuß.) und 5,96 Mtr. (19' preuß.) Weite und einem Strompfeiler von 5,69 Mtr. (18' preuß.) Breite und 15,06 Mtr. (48' preuß.) Länge versehenen Brücke über den Pregel bei Königsberg²³²), s. Fig. 1126 und 1127, dahin abgeändert, daß zur Foundation ihres Strompfeilers nur ein unten offener, aus Eisenblech-tafeln zusammengesetzter, durch Längs- und Querträger versteifter Luftkasten von 6,27 Mtr. (20' preuß.) Breite, 15,69 Mtr. (50' preuß.) Länge und 2,51 Mtr. (8' preuß.) Höhe, aber ebenfalls mittels Ketten und Schraubenspindeln versenkt wurde. Die Veranlassung zur Annahme dieses, im Uebrigen dem Kehl-Sträßburger sehr ähnlichen, Gründungsverfahrens hatte der an der Bau-stelle in einer Wassertiefe von etwa 9,41 Mtr. (30' preuß.) aufgefundenen und bis zu einer Tiefe von etwa 18,83 Mtr. (60' preuß.) verfolgte, feine Sand-grund gegeben. Ueber dem Senkkasten erhoben sich zwei, mit Luftschleusen ver-sehene, Einstiegröhren und in der Mitte ein größeres Rohr zur Aufnahme des Baggers. Das Mauerwerk wurde auf der Decke des Senkkastens, proportional der Einsenkung, stets zu solcher Höhe aufgeführt, daß über dem Wasserspiegel gemauert werden konnte. Nur beim ersten Hinablassen des Kastens und bevor derselbe das Flußbett erreichte, wurden, um das Arbeitsgerüst nicht zu über-lasten, am Umfange des Pfeilers wasserdichte Wände in Cement hergestellt, zwi-schen welchen, erst als der Kasten aufstand, das Kernmauerwerk aufgeführt wurde.

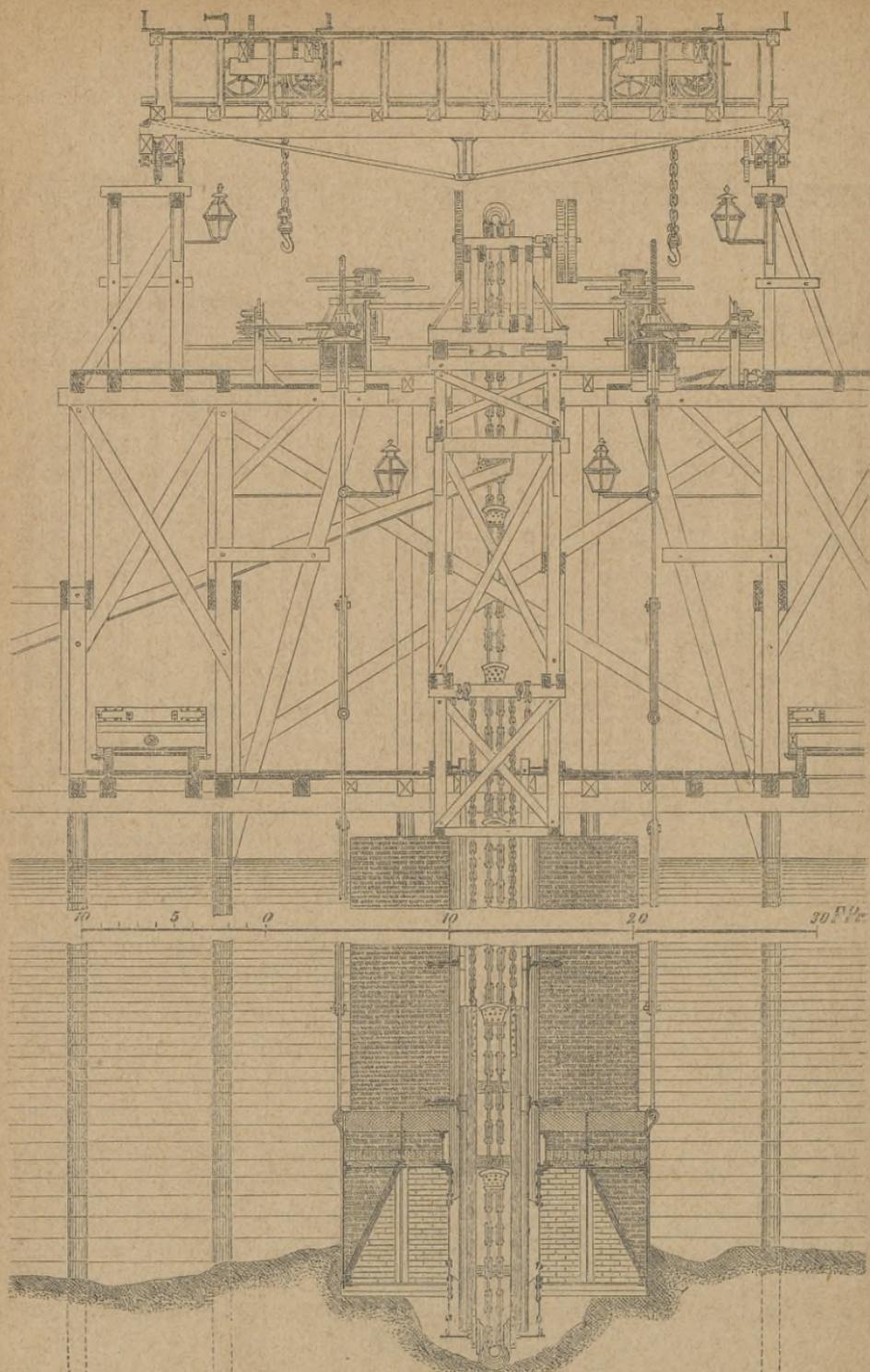


Fig. 1126. Gründung der Brücke über den Pregel bei Königsberg, Querschnitt eines Pfeilers.

fig. 1127.

fig. 1128.

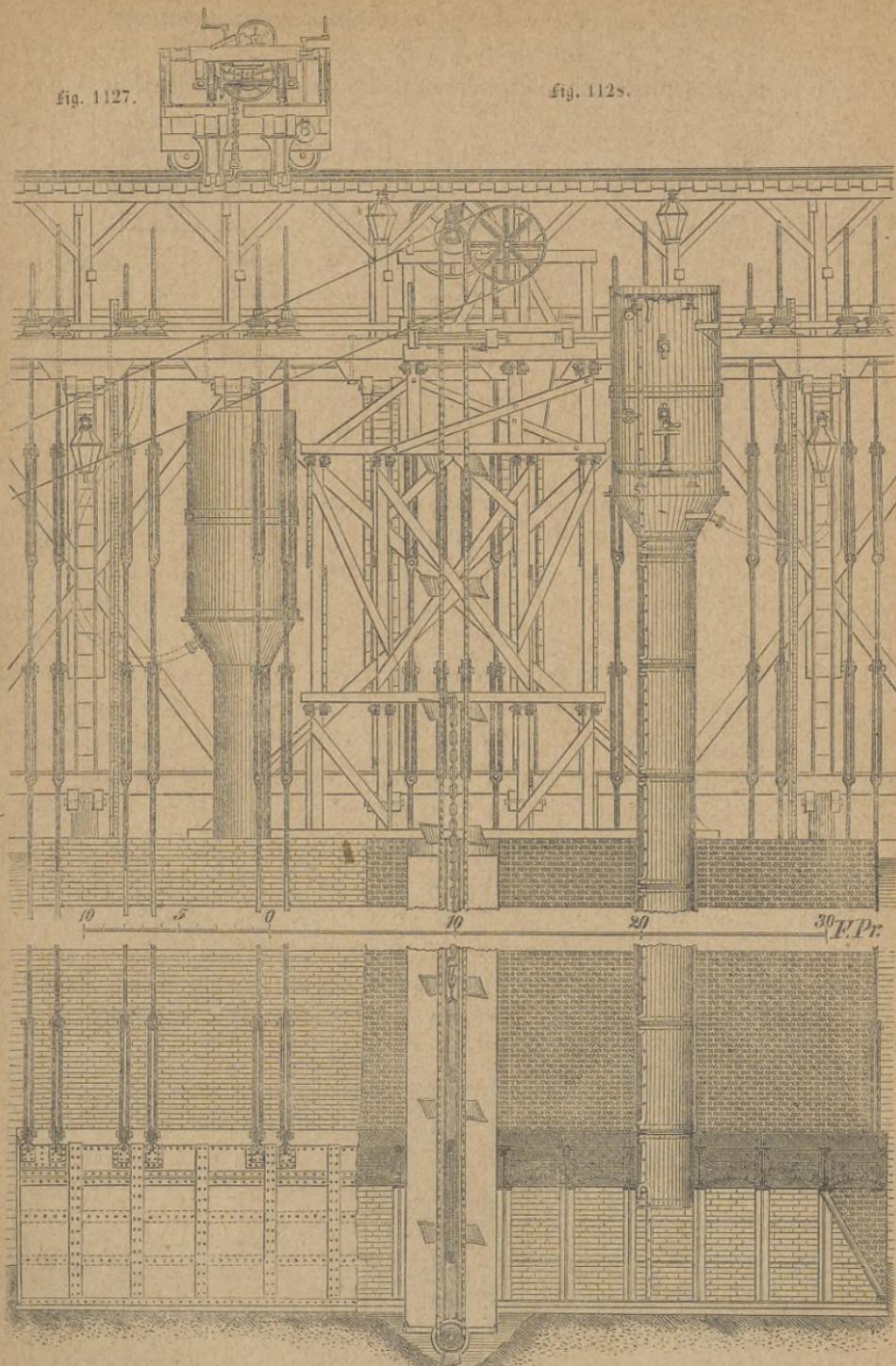


fig. 1127 und 1128. Gründung der Brücke über den Pregel bei Königsberg, Längensicht und Längenschnitt eines Pfeilers.

Die Luftpumpe und Dampfmaschine standen, mit Ausnahme einer zum Betriebe des Baggers auf der Rüstung aufgestellten Lokomobile, in einem Schuppen. Für die nöthige Ventilation des Arbeitsraumes war durch einige im Baggerschachte angebrachte, mit Pfropsen versehene Löcher gesorgt, die man nach Belieben öffnen konnte, um Luft aus dem inneren Kastenraum entweichen zu lassen. Beim Einsteigen, also beim Uebergang aus der äußeren, dünneren in die dichtere Atmosphäre des Kastens, empfanden die Arbeiter, bevor sich die im Körper befindliche, dünnere mit der äußeren, komprimirten Luft ins Gleichgewicht gesetzt hatte, ein Säusen in den Ohren und eine Anspannung des Trommelfells, ertrugen aber bei vierstündigen Tagschichten den Luftdruck in den Arbeitsräumen ohne weitere Beschwerde.

Der französische Ingenieur *Castor*, der die Gründungsarbeiten an der Rheinbrücke bei *Kehl* in Entreprise ausgeführt und hierbei die Vortheile der kontinuierlichen Bodenförderung, aber auch die Nachteile kennen gelernt hatte, welche hierbei aus der Bewegung der Baggereimer durch einen Wasserverschluß, sowie aus der komplizirten, kostbaren Einrichtung der Bagger selbst entsprangen und in deren Unzugänglichkeit, sowie in deren schwierigen und kostspieligen Reparaturen und dem damit verknüpften Zeitverlust bestanden, hatte bei dem in den Jahren 1883 erbauten, auf Seite 381 und 382 bereits erwähnten *Viadukt von Argenteuil* statt dessen eine, mit einem zweitheiligen Behälter umgebene, Schleusenkammer und eine ebenfalls kontinuierliche Förderungsmethode angewandt, wobei jedoch die gefüllten Erdeimer wieder in den, zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter bestimmten, Luftschächten aufgewunden und hierauf in die dort erwähnten Abtheilungen nacheinander so abgesetzt wurden, daß mit der Füllung der einen gleichzeitig die Ausschleufung der anderen erfolgte. Er war somit zu der, bereits im Jahre 1857 beim Bau der *Heißbrücke bei Szegedin* angewandten und beim Bau der *Niemensbrücke nächst Kowno* im Jahre 1859 verbesserten, Förderungsmethode zurückgekehrt, und hatte nur den *Förderungsmechanismus* durch die Anwendung einer, durch eine Dampfmaschine von außen bewegten, Welle und durch das mittels eines Presshebels beliebig in Spannung versetzte Laufband verbessert.

Auch bei Fundirung der Eisenbahnbrücke über die *Parnitz* in *Stettin*²³³), s. Fig. 1129 bis 1131, im Jahre 1866 wurde jene praktisch bewährtere Methode der Förderung des Bodens mittels Durchschleufung durch die Steiggeschächte und Luftschleuse, deren in dem Drehpfeiler dieser Brücke sich zwei befanden, beibehalten, die Bewegung der Eimer jedoch durch einen kleinen, in den Luftschleusen befindlichen Krahn bewirkt, an welchem drei Arbeiter die eisernen, 0,046 Kmtr. ($1\frac{1}{2}$ R' preuß.) fassenden Eimer aufwanden und zehn an der Zahl in der Schleuse aufstellten, während ein vierter Mann dieselben unten füllte. Erst wenn die zehn Eimer gefüllt in der Schleuse standen, wurde ausgeschleust, die

Eimer aufgewunden, in Rinnen umgestürzt und wieder eingesetzt. Die Schleufe wurde alsdann wieder geschlossen und die Arbeit begann von Neuem.

Waren bei Herstellung des Viadukts von Argenteuil noch eiserne, theils mit Mauerwerk, theils mit Béton gefüllte Cylinder, bei Gründung der Kehl-Sträßburger Brücke ein besonderer, ausgemauertes und zur Basis des Pfeilermauerwerks dienender, eisener Luftkasten angewandt worden, so erscheinen die Pfeiler der Stettiner Parnitzbrücke als runde, auf einem mit einer Glocke verbundenen Schling ver-

senkte Brunnen und deren Gründungsweise als eine sinnreiche Kombination der bei dem Viadukt von Argenteuil und bei der Kehl-Sträßburger Rheinbrücke eingehaltenen Fundationsmethoden. Diese Brücke besitzt zwei, durch eine Drehbrücke schließbare Durchlaßöffnungen von je 12,55 Mtr. (40' preuß.) Weite und zwei fest überbrückte Deckungen von je 37,66 Mtr. (120' preuß.) Weite, einen Dreh- und zwei Auflager-Pfeiler, wovon der erstere aus einem, unten 8,16 Mtr. (26' preuß.), oben 7,85 Mtr. (25' preuß.) starken, Brunnen besteht, während letztere aus je zwei 8,09 Mtr. (25' 9" preuß.) von Mitte zu Mitte entfernten, gleichmäßig gesenkten und über Mittelwasser durch ein flaches, verankertes Gewölbe von 3,22 Mtr. (10' 3" preuß.) verbundenen Brunnen von 5,65 Mtr. (18' preuß.) Durchmesser hergestellt sind. Die bis 12,24 Mtr. (39' preuß.) unter Wasser reichende Fundirung, welche durch das an der Baustelle bis zu 5,33 Mtr. (17' preuß.) unter der Flußsohle und 10,36 Mtr. (33' preuß.) unter dem Wasserspiegel aus schlammigem, mit starken Thon- und Lettenschichten durchzogene

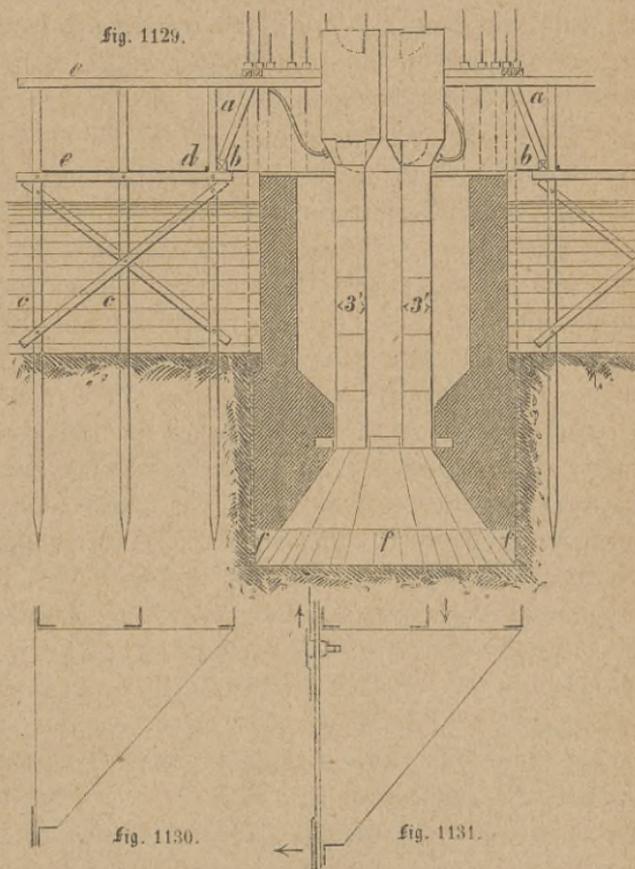


Fig. 1129 bis 1131. Gründung der Eisenbahnbrücke über die Parnitz in Stettin.

Flußbett veranlaßt wurde, war bei allen Zwischenpfeilern gleich und wurde beim Drehpfeiler wie folgt bewirkt.

Auf einem, aus 16 um den Pfeiler stehenden, durch eine starke Kette umspannten Pfählen gebildeten, zweietagigen und mit einem innen durch Streben abgestützten Vorsprung versehenen, Gerüste wurden die 32, zur Aufnahme der paarweise angeordneten Ketten dienenden Schraubenfäße aufgestellt, deren 3,14 Mtr. (10' preuß.) lange, 6,5 Cmtr. (2 $\frac{1}{2}$ " preuß.) starke Spindeln in Bronzemuttern mit gußeisernen Unterlagsplatten ruhten, und durch Drehen jener Muttern mittels 1,88 Mtr. (6' preuß.) langer, untereinander verbundener Klinkebel und zweier Erdwinden gleichmäßig und zugleich gesenkt werden konnten. Im Verlauf dieser Senkung wurde die Verlängerung der Kettenpaare, deren Schafen 1,88 Mtr. (6' preuß.) lang, 3,9 Cmtr. (1 $\frac{1}{2}$ " preuß.) stark und durch Splintbolzen miteinander verbunden waren, derart bewirkt, daß in der einen von beiden sich ein nur 0,94 Mtr. (3' preuß.) langes Glied befand, sodaß, wenn die eine Spindel ganz hinabgedreht war und die andere also noch 0,94 Mtr. (3' preuß.) über den Muttern hervorstand, der Reihe nach in jedem Paar eine Kette gelöst und ein 1,88 Mtr. (6' preuß.) langes Glied in dieselbe eingeschaltet wurde. Die untersten Schafen der Kettenpaare trugen mit Hülfe je 15,7 Cmtr. (6" preuß.) breiter, 1 Cmtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) starker Vertikalbänder und am oberen Theile jenes Cylinders angebrachter, 7,8 Cmtr. (3" preuß.) starker Bolzen den, aus einem lothrechten, 1,41 Mtr. (4' 6" preuß.) hohen eisernen Cylinder und einem wagerechten, 0,94 Mtr. (3' preuß.) breiten Ring, welche unter einander durch drei obere und ein unteres Winkelseisen, sowie durch 48 senkrechte, viereckige Konsolen gehörig unter einander versteift waren, gebildeten Brunnenkranz *f*, *s*. Fig. 1129 u. 1131, welcher durch zehn, an den Konsolen befestigte Streben oben eine stark konstruirte Decke trug. Nachdem auf dem erwähnten wagerechten Ring des Brunnenkranzes das Mauerwerk, außen senkrecht, innen den vorgefragten Streben entlang, bis an jene obere Decke geführt war, bildete der untere Theil des Brunnens einen 3,76 Mtr. (12' preuß.) hohen, glockenförmigen Raum von 2,82 Mtr. (9' preuß.) oberem und 8,16 Mtr. (26' preuß.) unterem Durchmesser, der im Inneren mit einem Cementputz versehen wurde. Im Brunnen war ein hohler Raum von etwa 4,71 Mtr. (15' preuß.) Durchmesser, worin sich zwei eiserne, 0,94 Mtr. (3' preuß.) im Durchmesser haltende Fahrschächte befanden, welche unten die erwähnte Decke durchsetzten, also mit jenem glockenförmigen Raum in Verbindung standen, oben je eine, zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter sowie zur Durchschleusung der Erdeimer bestimmte, Luftschleuse trugen und zu der, in der oben erwähnten Weise bewirkten, Bodenförderung dienten. Um den beim Senken des Drehpfeilers durch die ungleiche Dichtigkeit des Bodens, welche das auszupressende Wasser nur unregelmäßig entweichen ließ, veranlaßten Miß-

ständen zu begegnen, wurde in den Senkbrunnen der anderen Pfeiler ein 5,2 Cntr. (2" preuß.) weites Steigrohr eingelegt, das bis auf den Boden der Glocke reichte und in einer Höhe von etwa 1,88 Mtr. (6' preuß.) über Wasser unter dem Schleusenboden mit einem Hahnverschluß nach Außen mündete und aus welchem das, sich mit dem äußern Wasserspiegel ins Niveau stellende, Wasser nach Oeffnung des Hahnes durch die in das Rohr eingedrungene komprimirte Luft gewaltsam herausgetrieben wurde. — Nachdem der Pfeiler bei einer Tiefe von 12,24 Mtr. (39' preuß.) unter Wasser und 8,79 Mtr. (28' preuß.) unter der Flußsohle den festen Baugrund erreicht hatte und seine Stellung durch theilweises Nachlassen der Ketten entsprechend regulirt war, wurde der innere Raum bis zur Decke des eisernen Kranzes mittels der, auch zur Bodenförderung benutzten, Cimer in zwei Lagen zu je 1,41 Mtr. (2 $\frac{1}{4}$ ' preuß.) mit Béton gefüllt und nach Schüttung der ersten Lage die Tragketten durch Ausziehen der Tragbolzen und Aufwinden der Ketten mittels der Klinkebel gelöst, worauf die Bolzen, um den Verlust an komprimirter Luft möglichst zu beschränken, rasch wieder eingestoßen und befestigt wurden. Auf diese Weise wurden sämmtliche Tragketten, und zwar zum ersten Male ohne Mithülfe von Tauchern, gelöst. Um dem Brunnen schon vor dieser Lösung einen festen Stand zu verschaffen, waren diejenigen zwischen den Konsolen des Brunnenkranzes befindlichen 16 Räume, in welchen sich keine Bolzen befanden, bis zur Decke mit Béton verstampft und dadurch sechzehn Bétonstützen für den Brunnen gebildet worden. Ueber dem Béton begann, im Anschluß an das Kragmauerwerk der Glocke, das regelmäßige Ziegelmauerwerk. Nach Ausmauerung der Glocke wurde die Luftverdichtung eingestellt, die Schleusen und Steiggeschächte abgenommen und bei Tageslicht der ganze Brunnen ausgemauert. Zur Beleuchtung der Glocke wurden statt der, bei früheren Gründungen angewandten, einen den Arbeitern schädlichen Qualm verbreitenden, Dellampen als das einzige bewährte Material Stearinkerzen angewandt, deren Dunst jedoch bei erhöhtem Luftdruck die Arbeiter ebenfalls belästigte. Bei der nach Maßgabe der Einsenkung erforderlichen Verlängerung der Fahrschächte, wobei die Luftschleusen abgehoben werden mußten, wurde jedesmal, 1,88 Mtr. (6' preuß.) über der Glocke, in den Schacht eine luftdicht schließende Klappe eingelegt, unter welcher der Schlauch einer, zur Unterhaltung der Luftspannung dienenden, Reservelustpumpe mündete. Obgleich dies Verlängern der Fahrschächte die Arbeit zwölf Stunden unterbrach, so dauerte doch die Senkung des Drehpfeilers nur drei Wochen, das der Auslagepfeiler nur 14 Tage, indem erstere täglich 39,2 Cntr. (15" preuß.), letztere täglich 62,7 Cntr. (24" preuß.) gesenkt wurden. Was die Erzeugung, Kontrolle und Zuleitung der Luft betrifft, so wurde die erforderliche verdichtete Luft von einer zweischindrigen, mittels Laufriemen durch eine austrangirte Lokomotive getriebenen Luftpumpe geliefert, deren 41,7 (16" preuß.) weite und 68 Cntr. (26" preuß.) lange

Cylinder in beiden Böden mit Gummiventilen zum Einlaß der Luft und mit Mänteln versehen waren, unter welche zur Abkühlung der durch Kompression erhitzten Luft kaltes Wasser strömte. Auch die erwähnte, mit 26,1 Cmt. (10" preuß.) starken Kolben versehene Reservelustpumpe war zweicylindrig, aber einfachwirkend, und wurde durch eine Lokomotive betrieben, reichte jedoch nur für kurze Zeiträume aus, während die Hauptmaschine sechs Wochen ununterbrochen in Thätigkeit war. Als Schmiermittel hat sich nach vielen Versuchen nur Seifenwasser bewährt, da Del oder Fett das Gummi allmählig vollständig auflösten. Die gußeiserne Luftleitungsröhre, welche auf dem Gerüst in Gummischläuche endigten, waren hier mit Sperrventilen und Manometern versehen; ein gleiches Manometer befand sich in jeder Luftschleuse. Die beiden Landpfeiler wurden auf je drei, 3,76 Mtr. (12' preuß.) weite, von Hand gesenkte Brunnen fundirt.

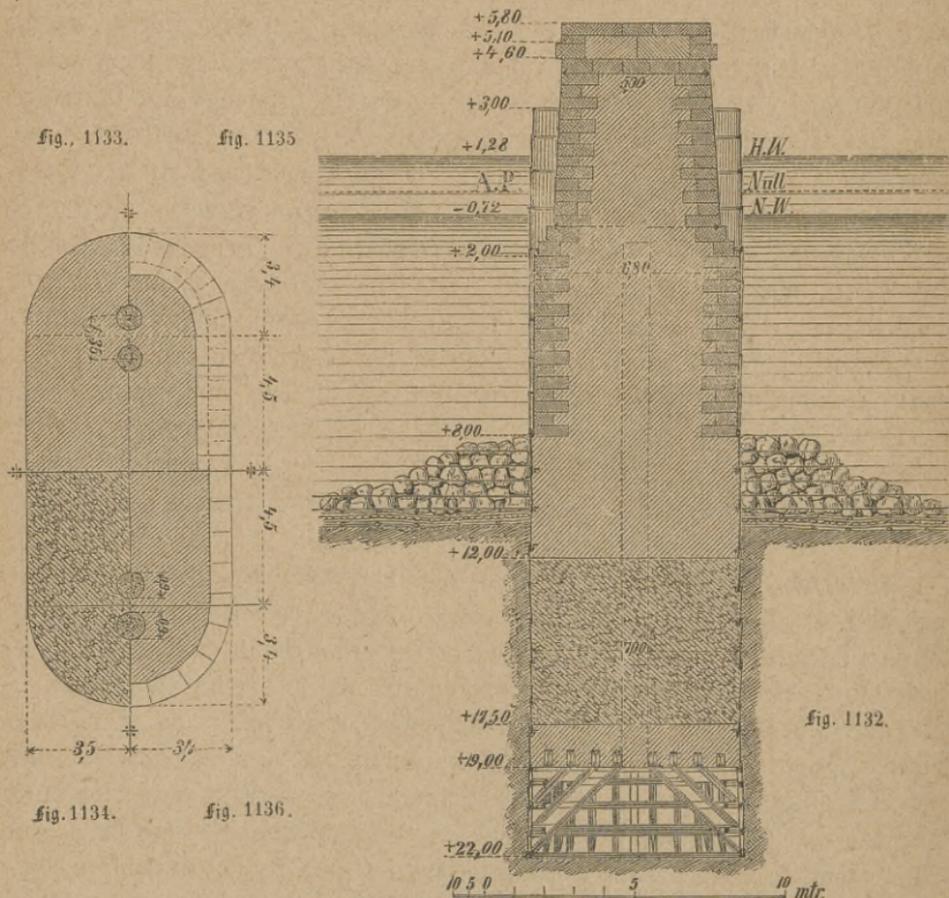


Fig. 1132 bis 1136. Pfeiler der Brücke über das Hollandsch-Diep bei Moerdijk.

Bei der im Jahre 1868 fundirten Brücke über das Hollandsch-Diep bei Moerdijk²³⁴, s. Fig. 1128 bis 1132, in den Linien Rotterdam-Antwer-

pen und Rotterdam = Breda = Herzogenbusch, mit einer Drehbrücke zu zwei Oeffnungen von je 16 Mtr. Weite, und einer festen Brücke von 14 Oeffnungen zu je 100 Mtr. mit 13 Strompfeilern, von welchen drei unter Anwendung von comprimirter Luft fundirt wurden, ist in den offiziellen Bedingungen zur Ausführung die Förderung des Bodens durch Baggerwerkzeuge in freier Luft ausgeschlossen und diejenige durch die Luftschleusen zur Bedingung gemacht.

Die Unterkante der beiden ersten, am tiefsten gegründeten Pfeiler liegt 22 Mtr., die Unterkante des dritten 18 Mtr. unter dem Nullpunkte des Amsterdamer Pegels, während die Fahrbahn dieser Brücke auf + 6,89 Mtr. desselben Pegels liegt, mithin die Höhe dieser Pfeiler beziehungsweise 28,89 und 24,89 Mtr. beträgt. Der Grundriß jeder dieser Pfeiler bestand, wie die Figuren 1129 bis 1132 zeigen, aus einem Rechteck von 9 Mtr. Länge und 7 Mtr. Breite, an welche letztere sich 2 Halbkreise von je 3,5 Mtr. Radius anschlossen, und enthielt 4 Luftschächte von je 0,9 Mtr. Weite, welche in 9 Mtr. Entfernung in der Richtung der Pfeileraxe paarweise in einem Abstand von 1,35 Mtr. von Axe zu Axe angeordnet waren. Zur Erleichterung des Einsenkens waren die Plattenschichten der eisernen Senkröhren mit nach Außen versenkten Rieten versehen und übergriffen sich nach Art der Dachziegel so, daß die untere Schicht über der darüber befindlichen lag. Ueber der Arbeitskammer, welche ausgemauert wurde, wurde die Senkröhre theilweise mit Béton, theilweise mit Mauerwerk ausgefüllt, der über Wasser stehende Pfeileraufsatz aus Ziegelmauerwerk hergestellt und mit Quadrern verblendet. Alle übrigen auf — 7,0^m A. P. gegründeten Pfeiler erhielten einen innerhalb einer Spundwand befindlichen Pfahlrost, dessen Pfahlköpfe mit Béton bis auf — 1,5^m A. P. überschüttet wurden, auf welchem die Pfeileraufsätze in einer der soeben angeführten ähnlichen Weise hergestellt wurden. Sämmtliche Pfeiler wurden mit Steinwürfen, theilweise auf Lagen von Senkmaschinen umgeben.

Historische Ergebnisse für die Anwendung und Anordnung der Fundamente aus oder mit Anwendung von Eisen. Werfen wir bei den vorstehend erörterten Gründungsmethoden einen Rückblick auf deren technische Entwicklung, so ergibt sich, daß die zuerst von den Engländern angewandten Schraubenpfähle bis in die neuere Zeit zur Verlängerung von Hafendämmen und Landungsbrücken, besonders auf losem, dem Wellenschlag ausgefetztem Sandgrund dienen und hier, indem die dünnen, aus dem Sande hervorragenden, unter sich durch Diagonaldrähte verbundenen Stangen, bei verhältnißmäßig großer Trag- und Standfähigkeit, den Wellen einen weit geringeren Widerstand als massive Pfeiler entgegensetzen, nur sehr unbedeutende Veränderungen in der Sandablagerung veranlassen. Weiter ergibt sich, daß mittels des pneumatischen Verfahrens unter Anwendung von eisernen Röhren oder Kästen die tiefsten, bis jetzt bekann-

ten Gründungen bewerkstelligt wurden und daß hierbei die, von den Franzosen zuerst beim Bergbau eingeführte, von den Engländern zuerst auf den Brückenbau übertragene, Anwendung von komprimirter Luft, wegen der Möglichkeit der Bodenlösung im Trocknen und der Beseitigung von hierbei vorkommenden Hindernissen, die von den Engländern erfundene, jedoch auf loseren, gleichmäßigen Boden beschränkte Anwendung der verdünnten Luft verdrängt hat. Als ein Fortschritt der ursprünglich gebräuchlichen Methode des Versenkens und Kuppelns mehrerer kleiner eiserner Röhren mittels komprimirter Luft muß die Möglichkeit der Herstellung von Brückenpfeilern aus einem Stück auf eisernen Kästen angesehen werden, die wie bei der Rehl-Strasßburger-Rheinbrücke gekuppelt sind oder, wie bei der Königsberger Pregelbrücke, aus einem Stück bestehen. Die hierbei eingehaltene Methode der kontinuierlichen Bodenförderung durch komplizirte, unter Wasser arbeitende, schwer zugängliche und reparirbare Bagger hat sich als unpraktisch, dagegen die neuere, ebenfalls ununterbrochene, Bodenförderung durch Krähne und zwei mit der Luftschleuse in Verbindung stehende Seitenabtheilungen als brauchbar erwiesen. Trotz aller dieser Verbesserungen tritt neben diesen versenkten eisernen Röhren und Kästen in den sechziger Jahren die einfachere, bei den Indiern altübliche und von den Engländern adoptirte Foundation durch Versenkung von mehreren gemauerten, unter sich verbundenen Brunnen über eisernen Kränzen auf, deren Einsenkung zunächst durch Handbagger und ohne Anwendung der Beseitigung des Wassers bewirkt wird. Die Schwierigkeit der gleichzeitigen Versenkung mehrerer, wenig von einander entfernter Brunnen führte auf den Gedanken der Fundirung von Brückenpfeilern durch Versenkung weniger, runder, gemauerter Röhren und selbst eines einzigen runden Brunnens auf eisernem Brunnenkranz, welche bei geringer Gründungstiefe und gleichmäßigem, losem Baugrund ebenfalls durch Handbaggerung ohne Beseitigung des Wassers, bei größerer Gründungstiefe und festerer Bodenbeschaffenheit aber, nach Auspressen des Wassers, mittels verdichteter Luft und hierdurch ermöglichter Bodenlösung im Trocknen versenkt werden. Nach den mit der Senkung rechteckiger, gemauerter Röhren bei Herstellung einer Kaimauer in Hamburg gemachten Erfahrungen darf in der Folge diese, der Grundform von Brückenpfeilern angemessenere Form, welche durch Vorsetzen von runden oder zugespitzten Pfeilerköpfen vervollständigt werden kann, den zu versenkenden Brückenpfeilern gegeben werden, deren Einsenkung je nach der Gründungstiefe und Beschaffenheit des Flußbetts ohne oder mit Anwendung von komprimirter Luft zu bewirken sein wird. In letzterem Falle wird der eiserne, entsprechend mehr versteifte, der Pfeilerform sich genau anschließende Brunnenkranz mit einer eisernen Decke von kleinerer, jedoch ähnlicher Grundform zu verbinden und der hierdurch gebildete, länglich glockenförmige Raum durch Eisen oder vorgefragtes Mauerwerk zu schließen sein, während sowol die Anordnung

der seine Decke durchsetzenden Luft- und Steigeschächte und die Art und Weise der Bodenförderung im Prinzip und mit den erforderlichen Detailveränderungen beizubehalten sein dürfte. Nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen möchte die Anwendung von eisernen oder gemauerten Röhren und von komprimirter Luft zum Auspressen des Wassers aus denselben nur da an der Stelle sein, wo die lokalen Verhältnisse, wie z. B. aus mächtigen Triebandschichten bestehende, fluktuirende Flußbetten, zur Annahme bedeutender Gründungstiefen und steiniger Boden oder besondere, z. B. durch einzelne Steinblöcke, altes Pfahl- oder Mauerwerk entstehende Hindernisse zur Vornahme von Arbeiten nöthigen, welche bei Gegenwart des Wassers entweder unmöglich oder zu umständlich sind. Wo aber Gründungen bei gleichartigen Schichten von Sand und Kies in Tiefen vorzunehmen sind, welche mit Handbaggern noch erreicht werden können oder, wie bei wenig durchlässigen Thonschichten, in welchen, unter Anwendung weniger gewöhnlicher Pumpen, das Wasser leicht zu beseitigen ist, verdient jene einfachere, ohne Mitwirkung verdichteter Luft zu bewerkstelligende Gründung als die, bei gleicher technischer Tüchtigkeit billigere, den Vorzug. Die Zukunft wird daher in den einzelnen Fällen, gestützt auf zuverlässige Untersuchungen der Brückenbaustelle, die relativ einfachste Gründungsweise, wobei auch ältere Gründungsverfahren, z. B. eine Betonirung zwischen eisernen Fangdämmen und Spundwänden natürlich nicht ausgeschlossen sind, zu wählen und die erweiterte, noch neue, vereinfachte Methode auszuüben und weiter auszubilden haben.

Anhang.

Die eisernen Brücken der Gegenwart.

Unter den Systemen schmiedeiserner Brücken, welche gegenwärtig entweder in Ausführung begriffen oder kaum vollendet sind, finden wir sowol dasjenige der Hängebrücke, Balkenbrücke und Stützbrücke, als auch die Kombination aus Hängebrücke und Fachwerkbrücke vertreten.

Unter den Hängebrücken der Gegenwart sind wegen der Kühnheit und Großartigkeit ihres Entwurfs die Drahtseilhängebrücke über den East-River,²³⁵⁾ den Meeresarm, welcher New-York von der geschäftlich innigst mit ihr verwachsenen Stadt Brooklyn trennt und, wegen der Neuheit des hier zum erstenmale ausgeführten Systems, die auf Seite 409 bis 417 beschriebene und in Fig. 1024 bis 1060 abgebildete versteifte Charnier-Hängebrücke über den Main bei Frankfurt hervorzuheben.

Die von dem, am 22. Juli 1869 verstorbenen, berühmten Erbauer des auf Seite 179 bis 180 beschriebenen und in Fig. 277 und 278 abgebildeten Aequadukts des Pennsylvanikanals über den Alleghany bei Pittsburg, der auf Seite 174 bis 176 beschriebenen und in Fig. 271 bis 275 dargestellten Drahthängebrücke über den Niagara, sowie der auf Seite 176 bis 178 beschriebenen und in Fig. 276 abgebildeten Brücke über den Ohio bei Cincinnati, dem deutschen Ingenieur Johann August Röbling²³⁶⁾, entworfenen und begonnenen, von seinem ältesten Sohne Oberst Washington Röbling in der Ausführung fortgeführte, fast eine engl. Meile lange East-River-Brücke, s. Fig. 1137, wird eine mittlere Oeffnung von 518,16 Mtr. (1700' engl.), der bis jetzt bekannten größten Spannweite einer Brücke, und zwei je 289,56 Mtr. (950' engl.) weite Seitenöffnungen erhalten, an welche letztere sich zwei bequem ansteigende, zur Herstellung der, für die hier verkehrenden, kolossalen Seeschiffe erforderlichen, Durchfahrtsöffnungen über die Häuser New-Yorks und Brooklyns sich erhebende, Rampen anschließen. Die von eisernen Fachwerkträgern seitlich begrenzte Verkehrsbahn wird, bei einer Gesamtbreite von 25,60 Mtr. (84' engl.), zwei Fahrbahnen für gewöhnliche Wagen, zwei



fig. 137. Brücke über den East-River zwischen New-York und Brooklyn.

Eisenbahnen mit Lokomotivbetrieb und einen 4,57 Mtr. (15' engl.) breiten Weg für Fußgänger, in der Mitte erhalten und von riesigen, in der von J. A. Röbling gegründeten Drahtseilfabrik hergestellten Drahtseilen von einer ganzen nebst zwei halben Kurven getragen und mit diesen durch eine große Anzahl von Diagonaldrähten, in der bei der Ohio-Brücke, mit deren System und Ausführung sich der Erbauer stets besonders zufrieden erklärt hatte, erörterten Weise, verbunden und dadurch versteift werden. Die Baukosten dieser versteiften Draht-Hängebrücke, deren Oberbau aus Schmiedeseisen und Stahl, deren Kabelseiler aus Stein bestehen werden, belaufen sich ohne den zum Grunderwerb erforderlichen Raum auf 7 Millionen Dollars, die von Aktionären der beiden zu verbindenden Städte gezeichnet sind.

Als das erste Beispiel der Hängebrücken mit Stahlketten verdient hier nachträglich die von Mitis entworfene und in den Jahren 1827—1828 zur Verbindung der Stadt und Leopoldstadt erbaute Karlsbrücke über die Donau¹⁰²⁾ in Wien Erwähnung, bei welcher theils die, durch besonders angestellte Versuche festgestellte, größere absolute Festigkeit, theils der ziemlich billige Preis des Stahls Veranlassung zur Anwendung stählerner, statt schmied-

eiserner Ketten geführt hatte. Die Verkehrsbahn dieser Brücke wurde von zwei Stahlketten mit 95,12 Mtr. (500' 1' österr.) Spannweite und 6,27 Mtr. (19' 10" österr.) Pfeilhöhe getragen, welche über einen mit 8,85 Mtr. (28' österr.) Halbmesser beschriebenen Quadranten durch einen mit Cementmörtel ausgegossenen, gemauerten Kanal hinter dem Kettenpfeiler senkrecht hinabgeführt und in dem Unterbau derselben verankert wurden. Die Kettenglieder sowol der Trag- als Spannfetten bestehen aus 1,89 Mtr. (6' österr.) langen, abwechselnd vier, 5,26 Cmtr. (2" österr.) hohen, 1,97 Cmtr. (9''' österr.) breiten und fünf 5,26 Cmtr. (2" österr.) hohen, 1,53 Cmtr. (7''' österr.) breiten, durch 6,58 Cmtr. (2½" österr.) im Durchmesser starken schmiedeisernen Bolzen verbundenen Kettengliedern, von welchen die ersteren vor der Verwendung mit je 33600 Kg. (600 Ctr. österr.), die letzteren mit je 28000 Kg. (500 Ctr. österr.) geprüft wurden. Die Verbindungsbolzen der Tragfetten nehmen zwei eiförmige, 0,87 Cmtr. (4''' österr.) starke Platten auf, zwischen welchen an, 1,97 Cmtr. (9''' österr.) Durchmesser haltenden, Bolzen die schmiedeisernen, 1,97 Cmtr. (9''' österr.) im Quadrat starken, an ihrem unteren Ende mit Schraubengewinden versehenen, Hängestangen befestigt sind. Die Längsträger bestehen aus einzelnen, fast 2,21 Mtr. (7' österr.) langen, 3,95 Cmtr. (1" 6''' österr.) hohen und 1,97 Cmtr. (9''' österr.) dicken, an einem Ende in Gabeln endigenden Stangen, zwischen welchen die Enden der folgenden Stangen eingelegt und durch Bolzen und Ringe befestigt, sowie die Hängestangen durchgesteckt wurden, an welche man sodann die zur Unterlage der Längsträger dienenden Muttern anschraubte. Bei jeder Hängestange ruhte ein 3,79 Mtr. (12' österr.) langer, 28,97 Cmtr. (11" österr.) hoher und 15,78 Cmtr. (6" österr.) dicker Querbalken aus Lärchenholz, in welchen die Längsträger eingelassen und der Länge nach mit 7,9 Cmtr. (3" österr.) dicken Bohlen bedeckt wurden. Zwei 3,48 Mtr. (11' österr.) entfernte, in der Ebene der Hängestangen, welche dieselben bilden helfen, gelegene eiserne Geländer begrenzen die Brückenbahn, deren Eigengewicht nur 450 Kg. p. l. Mtr. (15,3 Ctr. p. l. Klstr. österr.) beträgt, ein Umstand, der bei den nicht selten eintretenden heftigen Stürmen zu, bis auf 0,32 Mtr. (1' österr.) Höhe anwachsenden, vertikalen Schwankungen Veranlassung giebt. Die Verankerung ist in besondern Kettenhäusern durch Desen und Bolzen gegen Quader bewirkt und der zum Durchlaß der Ringe in die Quader ausgehauene Raum zur Verhütung der Oxidation mit Blei vergossen.

Unter den eisernen Balkenbrücken der Gegenwart sind, wegen der Größe und Kühnheit ihrer Träger über deren Hauptöffnung, welche die größte, dormalen bekannte Spannweite eines Fachwerträgers besitzen, die Brücke über den Leck bei Ruilenburg²³⁷⁾, s. Fig. 1138 bis 1161, sowie die in einem verwandten Konstruktionsystem ausgeführte Brücke über den Rhein bei Hamm²³⁸⁾ und wegen der Neuheit und Eleganz der Anordnung des ange-

wandten Systems die in der Hamburg-Harburger Strecke der Paris-Hamburger Bahn von Lohse entworfene, in Ausführung begriffene Brücke über die Elbe bei Hamburg²³⁹⁾ hervorzuheben.

Dem über die Leckbrücke auf Seite 251 im Allgemeinen Angeführten ist über die Detailkonstruktion der erwähnten großen Oeffnung hinzuzufügen, daß sowol die obere gekrümmte, als die untere gerade Gurtung einen U-förmigen, aus je zwei doppelten, 1 Mtr. im Lichten abstehenden, 1,04 hohen

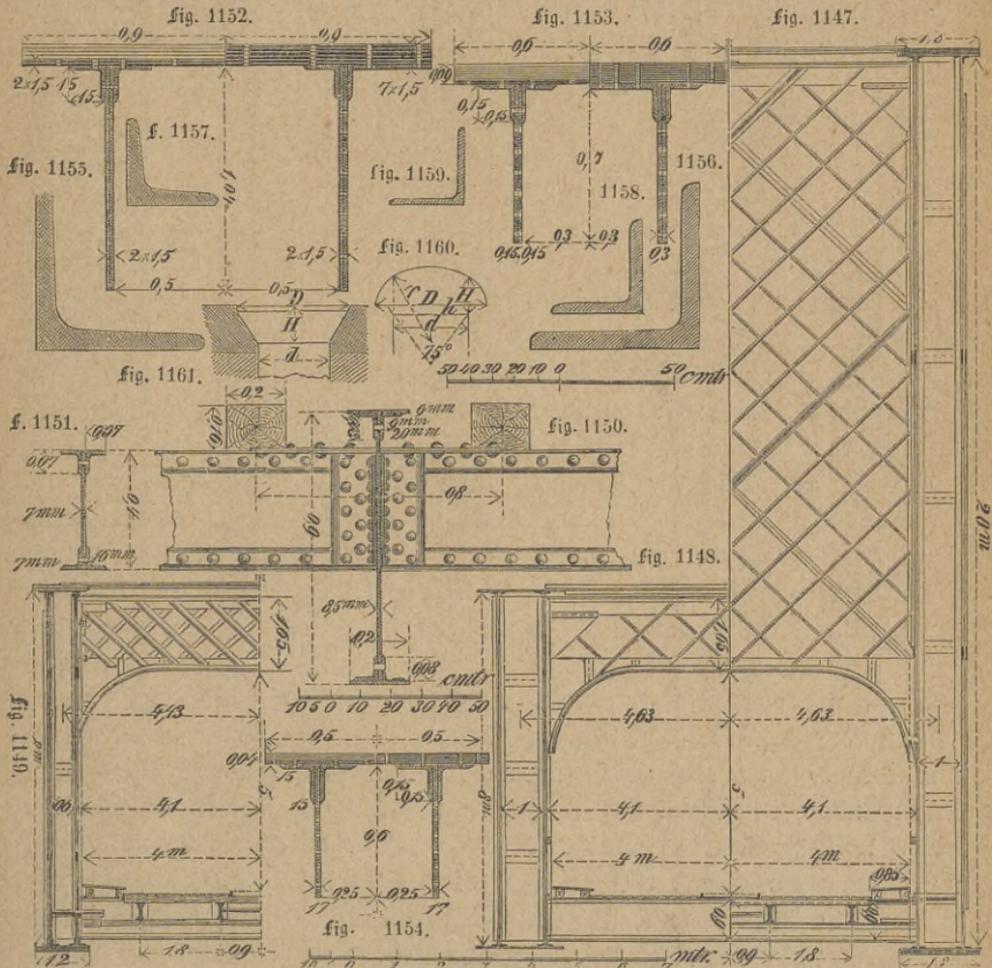


Fig. 1147 bis 1161. Querschnitte und Details der Brücke über den Leck bei Hültenburg.

Vertikalplatten von je 1,5 Cmt. Stärke, je 4 Winkelseisen von $15 \times 15 \times 1,5$ Cmt. und an den Enden je zwei, in der Mitte je 6 Horizontalplatten von je 1,5 Cmt. Stärke und 1,8 Cmt. Breite bestehenden Querschnitt, s. Fig. 1152, besitzt, während die zwischen jene beiden Vertikalplatten eingeschalteten Vertikalpfosten einen Abstand von 9,26 Mtr. von Mittel zu Mittel besitzen und einen I-förmigen Querschnitt aus je einer vollen, zur Brückenaxe senk-

rechten Vertikalplatte von 1 Mtr. Breite, aus je zwei zur Brückenaxe parallelen Vertikalplatten von 20 Cmtr. Breite und 1 Cmtr. Stärke in der Mitte bis zu 40 Cmtr. Breite und 1,8 Cmtr. Stärke an den Enden und je 4, diese je 3 Vertikalplatten untereinander verbindende, Winkleisen erhalten haben. Die je zwei, an die äußeren Seiten der Vertikalpfosten angeschlossenen, also 1 Mtr. von einander abstehenden, flachen Diagonalbänder von gleicher Lage haben in der Mitte des Trägers einen Bruttoquerschnitt von $2 \times 2 \text{ Cmtr.} \times 13 \text{ Cmtr.} = 52 \square \text{ Cmtr.}$ bei einem Nettoquerschnitt von $42 \square \text{ Cmtr.}$, an den Enden einen Bruttoquerschnitt von $2 \times 3 \text{ Cmtr.} \times 78 \text{ Cmtr.} = 468 \square \text{ Cmtr.}$ bei einem Nettoquerschnitt von $434 \square \text{ Cmtr.}$, während die vier über die Mitte hinaus erforderlichen Diagonalzugbänder successive die Nettoquerschnitte von je 40, 30, 16 und 14 $\square \text{ Cmtr.}$ zeigen. Die zwischen die Vertikalpfosten eingeschalteten, 8,2 Mtr. langen und 0,9 Mtr. hohen Querträger, s. Fig. 1150, sind von I-förmigem Querschnitt, dessen Vertikalplatte eine Stärke von 0,85 Cmtr., dessen obere und untere Horizontalplatte eine Breite von je 20 Cmtr. und eine Stärke von je 0,9 Cmtr. und dessen vier Winkleisen einen Querschnitt von je $8 \times 8 \times 0,9 \text{ Cmtr.}$ besitzen. An die Querträger sind in Entfernungen von je 1,8 Mtr. vier Schwellenträger, s. Fig. 1150 und 1151, von je 4 Mtr. Länge mittels starker Winkleisen angenietet, welche gleichfalls einen I-förmigen Querschnitt haben, aus einer 0,4 Mtr. hohen, 0,7 Cmtr. starken Vertikalplatte und aus je vier, $7 \times 7 \times 0,7 \text{ Cmtr.}$ starken Winkleisen bestehen, und je fünf, 16 Cmtr. hohe und 20 Cmtr. breite Querswellen aufnehmen. Auf diesen 6,2 Mtr. langen, also für die Aufnahme zweier Geleise bestimmten Querswellen liegt vorläufig nur ein Fahrgeleise in deren Mitte und ein Belag aus Längsbohlen zu beiden Seiten. Außerdem ruhen zunächst der Vertikalpfosten, an welche Geländerholmen befestigt sind, zwei Bankette aus kurzen Querbohlen auf je zwei, von den Querträgern direkt unterstützten Längsswellen. Die Querverbindung der Vertikalpfosten an deren oberem Ende besteht aus einem Quergitter von 1,65 Mtr. Höhe an den 8 Mtr. hohen Endpfosten, s. Fig. 1148, und von 13,65 Mtr. Höhe an den 20 Mtr. hohen Mittelpfosten, s. Fig. 1147, dessen Anschluß an die Vertikalpfosten unten durch ein nach der Mitte hin bis auf 33 Cmtr. Höhe ausgeschweiftes und an seinem unteren Rande mit Winkleisen gesäumtes, 1 Cmtr. starkes Querblech, oben durch ein 43 Cmtr. hohes, an seinem oberen Rande mit Winkleisen gesäumtes, durch dreieckige Winkelbleche in den Ecken verstärktes Querblech bewirkt ist. Die 7 Cmtr. breiten Gitterstäbe, welche bei zunehmender Höhe des Gitters von 6 zu 6 Maschen durch Gitterstäbe aus je zwei Winkleisen von 10 Cmtr. Flanschenbreite verstärkt sind, wurden gegen die hervorstehende Flansche eines an die Vertikalpfosten befestigten T-Eisens genietet. Der unter dieser Gitterkonstruktion durchweg verbleibende freie Raum hat, bei einer

lichten Breite von 8 Mtr. zwischen den Vertikalpfosten, von der Schienenoberkante aufwärts gerechnet 5 Mtr. lichte Höhe, welche letztere zugleich für die Form der Tragwände an den Enden maßgebend war. Etwa in der halben Höhe der Querträger und unmittelbar unter den Schwellenträgern, sowie über der Horizontalplatte der oberen Gurtungen, sind die Windversteifungen aus Quer- und Diagonalstäben in der aus dem Grundriß ersichtlichen Weise angebracht. Zur Versteifung der Vertikalpfosten nach der Länge der Brücke sind dieselben überdies durch gebogene, etwa in dem ersten und zweiten Drittel ihrer Höhe befestigte Schienen verbunden. Auch die Parallelträger der übrigen Oeffnungen haben U-förmige Gurtungen, I-förmige Vertikalpfosten und flache Diagonalen, überhaupt hinsichtlich der Gesamtanordnung einen, dem Endquerschnitt der soeben beschriebenen, oben parabolisch gekrümmten Tragwände ähnlichen, in Fig. 1149 dargestellten, Querschnitt, nur mit anderen, der geringeren Spannweite entsprechenden Abmessungen.

So besitzt jede Gurtung der 80 Mtr. weiten Oeffnung, s. Fig. 1153, zwei 70 Cmtr. hohe, doppelte, 60 Cmtr. im Lichten von einander abstehende Vertikalplatten aus 1,5 Cmtr. starken Blechen; eine 1,2 Mtr. breite, an den Enden aus zwei je 1 Cmtr. starken, in der Mitte aus neun, je 1 Cmtr. starken Blechen bestehende Horizontalplatte, welche mittels Winkleisen von $15 \times 15 \times 1,5$ Cmtr. Stärke mit jenen Vertikalplatten verbunden sind. Die zur Brückenaxe senkrechte Vertikalplatte der Vertikalpfosten besitzt zunächst der Mitte des Trägers 58 Cmtr. Breite bei 0,7 Cmtr. Dicke, an den Enden 57 Cmtr. Breite bei 1 Cmtr. Dicke, während die zur Brückenaxe parallelen Vertikalplatten derselben an den bezeichneten Stellen beziehungsweise 30 Cmtr. auf 0,7 Cmtr. und 50 Cmtr. auf 1,5 Cmtr. stark sind. Die zur Befestigung derselben untereinander dienenden je 4 Winkleisen haben beziehungsweise die Abmessungen $7 \times 7 \times 0,7$ Cmtr. und $15 \times 15 \times 1,5$ Cmtr. Die gleichfalls doppelten Diagonalbänder haben zunächst der Mitte einen geringsten Bruttoquerschnitt von 2×12 Cmtr. \times 2 Cmtr. = 48 □ Cmtr. bei 36 □ Cmtr. Nettoquerschnitt, zunächst der Auflager einen geringsten Bruttoquerschnitt von 2×54 Cmtr. \times 3 Cmtr. = 324 □ Cmtr. bei 290 □ Cmtr. Nettoquerschnitt.

Die Gurtungen der 57 Mtr. weiten Oeffnungen, s. Fig. 1154, haben je zwei einfache Vertikalplatten von je 60 Cmtr. Höhe und 1,7 Cmtr. Stärke, eine 1 Mtr. breite, an den Enden aus je zwei 0,8 Cmtr. starken, in der Mitte aus je fünf 0,8 Cmtr. starken Blechen bestehende Horizontalplatte, welche mit jenen Vertikalplatten durch je vier, $15 \times 15 \times 1,5$ Cmtr. starke Winkleisen verbunden ist.

Die Vertikalpfosten haben zunächst der Mitte Vertikalplatten von $48 \times 0,7$ Cmtr. Querschnitt senkrecht und von je 30×1 Cmtr. Querschnitt parallel zur Brückenaxe, welche durch je 4 Winkleisen von $7 \times 7 \times 0,7$ Cmtr. Querschnitt untereinander verbunden wurden, zunächst der Auflager Vertikalplatten

von $47,4 \times 1$ Cmtr. Querschnitt senkrecht und von je $40 \times 1,3$ Cmtr. Querschnitt parallel zur Brückenaxe, welche durch je 4 Winkelisen von $9 \times 9 \times 1,5$ Cmtr. untereinander verbunden sind. Die Zugbänder haben zunächst der Mitte einen geringsten Bruttoquerschnitt von $2 \times 10 \times 1,5$ Cmtr. = $30 \square$ Cmtr. und einen geringsten Nettoquerschnitt von $20 \square$ Cmtr., zunächst dem Auflager einen Bruttoquerschnitt von $2 \times 61 \times 1,7$ Cmtr. = $207,4 \square$ Cmtr. und einen Nettoquerschnitt von $189 \square$ Cmtr. Die letzten jenseits der Mitte befindlichen Zugbänder haben einen Bruttoquerschnitt von $2 \times 6 \times 0,7 = 8,4 \square$ Cmtr. und einen Nettoquerschnitt von nur $2 \square$ Cmtr.

Die Auflagerung sämtlicher Träger erfolgte auf je einem feststehenden, bei eintretenden Durchbiegungen um eine Walze drehbaren Kipplager, s. Fig. 1145 und 1146, und je einem, auf einem Rollenstuhl verschieblichen, gleichfalls um eine Walze drehbaren Kipplager, s. Fig. 1142 bis 1144, und sind dieselben nur hinsichtlich ihrer Abmessungen verschieden. Während das Rollkipplager der größten Träger eine Länge von 2,6 parallel und eine Breite von 1,8 Mtr. senkrecht zur Brückenaxe besitzt, haben die Rollkipplager der mittleren und kleinsten Träger solche von beziehungsweise 2 Mtr. Länge bei 1,2 Mtr. Breite und 1 Mtr. Länge bei 1 Mtr. Breite.

Die Gurtungen, Diagonalen, Vertikalstäbe, oberen Querverbindungen und die zur Befestigung der Holz- an die Eisen-Theile dienenden Schraubenbolzen wurden ausschließlich aus gewalztem Eisen, die Windkreuze, Quer- und Längsträger aus gewalztem Gußstahl und Walzeisen, welches letztere meist nur zur Herstellung der Befestigungstheile diente, und die Auflagerstühle aus Gußstahl hergestellt, das Holzwerk aber mit Kupfervitriol imprägnirt.

Von vorstehenden Eisenmaterialien kamen nach dem Voranschlag auf die

| Haupttheile: | Deffnung von 150 Mtr. | | | Deffnung von 80 Mtr. | | | Deffnung v. 57 Mtr. | | |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
| | Walzeisen. Kilg. | Gew. Gußstahl. Kilg. | Gußstahl. Kilg. | Walzeisen. Kilg. | Gew. Gußstahl. Kilg. | Gußstahl. Kilg. | Walzeisen. Kilg. | Gew. Gußstahl. Kilg. | Gußstahl. Kilg. |
| Gurtungen . . . | 1 178 000 | | | 362 000 | | | 134 000 | | |
| Diagonale . . . | 213 000 | | | 87 000 | | | 44 000 | | |
| Vertikale . . . | 354 000 | | | 87 000 | | | 46 000 | | |
| Obere Quer- verbindung . . | 191 000 | | | 45 000 | | | 34 000 | | |
| Windkreuze . . | 8 000 | 45 000 | | 4 000 | 9 000 | | 12 000 | | |
| Querträger . . | 16 000 | 48 000 | | 8 000 | 28 000 | | 6 000 | 19 000 | |
| Längsträger . . | 2 000 | 40 000 | | 1 500 | 22 000 | | 500 | 14 000 | |
| Schraubenbol- zen | 1 000 | | | 500 | | | 500 | | |
| Auflagerung . . | " | " | 70 000 | " | " | 32 000 | " | " | 9 000 |
| Zusammen | 1 963 000 | 133 000 | 70 000 | 895 000 | 59 000 | 32 000 | 277 000 | 33 000 | 9 000 |

Die Nietbolzen wurden theils mit runden, theils mit versenkten Köpfen hergestellt. Bezeichnet d den Durchmesser der Bolzen, so betragen die in Fig. 1160 und Fig. 1161 eingeschriebenen Abmessungen der Niete mit

| runden Köpfen | versenkten Köpfen |
|----------------------|-------------------|
| $D = 1,5 d,$ | $D = 1,5 d,$ |
| $h = \frac{1}{8} d,$ | $H = 0,5 d.$ |
| $H = 0,5 d,$ | |
| $R = d,$ | |
| $r = 0,5 d,$ | |

Die Schraubenbolzen erhielten die folgenden, auf den Durchmesser d des Bolzens bezogenen Verhältnisse des Kopfes und der Mutter:

Höhe des Kopfes $h = d,$

Durchmesser des dem sechseckigen Kopf eingeschriebenen Kreises $D = 1,6 d,$
 der Radius der abgerundeten Oberfläche des Kopfes $r = \frac{5}{3} D,$

Höhe der Mutter $h = 1,2 d,$

Durchmesser des der sechseckigen Mutter eingeschriebenen Kreises $D = 1,8 d,$
 der Radius der abgerundeten Oberfläche der Mutter $r = \frac{5}{3} D.$

Die zur Verbindung der rechts- und linksrheinischen Bahnstrecken der Bergisch-Märkischen Eisenbahngesellschaft bestimmte und in der neuen Linie Düsseldorf-Neuß, beziehungsweise Berlin-Elberfeld-Aachen gelegene, von Pichler entworfene und ausgeführte Brücke über den Rhein bei Hamm²³⁸⁾ besteht im Zusammenhange aus einer auf der rechten oder Düsseldorfer Seite gelegenen Steinbrücke mit vier Oeffnungen von je 103,56 Mtr. (330' preuß.) lichter, resp. 105,91 Mtr. (337 $\frac{1}{2}$ ' preuß.) Stützweite, in einer, aus militärischen Rücksichten eingelegten $2 \times 13,18$ Mtr. ($2 \times 42'$ preuß.) weiten, doppelarmigen Drehbrücke und aus 15, auf der linken oder Neußer Seite befindlichen 18,83 Mtr. (60' preuß.) weiten, gewölbten Flutöffnungen. Außerdem befindet sich, ebenfalls zu Vertheidigungszwecken, auf der rechten Seite eine 3,76 Mtr. (12' preuß.) weite Zugbrücke und ein sogenanntes Sperrfort mit zwei Kuppelthürmen, einer gehörigen Anzahl gewölbter, bombenfester Kasematten und einem ringsum laufenden, 9,41 Mtr. (30' preuß.) breiten Graben, welcher durch einhüftige Drehbrücken überspannt wird.

Die Strombrücke schneidet den Fluß rechtwinklig und ist, bei 7,53 Mtr. (24' preuß.) lichter Weite zwischen den Hauptträgern, für zwei Geleise eingerichtet. Die Gesamtform der Träger ist der Form jener, die Hauptöffnung der Lesebrücke überspannender, Träger verwandt, deren untere Gurtung gerade und deren obere, höher liegende Gurtung gekrümmt ist, während die Vertikalen auf Druck und die, mit Ausnahme der Brückenmitte, einseitig geneigten Diagonalen im dreifachen Systeme und auf Zug konstruirt sind. Nur statt der in den beiden ersten und letzten Feldern jedes Trägers der Lesebrücke angeordneten Zug-

bänder sind hier Druckstreben angebracht. Die Querschnitte der Gurtungen, welche aus Platten, resp. Flacheisen und Winkleisen zusammengesetzt sind, ist \sqsubset , resp. \sqsupset förmig, die gezogenen Diagonalen sind aus Flacheisen, die theilweise gedrückten Vertikalen in I-Form konstruirt. Jeder Hauptträger hat ein loses, auf Rollensegmenten ruhendes und ein festes Lager, welche beide den Durchbiegungen der Träger durch die Drehung um einen Zapfen folgen können.

Zur Herstellung der Brückenbahn sind zwischen die Hauptträger Quertträger eingespannt und an diese die Längsträger befestigt, auf welchen die Querschwellen für das Schienengestänge ruhen. Zwischen die Hauptträger und unter den Quert- und Längsträgern ist ein kräftiger horizontaler Längsverband eingeschaltet, während die oberen Gurtungen durch Traversen gegeneinander abgesteift und sowol an ihrer oberen als auch an ihrer unteren Fläche mit Diagonalverbänden versehen sind. Außerdem sind nach der Längsrichtung der Brücke zwischen jene Traversen I-förmige Absteifungen eingebaut, während in dem mittleren, höheren Theile der Brücke auch noch die Vertikalen gegeneinander abgesteift wurden. Die Pfeiler sind massiv ausgeführt, mit einer Werksteinverkleidung versehen und, zwei Strompfeiler ausgenommen, zwischen Spundwänden auf Bétonsohlen und mit Hülfe von Bétonfangedämmen gegründet. Vor jenen beiden Strompfeilern liegt die Sohle beziehungsweise etwa 15,69 Mtr. (50' preuß.) und etwa 13,81 Mtr. (44' preuß.) unter Mittelwasser, weshalb sie mit Anwendung von komprimirter Luft fundirt wurden. Sie stehen auf je zwei kreisrunden, 8,16 Mtr. (26' preuß.) im Durchmesser haltenden, massiven Steincylindern, auf welchen in einer Tiefe von etwa 7,84 Mtr. (20' preuß.) unter Mittelwasser die Pfeiler beginnen. Die beiden Cylinder eines Pfeilers, deren Peripherie sich bis auf 1,25 Mtr. (4' preuß.) nähert, wurden bei kleinem Wasser durch ein Gewölbe verbunden und der zwischen ihnen gebliebene Zwischenraum mit Béton und Mauerwerk ausgefüllt. Die Strompfeiler wurden im Mai 1868 begonnen und in dem entsprechenden Monate des Jahres 1869, in welchem auch die Flutbrücke fertig hergestellt wurde, vollendet. Die Aufstellung des eisernen Ueberbaues, welcher zusammen ziemlich genau $5\frac{1}{2}$ Millionen Pfund wiegt, wurde im Sommer 1869 begonnen und ist zur Zeit für drei Oeffnungen montirt, während die Oeffnung für den Herbst 1870 in Aussicht genommen ist.

Die Fundirungen und Pfeilerbauten, nebst den umfangreichen Stromregulirungen und Deichanlagen wurden in Regie und kleineren Aufträgen ausgeführt, während die Herstellung des eisernen Ueberbaues mit Einschluß aller erforderlichen Rüstungen der Eisenbauanstalt von Harfourt kontraktlich übertragen ist.

Die Hamburger Elbebrücke²³⁹), s. Fig. 1162 bis 1164, erhält zwei

Eisenbahngleise und zwei Fußwege von je 1,41 Mtr. ($4\frac{1}{2}'$ preuß.) Breite und überseht die zu überspannende, 407,94 Mtr. (1300' preuß.) betragende Flußbreite der hier vollständig regulirten Norderelbe mittels dreier Hauptöffnungen von je 99,16 Mtr. (316' preuß.) Weite zwischen den Auflagermitten oder 96,02 Mtr. (306' preuß.) Weite im Lichten und im Anschluß an jedes Ende dieser Hauptbrücke mittels zweier bogenförmig überdeckter Deffnungen von je 21,97 Mtr. (70' preuß.) Spannweite. Während die Endpfeiler der größten Deffnungen, welche den eigentlichen Stromlauf mit einer Tiefe von 2,51 bis 3,14 Mtr. (8 bis 10' preuß.) unter dem Nullpunkt des Hamburger Pegels überspannen, auf den Uferrändern stehen, dienen die das beiderseitige, 1,88 bis 2,51 Mtr. (6 bis 8 preuß.) über dem Nullpunkt des Hamburger Pegels liegende Vorland überbrückenden Bogenöffnungen als Flußbrücken bei hohen Wasserständen, welche bei den größten Sturmfluten eine Höhe von 5,93 Mtr. (20' 6" Hamb.) erreichen, und schließen sich unmittelbar den wasserfreien Deichen an, innerhalb derer die angeschütteten Eisenbahndämme beginnen, deren Kronen auf 6,36 Mtr. (22' Hamb.) bei dem linksseitigen wasserfreien Deiche und auf 6,07 Mtr. (21' Hamb.) bei dem rechtsseitigen Stromkorrektionsdämme liegen.

Statt der früher von Hannoverschen und Hamburgischen Regierungstechnikern projektierten, horizontal gegurteten Gitterträger wurden sowol zur Herstellung einer ästhetisch befriedigenderen Form, als zur Gewinnung einer möglichst hohen Durchflußöffnung, indem die Unterkante der

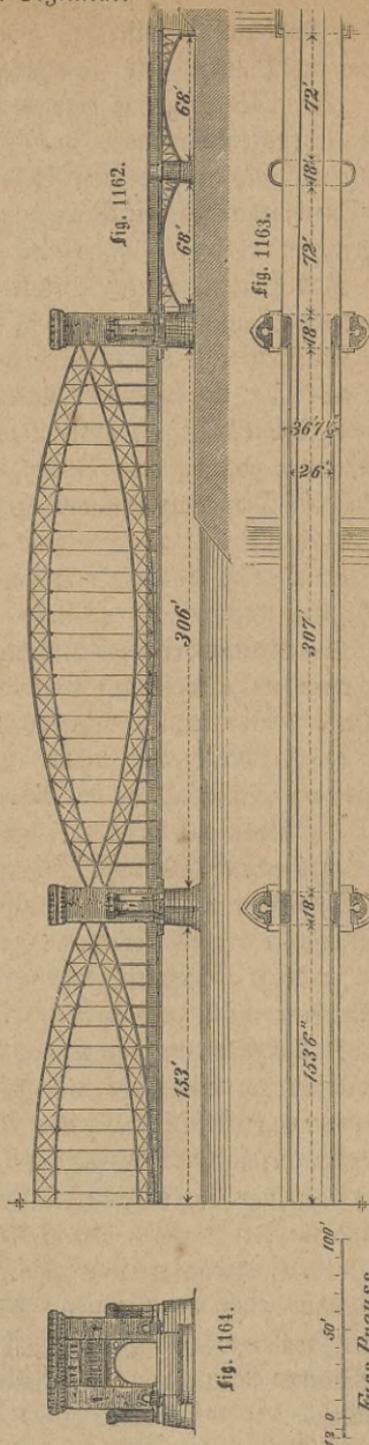


Fig. 1162 bis 1164. Brücke über die Elbe bei Hamburg in der Paris-Hamburger Bahn.

Brückenkonstruktion 1,88 Mtr. (6' preuß.) über der höchsten Sturmflut liegen soll, bogenförmige, über der Fahrbahn liegende Balkenträger gewählt, deren 3,14 Mtr. (10' preuß.) hohe, in der Mitte bezüglich ihrer Schwerpunkte 3,14 Mtr. (10' preuß.) von einander entfernte und an den Enden unter einander vereinigte bogenförmige Gurtungen, nach Art der Koblenzer Rheinbrückenkonstruktion doppelt und durch Diagonalkreuze versteift, das ganze Biegemoment aufnehmen, während ihnen das Gewicht der Fahrbahn und Verkehrsbelastung nur durch vertikale, zwischen sie eingeschaltete Zugstangen zugeführt wird; eine Anordnung, welche zwar etwas mehr Material, als solches bei Einschaltung von Diagonalkreuzen zwischen die Gurtungen nöthig geworden wäre, erfordert, aber gleichwol zur Verbesserung des Aussehens der Konstruktion angenommen wurde. Die erwähnten 4 kleineren Oeffnungen werden dagegen mit unter der Fahrbahn liegenden, eisernen Bogenträgern überbrückt.

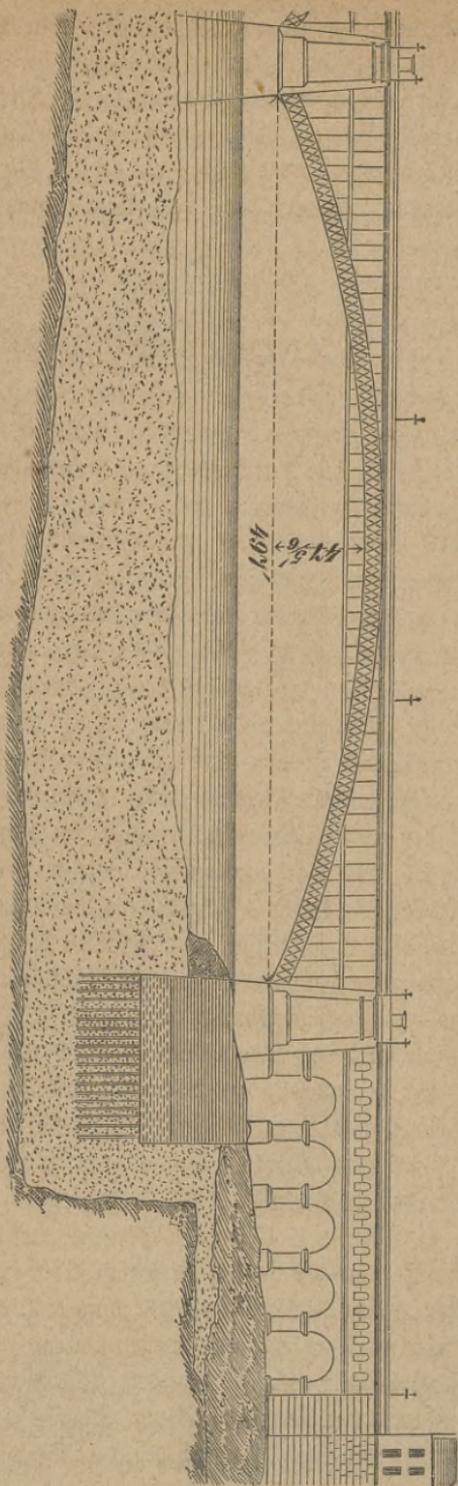
Da sich in der Tiefe von 5,02 bis 5,65 Mtr. (16 bis 18' preuß.) tragfähiger Sandboden vorfand und die Strömung in dem durchweg geregelten Stromlauf keine Veranlassung zu Auskolkungen und Unterspülungen giebt, so wurde eine, derjenigen der Brücken über die Weichsel bei Dirschau, über die Rogat bei Marienburg und über den Rhein bei Köln ähnliche, aus Pfahlrost und einer, die Pfahlköpfe bedeckenden, Betonschüttung bestehende Gründung gewählt. Nachdem man für die Strompfeiler im Schutze einer gegen die Ebbe-Strömung vorgerammten Wand in dem, wie bemerkt, 2,51 bis 3,14 Mtr. (8 bis 10' preuß.) unter Hamb. Null liegenden, Flußbette eine Baugrube bis auf den, 5,02 bis 5,65 Mtr. (16 bis 18' preuß.) unter Null liegenden, tragfähigen Boden ausgebaggert und in derselben mittels Dampftramme von Gerüsten aus eine geschlossene Pfahlwand von 26,1 bis 31,4 Cmtr. (10 bis 12' preuß.) starken Pfählen bis zu einer Tiefe von 10,98 Mtr. (35' preuß.) unter Null eingerammt hatte, wurde die Baugrube innerhalb derselben mittels verschiebbarer, auf Rollbrücken ruhender Dampftrammen und bis zur Tiefe von 12,55 Mtr. (40' preuß.) unter Null mit Grundpfählen ausgerammt, welche 0,31 Mtr. (1' preuß.) über dem Boden der Baugrube mittels Kreisfägen abgeschnitten und hierauf bis zur Höhe von 0,62 Mtr. (2' preuß.) unter Null des Hamburger Pegels die erwähnte Betonschüttung aufgebracht, welche das Mauerwerk der Pfeiler zu tragen hat.

Unter die bis jetzt noch vereinzelt Beispiele von Balkenträgern aus Stahl gehört die von dem Ingenieur-Major Adelsköld entworfene, im Jahre 1866 vollendete Brücke über die Götha-Elf³⁾ in der von der Gothenburger-Stockholmer Bahn auslaufenden Nebenbahn nach Uddawella bei Trollhättä mit 42 Mtr. Spannweite und zwei Bogenbalkenträgern, deren oberer Flansch gerade, deren unterer Flansch nach der Parabel gekrümmt, und zwischen welche ein Stabsystem nach der Form des gleichschenkligen Dreiecks eingeschaltet ist. Um die Träger so leicht als möglich zu machen und sie ohne

Anwendung von Gerüsten, an deren Aufschlagen in jenem Flußbette nicht zu denken war, aufstellen zu können, wurden dieselben nicht aus Eisen, sondern aus, in dem Walzwerke von Surahammer im nördlichen Schweden fabrizirtem, in der Bergsund'schen Maschinenfabrik zu Stockholm verarbeitetem, P u d e l s t a h l hergestellt, dessen zulässige Anstrengung zu 14 K_{g.} p. □^{mm} angenommen wurde, nachdem jeder einzelne Brückentheil auf eine doppelt so große Spannung probirt worden war. Das Gewicht des ganzen Brückenüberbaues betrug 5600 K_{g.} (1120 Z. Cr.), während das Gewicht der entsprechenden Eisenkonstruktion fast doppelt so groß und der Kostenbetrag höher, als derjenige der Stahlkonstruktion gewesen sein würde. Die Aufstellung der beiden Parabelträger erfolgte mit Hilfe von zwei einfachen, auf dem Vorlande der beiden Ländpfeiler aufgestellten Krabben, wovon jeder aus zwei starken, nach dem Flusse hin geneigten, unten weit abstehenden, oben verbundenen und vom Lande aus durch Kopfstau gehaltenen Baumstämmen bestand und am Kopfsende einen Flaschenzug trug. Jeder Träger wurde hierauf durch ein an jedem Ende befestigtes, über den entsprechenden Flaschenzug geführtes Tau so lange theils vorwärts gezogen, theils gehoben, bis der an beiden Krabben hängende Träger in der richtigen Lage auf das Mauerwerk niedergelassen werden konnte. Durch die am 24. Mai 1866 vorgenommene Probelastung, wobei die Brücke mit einer, der gleichförmig vertheilten Belastung von 136,000 K_{g.} entsprechenden, Last von 68,000 K_{g.} in der Mitte beschwert war, wurde in deren Mitte eine Senkung von nicht über 30 M_{tr.} erzeugt, während diese Senkung bei der durch dasselbe Gewicht einseitig belasteten Brückenhälfte um 9 M_{tr.} abnahm und die andre, unbelastete Hälfte sich um 3 M_{tr.} hob. Bei einem Gewichte von 25,200 K_{g.} und einer Länge von 12 M_{tr.} für Lokomotive und Tender, faßt die Brücke deren 3½ mit dem Gesamtgewichte von 88,200 K_{g.}, während ein aus Lokomotive und beladenen, den Rest der ganzen Brücke bedeckenden, Lastwagen bestehender Zug die Brücke mit etwa 72,250 K_{g.}, also nur etwa der halben Probelastung, beschwert.

Zu den bedeutendsten der in Ausführung begriffenen Stützbrücken gehört die von J a m e s B. C a d s entworfene, für Lokomotiv- und Pferde-Eisenbahnen und Straßenverkehr bestimmte Bogenbrücke über den Mississippi bei St. Louis²⁴⁰⁾, s. Fig. 1165 bis 1167, mit drei Bogen, wovon der mittlere 156,97 M_{tr.} (515' engl.) Spannweite, bei 15,69 M_{tr.} (51,5' engl.) Pfeilhöhe, jeder der beiden seitlichen 151,48 M_{tr.} (497' engl.) Spannweite bei 14,58 M_{tr.} (47⁵/₆' engl.) Pfeilhöhe besitzt, an welche sich an jedem Ufer fünf massive, die Werften überspannende Bogen von 7,92 M_{tr.} (26' engl.) Weite für die Eisenbahngleise anschließen, über welchen sich eine Bogenstellung von 20 Bogen zur Unterstützung der Straßensfahrbahn erhebt. Letztere ist auf dem Ufer von St. Louis horizontal bis zur dritten, zum Flusse parallelen Straße fortgeführt, während sie sich auf dem östlichen Ufer mit 1/20 Neigung zu den Straßen

Fig. 1165. Brücke über den Mississippi bei St. Louis.



herabseht. Die Eisenbahnen wenden sich auf demselben Ufer, nachdem sie die Brücke verlassen haben, nördlich und südlich und laufen dann auf etwa 914,4 Mtr. (3000' engl.) Länge mit einem Gefälle von $\frac{1}{108}$, zum Theil auf hölzernen Gerüsten, bis zum Niveau der Eisenbahnen von Ost-St. Louis. Auf dem westlichen Ufer schließt sich an den über die Werft führenden massiven Theil der Brücke ein Viadukt, welcher die Geleise durch die Häuserquartiere bis zur dritten Parallelstraße führt, wo dieselben ein Tunnel aufnimmt, der auf 304,8 Mtr. (1000' engl.) Länge und mit einem Gefälle von beinahe $\frac{1}{100}$ durch den, unter den Straßen und Häusern befindlichen, Thonboden zieht.

Die Gründung dieser Brücke hatte in dem ziemlich regelmäßig gebildeten, aus einer, auf dem westlichen Ufer etwa 4,57 Mtr. (15' engl.), auf dem östlichen Ufer aber 30,48 Mtr. (100' engl.) unter einer Sandschicht befindlichen Kalksteinsohle bestehenden Strombett und, um die durch Strompfeiler leicht veranlaßten Eisstopfungen und Auskolkungen zu vermeiden, direkt auf den Felsen zu erfolgen. Die Schwierigkeit dieser Gründung, welche eine möglichst geringe Pfeilerzahl erforderte, bedingte die großen Oeffnungen der Brücke, welche wieder die Veranlassung zur Anwendung des, mit relativ größerer Festigkeit arbeitenden, Gußstahls als Konstruktionsmaterial wurden. Um durch eine

geringere Breite der Brücke die Baukosten möglichst zu vermindern, wurden die Geleise für den Eisenbahnverkehr 5,48 Mtr. (18' engl.) unter der Fahrbahn für den Straßenverkehr angeordnet und der Brücke eine Breite von nur 15,24 Mtr. (50' engl.) zwischen den Geländern gegeben, wovon bei der oberen Fahrbahn je 2,44 (8' engl.) auf die beiderseitigen Trottoirs und die übrigen 10,36 Mtr. (34' engl.) auf die, mit Geleisen für Pferdebahnen versehene, Fahrstraße kamen.

fig. 1166.

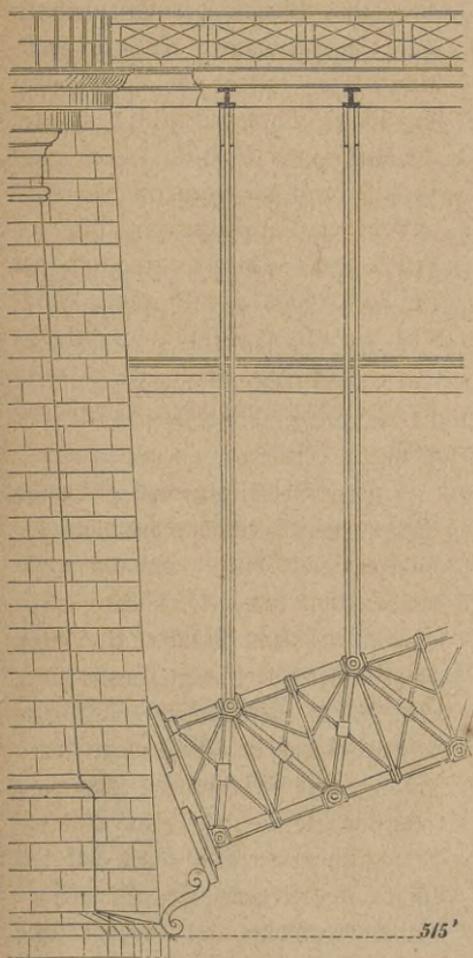


fig. 1167.

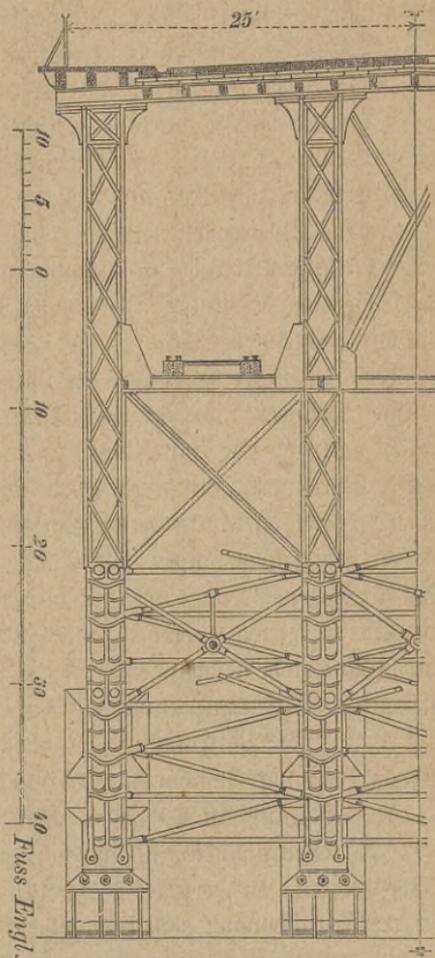


Fig. 1166 und 1167. Details zur Brücke über den Mississippi bei St. Louis.

Die untere Fahrbahn ist durch die vier Tragrippen der Brücke in drei Theile getheilt, wovon jeder der beiden äußeren ein Geleise für den Lokomotivbetrieb und der mittlere den Querverband der Brücke aufnimmt. Die Anordnung jener Tragrippe kommt derjenigen der stehenden Rheinbrücke in Koblenz sehr nahe, indem das für jeden Bogen erforderliche Material in eine obere und in eine untere

Gurtung aufgelöst ist, welche 2,44 (8' engl.) von einander abstehen und durch einen Dreiecksverband unter einander verbunden und versteift sind. Auf den, je 2,74 Mtr. (9' engl.) von einander abstehenden Knotenpunkten ruhen mittels eiserner Pfosten von kreuzförmigem Querschnitt beide Verkehrsbahnen. Sowol die obere als die untere Gurtung jeder Tragrippe wird aus zwei neben einander liegenden Gußstahlröhren von 22,5 Cmtr. (9" engl.) äußerem und von 15 (6" engl.) innerem Durchmesser bestehen, welche wieder aus Stahlstäben von 2,74 Mtr. (9' engl.) Länge zusammengesetzt sind, deren zehn, gleich den Dauben eines Fasses, den Umfang einer neunzölligen geschweißten Röhre von 0,625 Cmtr. ($\frac{1}{4}$ " engl.) Dicke bilden. Die Enden der so erzeugten, neunfüßigen Röhrenstücke werden durch wölbsteinartige Zwischenstücke verbunden, welche zugleich mit den erforderlichen Ansätzen zur Befestigung der reichlich angeordneten Kreuz- und Querverbände versehen sind. Außer dem doppelten Diagonalverbände zwischen den beiden Gurtungen eines jeden Tragbogens ist nach der Breite der Brücke ein vertikaler Kreuzverband, sowol zwischen den Bogen, als auch, soweit dies die Höhenlage der unteren Fahrbahn gestattet, zwischen den darauffstehenden vertikalen Pfosten durchgeführt. Im Scheitel der Bogen, wo die letztere angehängt ist, wird dieser Kreuzverband nur zwischen den beiden mittleren Tragrippen durchgeführt, während die äußeren Tragrippen dadurch die nöthige Versteifung erhalten, daß die die Fahrbahn tragenden Pfosten mit Gitterwerk versehen werden. Seitenversteifungen werden außer den Kreuzverbänden, welche sich zwischen den oberen und unteren Gurtungen der Tragrippen befinden, durch unter beiden Fahrbahnen angebrachte Diagonalverbände gebildet. An den Widertagern, wo die Bogen breiter werden, um zugleich als Streben gegen Seitenschwankungen zu dienen, nehmen mächtige Unterlagsplatten deren Druck auf. Die durch Längenveränderungen in Folge von Temperaturwechsel in den Bogen entstehenden Maximalspannungen sind auf 640 Kg. p. □ Cmtr. (80 Cr. p. □" engl.), die Maximaldifferenz in der Höhenlage des Scheitels für den größten Bogen bei einer Temperaturdifferenz von $-28,75$ bis 60° C. (-23° bis $+48^{\circ}$ R.) auf fast 40 Cmtr. (16" engl.) berechnet.

Die Fahrbahnen sind durch eiserne Querträger von 30 Cmtr. (12" engl.) Höhe gebildet, auf welchen 2,82 Mtr. (9' engl.) lange Streckhölzer ruhen und bei der Straßenbahn den Bohlenbelag, bei den Eisenbahnen die Querschwellen sammt den Geleisen aufnehmen.

Die Pfeiler werden im Kern aus einem magnesiashaltigen Kalkstein hergestellt, bis zum Hochwasserstand mit Granit, darüber mit Sandstein bekleidet und sollen da, wo sie das Widertlager der Gußstahlbogen bilden, eine durchgehende, 2,44 Mtr. (8' engl.) starke Granitschicht erhalten.

Was die Ausführung dieser Brücke, insbesondere deren Fundirung anlangt, so glaubte man den Landpfeiler am westlichen Ufer, wo wie erwähnt der Felsen

4,57 Mtr. (15' engl.) hoch mit Sand bedeckt ist, durch einen etwa 7,62 Mtr. (25' engl.) tief unter dem Flußbette liegenden Pfahlrost zu sichern, während der Mittelpfeiler am östlichen Ufer, wo, wie gleichfalls erwähnt, der Felsen etwa 30,48 Mtr. (100' engl.) hoch mit Sand bedeckt ist, 24,08 Mtr. (79' engl.) unter der Flußsohle zu gründen war. Die Fundirung der Mittelpfeiler, wovon der östliche eine Höhe von 53,03 Mtr. (174' engl.) von dem Felsenbett bis zur unteren Fahrbahn, der westliche eine solche von 44,19 Mtr. (145' engl.) erhalten wird, soll innerhalb und im Schutze eines großen, aus mittels Winkel-eisen versteiften Eisenplatten konstruirten elliptischen Cylinders, der sich, um leichter in den Boden eindringen zu können, nach oben verjüngt, zunächst derart bewirkt werden, daß der Sand an der Baustelle mittels einer Dampfmaschine ausgebaggert und hierauf der Felsboden mit Béton eingeebnet wird. Ueber dieser Bétonsohle und innerhalb des eisernen Cylinders wurde ein schwimmendes, aus einem 0,61 Mtr. (2' engl.) dicken Boden von kalfaterten Hölzern und hölzernen Seitenwänden gebildetes Caïsson gebracht, auf dessen Boden das Pfeilermauerwerk begonnen und hierbei das Gewicht desselben durch Aussparungen so regulirt wurde, daß der Auftrieb des Wassers dem allmählig zunehmenden Gewichte des Pfeilers fast gleichblieb. Indem man nun die Seitenwände des Caïssons feinem, durch die successive Aufmauerung bewirkten, allmählichen Einsinken entsprechend erhöhte, wobei sich dieselben zugleich wirksam gegen das Pfeilermauerwerk abstützen ließen, bis der Caïssonboden auf der Bétonlage ruhte und das Mauerwerk über Wasser reichte, wurden zuletzt die Aussparungen ausgemauert, worauf man das Caïsson dem Zutritte des Wassers öffnete und dessen Seitentheile zur nochmaligen Verwendung von seinem Boden löste. Den eisernen Cylinder hoffte man bei dem westlichen Mittelpfeiler ganz, bei dem östlichen Mittelpfeiler wenigstens theilweise wieder herausziehen zu können.

Die Aufstellung der Bogen soll ohne Anwendung größerer Rüstungen derart bewirkt werden, daß man, während der am Widerlager befestigte Bogen sich bis auf den vierten Theil frei trägt, den Rest des Bogens mit Hülfe von kleinen, auf den Pfeilern errichteten Thürmchen, von welchen aus man die einzelnen Bogenstücke an Drahtseilen hält und versetzt, zusammensügt. Ist auf diese Weise eine Gurtung in deren Scheitel geschlossen, so soll sie als Stützpunkt zur Aufstellung der übrigen Theile der Rippe benutzt werden.

Die Kosten des ganzen Baues sind in runder Summe, wie folgt, veranschlagt:

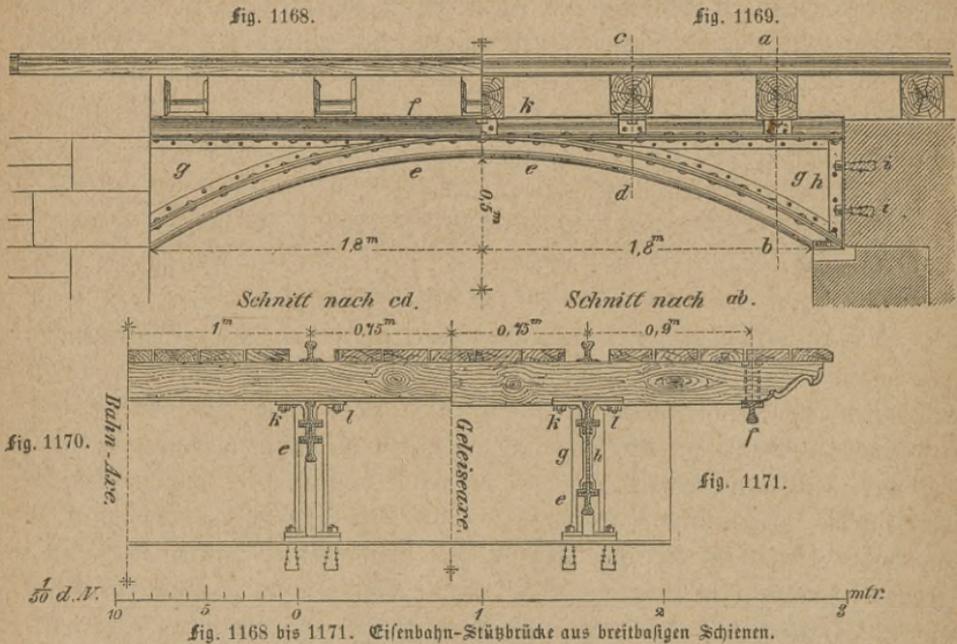
| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| für den Ueberbau der Brücke | 1,460,000 Dollars, |
| „ „ Unterbau | 1,540,000 „ |
| „ die Auffahrten | 520,000 „ |
| „ den Tunnel | 410,000 „ |

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| für Grunderwerb und sonstige Entschä- | |
| digungen | 540,000 Dollars, |
| „ die Bahnanlage | 26,000 „ |
| mithin in Summa zu 4,496,000 Dollars | |

oder rund $4\frac{1}{2}$ Million Dollars.

Am 25. Februar 1868 wurde, nach Beseitigung unerwarteter Schwierigkeiten bei Anlage des zugehörigen Fangdamms, wobei man drei, etwa 12' tief in Felsentrümmer eingebettete, versunkene Dampfschiffe und vier Barken aus seinem Inneren entfernen mußte, der erste Stein des westlichen Landpfeilers gelegt.

Zu den im dritten Kapitel sub III besprochenen schmiedeeisernen Stützbrücken sind ferner die aus breitbäufigen Schienen hergestellten, festen Bogenbrücken für kleine Spannweiten zu rechnen, deren Träger, wie Fig. 1168 bis 1171 zeigen, aus einer unteren, bogenförmigen Schiene e und einer oberen, jene



tangirenden geraden Schiene k bestehen, die unter sich durch zwei entsprechend geformte, an den Widerlagern durch senkrechte Winkelleisen h versteifte, Vertikalbleche g mittels vier Winkelleisen verbunden sind. Die Befestigung dieser Tragrippen, welche direkt unter jedem Schienenstrange liegen, ist sowol auf gußeisernen Unterlagsplatten durch je zwei, als an den senkrechten Wänden der Widerlager durch je vier Steinbolzen i bewirkt, während die das Fahrgeleise und einen Längsbohlenbelag aufnehmenden Querschwellen an die obere Schiene mittels besonderer, sich an sie anschließender und mit ihr vernieteter Laschen geschraubt sind.

Die äußersten, die Bankette aufnehmenden Enden der Querschwellen sind durch je eine verkehrt liegende Schiene unterstützt, mit deren Basis sie durch je zwei Schraubenbolzen verbunden sind.

Außer den vorbeschriebenen, einfachen Systemen von Brücken-Konstruktionen werden in der Gegenwart auch solche kombinierte Systeme zur Ausführung gebracht oder vorbereitet, welche als Verbindungen von Hängbrücken mit Fachwerkbrücken²⁴¹⁾ oder von Häng- und Stützbrücken zugleich mit Fachwerkbrücken zu betrachten sind. Unter die einfachste Kombination dieser Art gehört die in Fig. 1172 dargestellte Kombination der Hänge- und Fachwerkbrücke, wobei die Tragkette und der Fachwerkträger so angeordnet sind, daß wo möglich jeder ihrer Konstruktionsteile, unter den für ihn ungünstigsten Umständen, das Maximum der für ihn zulässigen Spannung erreicht und wobei die Pfeilhöhe der Tragkette und die Höhe des Fachwerkträgers so bemessen werden, daß die durch die Belastung und Temperaturzunahme veranlaßte Einsenkung der Kette derjenigen Senkung des Fachwerkträgers entspricht, welche, da sich der Fachwerkträger bei Temperaturveränderungen nur horizontal verschiebt, durch die Belastung allein hervorgerufen wird.

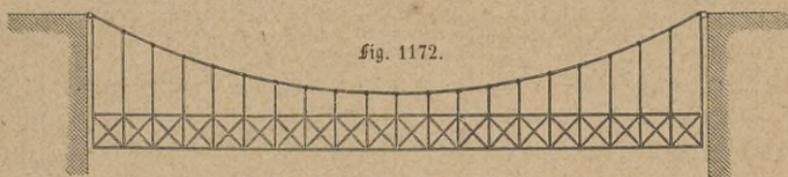


Fig. 1172. Träger einer Hängfachwerkbrücke.

Unter den kombinierten Brückenkonstruktionen, welche sich im Konstruktionsprinzip an die auf Seite 315 erwähnten Entwürfe von Brückenträgern mit gekrümmten, sich durchkreuzenden Rahmen anschließen, sind hier noch diejenigen zu erwähnen, welche John A. Köhling unter dem Namen Long and short span railway bridges für Spannweiten bis zu 182,88 Mtr. (600' engl.), insbesondere für die Ueberbrückung des Mississippi bei St. Louis bearbeitet und im Jahre 1869 in einem besondern Werke²⁴²⁾ unter dem Motto: »The greatest economy in Bridging can only be obtained by a judicious application of the Parabolic Truss« veröffentlicht hat. Das erste der genannten Projekte nimmt eine zweietagige Brücke mit einer oberen, für den Straßenverkehr und einer unteren, für den Eisenbahnverkehr bestimmten Fahrbahn mit einer Mittelöffnung von 182,88 Mtr. (600' engl.) und zwei Seitenöffnungen von je 128,02 Mtr. (420' engl.) in Aussicht, an welche sich auf beiden Seiten eine Reihe kleinerer Öffnungen von je 45,72 Mtr. (150' engl.) anschließen sollen. Während die letzteren mittels eiserner, durch Drahtseile unterstützter Fachwerkträger nach dem Systeme der, auf Seite 174 bis 178 beschriebenen und abgebildeten, Brücken über den Niagara und Ohio, überspannt er-

scheinen, sind für die erwähnten größeren Oeffnungen ähnliche Fachwerkträger projektirt, welche durch Träger mit parabolisch gekrümmten, sich in der Mittelöffnung zweimal, in den beiden Seitenöffnungen je einmal durchkreuzenden Rahmen unterstüzt sind. Während die Zuggurtungen dieser Träger aus mächtigen Drahtseilen bestehen, ist die Druckgurtung derselben aus zwei Theilen mit je 6, im Querschnitt U-förmigen Walzeisenstäben zusammengesetzt, zwischen welchen jene Drahtseile an den Kreuzungspunkten hindurchgehen. Ueber den Pfeilern sind jene Druckgurtungen durch ein, ihrer Form und Zusammensetzung entsprechendes, horizontales Verbindungsmitglied vereinigt, welches auf einer gußeisernen Fußplatte ruht, die zugleich einen schmiedeeisernen Pfeileraufsatz sammt dem darauf ruhenden und befestigten Kabelsattel aufnimmt, in welchem das Kabel fest eingelagert gedacht ist. Die bei Temperaturveränderungen erforderliche Verschiebung der, auf diese Weise fest verbundenen, Trägerenden wäre durch ein System zahlreicher kleiner Walzen ermöglicht worden, welche unter jener Fußplatte und über einer mit dem Mauerwerke des massiven Pfeileruntersatzes verankerten gußeisernen Lagerplatte wälzen sollten, so daß jener ganze Pfeileraufsatz mit Kabelsattel und Fußplatte als ein mächtiger Rollenstuhl fungirt haben würde. Ueber den zwischen den Seiten- und jenen kleineren Oeffnungen gelegenen Pfeilern sollten die Druckgurtungen sich gegen gußeiserne, mit konischen, den einzelnen Ritzen der Kabel entsprechenden, Löchern versehene Platten stemmen, in welchen die, am Ende durch Keile konisch erweiterten, Ritzen festgehalten worden wären. Die beiden über einander befindlichen Verkehrsbahnen der Brücke sollten durch vier solche Träger, wovon zwei in deren Mitte und zwei zu deren beiden Seiten vorgesehen wurden, getragen und hierdurch in zwei Theile getheilt werden, wovon jeder Theil der unteren Verkehrsbahn ein Eisenbahngleise, jeder Theil der oberen Verkehrsbahn eine Fahrbahn mit einem Straßeneisenbahngleise für Fuhrwerk und einem außenliegenden Bankett erhalten sollte. Diese, ähnlich wie bei der erwähnten Niagarabrücke, durch Fachwerkträger unter einander verbundenen Verkehrsbahnen sollten theils mittels walzeiserner Hängstangen an die Tragkabel angehängen, theils mittels doppelter, zwischen den oben erwähnten, je sechs im Querschnitt U-förmigen Stäben der Druckgurtung befestigter, Vertikalstäbe gestüzt werden. Zur Vermehrung der durch das Fachwerk bewirkten Versteifung der Verkehrsbahnen sollte die obere Fahrbahn in den, zwischen ihr und den Tragkabeln befindlichen, Bogenzwickeln durch sächerartig angeordnete Zugstangen an den Kabelsätteln aufgehängt, die erforderliche Windversteifung mittels wagerecht liegender, parabolischer, sich ähnlich wie bei den Vertikalträgern durchkreuzender Windketten bewirkt werden.

Außer den früher beschriebenen Methoden der Pfeilergründung ist hier noch diejenige zu erwähnen, welche Leslie, ein Schüler Brunel's, bei Fundation der Eisenbahnbrücke über den Goraie-Fluß in Ostindien²⁴³ mit

sieben Stromöffnungen von je 56,39 Mtr. (185' engl.) angewandt hat, um deren Pfeiler, welche bei der bedeutenden Wassertiefe des Flusses, die überdies von 15,24 Mtr. (50' engl.) in der trockenen Jahreszeit, bis zu 27,48 Mtr. (90' engl.) bei Hochwasser steigt, und bei dem beweglichen Flußbette eine Gesammthöhe von 39,62 Mtr. (130' engl.) und darüber haben, auf möglichst ökonomische Weise einen festen und dauerhaften Stand zu verschaffen. Die aus einem oberen, 3,05 Mtr. (10' engl.) Durchmesser haltenden, gußeisernen und einem unteren, 9,29 Mtr. (30' 6" engl.) hohen, schmiedeisernen Cylinder von 4,27 Mtr. (14' engl.) Durchmesser bestehenden Pfeiler wurden zwischen zwei Pontons versenkt und bis sie das Flußbett erreichten, durch einen 2,74 Mtr. (9' engl.) über ihrem unteren Rande angebrachten, aus keilförmigen Holzstücken bestehenden, wasserdichten Boden schwimmend erhalten. Die zu ihrer Versenkung erforderliche Belastung bestand in einer 0,61 Mtr. (2' engl.) starken Ausmauerung an der Mantelfläche, wobei in der Mitte ein 3,05 Mtr. (10' engl.) weiter, cylindrischer Raum frei blieb. Sobald ein solcher Cylinder auf dem Flußbett aufstand, wurde mittels einer, an einem Tau aufgehängten und öfter heftig aufgestoßenen, Schiene ein Keil des erwähnten Bodens herausgestoßen, worauf alle übrigen den Schluß verloren und von dem eindringenden Wasser an dessen Oberfläche gehoben wurden. Zur weiteren Einsenkung durch Aushebung und Beseitigung des Baugrundes aus dem Inneren des Cylinders diente ein 32,5 Cmtr. (13" engl.) weites, in der Ase desselben drehbar befestigtes, aus 2,74 Mtr. (9' engl.) langen Stücken zusammengesetztes und mit einem 65 Cmtr. (26" engl.) weiten Mantel umgebenes Rohr, welches durch die, zwischen ihm und diesem Mantel hermetisch eingeschlossene, Luft in dem Wasser schwimmend erhalten wurde und 0,61 Mtr. (2' engl.) über seinem unteren Rande eine Scheibe trug, woran vier dreieckige eiserne Schaufeln zur Auflockerung des Bodens beim Drehen des Rohres befestigt waren. Zur Beseitigung des auf diese Weise aufgelockerten und im Wasser suspendirten Bodens diente ein 30 Cmtr. (12" engl.) weiter Heber, dessen einer Schenkel in dem Rohre stand und dessen anderer Schenkel in das, den Cylinder umgebende, Wasser des Flusses hineinreichte. Hierauf wurde mittels einer, auf einem der beiden Pontons stehenden, Hochdruckmaschine von 20 Pferdekraft aus dem Flusse fortwährend Wasser in den Cylinder gepumpt, um den inneren Wasserstand stets auf 0,91 bis 1,82 Mtr. (3 bis 6' engl.) über dem äußeren zu erhalten, worauf der Heber, einmal in Thätigkeit gesetzt, den durch seine Schaufeln aufgelockerten Boden emporzog und in den Fluß abfließ ließ, während der Cylinder nach und nach, bei einigen Pfeilern bis zu 22,86 Mtr. (75' engl.), in das Flußbett einsank.

Historische Gesammtergebnisse

für die Anordnung der Brückenkonstruktionen der Gegenwart
und der nächsten Zukunft.

Unterscheiden wir bei der Zusammenstellung der historischen Gesammtergebnisse für die Anwendung und den Bau eiserner Brücken wieder die Träger, Pfeiler und Fundamente derselben, so ergibt sich aus den

| | |
|---------------|--|
| auf Seite 110 | für die gußeisernen Sprengwerträger, |
| „ „ 120 | „ „ gußeisernen Barrenträger, |
| „ „ 168 | „ „ gemischteisernen Balkenträger, |
| „ „ 210 | „ „ schmiedeisernen Hängbrückenträger, |
| „ „ 324 | „ „ schmiedeisernen Balkenträger, |
| „ „ 354 | „ „ schmiedeisernen Bogenträger |

gezogenen historischen Einzelergebnissen für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der eisernen Träger zunächst, daß unter den gußeisernen Brückenträgern nur noch die Bogenträger aus zusammengeschaubten, mit Flanschen versehenen Segmentplatten und gußeisernen, mit ihnen und unter einander verschraubten Bogenschenkelausfüllungen in Anwendung kommen, welche in neuester Zeit, zur Unterstützung der Verkehrsbahn von Straßenbrücken, Ziegelgewölbe oder gewölbte Gußplatten, zur Unterstützung der Geleise von Eisenbahnbrücken, Querschwellen oder zur Unterstützung des Schwellenbettes von Eisenbahnbrücken gewölbte Gußplatten aufnehmen, während die gemischteisernen Träger, wenigstens auf dem Kontinent, aus den früher angegebenen Gründen, mehr und mehr verlassen werden.

Dagegen erscheinen die schmiedeisernen Träger, sowol für Häng- und Stützbrücken, als namentlich für Balkenbrücken mit diskontinuirlichen und kontinuierlichen Trägern ohne und mit Kombination als die eigentlich zeitgemäßen Konstruktionen der Gegenwart. Unter den Hängbrücken, welche hauptsächlich für Straßenverkehr und nur vereinzelt für Eisenbahnverkehr Anwendung finden, zeigen die neuesten versteifte Tragwände ohne und mit Scharnieren an den Aufhängepunkten und in dem Scheitel, worunter die letzteren die genauere statische Berechnung, mithin die rationellere Konstruktion zulassen. Bei den Stützbrücken werden den Bogenträgern entweder versteifte Tragwände oder besondere, hinreichend versteifte Bogentrippen mit Vertikalständern in den Bogenzwickeln gegeben, in welchem Falle diese versteiften Tragrippen bei kleineren Spannweiten mit den Widerlagern fest verbunden, bei größeren Spannweiten Scharniere an den Stützpunkten ohne oder mit Anwendung von Scharnieren im Scheitel erhalten

und sowol für Straßen- als für Eisenbahnbrücken angewendet werden. Die ungleich ausgedehntere Anwendung finden die schmiedeisernen Balkenbrücken, unter welchen wir vorzugsweise die Parallelträger mit weiten Maschen und mit, ihrer Anspruchnahme entsprechend, theils steif, theils flach profilirten Stäben in ein- oder mehrfachem System, ohne oder mit Vernietung an ihren Durchkreuzungsstellen und die Bogenbalkenträger mit einem oder mit zwei gekrümmten Rahmen angewendet finden. Die Systemform des Parallelträgers erscheint hierbei als eine nicht statisch abgeleitete, sondern von vornherein zu Grunde gelegte, während die Anspruchnahme ihrer Theile mit Berücksichtigung dieser willkürlich gewählten Systemform und der sie angreifenden totalen und einseitigen Belastungen statisch zu bestimmen ist. Wegen der großen statischen Empfindlichkeit der kontinuierlichen Parallelbalkenbrücken bei ungenauer Ausführung oder nachträglicher geringer Veränderung der Höhenlage der Stützpunkte durch eine oft schwer zu vermeidende Senkung oder Senkung der Pfeiler erhalten diejenigen mit zwei Stützpunkten, bei welchen jene Empfindlichkeit wegfällt, mehr und mehr den Vorzug. Die den Bogenbalkenträgern zu Grunde gelegten Systemformen entsprechen den ihren einzelnen Systemgliedern bei gewissen Belastungszuständen zufallenden Anspruchnahmen oder zugeordneten Widerstandsfähigkeiten. Die hierbei gestellte praktische Forderung der alleinigen Uebertragung der gleichförmig über die Brückenbahn vertheilten größten Verkehrsbelastung durch die bogenförmigen Rahmen, während die Spannung der Diagonalen verschwindet, bedingt den Parabelträger, während die Forderung, daß die bei der Maximalbelastung der Brücke eintretende Spannung in dem gekrümmten Rahmen nach der ganzen Länge der Oeffnung konstant bleibt, den Pauli'schen, und die Forderung, die Diagonalen bei allen, auch den größten einseitigen Belastungen stets nur auf Zug in Anspruch genommen werden oder höchstens die Minimalspannung Null annehmen, den Schwedler'schen Träger hervorgerufen und in die Praxis der Gegenwart eingeführt hat. Die Mehrzahl der Bogenbalkenbrücken zeigt nur einen gekrümmten und einen geraden, in der Brückenbahn liegenden und zugleich zur Konstruktion der Fahrbahn benutzten Rahmen, während bei zwei gekrümmten Rahmen die ganze Fahrbahnkonstruktion besonders zu beschaffen ist.

Außer diesen abgesetzten Balkenträgern mit bogenförmigen Rahmen haben sich namhafte Brückeningenieure der Gegenwart auch den kontinuierlichen Trägern dieser Gattung mit sich durchkreuzenden Rahmen zugewendet und wenn auch der Anwendung dieser Konstruktion, wie jener der kontinuierlichen Parallelträger, vorläufig das Bedenken ihrer Empfindlichkeit gegen unabsichtliche Veränderungen in der Höhenlage ihrer Stützpunkte entgegensteht, so dürfte doch bei günstigen Bodenverhältnissen und soliden Fundamenten, sowie bei Anwen-

ding eines festen, unzusammendrückbaren Bindematerials der Pfeiler in der Zukunft mit Glück versucht werden, die von dieser Systemform gebotene Möglichkeit der Ueberspannung weit größerer Oeffnungen zum Vortheile der Brückenbaupraxis auszubenten.

Unter den kombinirten Brückensystemen sind die durch Hängträger unterstützten Fachwerkträger als die bis jetzt am meisten zur Ausführung gelangten anzusehen und wenn uns auch über den Antheil, welchen jede dieser kombinirten Konstruktionen an der Uebertragung der angreifenden Kräfte auf die festen Stützpunkte nimmt, ein theoretisch scharfes Urtheil und darauf gegründetes exaktes Berechnen und Dimensioniren bis jetzt in dem Grade nicht zusteht, wie bei den einfachen, nicht kombinirten Systemen, so zeigen sich doch auch hier die Bestrebungen, von der mehr oder minder empirischen Verbindung zweier Konstruktionssysteme zu der rationellen Durchbildung ihrer Gesamtform und Formgebung ihrer einzelnen Theile überzugehen.

Neben und in Folge der statischen Herrschaft, welche dem Ingenieur der Gegenwart die Systemform, die Form und Stärke der einzelnen Glieder, sowie die Anordnung und Abmessung der Verbindungsstücke der verschiedensten Brückenkonstruktionen exakt zu bestimmen und mit Hilfe einer technisch hochentwickelten Eisenindustrie auszuführen gestattet, zeigen manche der neuesten Brückenbauten und Entwürfe das Bestreben auch nach einer ästhetisch richtigen Wahl ihrer Form im Ganzen, sowie in ihren einzelnen Theilen. Kennzeichnet in ersterer Beziehung die Form der Hängebrücken, Stützbrücken und Bogenbalkenbrücken mit ihren gekrümmten Rahmen als den, ihre Belastungen auf die festen Stützpunkte stetig übertragenden, Theilen diese statische Funktion für das Auge des unbefangenen Beschauers vorzugsweise, so fehlt es doch auch nicht an Bestrebungen, den Parallelträger mit seiner zickzackförmigen, dem Laien schwer verständlichen, Uebertragungsweise durch eine derselben entsprechende Form und Abmessung seiner Theile ästhetisch durchzubilden. Darf wegen einer solchen geschickten, der statischen Funktion entsprechenden Durchbildung der einzelnen Systemglieder, insbesondere der cylindrischen Form ihrer gedrückten Gurtungen und Vertikalstäbe, sowie wegen ihrer flachen, den wachsenden Zugspannungen entsprechend an Breite zunehmenden, Zugbändern z. B. auf die von Seite 299 bis 301 beschriebene und abgebildete Eisenbahnbrücke über den Donaukanal zwischen Wien und Stadtlau hingewiesen werden, so können, wegen der kühn geschwungenen, lastübertragenden Bogen ihrer Träger, die von Seite 343 bis 347 beschriebene und abgebildete Brücke über den Rhein bei Coblenz, sowie die auf Seite 487 und 488 beschriebene und abgebildete Brücke über die Elbe bei Hamburg als Beispiele für eine glücklich gewählte Systemform gelten. Unter den kombinirten Systemen bieten die an Drahtfabeln aufgehängenen Fachwerkträger John A. Köbling's, wie die auf

Seite 174 bis 176 und Seite 176 bis 178 beschriebenen und abgebildeten Brücken über den Niagara und über den Ohio bei Cincinnati, sowie die von demselben gefertigten, auf Seite 496 und 497 beschriebenen Entwürfe zu einer Brücke über den Mississippi bei St. Louis, bei einer gewissen Unbeholfenheit in der Durchbildung der Einzelform, Beispiele einer, in ästhetischer Beziehung ebenfalls glücklich gewählten, Gesamtform dar.

Außer der, noch in der Gegenwart stattfindenden, Anwendung des Gußeisens zu bogenförmigen Tragrippen und der so ausgedehnten Verbreitung des Walzeisens zu Brückenträgern gewahren wir doch auch die Anwendung des Stahles in geschmiedetem Zustande zu Tragketten, wie bei der auf Seite 197 erwähnten, von Mitis erbauten, im Jahre 1828 eröffneten Karlsbrücke über den Donaukanal in Wien¹⁰²⁾, als Puddelstahl, wie bei der im Jahre 1866 in der Nähe von Trollhätta erbauten, 42 Mtr. weiten Brücke über den Götha-Elf auf der Zweigbahn der Gothenburg=Stockholmer Bahn nach Uddawella, und als Gußstahl bei der auf Seite 493 bis 498 beschriebenen und abgebildeten Brücke über den Mississippi bei St. Louis. In der That verdient der, auf Seite 66 bis 82 hinsichtlich seiner Eigenschaften betrachtete, Stahl vermöge seiner mannichfaltigen Verarbeitungsfähigkeit zu gewalzten und gegossenen Konstruktionstheilen sowol in seiner Verarbeitung zu Draht, als zu Stäben und Platten, sowie wegen seiner bedeutend billiger gewordenen Fabrikation als ein Material, welches bei einer, diejenige des Schmiedeisens fast um das Doppelte übertreffenden, Zug- und Druckfestigkeit bei fast gleichem spezifischen Gewichte und etwa gleich großem Widerstande gegen Formveränderung durch angreifende Kräfte, sowie bei relativ geringerer Ausdehnung durch die Wärme gegenwärtig in hohem Grade die Beachtung der Brückenkonstruktoren in allen den Fällen, wo es sich um die Ueberbrückung sehr weiter Oeffnungen und, bei nicht sehr festem Baugrunde oder unzugänglichen Flußbetten, um die Anwendung möglichst leichter und leicht aufzustellender Brückenträger handelt.

Als eine wichtige, immer allgemeiner werdende Vorsichtsmaßregel vor Aufstellung eiserner Brückenträger erscheint sowol die, auf Seite 79 bis 82 besprochene, Prüfung sämmtlicher zu verwendender Eisentheile, als auch die, auf Seite 82 bis 83 und Seite 326 betonte und erörterte, Anwendung von geeigneten Schutzmitteln gegen das Rosten, welches selbst trotz Beobachtung der größten Vorsicht bei Verarbeitung und Unterhaltung der Eisentheile in einer uns mehr oder minder fern liegenden Zeit den Bestand unkonservirter und nicht sorgfältig unterhaltener Eisenkonstruktionen gefährden wird. Da, nach Seite 68, die Drydation des Eisens um so leichter erfolgt, je reiner es ist, so ist gerade das Schmiedeisen, als die kohlenstoffärmste Gattung desselben, mit besonderer Vorsicht zu behandeln, während der Stahl als eine kohlenstoffrei-

chere Eisenverbindung auch in Bezug auf seine größere Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation den Vorzug vor dem Schmiedeeisen verdient.

Aus den, auf Seite 418 zusammengestellten, historischen Ergebnissen für die Anwendung und Anordnung eiserner Brückenpfeiler ergibt sich, daß man in der Gegenwart den rationellen, im Querschnitt rechteckigen und im Inneren hohlen Pfeilerkörpern den Vorzug vor den im Querschnitt runden, sechs- oder achteckigen und im Inneren mit einem Kern versehenen giebt, auch die vollen oder wenig durchbrochenen Wandungen zum Zweck einer vortheilhafteren Materialvertheilung in stabartige Glieder nach dem Systeme des Fachwerks auflöst, im Uebrigen aber noch — das vereinzelt Beispiet des, auf Seite 401 bis 406 hinsichtlich seiner Pfeiler beschriebenen und abgebildeten, Crumlin-Biadukts bei Newport in South-Wales, welcher einen dreieckigen Pfeileraufsatz besitzt, woran die Träger hängen, ausgenommen — die Form einer abgestumpften Pyramide mit geraden Kanten beibehält. Während es an hölzernen Biadukt-Pfeilern, welche nach oben in eine stumpfe Schneide auslaufen und wovon der ausgeführte St. Germans-Biadukt²⁴⁴) in der Cornish-Eisenbahn ein Beispiel giebt, nicht fehlt, so bleibt doch die Ausführung solcher Pfeiler in Eisen der Zukunft vorbehalten, deren Grundform, wie bei den Holzpfeilern jenes Biadukts, einen auf seinem Rücken stehenden Keil mit nach oben konvergirenden Kanten bildet, deren Wandungen aus Ecksäulen mit wagerechten und diagonalen Verbindungen bestehen und deren Kanten entweder wie dort gerade, oder, der Pressung starker, nach deren Höhe gleichförmig vertheilter Winde entsprechend, selbst etwas nach außen, und zwar nach der Form einer flachen Parabel, gebogen sind.

Wie die, aus der Betrachtung der neueren Gröndungsmethoden gewonnenen, auf Seite 477 und 478 mitgetheilten historischen Ergebnisse zeigen, ist es, außer den alten Gröndungsverfahren, besonders die Fundation mit Anwendung eiserner, versenkter, nach der Versenkung mit Beton ausgefüllter Umschließungen, ferner die Versenkung eiserner, durch den Druck komprimirter Luft von Wasser entleerten Cylindern oder an Ketten aufgehängter Arbeitskammern, welche erstere nach ihrer Versenkung ausgemauert oder mit Beton gefüllt werden, während man auf letztere die Pfeiler allmählig aufmauert, und endlich die Versenkung mächtiger Brunnen ohne oder mit Anwendung von komprimirter Luft, aus deren Innerem im ersteren Falle der Grund ohne Beseitigung des Wassers mittels Baggerapparaten gefördert, im letzteren Falle nach Auspressung des Wassers der Boden durch gewöhnliche Handarbeit gewonnen und ausgeschleust wird. Obwol diese Methoden, den früheren gegenüber, einen bedeutenden Fortschritt in der technischen Anordnung und Ausführung der Gröndungen bekunden, so erscheinen doch diejenigen Methoden, welche wie die auf Seite 493 und 497 beschriebenen Gröndungen der Brücke über den Mississippi

bei St. Louis und über den Goraiesluß in Ostindien mit sinnreicher Benutzung mechanischer und natürlicher Kräfte die obwaltenden lokalen Schwierigkeiten in verhältnißmäßig noch einfacherer Weise überwinden, in technischer Beziehung sehr beachtenswerth.

So bildet bei der Gründung der St. Louisbrücke die Versenkung des Pfeilermauerwerkes innerhalb eines hölzernen, wasserdichten Caissons, welcher durch die fortgesetzte Hintermauerung seiner allmählig erhöhten Wandungen zwar gesenkt, aber durch eine vorsichtige Ausparung des Mauerwerkes derart schwimmend erhalten wurde, daß an seinem oberen Theile stets gemauert werden konnte, eine sinnreiche Verwerthung der bekannten Thatsache, daß der eingetauchte Körper vom Wasser getragen wird, sobald sein eigenes das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers nicht übertrifft, und dürfte die Regulirung des Caissons durch Ketten, welche z. B. bei der Gründung der Kehl-Strasßburger Rheinbrücke u. A. einen guten Theil des Gewichtes der Pfeiler, bevor diese das Flußbett erreicht hatten, aufnehmen mußten, wesentlich erleichtern. Die von Leslie bei der Goraiebrücke angewandte Auflockerungsmethode des Bodens durch eine, mittels eines Luftmantels schwimmend erhaltene und von oben in Bewegung gesetzte, rotirende Erdschaufel sammt der, die aufgelockerten, im Wasser suspendirten Bodentheile auffaugenden und in das Flußbett ableitenden Heberöhre, während im Inneren der Röhre ein über denjenigen des Flußbettes erhöhter Wasserstand durch Einpumpen von Flußwasser erhalten wurde, ist zwar nur bei weicheren Bodengattungen und unter Wegfall besonderer, die Bodenförderung störender Hemmnisse anwendbar, verdient aber in diesem Falle wegen der leicht herzustellenden mechanischen Operation und sinnreichen Benutzung des Luftdrucks, statt der, im Freien oder in einem, mit comprimirtter Luft gefüllten Arbeitsraum durch Handarbeit bewirkten, Bodenförderung, diesen komplizirteren Methoden der Ausgrabung und Durchschleusung vorgezogen zu werden. Obwol die Boden- und Wasserverhältnisse der Brückenhauftelle stets das in jedem konkreten Falle vortheilhafteste Gründungsverfahren bedingen, so erwächst doch hieraus für die Gegenwart und Zukunft andererseits die Aufgabe, die verschiedenen Fundationsmethoden unter Benutzung der einfachsten Mechanismen, und der disponiblen Naturkräfte, insbesondere der tragenden und strömenden Kraft des Wassers, des Drucks der atmosphärischen Luft und der Schwerkraft, mehr und mehr zu vereinfachen und ihnen dadurch einen noch höheren Grad der technischen und ökonomischen Vollkommenheit zu geben.

Ende der zweiten Abtheilung.



Literaturnachweise und Anmerkungen.

Erste Abtheilung.

Die Baumaterialien der eisernen Brücken.

1. Vergl. Gauthey, *Traité de la construction des ponts*. Paris 1809 u. 1813, II. pag. 113.
2. Vergl. Volley, *Handbuch d. chem. Technologie*. Braunschweig 1863. VII. S. 280.
3. Vergl. *Zeitschrift d. Ver. deutscher Ing.* Berlin 1867. Bd. XI. S. 344, sowie *Dingler, Polyt. Journal*. Bd. 185. S. 81.
4. Vergl. Wiebe, *Handbuch der Maschinenkunde*, Stuttgart 1858. I. 1. S. 73.
5. Vergl. Volley, *Handbuch d. chem. Technologie*. Braunschweig 1868. VII. S. 523.
6. Vergl. Wiebe, a. a. D. S. 98 ff.
7. Vergl. *Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Hannover* 1867. S. 371 ff.
8. Vergl. *Dingler, Polyt. Journal*. Bd. 186. S. 117.
9. A. a. D. S. 110.
10. Vergl. Wiebe, a. a. D. S. 107 ff.
11. Vergl. Karmarsch, *Handbuch d. mech. Technologie*. Hannover 1857. S. 239 ff.
12. Vergl. F. Fink, *der Bauochlosser*. Leipzig, Verlag v. D. Spamer. 1868.
13. Vergl. Karmarsch, a. a. D. S. 225 ff.
14. Vergl. Heinzerling, *Die angreifenden und widerstehenden Kräfte der Brücken- u. Hochbaukonstruktionen*. Berlin 1867. S. 53 ff.
15. A. a. D. S. 54.
16. A. a. D. S. 78 ff.
17. Vergl. Wiebe, a. a. D. S. 146.
18. Vergl. Heinzerling, a. a. D. S. 50.
19. Vergl. *Polyt. Centralblatt* 1866. S. 92.
20. Vergl. *Sitzungsber. d. Ver. deutscher Arch. u. Ing. in Hannover*. Hannover 1863. S. 112.
21. Vergl. *die Eisenbahnbrücke ii. d. Rhein bei Mainz*. Mainz 1863. S. 26.

Zweite Abtheilung.

Die Geschichte und Beschreibung der eisernen Brücken.

Erster Abschnitt.

Die Träger der eisernen Brücken.

Erstes Kapitel. Die gußeisernen Brücken.

22. Vergl. Gauthey, *Traité de la construction des ponts*. Paris 1809 u. 1813. II. pag. 113 u. Taf. V. Fig. 1.
23. A. a. D. S. 116.
24. A. a. D. S. 117. Taf. V. Fig. 4—6.
25. Gauthey, *Traité de la construction des ponts*. Paris 1809 et 1813, II. pag. 120. Taf. VI. Fig. 1—3.

26. Vergl. u. A. Jodl, Vorlegeblätter für Straßen- u. Brückenbau. Berlin bei Grieben. Taf. XXVI., u. Schwarz, d. Brückenbau. Berlin 1866. Taf. III. 24. Fig. 355.
27. Vergl. Müller, die Brückenbaukunde. Leipzig 1860. IV. S. 28, u. Fig. 658.
28. A. a. D. IV. S. 31, u. Fig. 676—678.
29. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 172, u. Taf. 480.
30. Vergl. Humber, A complete treatise on cast an wrought iron-bridge construction. London 1864. S. 166 u. Taf. 1 bis XV.
31. Vergl. Gauthey, a. a. D. S. 118 u. Taf. VI. Fig. 12—14.
32. Vergl. Müller, Brückenbaukunde. Leipzig 1860. IV. S. 19 u. Fig. 620—621.
33. A. a. D. IV. S. 31 u. Fig. 653.
34. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1837. S. 219 u. Taf. 135, oder Müller, Brückenbaukunde. Leipzig 1860. IV. S. 35.
35. Vergl. Bauausführungen d. Preuß. Staats, III. Bg. u. Allg. Bauztg. Wien 1837. S. 59.
36. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1838. S. 403 u. Taf. 242.
37. A. a. D. Wien 1849. S. 320 u. Taf. 300.
38. Vergl. Becker, die gußeisernen Brücken d. bad. Eisenbahn. Karlsruhe 1847, oder Bauernfeind, Vorlegeblätter zur Brückenbaukunde. München 1854. Taf. 34 u. 35.
39. Vergl. Gauthey, a. a. D. S. 121 u. Taf. VI. Fig. 4 u. 5.
40. A. a. D. S. 122 u. Taf. VI. Fig. 9—11.
41. A. a. D. S. 124 u. Taf. VI. Fig. 6—8.
42. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1838. S. 285 u. Taf. 224—226, oder Bauernfeind, a. a. D. Taf. 36—39.
43. Vergl. Perdonnet et Polonceau, Nouveau Portefeuille de l'Ingenieur des chemins de fer, Paris 1868, texte. pag. 271.
44. Vergl. Annales des ponts et chaussées 1863, oder Zeitschrift d. österr. Ingenieur-Vereins. Wien 1865. S. 3 ff.
45. Vergl. Die badische Eisenbahn I. Taf. 11.
46. A. a. D. Taf. 10.
47. A. a. D. Taf. 12.
48. Siehe die Ueberdruckzeichnungen der Main-Wefer-Bahn.
49. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1846. S. 275, u. Taf. 58.
50. Siehe die Ueberdruckzeichnungen der Main-Wefer-Bahn.
51. Vergl. Die bad. Eisenbahn. I. Taf. 19.
52. Vergl. Gauthey, a. a. D. S. 116.
53. Vergl. Simms, The public Works of Great-Britain, oder auch Allg. Bauztg. Wien 1838. S. 205 ff. u. Taf. 211.
54. Vergl. Becker, der Brückenbau. S. 126, u. Taf. XVI. Fig. 21 u. 22.
55. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1846. S. 226, Taf. 50 u. 51.
56. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1838. S. 400 u. Taf. 242.
57. Vergl. die badische Eisenbahn. I. Taf. 15.
58. A. a. D. Taf. 9.
59. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 138 u. Taf. 187.
60. A. a. D. S. 139 u. Taf. 188.

Zweites Kapitel. Die gemischt-eisernen Brücken.

61. S. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 166 ff.
62. A. a. D. S. 169 ff.
63. S. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 182 ff.
64. Vergl. Annales des travaux publics de Belgique. 1853/54. Tome XII.
65. Vergl. Molinos et Pronnier, Traité de la construction des ponts metalliques. Paris 1857. pag. 322 ff.
66. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1858. S. 232 ff.

67. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1852. S. 397 ff.
 68. S. Hebhan n, Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen. Wien 1855. S. 526.
 69. S. Klein, Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1863. S. 10 ff.
 70. S. deutsche Bauzeitung. Berlin 1868. S. 145.
 71. Suspension bridge. Specification of a Patent for a suspension bridge, granted to Lt. Col. S. H. Long in 1839.
 72. Description of Col. Long's bridges. Philadelphia 1841.
 73. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1862. S. 217.
 74. A. a. D. S. 217 und 218.
 75. S. Allg. Bauztg. 1852. S. 188 ff.
 76. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1862. S. 218.
 77. S. Allg. Bauztg. 1852. S. 188 ff.
 78. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1862. S. 219.
 79. A. a. D.
 80. S. Allg. Bauztg. Wien 1859, S. 189, und Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1853. S. 429 u. 1862. S. 220.
 81. S. Zeitschrift f. Baugewerbe. Darmstadt 1865. S. 98 ff.
 82. S. Allg. Bauztg. Wien 1852, S. 206, und Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1862. S. 218 ff.

Drittes Kapitel. Die schmiedeeisernen Brücken.

I. Die schmiedeeisernen Hängbrücken.

83. Vergl. Zeitschrift f. Bauwesen. 1857. S. 226.
 84. Fausti Verentii Siceni machinae novae.
 85. China illustrata. Edit Amstelod. 1667. V. Cap. I. pag. 215.
 86. Baudenkmäler aller Völker der Erde. Brüssel 1848. 1849. I. Bd.
 87. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. 1857. S. 227.
 88. Cordier, histoire de la navigation intérieure etc., übersetzt von Philipps, 2 Bde. Paris 1819 u. 1820.
 89. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 208 ff.
 90. A. a. D. S. 215 ff.
 91. Vergl. Papers and practical illustrations of public works of recent construction both british and american. London 1856, auch: Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1860. S. 58 ff.
 92. Vergl. Zeitschrift f. Bauwesen. 1868. S. 499.
 93. Vergl. Rondelet, l'art de bâtir. Taf. 162, u. zugehöriger Text.
 94. Vergl. v. Gerstner, Handbuch d. Mechanik. Bd. I. Prag 1831.
 95. Vergl. v. Gerstner u. Navier, a. a. D.
 96. Vergl. Allg. Bauztg. 1853 S. 335 ff. Wenige Jahre nach ihrer Vollenbung wurde sie nach Bristol veretzt, wo sie den Namen Clifton-Hängebrücke erhielt, während ihre Pfeiler in der Themse stehen blieben und gegenwärtig die Träger der Charing-Croß-Eisenbahnbrücke unterstützen.
 97. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1866. S. 432 ff.
 98. Vergl. Navier, Rapport et mémoire sur les ponts suspendus. Paris 1823.
 99. Vergl. Description du Pont suspendu de la Roche-Bernard, par le Blanc, 1841.
 100. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1839. S. 420 ff., und Romberg. Zeitschrift f. praktische Baukunst 1843. S. 113 ff.
 101. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 130 ff.
 102. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1836. S. 121 ff.
 103. Vergl. M. Chaley, Pont suspendu de Fribourg (Suisse). Paris 1835, und Allg. Bauztg. 1836. S. 341 ff.
 104. Schönirch, Beschreibung der Kettenbrücke zu Prag. Prag 1842.
 105. Clark, W. T. An account of the Suspension Bridge across the River Danube. London 1853, und Allg. Bauztg. 1841. S. 91.

106. Allg. Bauztg. Wien 1846. S. 279 ff.
 107. Vergl. Architekten-Wochenblatt. Berlin 1867. S. 36 ff.
 108. Vergl. J. Janta, die erste Kettenbrücke für den Lokomotivbetrieb von F. Schürch. Wien 1861.
 109. Vergl. Zeitschrift d. Architekten- und Ingenieurvereins für das Königreich Hannover. Hannover 1860. S. 346, und 1861. S. 231 ff.
 110. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1861. S. 73 ff.
 111. S. Jos. Langer, die bogenförmigen Gitterbrücken mit Trägern von gleichem Widerstand. Wien 1859.
 112. Vergl. Zeitschrift f. Bauwesen.
 113. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. 1859. S. 560 ff.
 114. G. de Traitteur, description des ponts en chaines, exécutés à St. Petersburg etc. en 1824. St Petersburg. 1825.
 115. Vergl. v. Wiebeking, Memoire sur des ponts suspendus construits dans le dernier temps en Angleterre et en Russie. Munich 1832.

II. Die schmiedeeisernen Balkenbrücken.

116. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 166.
 117. Vergl. Becker, Brückenbau. Stuttgart 1854. S. 148.
 118. Vergl. Supplement of the theory, practice and architecture of bridges. London 1850.
 119. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1850. S. 221, u. Taf. 349.
 120. S. The Civil Engineer and Architects Journal. 1849.
 121. A. a. D. 1855 u. Zeitschrift des Arch. = u. Ing.-Vereins für das Königreich Hannover 1856.
 122. Vergl. Molinos et Pronnier, traité de la construction des ponts métalliques. Paris 1857. Die Originalwerke sind: The Britannia and Conway Tubular-Bridges etc. by E. Clark, London 1850, und An account of the construction of the Britannia and Conway Tubular-Bridges by W. Fairbairn.
 123. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. 1853. S. 267.
 124. Zeitschrift f. Bauw. 1858. S. 489 ff. und 1860. S. 539.
 125. Vergl. The Civil Engineer and Architects Journal 1852 u. Zeitschrift f. Bauw. 1852. S. 428 ff.
 126. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 185, sowie Molinos et Pronnier, pag. 330 et tab. XXIII—XXV.
 127. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 1 ff., u. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1857, S. 215.
 128. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1857. S. 215.
 129. A. a. D. ff.
 130. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1866. S. 342 ff.
 131. Vergl. Laves, Louis. Memoire explicatif d'un nouveau système en construction. Havre 1839. Zeitschrift d. Arch. = u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover 1850. S. 296 ff., u. Romberg's Zeitschr. f. prakt. Baukunst 1841 u. 1844.
 132. Supplement to the theory, practice and architecture of bridges. London 1850, u. Allg. Bauztg. Wien 1855. S. 112.
 133. Molinos et Pronnier, traité théorique et pratique de la construction des ponts, pag. 328—330 et tab. XX—XXII, und Allg. Bauztg. Wien 1855. S. 112.
 134. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1858. S. 17 ff.
 135. Allg. Bauztg. Wien 1857. S. 189 ff., und Zeitschrift f. Bauw. 1861. S. 113.
 136. Molinos et Pronnier a. a. D., pag. 214, 317 et tab. I. et II.
 137. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1853. S. 257.
 138. Molinos et Pronnier, pag. 319 et tab. V—VIII.
 139. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1853. S. 469.

F. Heinzerling.

Die Brücken in Eisen.

Inhalt.

Einleitung.

| | |
|---|------------|
| Begriff und Arten der Brücken | Seite 1 |
|---|------------|

Erste Abtheilung.

Die Baumaterialien der eisernen Brücken.

Erster Abschnitt.

| | |
|--|---|
| Das Eisen als Baumaterial der eisernen Brücken | 5 |
|--|---|

Erstes Kapitel.

| | |
|--------------------------------|---|
| Vorkommen des Eisens | 7 |
|--------------------------------|---|

Zweites Kapitel.

| | |
|--|----|
| Gewinnung des Eisens | 9 |
| I. Die Gewinnung des Roheisens | 9 |
| II. Die Gewinnung des Schmieds- oder Stabeisens | 14 |
| 1. Das Weißmachen oder Weißen | 14 |
| 2. Der Frischprozeß oder das Frischen | 15 |
| a. Das Herdfrischen | 15 |
| b. Das Frischen in Flammöfen oder das Puddeln | 16 |
| c. Die Gewinnung des Stabeisens durch den Bessemerprozeß | 19 |
| d. Auswahl des zum Brückenbau tauglichsten Schmiedeisens | 19 |
| III. Die Gewinnung des Stahls | 20 |
| 1. Die Gewinnung des Rohstahls | 21 |
| A. Die Gewinnung des Rohstahls aus dem Roheisenf. | 21 |
| a. Das Stahlfrischen in Herden | 21 |
| b. Das Stahlfrischen in Flammöfen oder das Puddeln | 22 |
| c. Die Gewinnung des Stahls durch den Bessemerprozeß | 22 |
| B. Die Gewinnung des rohen Stahls aus dem Stabeisen | 24 |
| C. Die Gewinnung des Stahls durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Stabeisen. | 25 |

| | Seite |
|--|-------|
| 2. Die Verbesserung des rohen Stahls | 26 |
| A. Das Gürben oder Raffiniren des Stahls | 26 |
| B. Das Umschmelzen des rohen Stahls zu Gußstahl | 26 |
| C. Auswahl der zum Brückenbau tauglichsten Stahlsorten | 27 |

Drittes Kapitel.

| | |
|---|----|
| Verarbeitung und Verarbeitungsformen des Eisens | 27 |
| I. Die Verarbeitung des Eisens durch Gießen oder die Eisengießerei | 28 |
| 1. Die Anfertigung der Gußmodelle | 29 |
| 2. Die Bildung der Gießformen | 30 |
| A. Die Herdformerei | 31 |
| B. Die Kastenformerei | 31 |
| C. Die Lehmformerei | 32 |
| 3. Das Schmelzen der Metalle zum Gießen | 33 |
| 4. Das Gießen des Metalls in die Form | 33 |
| 5. Das Ausheben und Reinigen des Gußstücks | 34 |
| II. Die gröbere Verarbeitung des Eisens durch mechanische Arbeit | 34 |
| 1. Schmieden der Eisen- und Stahlstäbe | 34 |
| 2. Schmieden der Eisenbleche | 35 |
| 3. Walzen der Eisen- und Stahlstäbe | 35 |
| a. Packetirung und Auswalzen der Flacheisen | 38 |
| b. Packetirung und Auswalzen der Winkelseisen | 39 |
| c. Packetirung und Auswalzen der T-Eisen | 40 |
| d. Packetirung und Auswalzen der H-Eisen | 41 |
| e. Packetirung und Auswalzen der U-Eisen | 43 |
| f. Packetirung und Auswalzen der Halbcylinder-Eisen | 43 |
| 4. Das Walzen der Eisen- und Stahlbleche | 43 |
| 5. Das Ziehen des Eisendrahts | 47 |
| III. Die weitere Verarbeitung des Eisens im warmen Zustande in den Schmiede- werkstätten | 49 |
| 1. Die Unterlagen für die zu schmiedenden Eisenstücke | 49 |
| 2. Die Schmiedehämmer | 50 |
| 3. Hilfswerkzeuge zum Formen der Eisenstücke | 51 |
| 4. Werkzeuge zum Fassen und Festhalten der Eisenstücke | 53 |
| 5. Hilfswerkzeuge zur Ausführung der Schmiedearbeiten | 53 |
| VI. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch Handarbeit | 53 |
| 1. Werkzeuge zum Festhalten der Arbeitsstücke | 54 |
| 2. Werkzeuge zur Bearbeitung des Eisens | 54 |
| 3. Hilfswerkzeuge zum Abmessen, Eintheilen, Linienziehen u. s. w. | 60 |
| V. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch mechanische Arbeit | 60 |
| 1. Die mechanischen Drehbänke | 61 |
| 2. Bohrwerke und Bohrmaschinen | 62 |
| 3. Planhobelmaschinen | 62 |
| 4. Rundhobelmaschinen | 63 |
| 5. Rutenstoßmaschinen | 63 |
| 6. Schraubenschneidmaschinen und Schraubenmutterfräsmaschinen | 63 |
| 7. Nietmaschinen | 64 |
| 8. Maschinen zum Schneiden der Bleche | 64 |
| 9. Die Blechlochmaschine | 65 |

Viertes Kapitel.

| | Seite |
|--|-------|
| Eigenschaften des Eisens und Prüfung desselben | 66 |
| I. Inneres Gefüge des Eisens | 66 |
| II. Chemische Eigenschaften des Eisens | 66 |
| 1. Chemischer Bestand des Eisens | 66 |
| A. Die Kohlenstoffverbindungen des Eisens. | 67 |
| B. Die Verbindungen des Eisens mit Schwefel und Phosphor | 67 |
| 2. Chemisches Verhalten des Eisens zu den Atmosphärrillen | 67 |
| III. Physikalische Eigenschaften des Eisens | 68 |
| 1. Schwere und Verhalten des Eisens gegen mechanische Kräfte | 68 |
| A. Das spezifische Gewicht des Eisens | 68 |
| B. Die Elastizität und Festigkeit des Eisens. | 69 |
| a. Festigkeit des Eisens gegen Zug und Druck | 69 |
| b. Festigkeit des Eisens gegen Verschiebung oder Abscheerung | 74 |
| c. Verhalten des Eisens gegen Erschütterungen und Stöße | 76 |
| 2. Verhalten des Eisens gegen die Einwirkungen der Wärme | 77 |
| a. Veränderung der Farbe bei der Erwärmung. | 77 |
| b. Ausdehnung des Eisens durch die Wärme | 77 |
| c. Aenderung im Gefüge und in der Festigkeit des Eisens durch die Einwirkungen der Wärme | 78 |
| 3. Verhalten des Eisens gegen die Elektrizität | 79 |
| IV. Prüfung des zum Brückenbau zu verwendenden Eisens auf seine Eigenschaften | 79 |

Fünftes Kapitel.

| | |
|---|----|
| Mittel zur Erhaltung oder Konservirung des Eisens | 82 |
|---|----|

Zweiter Abschnitt.

| | |
|--|----|
| Das Holz als Hilfsmaterial beim Bau eiserner Brücken | 84 |
| I. Art der Verwendung und Art des zu verwendenden Holzes | 84 |
| II. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Holzes | 84 |
| A. Spezifisches Gewicht des Holzes | 84 |
| B. Elastizität und Festigkeit des Holzes | 85 |
| a. Elastizität und Festigkeit des Holzes gegen Zug und Druck | 85 |
| b. Festigkeit des Holzes gegen Verschiebung oder Abscheerung | 87 |
| C. Dauer der Hölzer und Mittel, ihre Dauer zu verlängern | 87 |

Dritter Abschnitt.

| | |
|---|----|
| Der Stein als Hilfsmaterial beim Bau eiserner Brücken | 89 |
| I. Art der Verwendung und Arten des zu verwendenden Steins | 89 |
| II. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Steins | 89 |
| a. Spezifisches Gewicht der Steine | 89 |
| b. Festigkeit der Bausteine | 90 |

Zweite Abtheilung.

Geschichte und Darstellung der eisernen Brücken.

| | |
|--|----|
| Entstehung der eisernen Brücken und Werth ihrer Geschichte | 93 |
|--|----|

Erster Abschnitt.

| | |
|---|----|
| Die Träger der eisernen Brücken | 94 |
|---|----|

Erstes Kapitel.

| | Seite |
|--|-------|
| Die gußeisernen Brücken | 94 |
| I. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken | 94 |
| 1. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Englands | 94 |
| Brücke über die Saverne zu Coalbrookdale 94. — Brücke über die Saverne zu | |
| Buildwas 95. — Brücke über den Bear bei Sunderland 95. — Brücke | |
| über die Themse zu Stains 96. — Southwarkbrücke über die Themse zu | |
| London 97. — Brücke über den Lary bei Trent 98. — Projekt einer | |
| Bogenbrücke über die Menaisstraße 98. — Brücke über den Medway bei | |
| Rochester 99. | |
| 2. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Deutschlands | 99 |
| Brücke über das Strigauer Wasser zu Laasan 99. — Friedrichsbrücke in Ber- | |
| lin 99. — Weidenammer Brücke in Berlin 100. — Brücke über die | |
| Havel bei Potsdam 100. — Brücke über den Hammerstrom zu Peitz 101. | |
| — Brücke über die Gserna bei Mehadia in Ungarn 102. — Brücke bei | |
| Lugos und Karansebes 103. — Brücke über die Kinzig bei Offenburg 103. | |
| 3. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Frankreichs | 105 |
| Louvrebrücke über die Seine in Paris 105. — Austerlitzbrücke in Paris 105. — | |
| Carrousselbrücke in Paris 107. — Brücke über die Rhone bei Tarascon 109. | |
| — Solferinobrücke und St. Louisbrücke in Paris 110. | |
| 4. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion | |
| gußeiserner Sprengwerke | 110 |
| II. Die gußeisernen Barrenbrücken | 111 |
| 1. Die gußeisernen Parallel-Barrenbrücken Englands, Frankreichs und | |
| Deutschlands | 111 |
| Brücke über den Landgraben bei Malsch 112. — Brücke über den Walprechts- | |
| bach bei Ettlingen 112. — Durchlaß der badischen Bahn bei Nos 113. — | |
| Brücke über den Häuserbach bei Daxen 114. | |
| 2. Die gußeiserne Parallel-Barrenbrücke über die Schelde zu Gent | 114 |
| 3. Die gußeisernen Bogenbarrenbrücken | 117 |
| Brücke über die Nidda zu Bilbel 117. — Viadukt über die Staatsstraße bei | |
| Niedermöllstadt 117. — Viadukt über die Straße von Appenweier nach | |
| Sand 119. | |
| 4. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion | |
| der gußeisernen Barrenbrücken | 120 |
| III. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken | 121 |
| 1. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken Englands | 121 |
| Brücke über die Saverne zu Buildwas 121. — Montsbrücke und Hunteletbrücke | |
| über den Aire 121. — Brücke über den Paddingtonkanal 122. | |
| 2. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken Deutschlands | 123 |
| Brücke über die Elz bei Exou 123. | |
| IV. Die gußeisernen Bogenhängwerkbrücken | 124 |
| Brücke über die Gserna bei Mehadia in Ungarn 124. — Brücke über die Rensch | |
| bei Renchen 124. | |
| V. Die gußeisernen Hängwerkbrücken und Sprengwerkbrücken mit geraden Barren | |
| Brücke über die Alb bei Beiertheim 125. — Sprengwerkbrücke in der Potsdam- | |
| Magdeburger Bahn bei Magdeburg 126. — Brücke über die Luppe bei | |
| Leipzig 127. — Brücke über den Mühlgraben bei Weizenfels 127. | |

Zweites Kapitel.

| | |
|--|-----|
| Die gemischt-eisernen Brücken | 127 |
| I. Die gemischt-eisernen Brücken Englands und Belgiens | 128 |

Kombinirter Träger englischer Eisenbahnbrücken 128. — Wegbrücke über die North-Western-Bahn bei Camden 129. — Eisenbahnbrücke in der Vorstadt Gateshead von New-Castle upon Tyne 130. — Eisenbahnbrücke über die Althorpe-Street 130. — Brücke über den Court-Street in der Linie Rugby-Leamington 131. — Eisenbahnbrücke über die Sambre zwischen Charleroi und Erquelines 133. — Straßenbrücke über den Rupel zwischen Boom und Petit-Willebroeck 133. — Brücke über den Trent bei Newark 135. — High-Level-Bridge in New-Castle upon Tyne 136. — Brück-Kanal über den Calder bei Stanley 137.

II. Die gemischteisernen Brücken Deutschlands 139

Brücke in Herrenhausen bei Hannover 139. — Brücke über den Stadtkanal in Potsdam 139. — Brücke über den Betsch bei Prerau 142. — Brücke über den Iserfluß bei Rakaus in der Nähe von Turnau 144.

III. Die gemischteisernen Brücken der Vereinigten Staaten von Nordamerika . . 146

1. Die gemischteisernen Parallelträger 146

Straßenbrücke in der Lehigh Avenue in Philadelphia 147. — Viadukt über die New-Jersey-Bahn in Bergen 148. — Straßenbrücke über den Rock-Creek zwischen Washington und Georgetown 149. — Eisenbahnbrücke über den Passaic bei Newark 151. — Brücke der Vermont-Canada-Bahn 152. — Brücke über den Erie-Kanal bei West-Troy 154. — Brücke über den Potomac bei Harpers-Ferry 155. — Eisenbahnbrücke über den Elisabethfluß bei Norfolk 158. — Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über den Wheeling-Creek 160. — Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über den Monongahela 161.

2. Die gemischteisernen Bogenträger 164

Straßenbrücke über den Newyork-Erie-Kanal bei Buffalo 165. — Straßenbrücke über den Newyork-Erie-Kanal bei Rochester 166. — Straßenbrücke über den Newyork-Erie-Kanal bei Albany 167.

IV. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der gemischteisernen Balkenträger 160

Drittes Kapitel.

Die schmiedeisernen Brücken 169

I. Die schmiedeisernen Hängbrücken 169

1. Die ältesten Hängbrücken 169

2. Die schmiedeisernen Hängbrücken der Vereinigten Staaten Nordamerikas. 170

Kettenbrücke über den Jakobs-Creek zwischen Union-Town und Greenburgh 170. — Kettenbrücke über den Katarakt des Schuykill 171. — Kettenbrücke über den Brandywinefluß bei Wilmington 171. — Kettenbrücke über den Merrimack bei Newbury-Port 171. — Kettenbrücke über den Lehegg bei Northampton 171. — Drahtkabelbrücke über den Schuykill bei Philadelphia 171. — Drahtkabelbrücke über den Monongahela bei Pittsburg 171. — Drahtkabelbrücke über den Ohio bei Wheeling 171. — Drahtkabelbrücke über den Niagara 173. — Drahtkabel-Fachwerkbrücke über den Niagara 174. — Drahtkabelbrücke über den Ohio bei Cincinnati 176. — Projekt einer Brücke über den Kentucky in der Lexington-Danville-Bahn 176. — Drahtkabelbrücke über die Niagarafälle 178. — Aquädukt des Pennsylvaniakanals über den Alleghany in Pittsburg 179.

3. Die schmiedeisernen Hängbrücken Englands 180

Kettenbrücke über den Tees bei Wind 180. — Kettenbrücke über den Tweed bei Kings-Meadow 180. — Kettenbrücke über den Tweed bei Dryburgh-Abbey 180. — Union-Kettenbrücke über den Tweed bei Northamford 181. — Kettenbrücke über die Menai-Meerenge bei Bangor 182. — Conway-Ketten-

- brücke über die Menai- Meerenge 184. — Hammersmithbrücke über die Themse bei London 184. — Charing-Cross- oder Hungerfordbrücke über die Themse in London 185. — Lambeth-Hängbrücke über die Themse in London 186.
4. Die schmiedeisernen Hängbrücken Frankreichs und Belgiens 189
 Drahtbrücke über die Rhone zwischen Tournon und Tain 189. — Drahtbrücke zu Jarnac in Frankreich 189. — Kettenbrücke über den St. Suzannefluß auf der Insel Bourbon 190. — Kettenbrücke über die Seine in Paris 190. — Kettenbrücke über die Garonne zu Langon 190. — Drahtkabelbrücke Bercy und Louis-Philippe über die Seine in Paris 191. — Drahtkabelbrücke über die Vilaine bei Roche-Bernard 191. — Drahtkabelbrücke über den Scorff bei Lorient 191. — Drahtkabelbrücke über die Seine zu Conflans St. Honorine 191 und 192. — Drahtkabelbrücke über die Garente zu Rochefort 191. — Drahthängbrücke über die Dordogne zu Cubzac 191 und 194. — Bandeisenbrücke über die Seine in Surdèsnes 195. — Kettenbrücke über die Maas in Seraing 197.
5. Die schmiedeisernen Hängbrücken Deutschlands und der Schweiz 197
 Kettenbrücke über die March bei Straßniß 197. — Sophien- und Karlsbrücke über den Donaukanal in Wien 197. — Kettenbrücke über die Regniß zu Bamberg 197 — Drahtkabelbrücke über das Saane-Thal in Freiburg 198. — Kettenbrücke über die Moldau in Prag 200. — Kettenbrücke über die Donau zwischen Pesth und Ofen 200 und 201. — Franz-Karl-Kettenbrücke über die Mur in Graz 200 und 203. — Kettenbrücke über die Weser bei Hameln 205. — Kettenbrücke über den Neckar bei Mannheim 205. — Kettenbrücke über die Aar in Aarau 205. — Eisenbahn-Kettenbrücke über den Donaukanal in Wien 205. — Hängebrücke über die Moldau in Prag 207.
6. Die schmiedeisernen Hängbrücken Rußlands 207
 Panteleimonsbrücke über die Fontanka in Petersburg 207. — Kettenbrücke über die Moskwa in Petersburg 207. — Die ägyptische Brücke über die Fontanka 209. — Die Vier-Löwen-Brücke und Vier-Greisen-Brücke über den Katharinenkanal in Petersburg 210. — Projekte zu Kettenbrücken über die Nema und über den Kotorosle zu Jaroslawle 210.
7. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der Hängbrücken 210
- II. Die schmiedeisernen Balkenbrücken 212
1. Allgemeines 212
2. Die schmiedeisernen Balkenbrücken Englands 212
 Viadukt der Blackburn-Bolton-Bahn 214. — Landungsbrücke an der Schiffs- werfte St. Georg in Liverpool 214. — Brücke über den Trent zu Gainsborough 215. — Landungsbrücke am Kai des Prinzenplatzes zu Liverpool 215. — Britanniabrücke über die Meerenge Menai bei Bangor 215. — Brücke über den Aire zu Brotherton 222. — Victoriabrücke über den St. Lorenzstrom bei Montreal 222. — Torkseybrücke über den Trent 223. — Brücke über den Wye bei Chepstow 226. — Eisenbahnbrücke über den Rokalkanal bei Dublin 229. — Brücke über den Boynefluß bei Drogheda 230. — Eisenbahnbrücke über die Themse bei Blackfriars 231. — Crumlinviadukt bei Newport in South-Wales 232. — Brücke der Blackwall- und Eastern-Counties-Bahn 235. — Brücke der Great-Western-Bahn bei Windsor 235. — Brücke über den Tamar bei Saltaß 237.
3. Die schmiedeisernen Balkenbrücken Frankreichs, Belgiens und Hollands . 239
 Brücke von Cligny in der französischen Westbahn 239. — Brücke über die Sambre zwischen Charleroi und Namur 240. — Eisenbahnbrücke über die Seine bei Anières 240. — Eisenbahnbrücke über den Ciron 242. —

140. S. Zeitschrift f. Bauw. 1861. S. 111 ff.
 141. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1863. S. 363 ff.
 142. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1851. S. 71.
 143. S. Architekten-*Wochenblatt*. Berlin 1867. S. 316 ff.
 144. S. Zeitschrift d. Arch. = u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover. Hannover 1856.
 145. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. 1851. S. 88.
 146. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 135.
 147. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1858. S. 463 ff.
 148. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1853. S. 473.
 149. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1858. S. 479 ff.
 150. S. Allg. Bauztg. Wien 1853. S. 179 ff., und Sammlung eiserner Brücken-
 Konstruktionen. Stuttgart 1860. S. 3 ff.
 151. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1851. S. 114 ff.
 152. S. Allg. Bauztg. Wien 1851. S. 85 ff.
 153. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1855. S. 445 ff.
 154. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1853. S. 98 ff.
 155. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1857 und 1863.
 156. S. Die Eisenbahnbauten bei Kehl. Karlsruhe 1859/60.
 157. S. Gysel, Brücken und Thalübergänge schweizerischer Eisenbahnen. Basel 1856.
 158. S. Eisenbahnbrücke ü. d. Saane bei Freiburg. Zürich bei Meyer und Zeller, und
 Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1863. S. 28 ff.
 159. S. Sammlung eiserner Brücken-Konstruktionen. Stuttgart 1860. S. 56 ff.
 160. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1859. S. 37.
 161. S. Hartwich, Erweiterungsbauten der rhein. Eisenbahn. 3. Abth. Berlin 1867.
 162. S. L. v. Klein, Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1863.
 S. 3 ff.
 163. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1858. S. 277 ff.
 164. S. Zeitschrift f. d. Arch. = u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover. Hannover 1864.
 Taf. 285.
 165. S. Hartwich, Erweiterungsbauten der Rhein. Eisenbahn. 3. Abth. Berlin 1867.
 166. Vergl. Zeichnungen zum Brückenbau. Karlsruhe bei Veith. Separatwerk, im Er-
 scheinen begriffen.
 167. Vergl. Zeitschrift d. österr. Ing.-Ver. Wien 1869. S. 123 ff.
 168. S. Hartwich, Erweiterungsbauten d. Rhein.=Eisenbahn. 3. Abth. Berlin 1867.
 S. 20.
 169. Vergl. Mémoire explicatif d'un nouveau système en construction par Louis
 Laves, Havre 1839, Rombergs Zeitschrift f. prakt. Baukunde 1841 u. 1842 und
 Zeitschrift d. Arch. = u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover. Hannover 1850.
 170. S. Romberg, Zeitschrift f. prakt. Bauk. Jahrg. 1843.
 171. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1859. S. 82 ff., und L. v. Klein, Sammlung
 eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1864.
 172. Vergl. Eisenbahnbrücke ü. d. Rhein bei Mainz. Mainz 1863, und L. v. Klein, a. a. D.
 173. Vergl. Ruppert, R. v., Neues System für Eisenbrücken großer Spannweite.
 Wien 1867 und Ver. d. XIV. Vers. deutscher Arch. u. Ing. Wien 1865. S. 49.
 174. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1861. S. 579 ff.
 175. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1867. S. 181 ff.
 176. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1868. S. 517.
 177. S. Architekten-*Wochenblatt*. Berlin 1867. S. 250.
 178. A. a. D. S. 157.
 179. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1868. S. 513.

III. Die schmiedeisernen Stützbrücken.

180. S. Gauthey, *Traité de la construction des ponts*. Paris 1809 u. 1813.
 II. pag. 124.
 181. S. Allg. Bauztg. Wien 1855. S. 349 ff.

182. *S.* Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1862. *S.* 237 ff., u. *Allg. Bauztg.* Wien 1864. *S.* 78 ff.
183. Vergl. Exposition universelle à Paris en 1867. Notices sur les modèles, cartes et dessins relatifs aux travaux publics. Paris 1867. pag. 527.
184. *Allg. Bauztg.* Wien 1855. *S.* 111 ff.
185. *S.* *Etzel*, Brücken und Thalübergänge Schweizerischer Eisenbahnen. Basel 1856.
186. Vergl. Annales des ponts et chaussées. Paris 1859, und Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1861. *S.* 653 ff.
187. *S.* *Hartwich*, Erweiterungsbauten der Rhein. Eisenb. Berlin 1867. III. *S.* 33 ff.
188. Zeitschrift f. Bauw. 1865. *S.* 105 ff.
189. Vergl. Zeitschrift d. Arch. = u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover. Hannover 1860. *S.* 346 und 1861. *S.* 231 ff.
190. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1861. *S.* 73 ff.
191. *S.* Zeitschrift f. Bauw. 1864. *S.* 385 ff.
192. *S.* *Hartwich*, Erweiterungsbauten der Rhein. Eisenb. Berlin 1867. III. *S.* 26 ff.
193. *S.* Zeitschrift f. Bauw. 1866. *S.* 267 ff.

Zweiter Abschnitt.

Die Pfeiler der eisernen Brücken.

194. Vergl. *Allg. Bauztg.* Wien 1850. *S.* 356 ff.
195. Vergl. *Allg. Bauztg.* Wien 1840. *S.* 300 ff.
196. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1862. *S.* 220 ff.
197. Vergl. *Allg. Bauztg.* Wien 1857. *S.* 189 ff.
198. Vergl. *Allg. Bauztg.* Wien 1866. *S.* 342 ff.
199. Vergl. *Allg. Bauztg.* Wien 1836. *S.* 321 ff.
200. Vergl. *Allg. Bauztg.* Wien 1853. *S.* 168 ff.
201. Vergl. *Allg. Bauztg.* 1857. *S.* 146.
202. Vergl. *Oppermann*, Nouvelles annales de la construction 1856. p. 96—98, auch Zeitschrift f. Bauw. 1857. *S.* 223 ff.
203. Vergl. Annales des ponts et chaussées. 1859, auch Zeitschrift f. Bauw. 1861. *S.* 653 ff.
204. Vergl. *Allg. Bauztg.* Wien 1863. *S.* 124 ff.
205. Vergl. a. a. D. auch Zeitschrift f. Bauw. 1860. *S.* 401, und *Allg. Bauztg.* Wien 1863. *S.* 124 ff.
206. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. 1863. *S.* 369. Taf. 52.
207. *S.* *Oppermann*, Nouvelles annales de la construction 1864, auch Zeitschrift f. Bauw. 1864. *S.* 581 ff. u. *Allg. Bauztg.* Wien 1863. *S.* 124 ff.
208. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. 1851. *S.* 210 ff.
209. *S.* *Allg. Bauztg.* Wien 1850. *S.* 138.
210. Vergl. Annales des ponts et chaussées 1856, (auch Zeitschrift f. Bauw. 1857. *S.* 238.
211. *S.* *Allg. Bauztg.* Wien 1865. *S.* 325.
212. *S.* Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1862. *S.* 216 u. 217.
213. Vergl. *Allg. Bauztg.* Wien 1851. *S.* 23.
214. *S.* *Allg. Bauztg.* Wien 1851. *S.* 23 ff.
215. *S.* Annales des ponts et chaussées, tome VIII. 1864 u. *Nördling*, Mémoire sur les piles en charpente métallique des grands viaducs. Paris 1864.
216. Vergl. Sitzungsber. d. XIV. Vers. deutscher Arch. u. Ingenieure. Wien 1865. *S.* 85.
217. Vergl. *Allg. Bauzeitung.* Wien 1870. Die technischen Notizen verdankt der Verfasser einer gefälligen Mittheilung des Herrn Ingenieur *Blecken*.
218. Vergl. *Kitter*, Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brückenkonstruktionen. Hannover 1869. *S.* 165 ff.

Dritter Abschnitt.

Die Fundamente der eisernen Brücken.

219. Vergl. B. Harres. Die Schule des Zimmermanns. Zweiter Theil. Leipzig 1861. S. 29 ff., und: Die Schule des Maurers. Leipzig 1869. S. 48.
220. The Architect and Building-Gazette 1851, und Zeitschrift f. Bauw. 1851. S. 310.
221. A. a. D.
222. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1856. S. 165.
223. S. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1857. S. 221.
224. Vergl. Nouveau portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer. Paris 1866. Texte pag. 230, u. pl. M. 6—7, u. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1857. S. 433.
225. Vergl. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Hannover. Hannover 1869. S. 215 ff.
226. Vergl. Notizblatt d. Allg. Bauztg. Wien 1855. Bd. III. S. 231.
227. Vergl. Institution of Mechanical Engineers, Proceedings. 29. Jan. 1863. S. 16 ff., Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1864. S. 585 ff. u. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Hannover. Hannover 1864. S. 272.
228. Vergl. Bericht über die XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure. Wien 1865. S. 22 ff.
229. Vergl. Deutsche Bauztg. Berlin 1868, S. 325, und Sitzungsberichte der XV. Vers. deutscher Architekten und Ingenieure. Hamburg 1869. S. 43.
230. Pfannmüller, Plan zur Erbauung einer stehenden Brücke über den Rhein mittels Anwendung einer neuen Methode der Pfeilergründung. Mainz 1850.
231. Vergl. Die Eisenbahnbauten bei Rehl. Karlsruhe 1859/60. Allg. Bauztg. Wien 1861. S. 102 ff., Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1860. S. 7 ff.
232. Vergl. Zeitschrift f. Bauw. Berlin 1865. S. 396 und 1866. S. 517 ff.
233. Vergl. Architekten-Verordnungsblatt. Berlin 1867. S. 151 ff.
234. Vergl. Bestek en voorwarden wegens het maken van de pijlers voor de brug van het Hollandsch Diep bij Moerdijk.

Anhang.

Die eisernen Brücken der Gegenwart.

235. Vergl. Deutsche Bauzeitung. Berlin 1869. Nr. 22. S. 263, und Nr. 33. S. 394, auch Illustrierte Zeitung. Leipzig 1869. Nr. 1367. S. 204 ff.
236. Dessen Leben und Werke f. an den angeführten Orten.
237. Vergl. Bestek en voorwarden wegens het vervaardigen van den metalen hovenbouw der brug over de Lek bij Kuilenburg.
238. S. die Ueberdruckzeichnungen der Brücke über den Rhein bei Hamm. Diese sowie die technischen Notizen verdankt der Verfasser einer, durch Hrn. Bau- u. Betriebsinspektor Heyl vermittelten, Mittheilung des Hrn. Bauinspektor Fichier.
239. Vergl. Geschäftsbericht der Cöln-Mindener-Eisenbahngesellschaft v. 1869. S. 48 ff., und Bericht über die XV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure in Hamburg v. 1.—4. Sept. 1868. S. 64 ff.
240. Vergl. Deutsche Bauzeitung 1869. S. 468 ff.
241. S. a. a. D. S. 408 ff., u. Ritter, Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- u. Brücken-Konstruktionen. Hannover 1870. S. 345 ff.
242. John. A. Röbling, Long and short span railway bridges. New-York 1869.
243. Vergl. Engineer. 1869. Dezemberheft u. Deutsche Bauzeitung 1870. Nr. 3. S. 23.
244. Vergl. William Humber. A record of the progress of modern engineering. 1866. London 1868. pag. 45 und Taf. 23 u. 24.

Druckfehler.

- Seite 38, Zeile 20 v. u. lies halb- und viertelcylinderrörmige.
" 46, " 4 v. o. muß ist ausfallen.
" 46, " 15 v. u. lies Nobel statt Hebel.
" 70, " 3 v. o. muß mit ausfallen.
" 70, " 5 v. o. muß man ausfallen.
" 70, bei Formel (31) lies und statt um.
" 83, Zeile 10, 11 und 12 v. o. lies: Ablösung des Anstrichs und damit eine ungehinderte Einwirkung jener schädlichen Agentien.
" 85, " 2 und 3 v. o. sind die Worte Wassers und Holzes zu vertauschen.
" 87, " 1 v. o. lies Abscheerungsfestigkeit.
" 101, " 6 v. o. lies Pfeilhöhe diente statt Pfeilhöhe.
" 186, Fig. 289 ist umzukehren.
" 199, Zeile 1 v. u. lies Fig. 329.
" 311, " 6 v. u. lies Details der Brücke u. s. w.
" 391, " 7 v. u. lies Fig. 964 bis 970.
" 399, " 10 v. u. lies 37,4 Mtr.
" 400, Bei Fig. 986 lies Höchster Wasserstand.
" 421, Zeile 8 v. u. lies Mangel statt Mongel.
" 335, " 6 v. o. lies verbracht wurden.
" 436, " 14 v. u. lies Westervoort statt Westervoort.
" 438, " 14 v. u. lies Tiefe von statt Tiefvon.
" 439, Fig. 1079 u. 1080 ist oben 0,035 statt 0,0 und unten 0,457 statt 0, zu lesen.
" 456, Zeile 12 v. u. lies dieser, in Fig. 1101 und 1102 dargestellte, Bagger.
" 474, " 16 v. u. lies 1129 bis 1131.
-

Eisenbahnbrücke über die Garonne zu Langon 242. — Französische Vicinalwegbrücken 245. — Eisenbahnbrücke über die Yssel bei Westervoort 245. — Französische Eisenbahnbrücke 246. — Eisenbahnbrücke zwischen Haarlem und Leyden 247. — Brücke über die Orne zu Caën und Figny 247. — Brücke über die Schelde bei Dudenarde 248. — Brücke über den Lek bei Kuilenburg 251.

4. Die schmiedeeisernen Balkenbrücken Deutschlands, Oesterreichs u. der Schweiz 251

Brücke über die Leine bei Göttingen 252. — Durchlässe der Rheintischen Eisenbahn 253. — Durchlässe der Oesterreichischen Orientbahn 253. — Viadukte der Hessischen Ludwigsbahn bei Oberingelheim und auf der Bingerer Bleiche 255. — Brücken der Hessischen Ludwigsbahn über den Eichenbach und den Flutgraben bei Gaualgesheim 257. — Brücke über die Murg in Raftatt 259. — Schienenbrücken über die Gerinne am Mühelndamm in Berlin 260. — Viadukt in der Thüringischen Eisenbahn 262. — Durchlaß der Kreuz-Güstrin-Frankfurter Bahn 263. — Durchlaß der Lombardisch-Venetianischen Bahn 263. — Schienendurchlässe der Hessischen Ludwigsbahn bei Niederlingelheim 264. — Durchlässe der Hannoverischen Eisenbahn mit Fischbauchträgern 265. — Gitterbrücke über die Reize bei Guben 267. — Ältere Gitterbrücken auf preussischen Eisenbahnen 268. — Gitterbrücke über die Ruhr bei Altstaden 269. — Gitterbrücke über die Saale bei Grizehna 270. — Gitterbrücke über die Kinzig bei Offenburg 270. — Gitterbrücke über die Weichsel bei Dirschau 278. — Gitterbrücke über die Regat bei Marienburg 276. — Straßenbrücke über die Dos in Baden-Baden 276. — Gitterbrücke über den Rhein bei Köln 277. — Brücke über den Rhein zwischen Kehl und Straßburg 281. — Brücke über die Sitter bei St. Gallen 281. — Brücke über die Aar bei Bern 281. — Brücke über die Saane bei Freiburg 281. — Brücke über die Gipel und Gran in Oberungarn 285. — Brücke über den Flakensee bei Grfner 288. — Eisenbahnbrücke über die Mosel bei Koblenz 288. — Eisenbahnbrücke über die Nahe bei Bingen 288. — Eisenbahnbrücke über den Neckar bei Heilbronn 292. — Brücke über den Junna bei Allahabad 293. — Brücke über den Alten Rhein bei Griethausen 294. — Brücke über den Rhein zwischen Ludwigshafen und Mannheim 297. — Eisenbahnfachwerkbrücke über den Donaufanal bei Wien 299. — Eisenbahnbrücke über die Lahn bei Oberlahnstein 302. — Fußgängerbrücke zu Verneburg 305. — Fahrbrücke im königlichen Garten zu Monbrillant 305. — Brücke über die Ocker bei Meinersen 305. — Hafensbrücke im Werder in Bremen 305. — Brücke über die Isar bei Großheselehe 308. — Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz 313. — Entwurf einer Brücke über den Bosphorus 315. — Brücke über die Prage bei Czerek 315. — Brücke über die Weser bei Corvey 317. — Brücke über die Elbe bei Hämerten 319. — Flutbrücke über die Oder bei Stettin 321. — Kurze und lange Straßenbrücke über die Oder in Breslau 323. — Eisenbahnbrücke über die Oder in Breslau 323.

5. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeeisernen Balkenbrücken 324

III. Die schmiedeeisernen Stützbrücken 326

1. Allgemeines 326

2. Die schmiedeeisernen Bogenbrücken Frankreichs 327

Brücke über den Crou bei St. Denis 326. — Stadthausbrücke in Paris 328. — Eisenbahnbrücke über den Kanal St. Denis 331. — Brücke über den Kanal St. Denis bei Billette 333.

3. Die schmiedeeisernen Bogenbrücken der Schweiz 333

Brücke über die Aar bei Olten 334.

| | |
|--|-------|
| | Seite |
| 4. Die schmiedeeisernen Bogenbrücken Deutschlands und Oesterreichs. | 335 |
| Brücke über die Theiß bei Szegedin 335. — Ueberbrückungen der Frankgasse und des Lupusplatzes in Köln 338. — Eisenbahnbrücke über die Rinzig bei Gelnhausen 338. — Straßenbrücke über die Lahn in Gms 338. — Brücke über den Rhein bei Konstanz 338. — Schluchtbrücke bei Waldshut 338. — Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Koblenz 343. — Eisenbahnbrücke über die Ruhr bei Mülheim 347. — Brücke über die Drau in Marburg 347. — Unterspreibrücke bei Berlin 349. | |
| 5. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeeisernen Bogenträger. | 354 |

Zweiter Abschnitt.

| | |
|--|-----|
| Die Pfeiler der eisernen Brücken | 355 |
|--|-----|

Erstes Kapitel.

| | |
|---|-----|
| Die gußeisernen Brückenpfeiler | 356 |
| I. Die gußeisernen Säulenpfeiler. | 356 |
| Kavalierbrücke in Berlin 356. — Viadukt bei Batignolles 356. — Brücke der Morris- und Esserbahn bei Newark 359. — Brücke über den Elisabethfluß bei Norfolk 360. — Trarunviadukt in der Ohio-Bahn 360. — Brücke über den Tamar bei Saltash 363. — Eisenbahnbrücke über die Themse bei Blackfriars in London 365. — Drahthängebrücke über die Seine in Conflans St. Honorine 367. | |
| II. Die gußeisernen Röhrenpfeiler. | 368 |
| Viadukt bei Chester auf der Insel Anglesea 368. — Brücke über den Medway bei Rochester 368. — Brücke über die Themse bei Windsor 368. — Brücke über den Wye bei Chepstow 370. — Brücke über den Nil bei Benha 370. — Landungsterrasse von Gravesend bei London 372. — Brücke über den Great-Bee-Dee 372. — Brücke über die Theiß bei Szegedin 373. — Brücke über den Allier bei St. Germain-des-Fossés 375. — Brücke über den Allier und Cher zwischen Moulins und Montluçon 378. — Brücke über den Niemen bei Kowno 379. — Brücke über die Seine bei Argenteuil 382. | |
| III. Die gegliederten gußeisernen Brückenpfeiler. | 384 |
| Brücke über die Dordogne bei Cubzac 384. — Brücke über die Maas bei Seraing 386. — Brücke über die Ruhr bei Mülheim 387. — Brücke über die Sitter bei St. Gallen 391. — Brücke über die Glatt bei Glawyl und über die Thur bei Wyl 391. | |

Zweites Kapitel.

| | |
|--|-----|
| Die Brückenstützen aus eisernen Schraubenpfählen | 393 |
| Hafendamm an der Küste von Weyford 395. — Hafendamm bei Glenelg im Golf St. Vincent 396. — Landungsbrücke im Hafen von Makassar 397. | |

Drittes Kapitel.

| | |
|---|-----|
| Die gemischteisernen Brückenpfeiler. | 399 |
| Viadukt über den Geneseefluß bei Portage 399. — Eisenbahnbrücke über den Msta 399. — Crumlin-Viadukt bei Newport 401. — Viadukt über die Saane bei Freiburg 404. — Viadukt über das Grusetthal 408. — Viadukt über den Ceresfluß 408. | |

Viertes Kapitel.

| | |
|---|--------------|
| Die schmiedeisernen Brückenpfeiler | Seite 409 |
| Brücke über den Rhein bei Mainz 409. — Eiserner Steg über den Main bei Frankfurt 409. | |

Dritter Abschnitt.

| | |
|---|-----|
| Die Fundamente der eisernen Brücken | 419 |
| Uebersicht über die Fundirungsmethoden eiserner Brücken | 419 |

Erstes Kapitel.

| | |
|--|-----|
| Die Fundamente mit eisernen Umschließungen | 423 |
| I. Die gußeisernen Umschließungen. | 423 |
| Brücke über den Aven bei Tonnesbourg 423. — New-Batterssea-Brücke 423. — Chelsea-Kettenbrücke über die Themse bei London 424. — Westminsterbrücke über die Themse in London 424. | |
| II. Die schmiedeisernen Umschließungen | 427 |
| Brücke über die Marne zu Nogent 427. — Brücke über die große Weser in Bremen 428. | |

Zweites Kapitel.

| | |
|--|-----|
| Die Fundamente mit versenkten und ausgefüllten eisernen Röhren | 436 |
| I. Ohne Anwendung von Luftdruck versenkte eiserne Röhren | 436 |
| Brücke über die Themse bei Windsor 436. — Brücke über die Yffel bei Westervoort 436. — Brücke über den Nil bei Benha 436. — Brücke über die Sarthe bei Neuville 436. — Landungsterrasse von Gravesend bei London 438. | |
| II. Mittels verdünnter Luft versenkte eiserne Röhren | 441 |
| Viadukt bei Glaston auf der Insel Anglesea 441. — Brücke über den Medway bei Rochester 441. — Brücke über den Great-Pee-Dee in Nordamerika 442. | |
| III. Mittels verdichteter Luft versenkte Röhren | 443 |
| Brücke über den Medway bei Rochester 443. — Brücke über den Rhe bei Chipstow 444. — Brücke über die Sarthe von Neuville 445. — Brücke über die Theiß bei Szegedin 445. — Brücke über den Mlic bei St. Germain des Josses 447. — Brücke über den Tamar bei Saltash 447. — Brücke über den Niemen bei Kowno 448. — Brücke über die Seine bei Argenteuil 452. | |

Drittes Kapitel.

| | |
|---|-----|
| Die Fundamente aus versenktem Mauerwerk | 454 |
| I. Ohne Anwendung von Luftdruck versenkte Steinfundamente | 454 |
| Brücke über den Jumna bei Allahabad 454. — Arbeitschacht für den Themsetunnel zu London 457. — Wasserbrunnen zu Burton am Trent 458. — Eisenbahnbrücke über die Parniz in Stettin 458. — Kaimauer am Sandthorhafen in Hamburg 458. | |
| II. Mit Anwendung von verdichteter Luft versenkte Steinfundamente | 460 |
| Kohlenschacht an der Charente zwischen Rochefort und Ingrande 460. — Brücke über den Medway zu Rochester 460. — Brücke über den Tamar bei Saltash 461. — Projektirte Brücke über den Rhein bei Mainz 462. — Projektirte Brücke über den Rhein bei Mannheim 464. — Brücke über den | |

Rhein zwischen Kehl und Straßburg 464. — Brücke über den Pregel bei Königsberg 469. — Viadukt von Argenteuil 472. — Brücke über die Theiß bei Szegedin 472. — Brücke über den Niemen bei Romno 472. — Brücke über die Parniß bei Stettin 472. — Brücke über das Hollandsch-Diep bei Moerdijk 476.

Historische Ergebnisse für die Anwendung und Anordnung der Fundamente aus oder mit Anwendung von Eisen 477

Anhang.

Die eisernen Brücken der Gegenwart 481

Drahtseilhängebrücke über den East-River zwischen New-York und Brooklyn 481. — Charnierhängebrücke über den Main bei Frankfurt 481. — Karlsbrücke mit Stabketten über die Donau in Wien 482. — Balkenbrücke über den Lek bei Auilenburg 483. — Balkenbrücke über den Rhein bei Hamm 483 u. 489. — Balkenbrücke über die Elbe bei Hamburg 485 u. 490. — Balkenbrücke aus Puddelstahl über die Göthaelf 492. — Bogenbrücke über den Mississippi bei St. Louis 493. — Bogenbrücke aus breitbasigen Schienen 498. — Hängfachwerkbrücke 499. — Projektirte Brücke über den Mississippi bei St. Louis 499. — Eisenbahnbrücke über den Goraiestluß in Ostindien 500.

Historische Gesammtergebnisse für die Anordnung der Brückenkonstruktionen der Gegenwart und der nächsten Zukunft 502

Verlag von **Otto Spamer** in Leipzig.

Zeichenschule für Damen.

Das Zeichnen und der Zeichenunterricht.

Theoretisch und praktisch entwickelt
mit besonderer Berücksichtigung der Perspektive sowie
des Figurenzeichnens auf Grund der Anatomie, Verhältnislehre,
Physiognomik, Komposition u. s. w.

Methodische Anleitung zum Zeichenunterricht im Allgemeinen,
vornehmlich zum Gebrauch in Töchterschulen,
in Bildungsanstalten für Lehrer und Lehrerinnen, sowie zur weiteren Ausbildung
beim Selbstunterricht.

Von

Malers **Carl Ehrenberg** in Rom.

Inhalt:

Einführende Betrachtungen. Ueber das Kopiren
und über den Werth oder Unwerth der Vorlagen. —
Elementar-Unterricht. Geometrische Erklärungen. —
Allgemeine Grundgesetze der Linearperspektive. An-
wendung der allgemeinen Grundgesetze auf die „An-
sichten“ der Linearperspektive. — Kreise und schräg-
stehende Linien. Spiegelperspektive. Schattenperspek-
tive. Luftperspektive. — Wahl der Gegenstände und

Technik des Zeichnens. Technik des Schattirens. —
Anatomische Grundlage der Formen. — Verhältnisse.
Einteilung der Formen nach Flächen. — Wichtigkeit
und Bedeutung der Hand. Physiognomik des Kopfes.
Porträtzeichnungen. — Einige Bemerkungen über
das Landschaftszeichnen und über das Maßgebende für
die Beurtheilung von Kunstwerken.

Mit 16 Tafeln und 250 Text-Abbildungen, sowie einem Titel- und einem Tonbilde.

Geh. 1 $\frac{2}{3}$ Thlr. = 3 Fl. rhein.; eleg. geb. 2 Thlr. = 3 Fl. 36 Kr. rhein.

Die nächste Veranlassung zur Entstehung dieses Buches gab die Beobachtung und Erfahrung, daß die unerläßliche Kenntniß der Perspektive beim Zeichenunterricht (vornehmlich in Mädchen-Instituten) so sehr bei Seite gesetzt wird, daß an ein „bildendes“ Zeichnen nicht gedacht werden kann.

Der perspektivische Theil dieses Buches unterscheidet sich von andern populären Abhandlungen dadurch, daß der Autor die Perspektive weniger durch mathematisch-optische Beweise, als vielmehr durch die Natur selbst zu erklären sich bestrebt. Als Hauptziel des Buches wurde festgehalten: Bildung des Formen- und Schönheitsfinnes durch Erziehung des Auges zum richtigen Sehen, und zu erreichen, daß eine zum Bewußtsein gekommene Freude an Natur und Kunstwerken sowie an allem Schönen überhaupt empfunden werde.

Im Anschluß hieran erschien:

Mappe zu C. Ehrenberg:

Das Zeichnen und der Zeichenunterricht.

Enthaltend 20 von dem Autor selbst lithographirte Vorlegeblätter zur Veranschaulichung.

Preis: 1 $\frac{2}{3}$ Thlr. = 3 Fl. rhein.

Für die Mappe sind vorzugsweise solche Gegenstände als Vorlagen berücksichtigt worden, welche bis jetzt meist unzureichend vertreten waren; dieselben sind so einfach wie möglich gehalten, um die Nachahmung nicht unnöthig zu erschweren.

Dr. L. Bergmann's
Schule des Zeichners.

Für Lehrer und Lernende.

Praktischer Leitfaden beim Selbstunterricht,

insbesondere für Gewerbtreibende, sowie für Lehrer an Bürgerschulen, Musterzeichner, Modelleure, Lithographen, Xylographen &c. herausgegeben

von

Dr. Oskar Mothes.

Mit mehr als 300 Textabbildungen, 6 Coudruckbildern und einem Titelbilde zur Veranschaulichung.

Vierte vielfach verbesserte Auflage.

Preis: Geh. 1 1/3 Thlr. = 2 Fl. 24 Kr. rh. — Eleg. geb. 1 2/3 Thlr. = 3 Fl. rhein.

Inhalt:

Contourzeichnen. Einleitung. Die nöthigsten mathematischen Begriffe. Die Zeichenmaterialien. Vorübungen des Auges und der Hand. Zeichnen von geraden und krummen Linien und von Winkeln. Geradlinige Figuren. Aus geraden und krummen Linien gemischte Figuren. Krummlinige Figuren aller Art.

Ausgeführte Zeichnungen in Kopie. Lehre vom Licht und Schatten. Manieren des Schattirens. Einfache

Körper. Gebäude, Architektur, Schiffe. Zeichnen von Blättern, Früchten, Blumen und Ornamenten. Landschaftszeichnen. Thierzeichnen. Figurenzeichnen.

Zeichnen nach der Natur. Von der Perspektive. Zeichnen einfacher Körper nach der Natur. Geräte, Gebäude, Schiffe. Blätter, Früchte, Blumen, Ornamente. Landschaftszeichnen. Thierzeichnen. Zeichnen menschlicher Gestalten nach der Natur.

Im Anschluß hieran erschien :

Mappe des Zeichners.

Für Lehrer sowie für Lernende.

500

Abbildungen auf 82 Tafeln als Vorlegeblätter sowie zur Veranschaulichung.

Zum Selbstunterricht für Gewerbtreibende,

ausübende Künstler, sowie für Alle, welche zeichnen lernen wollen, insbesondere für Gewerbe- und Sonntagschulen.

Preis: 1 1/3 Thlr. = 2 Fl. 24 Kr. rhein.

Ein Fachmann spricht sich darüber folgendermaßen aus: „Unter Berücksichtigung aller älteren und neueren Lehrmethoden, von denen nach sorgfältiger Prüfung nur das als zweckmäßig Bewährte beibehalten worden ist, entwickelt die „Schule des Zeichners“ ein vollständiges System, das bei strenger Befolgung nothwendig zu den günstigsten Resultaten führen muß. Ein Schatz der besten Vorlagen aus allen Zweigen der Zeichenkunst, zum Theil in den Text gedruckt, unterstützt den theoretischen Theil und vermittelt den Uebergang zum Zeichnen nach Körpern sowie nach der Natur. So ist das Werk nicht nur zum Selbstunterricht in einer Weise geeignet, wie nicht leicht ein anderes, sondern es bietet auch jedem Zeichenlehrer, der eine systematische und auf wirkliche Erfolge zielende Ausbildung seiner Schüler im Auge hat, einen überaus zweckmäßigen, seine Aufgabe erleichternden Leitfaden.“ In ähnlicher Weise äußerten sich die Mainzer Ztg. 1864 Nr. 297, der Fränk. Courier 1865 Nr. 3, die Münch. N. Nachr. 1864 Nr. 355, die Bäd. Ldsztg. 1864 Nr. 202, die Prager Ztg. 1864 Nr. 304, die Bresl. Ztg. 1865 Nr. 29, die Magdeb. Ztg. 1864 Nr. 299, die Aachener Ztg. 1864 Nr. 358.

Die „Mappe des Zeichners“, in allen ihren Vorlagen korrekt und elegant, setzt dem Buche die Krone auf, ohne dasselbe übermäßig zu vertheuern.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

I
L. inw. 25167

Kdn. 524, 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296951