

III

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300764

Schwarz
Brückenbau, Construction



VII 517

Berlin 1861

x
1297

III 18010



III. Abschnitt.

Brückenbau.

Steinerne Brücken.

Diese haben Tonnengewölbe, welche sich auf und gegen die Pfeiler stützen, und auf ihrem Rücken mittelst gehöriger Uebermauerung und Ueberfüllung die Brückenbahn tragen.

Die allgemeinen Verhältnisse, nebst den Spannweiten der steinernen Brücken (ebenso der andern Brücken), hängen hauptsächlich von der Localität ab, die Brückenbreite von der Frequenz, die Stärken der Theile von statischen Forderungen; darüber wird hier überall nichts weiter mitgetheilt.

Tafel 1.

- Fig. 1, scheidrechte Brückengewölbe sind selten, und nur für geringe Weiten angemessen; kleine Durchlässe werden anstatt der Gewölbe mit Steinplatten überdeckt.
- Fig. 2; bei genügender Höhe ist der Halbkreis die beste Wölblinie, von einfacher Form und Ausföhrung, mit geringer Gewölbspännung. Aber bei den gewöhnlichen Flußbrücken ist die betreffende Höhe nicht vorhanden, und muß man flachere Wölbungen, mit geringerer Pfeilhöhe nehmen, nämlich, entweder
- Fig. 3, den Stichbogen (Kreissegment, mit einem Mittelpunkt), oder
- Fig. 4, den Korbbogen (ähnlich der flachen Halb-Ellipse), aus Kreisstücken mit 3 oder mehreren Mittelpunkten zusammengesetzt; und ist hinsichtlich Form und Spannung (Gewölbschub) angemessen, dem Korbbogen die Pfeilhöhe von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Spannweite zu geben, dem Stichbogen die von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ der Weiten. Der Stichbogen ist wegen seiner gröfseren Spannung am geeignetsten für weniger beträchtliche Weiten, somit am häufigsten bei allen steinernen Brücken, die Kämpferhöhe in den Hochwasserstand gelegt. Der Korbbogen, wegen verhältnißmäfsig geringerer Spannung zu beträchtlichen Weiten geeignet, kann in das Wasser hinabreichen, so zwar, daß zwischen Scheitel und Hochwasserspiegel noch 3 bis 6 Fuß Zwischenraum bleibt.
- Fig. 5. Bei grofser Höhe der Oeffnung kann der Spitzbogen noch angemessener werden als der Halbkreis.
- Fig. 6. Die Gewölbe werden in keilförmigen Wölb-schichten ausgeföhrt, welche normal auf der Wölblinie stehen und parallel den Widerlagern (Kämpfern) durchlaufen, mit Verband der Stofsugen. Oefters werden in

den Stirnflächen (Hauptern) die Kanten des Gewölbes abgeschrägt zum besseren Wasserdurchfluß und um Abbrechen durch Eis etc. zu verhüten.

- Fig. 7. Auch zieht man, das Gewölbe im Scheitel tangential, eine flachere Curve, wonach die Abschrägung bewirkt wird (Kuhhorn).
- Fig. 8. Solcherweise wird ein Korbgewölbe öfters in der Stirn mit Kreissegmenten verbunden.
- Fig. 9, gewöhnliche Construction des Korb Bogens mit 3 Mittelpunkten; man zeichnet zur halben Weite nebst Pfeilhöhe das Rechteck, zieht darin die Diagonale und halbirt die über derselben liegenden beiden Winkel; aus dem Durchschnittspunkt *B* der Halbirlungslinien zieht man eine auf der Diagonale normale Linie, welche, verlängert, auf der Grund- und der Scheitellinie die Mittelpunkte des Korb Bogens abschneidet.
- Fig. 10. Wenn der kleine Halbmesser $r = AB$ oder der erste Mittelpunkt *B* gegeben, mache man $GD = AB$, und errichte auf der Mitte von *BD* eine Normale, um damit auf der Scheitellinie den mittleren Mittelpunkt abzuschneiden.
- Fig. 11 wird entsprechend verfahren, wenn der grofse Halbmesser *R* gegeben.
- Fig. 12. Wenn das Verhältniß der beiden Halbmesser möglichst nahe der Einheit gebracht werden soll, so hat man, nach entsprechender Rechnung, die Pfeilhöhe auf die Grundlinie herabzuschlagen, deren vorderes Stück oben auf die Diagonale zu tragen = *BC*, und auf *AC* in deren Mittelpunkt *D* eine Normale zu errichten, welche auf der Grund- und Scheitellinie die Mittelpunkte des Korb Bogens angiebt. Diese Construction giebt aber dasselbe Resultat wie Fig. 9.
- Fig. 13. Um einen Korbbogen aus 5 Mittelpunkten zu beschreiben, ist folgendes Verfahren gut: mache $BC = AB$, $BE = \frac{2}{3}CD$, dann $BF = FG = BE$, und $EH = \frac{1}{3}BE$, wonach *HJG* zu ziehen; so sind *E*, *J* und *G* die Mittelpunkte des Korb Bogens.
- Fig. 14. Wenn zu einem Korbbogen aus 5 Mittelpunkten der kleinste und der gröfste Halbmesser gegeben, also auch die Mittelpunkte *A* und *B*, so ist am besten, der mittlere Halbmesser gleich der mittleren geometrischen Proportionale jener zu machen; diese ist dann gleich *EC* und *FD* aufzutragen, aus *A* ein Bogen durch *C*, und aus *B* ein Bogen durch *D* zu schla-

gen, die sich in dem betreffenden Mittelpunkt G des Korbbogens schneiden.

- Fig. 15. Construction des Korbbogens der Brücke zu Neuilly, aus 11 Mittelpunkten. AB zunächst beliebig nach dem Schlufs zu berichtigen, resp. zu berechnen; $CD = 3AC$; CD in 5 gleiche Theile getheilt, AC in 5 Theile, die in der Gröfse nach 1 bis 5 zunehmen, und die beiderseitigen Theilpunkte verbunden, geben mit ihren Durchschnitten die Mittelpunkte des Korbbogens, und wie sonst die Evolute desselben.

Es folgen einige Beispiele ausgeführter steinerner Brücken, behufs vergleichender Kenntniß der verschiedenen Verhältnisse des Brückenbauwerks und seiner Theile.

- Fig. 16. Restauration einer Brücke über die Adda bei Trezzo in der Lombardey; diese Brücke, im 14ten Jahrhundert zerstört, hatte von allen steinernen Brücken die grösste Spannweite. Nach den vorhandenen Resten, wonach die gezeichnete Restauration in Steveson's Brückenbau, ergeben sich: 250 engl. Fufs Spannweite, 88 Fufs Pfeilhöhe, das Gewölbe 4 Fufs stark von Granit, bis auf den Felsgrund geführt.
- Fig. 17. Perronet's Project zu einer Brücke über die Seine bei Melun, würde ausgeführt die kühnste steinerne Brücke dargestellt haben. Spannweite 150 paris. Fufs, Segment mit 14 Fufs Pfeilhöhe, 200 Fufs Halbmesser, zum Kuhhorn-Bogen von 300 Fufs Halbmesser im Scheitel tangential; Gewölbstärke 5 Fufs, Brückenbreite 39 Fufs, die Brückenbahn bis zur Mitte mit $\frac{1}{6}$ ansteigend; Widerlager einschließl. kleiner Durchgangsöffnung 84 Fufs stark.

Tafel 2.

- Fig. 18. Grosvenorbrücke zu Chester über den Dee, hat jetzt die grösste Spannweite, 200 engl. Fufs; Kreissegment wie Fig. 16, jedoch flacher und auf niedrigem Pfeiler, mit 42 Fufs Pfeilhöhe, 140 Fufs Halbmesser; Stärke des Schlufssteins 4 Fufs, Brückenbreite 36 Fufs, Widerlager 75 Fufs, zum Theil hohl, mit schrägen Lagerflächen; hohle Uebermauerung des Gewölbes.
- Fig. 19. Brücke zu Turin über die Dora; Segmentbogen mit Kuhhorn (ähnlich Fig. 17), Spannweite 45 Meter, Pfeilhöhe $5\frac{1}{2}$ Meter, Gewölbstärke $1\frac{1}{2}$ Meter, Brückenbreite 13 Meter.
- Fig. 20. Brücke zu Neuilly über die Seine, die berühmteste von Perronet; diese hat 5 Oeffnungen von 120 pariser Fufs Weite, Korbbögen aus 11 Mittelpunkten, mit 30 Fufs Pfeilhöhe, und Kuhhörnern, welche durch Kreisbögen von 150 Fufs Halbmesser, im Scheitel tangential, beschrieben. Gewölbstärke 5 Fufs, Brückenbreite 45 Fufs, die Mittelpfeiler 13 Fufs stark, die Widerlager 52 Fufs einschließl. kleinem Durchgangsbogen.
- Fig. 21. Brücke zu Orleans über die Loire, interessant wegen der Bauschwierigkeiten; 9 Oeffnungen à 92 bis 100 paris. Fufs weit, Korbbögen aus 3 Mittelpunkten, 25 bis 28 Fufs hoch; Widerlager nur 22 Fufs stark, jedoch durch schräge Flügel verstärkt; früheste hohle Uebermauerung behufs Entlastung.
- Fig. 22. Brücke zu Pont St. Maixence über die Oise, mit geringster Pfeilerstärke; hat 3 Bögen à 72 paris. Fufs weit, Segment mit 6 Fufs Pfeil, Schlufssteine $4\frac{1}{2}$ Fufs dick. Jeder Pfeiler besteht aus 4 Rundsäulen à 9 Fufs Durchmesser, nebst 2 Verbindungsstücken, wonach die

mittlere Stärke des Pfeilers kaum $\frac{2}{3}$ eines vollen von 9 Fufs Breite ist.

Tafel 3.

- Fig. 23. Die Concordiabrücke zu Paris, mit geringer Gewölbstärke; 5 Bögen à 72 bis 88 paris. Fufs weit, Segment mit ca. 8 Fufs Pfeilhöhe, Gewölbstärke 4 Fufs. Die Pfeiler sind ähnlich den vorigen, jedoch mit stärkeren Verbindungsstücken.
- Fig. 24. Brücke zu Nemours über den Loing, mit 3 Bögen à 50 Fufs par. Maafs weit, $2\frac{1}{4}$ Fufs Pfeilhöhe, 3 Fufs Gewölbstärke; hat unter allen Brückengewölben die geringste Pfeilhöhe ($\frac{1}{5}$ d. Spannweite).
- Fig. 25. Brücke Sta. Trinita zu Florenz, erbaut von Ammonobi, 3 Oeffnungen à $87\frac{1}{2}$ bis 96 Fufs engl. Maafs weit, Korbbögen von $\frac{1}{6}$ Pfeil, 3 Fufs Gewölbstärke, die Pfeiler 26 Fufs breit.
- Fig. 26. Die neue Londonbrücke über die Themse, hat 5 Oeffnungen à 130 bis 152 Fufs engl. Maafs weit, mit elliptischen Bögen von $\frac{1}{4}$ Pfeil; mittlerer Schlufsstein 5 Fufs dick, Brückenbreite 55 Fufs. Hohle Uebermauerung, Widerlager mit geneigten Lagen auf schräg stehendem Pfahlroste.
- Fig. 27. Alte Brücke zu Dresden über die Elbe, mit grösster Pfeilerstärke; 18 Halbkreisbögen à durchschnittlich 50 Fufs weit, mit ca. 30 Fufs breiten Pfeilern.
- Fig. 28. Brücke zu Prag über die Moldau, 15 Halbkreisbögen à ca. 80 Fufs weit.
- Fig. 29. Brücke der preuss. Ostbahn über das Schwarzwasser, mit Halbkreisbögen von Ziegeln, der mittlere 66 Fufs rheinl. weit.
- Fig. 30. Brücke der Stargard-Posener Bahn zu Wronke über die Warthe, desgl. von Ziegeln; hat 4 große Oeffnungen à 74 Fufs rheinl. weit, mit Segmentbögen von 14 Fufs Pfeilhöhe, $4\frac{1}{2}$ Fufs Stärke.
- Fig. 31. Nydeckbrücke zu Bern über die Aare, mit einer grossen Oeffnung von 153 Fufs schweiz. Maafs Weite, Segmentbogen 61 Fufs hoch, mit hohler Uebermauerung.

Tafel 4.

- Fig. 32. Das grösste Halbkreisgewölbe hat der Victoria-Viaduct der Durham-Junction-Eisenbahn, über das Wearthal führend; über 150 Fufs hoch, mit 4 grossen Halbkreisbögen, wovon der grösste 160 Fufs engl. Maafs weit, mit $4\frac{1}{2}$ Fufs Gewölbstärke; die Mittelpfeiler 22 Fufs dick.
- Fig. 33. Das höchste aller Brückenbauwerke ist der Aquäduct des Theodorich bei Spoleto, ca. 130 Meter hoch, 260 Meter lang, mit 10 untern grossen und 30 obern kleinen Spitzbogen-Oeffnungen, die Pfeiler nicht ganz 4 Meter dick.
- Fig. 34. Der Aquäduct des Trajan bei Lissabon mit 32 Spitzbogen-Oeffnungen von ungefähr 30 Meter Weite, 70 Meter Höhe.
- Fig. 35. Der neue Aquäduct Roquefavour bei Marseille, 390 Meter lang, 81 Meter hoch (so hoch als der Göltsthal-Viaduct), in 3 Geschossen, die beiden untern mit 16 Meter weiten, das obere mit kleinen Halbkreis-Oeffnungen.
- Fig. 36. Der Aquäduct bei Montpellier, 980 Meter lang, 28 Meter hoch, mit $8\frac{1}{2}$ Meter weiten, darüber kleinen Halbkreis-Oeffnungen.
- Fig. 37. Göltsthal-Viaduct der sächsisch-bairischen Eisen-

bahn, 1013 Ellen sächs. Maafs lang, 137 Ellen hoch; in der Mitte 2 große Halbkreis-Oeffnungen über einander, im Uebrigen 4 Geschosse kleiner Oeffnungen.

Fig. 38. Geulthal-Viaduct der rheinischen Eisenbahn, 658 Fuß rheinl. Maafs lang, 120 Fuß hoch, mit 2 Geschossen gleicher Halbkreis-Oeffnungen.

Tafel 5.

Fig. 39. Project eines Viaducts mit größeren Oeffnungen über dem Flufs.

Fig. 40. Project einer bedeckten Brücke.

Fig. 41. Ponte Rialto zu Venedig; Segmentbogen ca. 30 Meter weit; die stark ansteigende Brückenbahn, ca. 14 Meter breit, ist durch 2 nach der Länge gehende Bogenstellungen in 3 Theile geschieden.

Fig. 42. Ponte Corvo bei Aquino über den Melzaflufs, mit 7 Halbkreis-Oeffnungen, bildet im Grundriß $\frac{1}{2}$ eines Kreises von 176 Meter Halbmesser.

Fig. 43. Brücke zu Ispahan mit 29 unteren Oeffnungen à ca. 16 Meter weit.

Fig. 44 u. 45, kleiner gewölbter Durchlaß, und mit Steinplatten überdeckter Durchlaß.

Tafel 6.

Fig. 46 u. 47. Die Pfeiler bestehen fast immer aus vollem soliden Mauerwerk; ihre Fundamentirung ist im I. Abschnitt beschrieben. Zuweilen versieht man sie mit Durchbrechungen, wo nicht der Angriff von Wasserströmung und Eisgang solches verbietet, so bei den Viaducten; s. auch Fig. 22 u. 23.

Fig. 48. Zum besseren Wasserdurchfluß werden die Pfeiler an beiden Enden mit den Pfeilerköpfen verbunden, als vor die Stirn vortretende Zuspitzung der Pfeilerdicke, wofür in der Figur die gebräuchlichsten Grundrißformen. Der Vorkopf dient auch gegen den Angriff des Eisgangs. Diese Pfeilerköpfe reichen bis über den höchsten Wasserstand, zuweilen bis zur Brückenbahn hinauf.

Fig. 49. In letztem Fall Abdeckung des Pfeilerkopfes.

Fig. 50. Pfeiler mit steinernem Eisbrecher aus Perronet's Project zu einer Brücke über die Newa zu St. Petersburg.

Fig. 51 bis 55. Verschiedentliche Ausbildung des Pfeilers in Verbindung mit den Gewölb-Anfängen und dem Hauptgesims; hiermit sind die obigen Beispiele zu vergleichen.

Fig. 56 u. 57. Kämpfergesims, Hauptgesims nebst Brüstung.

Fig. 58 u. 59. Quaderverbände des Pfeilerkopfes.

Fig. 60 bis 62. Die Widerlagspfeiler haben dem Gewölbschub zu widerstehen; gegen Drehen ist das statische Moment zu vergrößern durch Ausdehnung des Pfeilers, selbst mittelst hohler Räume, auch Strebepfeiler. Außerdem ist, namentlich bei flachen Wölbungen, das Verschieben in den oberen Lagerflächen zu verhüten; hierzu unterbricht man die horizontalen Schichten mit Ketten von aufrecht stehenden Steinen etc., oder bringt theilweis geneigte Lager an, setzt gleichsam den Gewölbschnitt bis zum Fuß des Widerlagers fort.

Fig. 63. Zum Anschluß an die Thalufer werden die Endpfeiler mit Flügeln verbunden, welche nur durch sonstige steile Uferbefestigung ersetzt werden; die vortre-

tende Ecke des Pfeilers ist gemäß Gewölbaufstand und Wasserdurchfluß auszubilden.

Fig. 64 bis 67. Die Flügel haben die Böschung des Flusses, ferner öfters die eines erhöhten Brückenzuganges gegen sich aufzunehmen, wonach sich ihre Ausdehnung bestimmt; sie werden entweder parallel (nach der Länge der Brücke), oder rechtwinklig, oder schräg, auch gekrümmt, angeordnet.

Weitere Ausbildung der Endpfeiler nebst Flügel s. in den obigen Beispielen.

Fig. 68. Ueberkragung zur Erweiterung des Brückenzuganges.

Fig. 69 bis 73. Wenn die Gewölbe nebst aufgesetzten Stirnmauern (s. oben) von Quadern herzustellen, so läßt man die Schichten der Stirnmauern nicht mit spitzen Kanten gegen das Gewölbe stoßen, auch vermeidet man Hakensteine des Gewölbes; man führt demnach bei flacher Wölbung öfters die Wölbsteine bis zum Hauptgesims hinauf, sonst aber vereinigt man die beiderseitigen Schichten in rechtwinkligen Absätzen.

Fig. 74 bis 76. Bei Ziegel-Construction stoßen die Horizontalschichten spitzwinklig (unabhängig) gegen das Gewölbe; die keilförmigen Schichten des Gewölbes werden wie sonstige Mauerschichten, mit Verband, und durch die ganze Gewölbstärke reichend, ausgeführt; zuweilen wird indefs das Gewölbe in mehreren Ringen über einander hergestellt. Auf schmalen Mittelpfeilern kann man einen Quader als Gewölb-Anfänger legen.

Tafel 7.

Fig. 77 bis 79. Um einen Weg in schiefer Richtung über einen Flufs zu führen, ist eine schiefe Brücke nöthig. Sie ist zuweilen durch eine rechtwinklige (gewöhnliche) Brücke zu ersetzen, falls die Richtung des Weges oder die des Flusses (so eines Baches, Fig. 77) entsprechend verändert werden kann. Zuweilen hat man, Fig. 78, den Weg zu einem kreisförmigen Plateau verbreitert, für eine verlängerte rechtwinklige Brücke passend. Zur Führung der eingelegigen Düsseldorf-Elberfelder Eisenbahn über die Wupper wurden kreisrunde Pfeiler bis über Hochwasser reichend erbaut und darauf nach Fig. 77 gewöhnliche Pfeiler für eine rechtwinklige Brücke hergestellt.

Fig. 80 bis 83. Frühere (mangelhafte) Constructionen der schiefen Brückengewölbe; entweder stellte man ein gewöhnliches, an den Stirnen schief abgeschnittenes Gewölbe dar, die Wölbschichten parallel dem Widerlager, Figur 80 (dies ist bei geringer Schiefe noch angemessen), setzte auch zum Halt vor die Stirn einen Gurtbogen; oder, die Wölbschichten normal gegen die Stirn führend, nahm man ein an den Widerlagern schief abgeschnittenes gewöhnliches Gewölbe von entsprechend größerer Spannweite, Fig. 81. Ferner bildete man ein Gurt- und Kappengewölbe, Fig. 82, oder man legte Gurtbögen parallel der Stirn dicht neben einander, Fig. 83.

Fig. 84 u. 85. Stellt man sich solche einzelne Gurtbögen vor, mit Unterflächen in der durchgehenden Wölbfläche liegend, und mit Seitenflächen rechtwinklig darauf nach Schraubenflächen geformt, so können diese Gurtbögen mit einander in Verband ausgeführt werden, mit durchgehenden Lagerflächen (wie in Fig. 84 punktiert), wogegen an Stelle der Seitenflächen abwechselnde Stofsugen treten. Dies führt zur richtigen

Construction der schiefen Gewölbe. Streng theoretisch ist nämlich jede Lagerfläche so auszuführen (was auch bei dem rechtwinkligen Gewölbe zutrifft), daß sie an der Stirn normal zur Wölbfläche beginnt, dann fortgehend in jedem mit der Stirn parallelen Querschnitt wiederum normal zu diesem Querschnitt und normal zur Wölbfläche wird. Solcherweise ist ein scheidrechtes Gewölbe wie Fig. 85 auszuführen. Aber bei den gekrümmten Gewölben erhält danach jede Wölbschicht veränderliche Breite; deshalb ist in der Praxis angemessen, anstatt jenes strengen Verfahrens ein so vermittelndes anzuwenden, daß die Wölbschichten durchweg gleiche Breite erhalten.

Fig. 86. Dies ist in den zusammengehörigen Figuren I bis V für ein im Querschnitt halbkreisförmiges Gewölbe angegeben: Man bildet die Abwickelungsfläche III der inneren Laibung (hier durch Niederlegen), begrenzt durch die 2 geraden Widerlager und die 2 geschwungenen Stirnlinien, zieht eine die Stirnlinie vermittelnde Gerade, nöthigenfalls $A'E'$ anstatt AE , und setzt hierauf normal die Lagerfugen, parallel und in gleichen Abständen mit einander. Sie sind von hier in die Figuren I, IV und V zu übertragen, nach den Durchschnitten der correspondirenden horizontalen Höhenlinien HH , mit den correspondirenden Breitenlinien BB .

Die Stofsugen sind in Fig. III normal gegen die Lagerfugen (parallel $A'E'$) zu ziehen, und entsprechend zu übertragen. Betreffend die obere Laibung, deren Theilung von der der unteren Laibung genau abhängig ist, so hat man diese besonders aufzutragen, die Theilung beginnend mit den Fugen zweier Durchschnitte, z. B. J, J .

Gemäß beider Laibungen ergeben sich die Fugen der Stirnflächen.

Fig. 87 stellt dazu die Lagerfugen in der oberen Laibung ausgezogen, die der unteren Laibung punktirt dar.

Fig. 88 bis 91. Fig. 88 Unteransicht eines Wölbsteins; sämtliche Steine sind einander congruent, mit Ausnahme der in den Stirnen, welche im Längenschnitt nach Fig. 89, resp. 90 erscheinen. Um die spitzen Kanten fortzuschaffen, führt man die Lagerfugen wohl wie Fig. 91 punktirt, gegen die Stirnen.

Fig. 92. Die Widerlager sind zum Aufstand des Gewölbes sägeförmig zu mauern etc.

Fig. 93. Schiefe Brücke im Ganzen.

Fig. 94 u. 95. Bei mehreren Oeffnungen mit Mittelpfeilern, sind letztere für den Wasserdurchfluß mit Pfeilerköpfen zu versehen; diese Köpfe entweder nach Fig. 94 halbkreisförmig anliegend, oder nach entsprechender Ellipse, Fig. 95, zu formen.

Tafel 8.

Fig. 96 bis 103. Die Wölbung wird auf dem zuvor hergestellten (später wieder fortzunehmenden) hölzernen Lehrgerüst ausgeführt, bestehend aus einzeln gestellten Lehrbögen und darauf gelegter durchgehender Verschalung.

Für Ziegelgewölbe nimmt man eine dichte Verschalung von 1- bis $1\frac{1}{2}$ zölligen Brettern oder Latten, wozu die Lehrbögen 3 bis 4 Fuß von einander zu stellen. Zuweilen, Fig. 99, legt man die Schaalbretter zwischen die Lehrbögen, um sie unter den suc-

cessiv versetzten Wölbschichten wieder fortzunehmen, diese von unten frei zu haben.

Für Quadergewölbe werden einzelne Schaalhölzer, 5 bis 6 Zoll stark, je eins unter die Mitte jeder Quaderschicht gelegt, dazu die Entfernung der Lehrbögen 5 bis 6 Fuß genommen. Unter, resp. auf den Schaalhölzern, werden noch Keile angebracht, zum Einrichten, die unteren Keile auch besonders zur späteren Ausrüstung und Entlastung dienend.

Fig. 104 bis 111. Die Lehrbögen, die unter einander mit Quer- und Kreuz-Verbindung zu versehen, werden bei geringer Größe aus Bohlen zusammengenagelt, sonst aus Bauhölzern zusammengesetzt, stets mit der entsprechenden oberen Rundung, wozu resp. Curvenstücke. Sie sind für kleinere Gewölbe freitragend (balken-, resp. hängwerksartig) zu construiren, mit beiden Enden aufzulegen, entweder auf vortretende Steine, die später abzarbeiten (wie Fig. 114 etc.), oder auf beiderseitige Stützenwände längs den Pfeilern; behufs des Ausrüstens legt man Keile unter.

Fig. 112. Zuweilen stellt man einen unteren festen Theil her, darauf einen oberen mit Keilen zum Ausrüsten (Senken und Entlasten).

Fig. 113 bis 115. Bei etwas größerer Weite wird öfters eine Mittelstütze hinzugefügt, auch darüber der Lehrbogen mit Fächerstreben versehen.

Fig. 116 bis 119. Zu beträchtlichen Gewölben construirt man entweder mehrfach gestützte Lehrbögen, oder gesprengte Lehrbögen.

Erstere, mit weniger oder mehr entfernten Stützen, darüber leicht freitragend, auch zusammenhängend oder mit Fächerstreben, nebst Keilen etc., haben den Nachtheil, daß das Gewicht und die Spannung des Gewölbes erst beim Ausrüsten, und zwar zu plötzlich übertragen werden.

Fig. 120 bis 123. Die gesprengten Lehrbögen stützen sich, entsprechend stark, gänzlich gegen die Pfeiler; indem Schwebesäulen, in hinreichend nahen Punkten die oberen Curvenstücke tragend, durch mehrfache Sprengwerke gestützt sind, etwa anstatt der vorigen verticalen Stützen.

Fig. 124 bis 126. Zum Ausrüsten können (außer den Keilen der Schaalhölzer) Keile unter die Curvenstücke gelegt werden; oder man bringt an den Schwebesäulen feste Riegel an, und zwischen diesen und den Curven Schrauben oder kleine Sandsäcke.

Tafel 9.

Fig. 127 bis 129. Perronet'sche Lehrbögen, die gesprengt und elastisch sind, indem die Sprengwerke durch Polygonalstreben gebildet werden. Sie sind für das Ausrüsten vorthellhaft, müssen aber beim Wölben durch obere veränderliche Belastung am Aufwärtsbiegen gehindert werden.

Fig. 130. Letzteres könnte auch durch die punktirten Zugketten erreicht werden.

Fig. 131. Kleiner Lehrbogen, der durch Ausschlagen der 2 unteren Keile elastisch wird.

Fig. 132. Zur Brücke von Melun war bei der geringen Höhe ein schwacher elastischer Lehrbogen projectirt, mit einer Mittelstütze nebst zwischengelegten Bleiplättchen; diese sollten beim Ausrüsten zunächst mit glühendem Eisen herausgeschmolzen werden.

Fig. 133 u. 134. Die Lehrbögen der 2 großen Londoner Brük-

ken ruheten auf unteren großen Kerbstücken, die behufs des Ausrüstens zurückgeschlagen wurden.

Fig. 135. Arbeitgerüst zum Aufstellen des Lehrgerüsts.

Fig. 136. Laufkrahnen-Vorrichtung zur Aufführung der steinernen Brücke.

Fig. 137. Gerüst zum Nacharbeiten der unteren Laibung.

Fig. 138. Hänggerüst zum Nacharbeiten der Stirnmauern.

Tafel 10.

Fig. 139. Auf dem vollendeten Gewölbe werden in beiden Häuptern die Stirnmauern aufgesetzt, welche in der Höhe der Brückenbahn mit dem Hauptgesims zu bedecken, worauf gewöhnlich noch eine Brüstung zu stellen ist (s. oben). Zwischen den Stirnmauern wird der Gewölbrücken übermauert, demnächst eine Ueberfüllung von Sand aufgebracht, worüber die Brückenbahn zu legen.

Die Uebermauerung wird nach geneigten Ebenen etc. abgeglichen, und mit wasserdichtem Estrich bedeckt, damit hierauf das durch die Ueberfüllung dringende Wasser abziehen kann.

Fig. 141 u. 142. Ueber Mittelpfeilern begegnen sich je 2 geneigte Ebenen in einer Querrinne, aus welcher ein Rohr durch das Gewölbe führt.

Fig. 140. Ueber hohen Wölbungen wird häufig, namentlich zur Verringerung des Gewichts, eine Uebermauerung mit hohlen Räumen hergestellt; solche entweder nach der Breite der Brücke gehend (so in der Figur über jedem Mittelpfeiler von kanal-großem Querschnitt), oder

Fig. 143 bis 146 nach der Länge der Brücke laufend, durch dünne Mäuern geschieden.

Fig. 147. Die Brückenbahn für überzuführende Strafsen hat einen gepflasterten oder chaussierten Fahrweg; selten fließt von diesem das Regenwasser ohne Weiteres über das Hauptgesims hinweg.

Fig. 148 (u. 145). Gewöhnlich wird an jeder Seite des Fahrwegs noch ein Fußweg (Trottoir) angebracht, zwischen beiden eine Längerrinne mit Längengefälle, und nöthigenfalls mit einzelnen Fallröhren.

Mäßige Gesamtbreite 24 Fufs rheinl. (s. auch die obigen Beispiele).

Fig. 149. Wenn der Fahrweg mit Steigung übergeführt (über die in der Mitte höhere Oeffnung), kann man den Fußweg nebst Brüstung horizontal legen, mit Treppen an den Enden.

Fig. 150. Eisenbahnen werden mit ihrer gewöhnlichen Bettung übergeführt.

Gewöhnliche Breite für 2 Geleise 24 Fufs rheinl.

Fig. 151. Wegedurchfahrt, so unter einer Eisenbahn.

Fig. 152. Zu einer Kanalbrücke wird auf die Gewölbe ein gehörig starker und wasserdicht gemauerter Wasserbehälter der entsprechenden Größe gesetzt (anstatt dessen öfters ein eiserner Behälter); auf die Seitenwände kommen die Ziehwege. Der Behälter wird im Innern mit wasserdichtem Ueberzug versehen, zuweilen mit Bohlenbekleidung gesichert.

Geringste Abmessungen:

lichte Weite = 2 Fufs + der Schiffsbreite,

Tiefe = 1 Fufs + dem Tiefgang der Schiffe,

Bordhöhe = 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fufs.

Breite des Ziehweges 4 bis 6 Fufs.

Fig. 153 bis 155. Ein Aquädukt ist ähnlich, mit kleinem Wasserbehälter von angemessener Größe. Selbiger wird

öfters noch mit Platten überdeckt. Oefters führt man das Wasser in Röhren über (Rohrleitung), welche in einem Behälter einzubetten.

Fig. 156. Zuweilen dient eine Brücke, zwei verschiedene Communicationen neben einander überzuführen, z. B. eine Strafsen und eine Eisenbahn.

Fig. 157. Oder es sind zwei Communicationen in verschiedener Höhe liegend, die entweder vertical über einander, oder neben einander auf verlängerten unteren Pfeilern überzuführen.

Hölzerne Brücken.

Für geringere Spannweiten sind Balkenbrücken herzustellen, indem man Balken, sogenannte Strafsbalken (einfache oder verstärkte), von Pfeiler zu Pfeiler freitragend, parallel und in nahen Abständen zu einander legt, und unmittelbar darauf die Brückenbahn anbringt.

Für größere Spannweiten ist zusammengesetztere Construction nöthig: es werden größere Tragrippen, von Pfeiler zu Pfeiler reichend, in weiteren Abständen von einander angeordnet, daran Querträger befestigt, und auf diese Strafsbalken nebst der Brückenbahn, wie vorher, gelegt, so daß gleichsam die Querträger an die Stelle von Pfeilern etc. treten.

Die Tragrippen sind entweder:

1) freitragend (wie Balken), als Hängewerk, Bogenhängewerk oder Gitterwerk (Fachwerk); oder

2) mit Seitenschub (ähnlich den Gewölben) als Sprengwerk oder Bogen.

Als Verbindung beider sind auch vereinigte Häng- und Sprengwerke dargestellt. Die Querträger werden in Abständen von 12 bis 15 Fufs angeordnet, in beliebiger Höhe der Tragrippen, gewöhnlich zu unterst oder zu oberst (s. Fig. 236 bis 239). Gegen die Horizontal-Angriffe (Wind etc.) sind die Tragrippen, aufer den Querträgern, noch mit Kreuz-Verband (Windstreben) zu sichern, ferner mit Seitenhaltung zu versehen. Wo die Rippen genügende Höhe über der Brückenbahn erreichen, bringt man obere Quer- und Kreuz-Verbindung an; zuweilen wird hier auch eine leichte Ueberdachung hinzugefügt.

Tafel 11.

Fig. 158 bis 162. Die Pfeiler aller Holzbrücken werden gewöhnlich von Stein, gleich den der steinernen Brücken hergestellt; auf sie werden Mauerlatten (5 bis 6 Zoll stark von Eichenholz) gelegt, um darauf die Brückenbalken einzukämmen. Auf den Endpfeilern, die nebst den Flügeln wiederum wie bei den steinernen Brücken, Stirnbohle oder kleine Mauer gegen die Hinterfüllung.

Untere Streben und Bögen gehen event. gegen die Pfeiler.

Fig. 163 bis 168. Oefters aber stellt man anstatt der Pfeiler, namentlich anstatt der Mittelpfeiler der Balkenbrücken, hölzerne Pfahljoche her; diese sind unsolider, dagegen billiger und leichter zu erbauen, beschränken auch den Wasserdurchfluß weniger.

Solches Brückenjoch besteht für einfache Fälle aus einer nach der Richtung des Stromstrichs gestellten

Pfahlreihe, oben mit Holm bedeckt, worauf die Brückenbalken einzukämmen. Die Pfähle 9 bis 12 Zoll stark, 3 bis 4 Fufs entfernt; der Holm, 10 bis 12 Zoll stark von Eichenholz, ist aufzupfen. Wenn die Pfähle nicht sehr niedrig, verbindet man sie, um weniger zu schwanken, mit horizontalen Querhölzern nebst Streben. Demnächst bekleidet man gewöhnlich beide Seiten der Joche mit Bohlen, die parallel der Streben oder, wo diese fehlen, horizontal laufen.

Gegen den Stofs der Eisschollen wird zuweilen vor dem Joch noch ein besonderer Pfahl angebracht (Figur 167), der event. zu erneuern, oder ein flachgeneigter Eisbalken auf Pfählen (Fig. 168); besser ist ein wirklicher isolirter Eisbrecher (s. Fig. 183 bis 185).

Fig. 169 bis 172. Um die Erneuerung der Joche bei ihrem Verfaulen zu erleichtern, werden sie zuweilen, und falls nicht zu grosse Wasserströmung ist, durch Wände gebildet, die in der Höhe des niedrigsten Wassers auf Grundpfähle gestellt werden; Befestigung auf Grundschwelle, wohl mit Eisenschienen; oder umfassende Gurtung, auch doppelt auf einander.

Fig. 173 bis 174. In tiefem Wasser und bei weiter Oberbau-Construction bildet man das Joch aus 2, selbst 3 Pfahlreihen, die wie vorher, ferner unter einander durch Querzangen zu verbinden.

Fig. 175 u. 176. Auf dem Lande Stützwände mit Fundament.

Fig. 177. Eiserne Säulen auf Grundpfählen.

Fig. 178. Aufgesetztes leichtes Joch.

Fig. 179. Für grosse Höhe hölzerner Pfeiler, auf unterem steinernen.

Fig. 180 bis 182. Hölzernes Endjoch mit schrägem Flügel; Sicherung gegen Unterspülen, häufig mittelst Spundwand.

Fig. 183 bis 185. Eisbrecher, die isolirt vor die Brückenjoche zu stellen. Ein solcher ist einfach eine Pfahlreihe, mit Gurtung, Streben und Bohlenbekleidung, worauf ein starker, flach geneigter Eisbalken befestigt, der bis über das höchste Wasser reicht. Zu gröfserer Stärke nimmt man 2 oder 3 Pfahlreihen, die oben zu einem Rücken (mit Bohlenbekleidung etc.) zu vereinigen.

Tafel 12.

Fig. 186 u. 187. Die Strafsbalken, für überzuführende Strafsen, werden $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ Fufs von Mitte zu Mitte weit gelegt; darauf kommt ein Belag von Querbohlen (3 bis 4 Zoll stark von Eichenholz), die festzunageln, und für den Fahrweg gewöhnlich noch ein zweiter (oberer) Belag, 2 bis 3 Zoll stark; gut ist, einige Zoll Quergefälle herzustellen. Breite wie bei den steinernen Brücken.

Fig. 188. Zuweilen legt man auf die Balken zunächst Querhölzer, darauf Längenbohlen. Diese Construction ist vortheilhafter für verstärkte Balken, ebenso für gröfsere Tragrippen, welche in gröfseren Abständen von einander anzuordnen.

Fig. 189. Um die Abnutzung zu verringern, legt man öfters Eisenschienen für den Lauf der Wagenräder (Rinnenschienen von Gufseisen).

Fig. 190 u. 191. Oder man bedeckt die Brücke mit Steinpflaster oder Chaussirung; hierzu hat man zuvor auf dem Bohlenbelag Pflasterschwelle festzubolzen, dazwischen einen Thonschlag aufzubringen. In ähnlicher Weise ist zuweilen ein Pflaster von Holzklötzen angefertigt. Um die Strafsbalken gegen die hindurch-

dringende Feuchtigkeit zu schützen, legt man auf sie Deckbohlen (b), auch mit Zwischenklötzen (c) behufs des Austrocknens.

Fig. 191 bis 195. Geländer zu beiden Seiten der Brückenbahn werden von Holz (selten von Eisen) hergestellt, in einzelnen Ständern mit Holm und Zwischenriegeln. Die Ständer sind in dem äufseren Balken mit Zapfen und Blatt zu befestigen, dann mit den Belagsbohlen zu umfassen; ähnlich auf Pflaster-Schwelle zu befestigen; sonst mit innerer, besser äufserer Stütze zu halten.

Fig. 196 u. 197. Neben dem Fahrweg bleibt zu beiden Seiten ein kleiner Fufsweg, über welchen nach dem Vorigen das Regenwasser hinweg fließt. Vollkommener ist es, erhöhte Trottoirs anzubringen (wie bei den steinernen Brücken angegeben), zwischen Trottoir und Fufsweg eine Rinne mit Längengefälle. Das Trottoir wird wohl auf den Pfeilern übergekragt.

Fig. 198. Eine überzuführende Eisenbahn wird selten einfach mit ihren Schwellen auf den Brückenbelag gelegt.

Fig. 199. Gewöhnlich wird jedes Geleis mit Querschwellen, von 10 bis 12 Fufs lang, auf 4 Balken gelagert, worauf die Querschwellen einzukämmen und die Zwischenräume zwischen ihnen mit Bohlen zu füllen sind.

Fig. 200. Zuweilen ordnet man die Bahn mit Bettung auf dem Brückenbelag an; dies (wie bei den steinernen Brücken) ist indess angemessener bei eisernen Balkenbrücken.

Fig. 201. Zuweilen soll die Brücke in den Zeiten, in welchen nicht die Bahnzüge passiren, auch von Landfuhrwerken befahren werden können; für diesen Fall bringt man den Bohlenbelag (entsprechend breit) in der Höhe des Schienenkopfes an, an welchem die Spurrinne frei zu lassen.

Fig. 202. Kleine Kanalbrücke einfacher Anordnung.

Fig. 203 u. 204. Balkenbrücken.

Die Strafsbalken sind höchstens 9 bis 12 Zoll breit, 12 bis 15 Zoll hoch zu nehmen, $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ Fufs von M. zu M. entfernt (s. oben), und auf 15 bis 20 Fufs freitragend zu legen. Sie reichen über mehrere Weiten (wo diese vorhanden) hinweg, mit verwechselten Stößen, die wohl zu verbolzen, Fig. 205 u. 206.

Fig. 207 bis 210. Man kann die Spannweiten etwas gröfser nehmen, nämlich je zu jeder Seite einer Mittelstütze um $\frac{1}{4}$ der vorigen gröfser (also eine Mittelöffnung um $\frac{1}{2}$), wenn man die Balken auf den Mittelstützen mit entsprechenden Sattelhölzern verbindet. Die Verbindung muß aber möglichst so sein, dafs, aufser der gröfseren Stärke, der belastete Balken auf der Mittelstütze horizontal bleibt, die Biegungslinie in einigem Abstand davon einen Wendepunkt annimmt (s. g. vollkommene Combinirung), also die oberen Theile auf Zug widerstehen. Am besten ist demnach, dafs der Balken auf dem Sattel ungetrennt durchgeht, damit zu verbolzen und zu verdübbeln; falls aber die Balken zu stossen, ist der Stofs mindestens mit langem Blatt auszuführen, besser oben mit einem starken eisernen Zahnstück zu überdecken.

Nach dem Angegebenen nützen die Sättel auf den Endpfeilern nicht (s. Fig. 204).

Fig. 211 bis 213. Zu gröfserer Tragfähigkeit muß man die ganzen Balken verstärken, namentlich sie aus 2 Hölzern auf einander darstellen mit Verzahnung oder Verdübbelung verbunden, so dafs bei Belastung und Biegung das Verschieben der Hölzer auf einander verhütet

wird, und sie voll (mit gemeinschaftlicher Neutralaxe) gespannt worden; damit kann man fast doppelt so grosse Spannweiten, als mit einfachen Balken überdecken. Der verzahnte Balken wird zum Zusammendrücken der Zähne mit geringer Biegung angefertigt (Fig. 212, das untere Stück an den Enden gehalten, in der Mitte hoch gekeilt, das obere Stück in der Mitte gestossen aufgelegt etc.), die Zähne circa 3 Fufs lang, 2 Zoll stark, mit Bolzen wie Fig. 211. Er ist am besten für einzelne Weiten. Für mehrere Weiten mit Mittelstützen wären die verzahnten Balken, die fertig zu verlegen, über jeder Mittelstütze mit unterem Sattelholz und oberem Zahnstück zu verbinden (Fig. 213).

Fig. 214. Verschränkung der Hölzer ist seltener.

Fig. 215 bis 217. Der verdübelte Balken ist einfacher, ohne Biegen, anzufertigen; zuweilen mit Zwischenraum (zum Austrocknen); die Dübel, Doppelkeile von Eichenholz, zusammen ca. 2 bis 3 Zoll im Quadrat, sind einzutreiben.

Fig. 218 u. 219. Zuweilen breite, flach geneigte Keile, die ähnlich den Zähnen wirken, die Neigung nach der betreffenden Richtung; so für den einzelnen Balken wie Fig. 219.

Fig. 220 u. 221. Für mehrere Weiten legt man die unteren Hölzer von Stütze zu Stütze, die oberen von Mitte zu Mitte der Oeffnungen; dies stellt (vortheilhafter als bei verzahnten Balken) vollkommene Combinirung dar.

Entsprechend könnten die Hölzer dreifach auf einander verbunden werden.

Fig. 222 bis 224. Zuweilen nimmt man einzelne eiserne Dübel, auch mit Grath, andrerseits, zu gewissen Zwecken, runde Dübel.

Fig. 225. Zuweilen verborgene Dübel, die aber nicht nachzutreiben.

Fig. 226 bis 228. Das Verschieben der Hölzer auf einander wird auch durch zwischengelegte Zahnstücke verhindert; diese werden sonst zur Längenverbindung zweier Hölzer angewendet (die absolute Festigkeit des durchschnittenen Holzes zu ersetzen).

Tafel 13.

Fig. 229. Der sogenannte armirte Balken, ein Balken zu beiden Seiten mit Bohlen verbunden, jener oder diese flach strebenförmig (wie flaches Hängwerk), ist weniger vortheilhaft.

Fig. 230 bis 233. Man kann einen Balken vortheilhaft zu grösserer mittlerer Höhe formen, mit Zwischenraum, in welchem Stemmstücke; so der einfache Laves'sche Balken Fig. 230 (aufgeschlitzt), oder der doppelte Fig. 231 (2 Hölzer zusammengebogen), Fig. 232 Anwendung zu Brücken. Ferner ist ein krummer Balken mit geraden zu verbinden, Fig. 233.

Fig. 232 u. 235. Endlich ist ein Balken verschiedentlich mit Eisen zu verstärken; so mit unteren Zugstangen (hängwerksartig).

Brücken mit freitragenden Rippen.

Fig. 236 bis 239. Bei diesen wird die Brückenbahn fast immer zu unterst angebracht, nahe über dem Hochwasser (sonst auch höher, Fig. 238 u. 239). Die Tragwände (Rippen) erhalten gewöhnlich eine Höhe $= \frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Spannweite; daran sind Querträger, in Abständen von etwa 12 bis 15 Fufs zu befestigen, und hierauf Längsbalken (Strafsbalken) zu legen. Weniger gut ist, von den Tragwänden nur direct Querbalken tragen zu lassen.

Gewöhnlich sind nur 2 Tragwände zu beiden Seiten der Brückenbahn, und schränkt man der letzteren Breite ein, behufs geringerer Stärke der Querträger. Bei starker Frequenz ordnet man 2 Bahnen an, häufig mit gemeinschaftlicher Mittelwand, welche wohl $1\frac{1}{2}$ mal so viel Tragfähigkeit als jede der äusseren Wände erhält (Fig. 237).

Sonst können die Fufswege auch ausserhalb überkragt werden (Fig. 248).

Kreuz-Verbindungen (Windstreben) 6 bis 8 Zoll stark; Seitenhaltung der Rippen.

Zu nicht beträchtlicher Weite, in welcher etwa nur 1 mittlerer Querträger nöthig, kann man als Tragrippen verstärkte Balken nehmen, Fig. 236.

Fig. 240 bis 247. Für grössere Spannweite ist das Hängwerk anzuwenden, das hier gewöhnlich folgendermassen:

Es reicht eine Schwelle (Unterrahm) über die Spannweite; diese wird demnächst mittelst der Querträger nebst Hängsäulen in Theile von 12 bis 15 Fufs getheilt, und verbindet man je 2 symmetrisch gelegene Hängsäulen mit einem oberen Spannriegel und 2 nach den Stützpunkten herabgehenden Streben; wobei die Höhe des Ganzen $= \frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Spannweite zu nehmen. Die sämtlichen Spannriegel und Streben circa 10 bis 12 Zoll, in einerlei Vertical-Ebene mit der Schwelle, werden von den Hängsäulen umfaßt; die Spannriegel auf einander liegend, mit den Streben stumpf gestossen, letztere mit Versatz (zuweilen eisernem Schuh, Fig. 243) gegen die Schwelle geführt, welche gegen Zerreißen zu widerstehen hat, und demgemäss zusammensetzen ist. Die Querträger sind an den Hängsäulen mittelst Hängeisen (Fig. 244 und 245, oder auch Fig. 246) zu befestigen, selten nach Fig. 247; ihre Last wird sonach mittelst der Hängsäule an den oberen Stützpunkt der Streben gehängt, von hier mittelst der Strebe nach dem Endpunkt (Stützpunkt) übertragen.

Fig. 248. Hängwerksbrücke mit übergekragten Fufswegen und mit Ueberdachung.

Fig. 249. Brücke der Magdeburg-Leipziger Eisenbahn über die Saale (1stes Geleis); 29 Oeffnungen à 40 rheinl. Fufs weit, 2 Wände, worauf unmittelbar starke Querschwellen für die Eisenbahn; Hängstangen, Winkelbänder.

Fig. 250 u. 251. Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über den Potomac; 122 $\frac{1}{2}$ Fufs weite Oeffnungen. Die Wände haben Unter- und Oberrahm, aus Hölzern neben einander zusammengesetzt, über die Mittelpfeiler fortgehend zur Combinirung (die jedoch nicht vollkommen); die schwachen Wände (a) haben 1fache Spannriegel und Streben, 2fache Hängsäulen und 3fache Rahme; die stärkeren Wände (b) haben 2fache Spannriegel und Streben, 3fache Hängsäulen und 4fache

Rahme. Zugstangen zur Steifigkeit (gegen Formänderung); die Brückenbahn liegt in halber Höhe, darunter Seitenhaltung.

Tafel 14.

- Fig. 252. Falls nach dem Vorigen die mittleren Streben zu lang und flach würden, kann man sie nach näheren Hängsäulen herabführen (ähnlich den Fachbrücken).
- Fig. 253. Zwischen den Hängsäulen eines großen Hängwerks kann je ein kleines hinzugefügt werden.
- Fig. 254 u. 255. Hängwerk mit Polygonalstreben, bedarf vorzugsweise der Versteifung gegen einseitige (schiefe) Belastung.
- Fig. 256. Diese Polygonalstreben gehen in den Holzbogen über, das Ganze zu Bogenhängwerk (größer als Fig. 233 und 236). Die Bogen wie bei den eigentlichen Bogenbrücken (wovon nachher); jedoch ist Bogenhängwerk nur zu weniger beträchtlichen Spannweiten gebräuchlich.

Zu großen Spannweiten sind außer den Hängwerken die Gitter- oder Fachwerke gebräuchlich, namentlich in Nordamerika. Diese haben einen Unterrahm, einen Oberrahm und Zwischenverband, welcher aus kurzen parallelen Streben und Hängsäulen, resp. schrägen Zugbändern, zusammengesetzt ist.

Dadurch wird die Belastung der einzelnen Punkte (Querträger etc.) nicht wie vorher direct nach den Stützpunkten übertragen, sondern je zunächst nach dem Fußpunkt der betreffenden Strebe, von hier allmählig weiter (von Fach zu Fach), bis zum Stützpunkt, wobei die Rahme, resp. mit Zug und Druck, gespannt werden. Die Rahme werden aus Hölzern neben einander (gewöhnlich 3) zusammengesetzt, in langen Stücken mit verwechselten Stößen und Zahnstück-Verbindungen; sie gehen gewöhnlich über die Mittelpfeiler hinweg, zur Combinirung, die hier vollkommen und angemessener als bei Hängwerken. Es sind besonders die Gitterwerke von Town, Long und Howe anzuführen.

- Fig. 257. Die Town'sche Gitterwand wird durchweg von Bohlen (à 12 Zoll breit, 3 Zoll stark) angefertigt, nämlich in 2 Lagen einzeln sich überkreuzender Bohlen, woran oben und unten Gurtungen von doppelten Bohlen befestigt; alles nur mit hölzernen Nägeln zusammengenagelt. Ist bis Spannweiten von 150 Fufs angewendet.
- Fig. 258. Bei der Köln-Mindener Eisenbahn zu Altstaden über die Ruhr (1stes Geleis), 5 Oeffnungen à 150 Fufs rheinl., mit doppelten Town'schen Gitterwänden à $12\frac{3}{4}$ Fufs hoch.
- Fig. 259. Die Long'sche Gitterwand ist von 6 bis 8 Zoll im Quadrat starken Hölzern, bis Spannweiten von 200 Fufs (wiederum bei $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ Höhe) hergestellt. Dreifache Rahme umfassen doppelte Hängsäulen; zwischen diesen sind doppelte Hauptstreben und überkreuzende einfache Gegenstreben angebracht, letztere, gegen den Oberrahm und einen unteren Klotz gestellt, dienen nur zu Steifigkeit und um die Hängsäulen gegen die Hauptstreben zu halten. Am Fuß jeder Hängsäule ist ein verticaler Keil, und auf jeder Gegenstrebe ein horizontaler Keil anzutreiben, während sonstiges Eisenwerk etc. vermieden ist. Zuweilen Verstärkung durch oberes Hängwerk und durch untere Sprengstreben.

Fig. 260 u. 261. Nach Howe's System ist erbaut: die Brücke über den Connecticut bei Springfield, 7 Oeffnungen à 180 Fufs engl. von M. zu M. der Pfeiler, einschliesslich der Rahme 18 Fufs hoch, 16 Fufs im Lichten breit; ferner die Brücke zu Wittenberge über die Elbe, 11 Oeffnungen à $171\frac{1}{4}$ Fufs und 3 à 127 Fufs rheinl. Maafs im Lichten, einschliesslich der Rahme 19 Fufs 1 Zoll hoch, $13\frac{1}{4}$ Fufs im Lichten breit.

Die Rahme bestehen aus 3 Hölzern à 8 Zoll breit neben einander, der Unterrahm 12 Zoll, der Oberrahm 10 Zoll hoch; dazwischen sind doppelte Hauptstreben und einfache Gegenstreben à 8 Zoll im Quadrat, und anstatt der Hängsäulen doppelte Hängeisen à 2 Zoll im Durchmesser angebracht; die Streben stehen gegen Klötze (bei Wittenberge eiserne Schuhe) an der inneren Seite der Rahme, ausserhalb der letzten (oben und unten) sind ferner Klötze, durch welche die Hängeisen gehen. Die Querschwelen der Bahn sind 13 Zoll hoch.

Die Wände gehen combinirt über die Mittelpfeiler hinweg, woselbst Sättel nebst untere Streben zur Verstärkung.

Fig. 262. Verbindung des Fachwerks mit Hängwerk.

Fig. 268. Verbindung des Fachwerks mit Bogenhängwerk (übergehend zu vereinigten Hänge- und Sprengwerken).

Gewölbartige Brücken,

nämlich solche mit Sprengwerks- und Bogenrippen. Man kann diese Rippen entstanden denken aus Hängwerk und Bogenhängwerk (entsprechend umgekehrt diese aus ersteren), durch Hinweglassung der Schwelle nebst Hängsäulen etc.; wonach Material-Ersparung. Dagegen wird der Seitenschub frei, welcher durch die Schwelle aufgehoben war; selbiger hebt sich auf Mittelpfeilern wieder beiderseits auf, macht aber stärkere Endpfeiler (Widerlager) nöthig, wie bei Gewölben. Ferner wird Versteifung der Construction erforderlich, als Ersatz des unteren Verbandes vom Hängwerk, und mehr Versteifung als beim Hängwerk, besonders gegen veränderliche (schiefe) Belastung; nur gegen ruhende Belastung wären das freie Sprengwerk und der freie Bogen gemäfs entsprechender Drucklinie stabil zu machen. Zu der Versteifung ist besonders der Raum über den Schenkeln geeignet, wozu auch gewöhnlich die Brückenbahn über den Rippen angeordnet wird, was freilich mehr Höhe über dem Hochwasser erfordert. Bei solcher Lage der Brückenbahn bleibt diese in ihrer Breiten-Ausdehnung unabhängig von den Rippen, deren man beliebig viel anordnen kann. Man könnte jeden Strafsbalken (s. oben) zu einer Rippe verstärken, jedoch entspricht es der vortheilhaften Material-Verwendung mehr, Rippen in ca. 6 Fufs Abstand von einander zu stellen, und darauf zunächst wieder Querträger zu legen und zwar je über die Stofspunkte der Streben.

Für geringere Spannweiten sind die Sprengwerke und Bogenhängwerke gebräuchlich, für beträchtliche Spannweiten die Hänge- und Gitterwerke und die Bogen.

Tafel 15.

Fig. 264 u. 265. Eisenbahnbrücken mit einfachen und mit doppelten Sprengwerken (welche sonst resp.

zu 45 Fuß und 70 Fuß Weite auszudehnen; die Streben und Spannriegel ca. 10 bis 12 Zoll stark). Auf jedem Sprengwerk ein Längenbalken, zur Steifigkeit doppelte schräge Zangen. Für ein Bahngleis sind 4 Rippen, worauf die Querschwellen der Bahn; Windstreben unter den Balken und auf den Streben.

Fig. 266. Strafsenbrücke mit doppelten, neben einander liegenden Sprengwerken; darauf Querträger, ferner Längen- und Querbalken etc. Verticale Zangen. Bohlen-Verkleidung der Stirnflächen.

Fig. 267. Wegebrücke über einer Eisenbahn.

Fig. 268 bis 270. Der Stofs zwischen Spannriegel und Strebe stumpf, zuweilen mit eisernem Schuh (Fig. 270).

Fig. 271 bis 274. Der Fuß der Strebe ist gegen einen Quader des Pfeilers zu setzen, zuweilen mit Schuh (Figur 273); seltener gegen eine durchgehende Schwelle oder Mauerlatte (Fig. 274).

Fig. 275 u. 276. Bei Pfahljochen stoßen die Streben gegen Querhölzer, die längs den Pfählen befestigt.

Fig. 277. Zuweilen ist auf ein Joch von mehreren Pfahlreihen ein schräger Aufsatz gestellt, wogegen die Streben geführt. Die Endpfeiler sind wegen des Seitenschubs stets am besten von Stein zu erbauen.

Tafel 16.

Fig. 278. Bei geraden Hölzern (Streben) müssen die Belastungen (Querträger etc.) immer auf die Stofspunkte der Streben gesetzt werden; um diese Stofspunkte dazu hinreichend nahe an einander zu bringen, sind mehrfache Sprengwerke mit verlegtem Stofspunkt (jedes einzelne, bestehend aus 1 Spannriegel verschiedener Länge und 2 Streben) herzustellen, wie Fig. 265 und 266.

Anstatt dessen kann man Polygonalstreben anordnen, wohl in mehreren versetzten Lagen (wie auch bei den Perronet'schen Lehrbögen), und die Belastung auf die Stofspunkte mittelst schräger oder verticaler Zangen (Schwebesäulen) übertragen, die zugleich zur Versteifung dienen.

Dies geht über in den Holzbogen, der in beliebig nahen Punkten belastet werden kann, so eine Drucklinie liefert, die nach der Linie des Bogens herabführt.

Die Bogenbrücken sind unter allen hölzernen Brücken besonders solide, mit geringem Materialbedarf, zugleich bei ihrer freien Brückenbahn bequem; zu beträchtlicher Spannweite und wo genügende Höhe über dem Hochwasser vorhanden, am meisten angewendet worden.

Die Holzbögen werden in verschiedener Weise angefertigt:

1) aus neben einander gestellten Bohlen, welche ausgeschnitten, mit verwechselten Stößen zusammengenagelt; diese Construction ist nur für geringere Bögen anwendbar;

2) aus langen Bauhölzern, die auf einander gebogen werden (Wiebeking);

3) aus kurzen Bauhölzern auf einander, welche behufs der Bogenform ausgearbeitet; ad 2) und 3) die Stöße verwechselt, stumpf oder mit Blatt, das Ganze mit Bolzen verbunden;

4) aus Bohlen auf einander gebogen, einzeln mit verwechselten Stößen zusammengenagelt, demnächst das Ganze mit Bolzen verbunden; solcherweise kann der Bogen die beträchtlichste Pfeilhöhe erhalten.

Ueber das Weitere der Bogenbrücken belehren die folgenden Beispiele.

Fig. 279. Die Wiebeking'schen Bogenbrücken vor ca. 50 Jahren erbaut, hatten nur geringe Dauer; Spannweiten

100 bis 260 Fuß, Pfeilhöhe $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}$; Bögen ad 2) schwache auf 20 bis 28 Fuß Brückenbreite nur 3, anstatt Windkreuze nur flache Diagonalrippen, mangelhafte Versteifung, unsolide Pfeiler.

Fig. 280. Ganhey's Entwurf einer Bogenbrücke; Spannweite 40 Meter, Pfeilhöhe 4 Meter ($\frac{1}{10}$), Brückenbreite 8 Meter mit 5 Rippen, jede $\frac{1}{2}$ Meter breit, $1\frac{1}{2}$ Meter hoch, aus 4 Hölzern auf einander nach 3) herzustellen, die Schwebesäulen höchstens 5 Meter entfernt.

In ähnlicher Weise sind mit Spannweiten von ca. 120 Fuß ausgeführt: die Chausseebrücke über die Saale bei Halle und bei Weilsenfels, über die Mulde bei Wurzen, über die Unstrut bei Freiburg; ferner die Brücken der Leipzig-Dresdener Eisenbahn über die Mulde und die Elbe.

Fig. 281. Die stärkste Brücke dieser Art ist die bei Dessau über die Elbe führende: 5 Oeffnungen à 125 Fuß rheinl. weit, $\frac{1}{10}$ Pfeil, 30 Fuß breit (für Straße und 1 Eisenbahngleis) mit 6 Bogenrippen, jeder Bogen aus 2 Hölzern neben und 7 auf einander (à 1 Fuß Quadrat) zusammengesetzt, mit hindurchgehenden schrägen Schwebesäulen, wozwischen verticale Kreuze zur Versteifung.

Fig. 282. Brücke über den Schuykill zu Philadelphia, ist jetzt die weiteste aller hölzernen Brücken; 1 Oeffnung von 340 Fuß engl. M., bogenförmig mit 20 Fuß Pfeil ($\frac{1}{7}$); Breite 34 Fuß, durch 5 höher reichende Rippen in 2 Fahr- und 2 Fußwege geschieden (wie Figur 282 a). Jede Rippe, $22\frac{1}{2}$ Fuß im Scheitel hoch, hat einen unteren starken Bogen aus 3mal 7 Hölzern à 5 und 11 Zoll im Quadrat stark zusammengesetzt, darauf zur Versteifung Säulen mit verticalen Kreuzen und Zugbändern und einem oberen schwächeren Bogen; Ueberdachung und Verkleidung. Mit Rücksicht der geringen Höhe über Hochwasser eine vorzügliche Construction.

Fig. 283. Zwei Viaducte der North-Shields-Newcastle-Eisenbahn, jeder mit 5 Oeffnungen à 128 Fuß engl. M. weit; breit 26 Fuß, mit 3 Bogenrippen; der Bogen mit 36 Fuß Pfeil (beträchtlich) ist nach 4) aus 15 Bohlenlagen à 3 Zoll dick, 22 Zoll breit, zusammengenagelt.

Ähnlich sind 2 Viaducte der Eisenbahn von Manchester nach Sheffield, mit Bögen von 180 Fuß weit, $\frac{1}{4}$ Pfeil, aus 19 Schichten 3 zölliger Bohlen auf einander zusammengesetzt.

Fig. 284. Zwei Brücken der atmosphärischen Eisenbahn von Paris nach St. Germain über die Seine; jede hat 3 Oeffnungen à 31,8 Meter weit, Breite 7,1 Meter mit 4 Bögen. Der Bogen, mit 5 Meter Pfeil, 0,45 Meter breit, 1,2 Meter hoch aus 15 Bohlen auf einander zusammengesetzt. Zur Versteifung hinaufgehende Bolzen, dazwischen Kreuze, oben ein Längenbalken; darauf Querbalken mit Belag und Bettung.

Tafel 17.

Fig. 285. Cascade-Brücke der Newyork-Erie-Eisenbahn; eine Bogen-Oeffnung von 275 Fuß engl. Maafs weit, mit $\frac{1}{6}$ Pfeil, 25 Fuß breit mit 4 Rippen, jede in 7 Fuß Höhe 2 concentrische Bögen enthaltend; jeder Bogen 18 Zoll breit, ist im Scheitel aus 3 Hölzern à 8 Zoll dick auf einander, von hier nach den Enden bis 6 dergl. zunehmend, zusammengesetzt.

Fig. 286. Die Erhöhung des Bogen-Querschnitts (wie vorher) kommt der Steifigkeit wesentlich zu Hülfe; daher die Bögen auch sonst öfters mit Zwischenräumen zusammengesetzt werden.

Fig. 287. Brücke über den Delaware bei Trenton, 5 Oeffnungen à 160 bis 200 Fufs engl. Maafs weit, $33\frac{2}{3}$ Fufs breit mit 5 Bogenrippen à ca. $\frac{1}{8}$ Pfeil; die Brückenbahn liegt in der Höhe des Bogen-Anfanges, durch die Rippen in 2 Fahr- und 2 Fufswege geschieden; jedoch ist nicht, wie beim Bogenhängwerk, der Bogenschub gänzlich aufgehoben; untere und obere Versteifung, Ueberdachung. Die mittleren Bögen 13 Zoll breit, aus 9 Schichten 4zölliger Bohlen zusammengesetzt.

Fig. 288. Viaduct der Great-Western-Eisenbahn mit Bögen von 86 Fufs engl. Maafs weit, $\frac{1}{5}$ Pfeil; der Seitenschub ist durch untere Zugstangen aufgehoben; jedoch ist, anders als beim Bogenhängwerk, die Versteifung nebst der Brückenbahn zuoberst angebracht.

Brücken mit vereinigten Häng- und Sprengwerken.

Diese, zu beträchtlichen Spannweiten geeignet, haben zunächst freitragende Rippen (über der Brückenbahn), denen dann noch ein hinabgehendes Sprengwerk (auch Bogenwerk) hinzugefügt; dazu muß die Brückenbahn in einiger Höhe über

dem Wasser liegen, aber es bedarf die Construction im Scheitel geringerer Höhe, als zu gänzlich freitragenden Rippen; während zu gänzlich gesprengter Construction größere Pfeilhöhe, ferner größere Widerlagsstärke nöthig wären. Hinsichtlich der Wirkung des Ganzen kann man sich vorstellen, daß beide Constructionen, die freitragende und die gesprengte, neben einander bestehen, nur in bestimmten Punkten verknüpft, auch mit gemeinschaftlichen Stücken; jede für sich trägt zunächst einen gewissen Theil der ganzen Last, wodurch jene Punkte Senkungen erfahren; diese müssen in beiden Constructionen gleich sein, wonach das Verhältniß den beiderseitigen Belastungen folgt. Demgemäfs sind auch die Anordnung, die Stärken etc. zu bestimmen.

Fig. 289. Einfaches vereinigtes Häng- und Sprengwerk; durch das obere Hängwerk wird der Balken auf Zug, durch die unteren Streben auf Druck in Anspruch genommen, beides sich theilweis aufhebend.

Fig. 290. Frühere Brücke über den Rhein bei Schaffhausen; 2 Oeffnungen à 187 $\frac{1}{2}$ Fufs rheinl. Die Brückenbahn zwischen 2 Wänden mit vollständigem vereinigtem Häng- und Sprengwerk, darüber Dach.

Fig. 291. Brücke über die Limmat zu Wettingen, erbaut 1788, verbrannt 1799, war die weiteste hölzerne Brücke; eine Oeffnung von 379 Fufs rheinl. M., ähnlich der vorigen Brücke mit 2 Tragwänden und Ueberdachung. Die Schwelle aus 2 Hölzern neben und 2 auf einander zusammengesetzt, die Streben und Spannriegel einfach dick, letztere aber an den Enden 2fach, in der Mitte 4fach auf einander. Darüber noch als Dachgiebel ein flaches Hängwerk; ferner im Dache nach der Mittellinie der Brücke ein flaches Hängwerk zum Tragen der Dachlast.

Fig. 291 bei den Fischbauchformen der Bauart nach dem System...

Fig. 292 bis 295. Die Querschnitte der Constructionstheile...

Fig. 296 und 297. Zu verschiedenen Constructionen setzt man das Schmiedeeisen...

Die Construction der Tragerippen für eiserne Brücken geschieht, wie bereits angedeutet, nach dem System...

- 1) Stücke, welche allein mit absoluter Festigkeit zu widerstehen haben, aus Schmiedeeisen,
2) Stücke, die mit rückwirkender Festigkeit zu widerstehen haben, aus Gufseisen,
3) Stücke, die auf relative Festigkeit in Anspruch genommen, aus Gufs- oder Schmiedeeisen...

Taf. 18.

Fig. 292 bis 295. Die Querschnitte der Constructionstheile sind entsprechend zu formen, je nachdem sie auf relative (Balken) oder rückwirkende (Streben, Säulen) Festigkeit in Anspruch genommen...

Fig. 296 und 297. Zu verschiedenen Constructionen setzt man das Schmiedeeisen (da Schweißen sehr beschränkt) aus einzelnen Stücken (Stab, Bandeisen, Blech) mittelst Nieten (auch Schraubenbolzen) zusammen...

Die Construction der Tragerippen für eiserne Brücken geschieht, wie bereits angedeutet, nach dem System...

Eiserne Brücken*).

(Die Maasse im Text sind die resp. Landmaasse; auf den Tafeln dagegen durchgehend preussisches Maafs.)

hochkantiges Blech oben und unten mit einem resp. zwei Winkelisen zusammengeklebt wird...

Fischbauchformen gewöhnlich die dreieckigen 4 bis 5 Zoll hoch, 2 1/2 bis 3 Zoll im Kopf, 2 1/2 bis 3 Zoll am Fuß hoch, werden 2 bis 4 Fuß lang und 2 bis 3 Fuß breit...

der hölzernen Brücken, wonach auch hier einzeln zu behandeln

- A. Balkenbrücken.
B. Brücken mit größeren freien Trägern.
C. Gewölbartige Brücken.
D. Brücken mit vereinigten Hänge- und Sprengwerken.

A. Balkenbrücken

werden aus Gufseisen, Schmiedeeisen auch Eisenbahnschienen angefertigt.

Fig. 298 bis 301. Gufseiserne Balken bedürfen hochkantiger Form mit oberen und unteren Verstärkungen, welche dem Widerstandsvermögen des Materials auf Zug und Druck entsprechen müssen...

Fig. 302 bis 308. Schmiedeeiserne Balken bleiben immer vortheilhafter. Dieselben werden hochkantig genommen und sind leichter. Für geringe Weiten wird der Balken in einem Stück gewalzt...

*) Nach dem Tode des Herrn Verfassers ist der obige Text vom Herrn Baumeister H. Doubberck bearbeitet worden.

hochkantiges Blech oben und unten mit einem resp. zwei Winkeleisen zusammengenietet wird (Fig. 303 a bis c). Blechstärke nicht gut unter $\frac{1}{4}$ Zoll zu nehmen; Verhältniß des Ober- und Unterrahmens vortheilhaft wie 5 : 4.

Eisenbahnschienen gewöhnlich die breitbasigen 4 bis 5 Zoll hoch, $2\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Zoll am Kopf, $3\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll am Fuß breit, werden 3 bis 4 Fuß freitragend gelegt (Fig. 304). Für Weiten von 6 bis 8 Fuß werden oft 2 Schienen mit den Füßen zusammengenietet (Fig. 305). Für Weiten von 14 bis 16 Fuß werden aus Eisenbahnschienen Träger in Form eines Sprengwerks oder Fischbauchs mit etwa $\frac{1}{3}$ der Weite zur Höhe hergestellt. Zwischen beide Schienen wird entweder ein volles Blech eingesetzt (Fig. 307) oder einzelne Blechstreifen (Fig. 308). Statt der oben erwähnten Blechbalken werden auch Gitterbalken angeordnet. Je nach der Spannweite und Belastung werden die Gurtungen der Blech- und Gitterbalken durch Hinzufügen von Gurtungsplatten verstärkt (Fig. 306 a und c), für die obere Gurtung stellte man früher die Gurtungsplatten aus Gußeisen her, vortheilhaft gegen Druck (Fig. 306 b). Als Auflager dienen sowohl Mauerlatten als Gufsplatten, bei Balken aus Eisenbahnschienen, Schienenstühle.

Die vorgedachten Balken sind als Strafsenbalken der Brücke deren Länge nach zu legen, ähnlich den hölzernen; darauf ist die Brückenbahn anzubringen, welche Strafsen, Eisenbahn, Kanal, Wasserleitung sein kann. Dasselbe geschieht ebenso auf den Rippen der weiter folgenden Brücken (entsprechend bei Querträgern).

Fig. 309 bis 311. Der Belag wird häufig aus gußeisernen mit Verstärkungsrippen versehenen Platten gebildet (wohl mit Rinne zum Wasserabfluß) (Fig. 309), oder auch aus gewelltem Eisenblech, darüber Ueberfüllung und Pflaster (Fig. 310). Statt des Belags werden oft Kappen zwischen eisernen Balken gewölbt (Fig. 311).

Fig. 312 und 313. Als Begrenzung der Ueberfüllung dient oft ein eisernes Kastengesims, welches mit der oberen Balkengurtung verschraubt wird (Fig. 312), oder auch ein steinernes Gesims, gleichzeitig als Trottoir dienend (Fig. 313).

Fig. 314 bis 316. Der hölzerne Belag wird am einfachsten durch Querbohlen, die angebolzt werden, hergestellt (Fig. 314); zuweilen werden auch erst Querschwellen durch Schraubenbolzen mit dem Balken verbunden, und darauf Längsbohlen befestigt (Fig. 315). Behufs Ueberfüllung und Pflasterung ist mit den Belagsbohlen eine Pflasterschwelle zu verbinden (Fig. 316).

Fig. 317 und 318. Bei Balken von Eisenbahnschienen dient zur Befestigung der Querschwellen resp. des Belags eine durch das Holz reichende Gabel (Fig. 317) oder ein umgekehrter Schienenstuhl (Fig. 318).

Fig. 319 und 320. Für eine Eisenbahnbrücke legt man erst Querschwellen auf die Balken und darüber die Schienen, dazwischen Belag (Fig. 319), oder es wird eine Ueberfüllung als Schwellenbettung angeordnet (Fig. 320). Beides vermindert die Stöße der Nutzlast.

Bei den erwähnten Brücken ist, wenn die Balken nicht lang, dagegen breit sind, gewöhnlich keine Quer- und Kreuzverbindung nöthig, indem durch den Belag genügender Halt erzielt wird. Hochkantige Balken sind aber noch mit Seitenhaltungen zu versehen, so

Fig. 321 bei den Blechbalkenbrücken der hannöverschen Eisenbahn für Weiten von 8 bis 30 Fuß; für ein Geleis 3 Balken je $\frac{1}{10}$ der Weite hoch. Obere und untere Gurtungsplatten 5 bis 6 Zoll breit, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{8}$ Zoll stark, Blechwand $\frac{1}{8}$ Zoll stark mit Winkeleisen von $\frac{3}{8}$ Zoll Stärke vernietet. An den Enden und je nach der Weite 1 oder 2 Querverbindungen aus vollem Blech $\frac{1}{8}$ Zoll stark.

B. Brücken mit grösseren freien Trägern.

Die vorher angegebenen Balken lassen sich zu grösseren Dimensionen ausführen, um sie nicht mehr als eigentliche Strafsenbalken, sondern als Tragewände anzubringen, die ähnlich wie bei den hölzernen Brücken die Brückenbahn tragen, so die Gitter und Blechträger, ferner eigentliche Hängewerke; sie sind wegen des rückwirkenden Biegens mit hinreichender Seitenhaltung zu versehen und zugleich zur Verhütung von Schwankung mit Kreuz- und Querverbindung. Die Brückenbahn liegt dann in beliebiger Höhe, gewöhnlich zu unterst.

Taf. 19.

Fig. 322. Skizze des Querschnitts einer Brücke mit grösseren gußeisernen Trägern. (In Bezug auf Details vergl. Fig. 301 a und b). Eine derartige Brücke war zu Chester über den Dee. Länge der Träger 109 Fuß, Höhe $\frac{1}{7}$ der Weite. Mittelrippe 2 Zoll stark. Die Brücke zerbrach beim Passiren eines Zuges im Jahre 1847.

Die eigentlichen Hängewerke so wie auch Sprengwerke sind bei eisernen Brücken seltener angewendet.

Fig. 323. Hängewerksbrücke auf der badischen Eisenbahn; für 2 Geleise 3 Tragewände. Streben und Spannriegel von Gußeisen mit kreuzförmigem Querschnitt (a). Die doppelten Hängestangen tragen 2 gußeiserne Querträger (b), auf welchen die Strafsenbalken (Langschwellen).

Fig. 324. Anordnung wie dergleichen Brücken auf verschiedenen preussischen Eisenbahnen für Weiten von 40 bis 60 Fuß früher zur Anwendung gekommen. Höhe gewöhnlich $\frac{1}{10}$ der Weite. Für jedes Geleise 3 Wände. Die gußeisernen Streben und Spannriegel haben oberen und unteren Verstärkungsflansch; die Stege $2\frac{1}{2}$ Zoll stark. Die untere Zugstange $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser; zwischen den Hängeeisen sind Kreuze angebracht. Der Raum über den Streben ist bis zur Horizontalen mit gußeiserner durchbrochener Ausfüllung versehen, worauf die Querschwellen liegen.

Die Hänge- und Sprengwerksbrücken bilden für grössere Weiten den Uebergang zu den Gitter-, Blech- und Fachwerksbrücken.

1. Gitterbrücken

sind am frühesten nach dem Vorbilde der Town'schen Holzbrücken in England ausgeführt.

Fig. 325. Wegeüberführung der Dublin-Drogheda Eisenbahn. 80 Fuß engl. weit, 12 Fuß breit, 2 Tragewände à 10 Fuß hoch. Gitterstäbe $2\frac{1}{2}$ Zoll breit, $\frac{1}{4}$ Zoll stark bilden Quadrate mit $9\frac{1}{2}$ Zoll Seite. Ober- und Untergurtung à 5 Zoll breit, $\frac{1}{2}$ Zoll stark. Mittulgurtung 5 Zoll breit, darauf Querbalken aus Walzeisen. Zur Seitenhaltung 3 mal Vertikalverstrebenungen aufsen und unten.

Fig. 326. Brücke auf der Dublin-Drogheda Eisenbahn, 144 Fuß engl. weit. Für 2 Geleise sind 3

Tragewände aufgestellt. Die Außenwände sind durch ein oberes gußeisernes Kastengesims und durch eine mittlere Gurtung verstärkt. Gitterstäbe durchweg $\frac{1}{2}$ Zoll stark, $4\frac{1}{2}$ Zoll breit. Maschenweite 8 Zoll im Lichten. Der Unter- und Mittelrahmen ist verlängert und damit eine Belastung gegen Aufkippen und Versteifung der Wand verbunden. Doch ist der beabsichtigte Erfolg nicht erreicht. Besondere Seitenhaltungen fehlen.

Nach diesem Vorbilde wurden mehrere Gitterbrücken ausgeführt, so

Fig. 327 auch auf preussischen Eisenbahnen. Die Gitterträger erhalten durch die gußeisernen Querträger Seitenhaltungen. Die Querschwellen werden durch einen leichten Längsträger, der mittelst umgekehrten Hängewerks durch den Querträger getragen wird, unterstützt. Der Oberrahmen hat eine gußeiserne Deckplatte. Höhe der Gitter $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{6}$ der Weite. Gitterstäbe $\frac{1}{2}$ Zoll stark und 3 Zoll breit.

Ein größeres Beispiel liefert eine Brücke der Cöln-Mindener Eisenbahn:

Fig. 328. Brücke über die Ruhr bei Altstaden für ein Eisenbahngleis 5 Oeffnungen à 100 Fufs. Die Gitterwände $10\frac{3}{4}$ Fufs hoch bestehen aus 3 Zoll breiten, $\frac{3}{4}$ Zoll starken Gitterstäben. Maschenweite 8 Zoll im Lichten. Der Unterrahmen ist aus dreifachem Flacheisen von 9 Zoll Breite, der Oberrahmen dagegen aus Gußeisen gebildet. Querschnitt jedes Rahmens circa $20 \square$ Zoll. Die Seitenhaltung wird durch die in Entfernungen von 8 Fufs 9 Zoll angebrachten 2 Fufs hohen Querträger bewirkt, bestehend an den Enden aus Blech, welches sich bis zum Ober- und Unterrahmen verbreitert, in der Mitte aus Gitterwerk. Die Schienen ruhen auf halber Höhe der Gitter auf starken Querschwellen, welche in der Mitte durch 14 Zoll hohe aus Gitterstäben und Winkeleisen bestehende mit den Querträgern verbundenen Zwischenlangträgern unterstützt werden. An den Enden finden dieselben ihr Auflager in Schuhen, die mit den Hauptträgern verbunden sind.

Fig. 329. Brücke über die Kintzig bei Offenburg in Baden ist das damals größte Beispiel von Gitterbrücken, 1853 vollendet. Ueberdeckt eine Oeffnung von 200 Fufs bad. im Lichten. 3 Gitterträger jeder 20,78 Fufs bad. hoch tragen 2 Eisenbahngleise und 2 äußere 5 Fufs breite Fußwege. Die Gitterstäbe sind in den Seitengittern doppelt 0,105 Met. breit, 0,021 met. stark; im Mittelgitter dreifach ebenso breit, während die mittleren Stäbe 0,033 Met. und die äußeren 0,0165 Met. stark sind. Durch die dreifachen Gitterstäbe soll die mittlere Wand das $1\frac{1}{2}$ fache der äußeren tragen. Der Zweck wird aber hierdurch nicht erreicht.

Die Ober- und Unterrahmen durchweg 0,33 Met. breit, 0,036 Met. stark. Auf 1,2 Met. Entfernung vom Oberrahmen und 2,19 Met. vom Unterrahmen sind Brükschienen zur Versteifung angeietet. Lichte Maschenweite 0,345 Met. Die Querträger, 1,89 Met. entfernt, sind aus Vignolschienen construirt. Der Schub der Streben wird hier durch Zugstangen aufgehoben. Obere Querverbindung ist durch übergelegte Brükschienen bewirkt.

Die Nachtheile dieser Construction bestehen in den schwachen Gittern und der mangelhaften Seitenhaltung.

Nach dieser Construction traten wesentliche Verbesserungen der Gitterträger ein:

- 1) Gute Zusammensetzung der Rahmen und bessere Verbindung mit den Gitterstäben.
- 2) Construction der Rahmen und Gitter je nach ihren Inanspruchnahmen.
- 3) Gute Seitenhaltungen und bessere Versteifungen.
- 4) Richtigere Endigung der Balken mit besseren Auf lagern.
- 5) Gute Anordnung der Brückenbahn.
- 6) Combinirung über einen Mittelpfeiler; hierdurch wird jedoch kein wesentlicher Vortheil erreicht, da an Material gerade Nichts erspart, auch die Herstellung bei großen Constructionen umständlich und schwierig ist. Daher vorzuziehen, jede Oeffnung einzeln zu überbrücken.

Die bessere Ausbildung der Gitterbrücken datirt etwa von der Ausführung der Brücke über die Weichsel bei Dirschau und über die Nogat bei Marienburg an.

Taf. 20.

Fig. 330 A bis E. Brücke über die Weichsel bei Dirschau, erbaut 1850 bis 1857, die weiteste und längste aller Gitterbrücken, hat 6 Oeffnungen à 386 Fufs im Lichten; Mittelpfeiler 31 Fufs dick. Die ganze Ueberbau-Construction besteht aus 3 Theilen, jeder über 2 Oeffnungen und einem Mittelpfeiler combinirt hinweggehend. Zwischen den durchweg $37\frac{3}{4}$ Fufs hohen Gitterwänden befindet sich ein Eisenbahngleise und zu jeder Seite desselben ein Weg für Landfuhrwerk; auferhalb der Wände ein übergekragter Fußweg von $3\frac{1}{2}$ Fufs Breite.

Die Ober- und Unterrahmen der Gitterwände sind in ihrer Stärke nahe zu gleichem Widerstand angeordnet. Querschnitt der Rahmen über dem Mittelpfeiler $333 \square$ Zoll, über den Wendepunkten der elastischen Linie $144 \square$ Zoll, über dem Scheitel derselben $157 \square$ Zoll (vergl. graphische Darstellung Fig. E). Jeder Rahmen hat in der Mitte ein vertikales Blech, woran sich zu beiden Seiten offene Zellen anschließen. Ueber dem Mittelpfeiler sind dem Unterrahmen noch zwei Zellen hinzugefügt, die hier gewissermaßen als Sattelholz dienen. Fig. 330 C zeigt links den Querschnitt über dem Pfeiler, rechts den in der Mitte einer Oeffnung, woraus auch die Zusammensetzung der Rahmen an den betreffenden Stellen ersichtlich. Jede Gitterwand ist durch äußere und innere Vertikalleisten von Winkeleisen in 6 Fufs Abstand und über den Auflagern in 3 Fufs Abstand versteift. Die Verbindung der beiden Gitterwände ist durch die unteren 4 Fufs hohen Querträger von Gitterwerk in 6 Fufs Abstand bewirkt, worauf die Brückenbahn; ferner oben durch vertikale Querwände von weitläufigen Kreuzstreben in Abständen von 18 Fufs, auf den Pfeilern in Abständen von 6 bis 12 Fufs; in der Höhe der Unterkante der Brücke, ferner der Unter- und Oberkante des Oberrahmens sind horizontale Kreuzverbindungen, zusammen also drei, angeordnet.

Zum Auflager sind auf den Pfeilern durchgehende eiserne Unterlagsplatten befestigt. Auf der Mitte des Mittelpfeilers ist die Construction unverschieblich fest, während an den Enden der Träger durch Rollen der Längenveränderung durch die Temperatur Rechnung getragen wird (Fig. D).

Fig. 331. Brücke über die Nogat bei Marienburg, 2 Oeffnungen à 312 Fufs in Lichten mit 22 Fufs starkem Mittelpfeiler, über welchen der 24½ Fufs hohe Ueberbau combinirt hinweggeht. Die Anordnung und Breite der Brückenbahn ist wie bei der Dirschauer Brücke.

Die Rahmen haben aber keine Zellen, sondern eine Vertikalplatte und Horizontalplatten, letztere über die ganze Brückenbreite reichend, wodurch die liegende Kreuzverbindung und das Dach (ähnlich den Röhrenbrücken) ersetzt wird.

Diese Platten ruhen oben auf Z Eisen (der Länge nach), die in Abständen von 6 Fufs (über den Pfeilern in 3 Fufs) durch Zförmige Querschienen unterstützt sind; unten sind sie an den Querträgern (2 Fufs hoch) befestigt.

Fig. 332. Brücke über den Rhein bei Cöln enthält 4 Stromöffnungen à 313 Fufs im Lichten. Entfernung der Pfeiler von Mitte zu Mitte 333 Fufs. Der Oberbau, über 2 Oeffnungen combinirt hinweggehend, besteht aus 2 nebeneinanderliegenden Brücken, einer zweigeleisigen Eisenbahnbrücke mit doppelten Tragewänden 27 Fufs 2 Zoll hoch, 24 Fufs breit und einer Strafsenbrücke 27 Fufs breit. Maschenweite 2½ Fufs in der Diagonale. Die Gurtungen der Träger der Strafsenbrücke haben einfache T Form. Maximalquerschnitt 147 Quadrat Zoll, abnehmend nach den Wendepunkten der elastischen Linie und dem Scheitel derselben auf 52 resp. 82 Quadrat Zoll.

Die Gurtungen der Eisenbahnbrücke setzen sich aus 2 einfachen Gurtungen obiger Form zusammen. Maximalquerschnitt 244,4 Quadrat Zoll abnehmend wie vor bis auf 95,9 resp. 143,2 Quadrat Zoll.

Die Gitterstäbe in beiden Brücken 3½ Zoll breit, ½ Zoll stark zunehmend bis 5 Zoll Breite und 1¼ resp. 1½ Zoll Stärke.

Die Vertikal-Versteifungen der Gitter sind 5 Fufs, in der Nähe der Auflager 2½ Fufs von einander entfernt und bestehen bei der Strafsenbrücke aus Winkeleisen resp. damit vernieteten Blechplatten, bei der Eisenbahnbrücke hingegen aus Gitterwerk mit 2¾ Zoll breiten ¾ Zoll starken Stäben zwischen den doppelten Gitterwänden.

Die Querträger bei der Strafsenbrücke in 10 Fufs, bei der Eisenbahnbrücke in 5 Fufs Entfernung angebracht, bestehen aus 20 Zoll hohen, ¾ resp. ½ Zoll starken Blechträgern, deren Gurtungsplatten 8 resp. 10 Zoll breit sind. Gegen horizontale Schwankungen oberes und unteres Gitterwerk. Die Fahrbahn ist bei der Strafsenbrücke durch 7 Längsbalken, worauf doppelter Bohlenbelag, hergestellt. (Nicht Pflaster, wie in der Figur angegeben). Bei der Eisenbahnbrücke tragen 9½ Zoll hohe, 12 Zoll breite Langschweller die Fahrschienen.

Fig. 333. Brücke über die Aar bei Bern, 3 Oeffnungen mit combinirtem Ueberbau, 2 äußere à 166 Fufs, eine mittlere von 190 Fufs weit. Im Querschnitt zeigt die Brücke eine Röhre aber mit Gitterwänden 19,6 Fufs hoch; dieselbe trägt oben zwei Eisenbahngleise, durch das Innere der Röhre führt eine Strafsen.

Rechteckig zusammengenietete Blechrahmen verbinden alle 8 Fufs die Tragewände, zwischen den oberen Rahmen sind Längsträger zur Unterstützung der Eisenbahn-Querschwellen eingesetzt, über den

unteren Rahmen liegen Langschweller für die Fahrbahn.

In weiterer Ausbildung der Gitterwerke sind vorthellhaft größere Maschenweiten angewendet, um die Zahl der Vernietungen zu verringern, besonders auch statt der vielen schwachen Gitterstäbe wenige von stärkerem Querschnitt zu erhalten, die auch wegen des Durchrostens sicherer. Solches allmählig zunehmend bis zum Fachwerk. Gute Construction dieser Art ist

Fig. 334. Brücke über den Boyne-Fluss bei Drogheda, zweigeleisige Eisenbahnbrücke mit 3 Oeffnungen und combinirtem Ueberbau; die beiden äußeren à 141 Fufs, die mittlere 267 Fufs engl. von Mitte zu Mitte der Pfeiler.

Die Hauptträger bestehen aus doppelten etwa 2½ Fufs von einander entfernten Gitterwänden mit 7½ Fufs weiten Maschen in der Diagonale. Die Gitterstäbe ¾ Zoll stark, 4½ bis 10½ Zoll breit, wobei die Druckstreben durch aufgenietete Winkeleisen versteift sind. Jeder Rahm über den Pfeilern hat circa 130 Quadrat Zoll Querschnitt abnehmend nach den Wendepunkten bis auf 68,5 und 41 □ Zoll, und besteht aus 36 Zoll breiten Horizontalplatten, welche mit 4 Vertikalplatten von 18 Zoll Höhe durch 4 Winkeleisen mit 6 und 3 Zoll langen Schenkeln verbunden sind. Die aus Gitterwerk construirten circa 3¾ Fufs hohen Querträger sind in Entfernungen von 7½ Fufs angebracht, darauf 6 Zoll starke Bohlen und Langschweller für die Bahnschienen. Ueber jedem dritten Querträger ist mit den beiderseitigen Oberrahmen eine gitterförmige Querverbindung hergestellt, dazwischen einfache Horizontalkreuze. Ebenso befinden sich unter den Querträgern Horizontalverbindungen.

2. Blechträgerbrücken

wurden bald nach den ersten Gitterbrücken in England ausgeführt. Uebereinstimmend mit jenen nur zwischen Ober- und Unterrahmen, anstatt des Gitters, mit Ausfüllung von dicht vernieteter Blechwand versehen.

Zu bemerken ist, daß bei größeren Gittern das Material zu gleichmäßigem Widerstand vertheilt werden kann, während das Blech in der Mitte des Balkens trotz seiner Tragfähigkeit weniger nutzbar wird. Dagegen sind kleinere Balken am einfachsten und bequemsten als Blechbalken darzustellen.

Als ausgeführte Beispiele sind anzuführen:

Taf. 21.

Fig. 335. Blechträgerbrücken der Hannöverschen Eisenbahn für jedes Geleis 2 Wände 13 Fufs 9 Zoll hannöversch entfernt. Höhe $\frac{1}{10}$ der Weite von 30 bis 100 Spannweite. Wandstärke ¾ Zoll für kleinere, ½ Zoll für größere Brücken. Querschnitt jedes Ober- und Unterrahmen (incl. Winkeleisen) gleich $2 \square'' + 3 \square''$ mal $\frac{1}{10}$ der Weite. Die Winkeleisen von 10 bis 150 Fufs Weite zunehmend von ¾ und 2½ bis ¾ und 4 Zoll. Auflager auf den Pfeilern 2½ bis 3 Fufs lang, 1½ bis 2 Fufs breit, gewöhnlich mit Rollen. Die Querträger in 4½ Fufs Abstand, ebenfalls Blech, $\frac{1}{10}$ ihrer Länge hoch, meist in halber Höhe angebracht und mit Rippen zur Seitenhaltung der Hauptträger versehen. Langschweller dienen zur Unterstützung des Geleises, dazwischen Längsbohlen.

Fig. 336. Brücke über die Yssel (Rheinarm) bei Westerwoort für 2 Eisenbahngleise. In der Mitte eine 2armige Drehbrücke 41 Met. lang, zu jeder Seite eine feste Brücke mit je 2 Oeffnungen à 50 Met. Für letztere 3 combinirte Tragewände, deren Höhe nach den Enden abnimmt. Oberrahm ist von Gufseisen, über dem Mittelpfeiler durch Schmiedeeisen verstärkt. Oben 3 bogenförmige Querverbindungen. Querschwellen der Brückenbahn sind an den Hauptträgern angehängt, darüber Langschwellen für die Schienenstränge und dazwischen gewelltes Blech.

Fig. 337. Brücke über die Garonne bei Langon für 2 Geleise mit 3 Oeffnungen und combinirtem Ueberbau; jede Außenöffnung 63 Met., die Mittelöffnung 72 Met. im Lichten. Mittelpfeiler 4 Met. Die Blechwände der Hauptträger, 8,3 Met. entfernt, sind in den Stößen durch T förmige Deckplatten verbunden, in der Nähe der Mittelpfeiler durch Rippen verstärkt. Die Gurtungsquerschnitte variiren zwischen 654,4 und 312,4 □ Cent. Die Querträger, 2,58 Met. von einander entfernt, dazwischen Schwellenträger, sind in halber Höhe der Hauptträger angebracht und durch Streben mit Zugband unterstützt.

In England sind die mit den Querträgern verbundenen Seitenrippen weniger üblich, die Seitenhaltung des Oberrahmens geschieht gewöhnlich durch Verbreiterung desselben, oder auch, indem doppelt verbundene Wände gestellt werden. Die Bleche der Höhe nach.

Fig. 338. Brücke über den Wye-Fluss bei Chepstow, für 2 Geleise, hat 4 Oeffnungen, 3 à 100 Fufs 4 Zoll engl., eine am Ufer von 305 Fufs engl. von Mitte zu Mitte der Pfeiler. (Letztere wird später beschrieben). Für jedes Geleis sind 2 Blechwände à 7 Fufs 7 Zoll hoch, $\frac{1}{4}$ Zoll stark, angeordnet. Der Oberrahmen 3 Fufs breit, aus einem gekrümmten, vertikalen und 2 schrägen Blechen $\frac{3}{8}$ Zoll stark gebildet. Unterrahmen 2 $\frac{1}{2}$ Fufs breit aus doppeltem Blech bestehend.

Fig. 339. Brücke der Manchester-Sheffield Eisenbahn über den Trent. Zwei Oeffnungen à 154 Fufs engl. weit. Für 2 Geleise 2 Wände 26 Fufs entfernt, 12 Fufs hoch. Unten Querträger von Blech, darauf Langschwellen mit Bohlen und Belag.

Fig. 340. Brücke über den Medway zu Rochester mit 3 Oeffnungen und combinirtem Ueberbau, jede Seitenöffnung 140 Fufs engl., die Mittelöffnung 170 Fufs und am Ufer eine Drehbrücke 50 Fufs weit. Der Oberrahmen ist nach der Parabel gebildet, die äußeren Träger aus einfachem, der mittlere aus doppeltem Blech. Die Brückenbahn, aus 10zölligen Hölzern dicht aneinander, unten angehängt. Dimensionen aus der Figur ersichtlich (preufs. Maafs).

Fig. 341. Landungsbrücke zu Liverpool, 113 Fufs weit. Das eine Ende der Brücke ist am Ufer um eine Axe drehbar, das andere ruht auf einem Ponton; die Seitenwände sind als Hohlträger construirt, in der Mitte 10 Fufs, an den Enden 5 Fufs hoch, durch einen mittleren Bogen verbunden. Die Querträger bestehen aus T Eisen, worauf der Bohlenbelag.

Vollkommene Seitenhaltung ist für Blechbrücken bei genügender Höhe durch obere Kreuz- und Querverbindungen zu erzielen, die horizontal die Wände verbindet mit Anschluss an die Pfeiler, ähnlich wie bei den angegebenen größeren Gitterbrücken. Eine eigenthümliche Ausdehnung dieser Anordnung sind die Röhrenbrücken, bei denen der Ober- und Unterrahmen über die ganze Brückenbreite ausgedehnt

(siehe auch Brücke über die Nogat) die Querverbindung ersetzend und mit den 2 einfachen Seitenwänden zu einer viereckigen Röhre zusammengesetzt, auf deren Boden im Innern die Brückenbahn.

Fig. 342 A bis E. Britannia-Brücke über die Meerenge von Menay, 1846 bis 1850 erbaut, hat 2 Röhren mit innerem Geleise, jede 1524 Fufs engl. lang (2 mittlere Spannweiten à 460 Fufs, 2 äußere à 430, Auflager auf dem Mittelpfeiler 45 Fufs, auf den 2 Seitenpfeilern à 32 Fufs, auf den 2 Endpfeilern à 17 $\frac{1}{2}$ Fufs). Nachdem die 4 Röhrentheile bis auf die Pfeiler gehoben, sind dieselben dort mit einander vernietet.

Die Ober- und Unterrahmen sind ihrem Querschnitt nach rechteckig mit doppelten Decken und Böden, zwischen ersteren 8 und zwischen letzteren 6 Zellen angeordnet (1 Fufs 9 Zoll hoch im Lichten) (Fig. C). Die Seitenwände einfach überall dicht durch vernietete Eisenplatten gebildet. Die Röhre ist im Lichten 14 Fufs breit, über dem Mittelpfeiler 30 Fufs, auf den Zwischenpfeilern 27 Fufs, über den Endpfeilern 23 Fufs hoch. Der Oberrahmen (gegen Zusammendrücken) aus Platten 6 Fufs lang, 1 Fufs 9 Zoll breit, in der Mitte der Röhre $\frac{1}{8}$ Zoll, an den 2 Enden $\frac{1}{4}$ Zoll stark, der Länge nach gelegt, einfach, über den Stößen auf beiden Seiten flache Deckplatten vernietet, gegen die Zellen Winkelbleche (Fig. D), größter Querschnitt 670 Quadratzoll. Der Unterrahmen (gegen Zerreißen) besteht in jedem Boden aus doppelten Platten à 12 Fufs lang und so breit als die Zellen, nur die Querschnitte sind verwechselt (Fig. E); Dicke der Platten in der Mitte $\frac{3}{8}$ an den Enden $\frac{1}{4}$ Zoll, größter Querschnitt 517 Quadratzoll. Auf den Stützpunkten der Pfeiler sind starke gulfseiserne Rahme in die unteren Zellen eingeschoben. Auf dem Boden liegen hölzerne Querschwellen 6 Fufs entfernt, darüber Längsschwellen mit den Schienen.

Fig. 343. Brücke über den Aire-Fluss zu Brotherton, eine Oeffnung 225 Fufs engl. weit; Länge der Röhre 237 Fufs. Jeder Oberrahmen 12 Zoll breit, 1 Zoll stark, beide durch eine gewölbte Decke verbunden $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll stark mit Vertikalblechen von 8 Zoll Höhe und $\frac{3}{4}$ Zoll Stärke, so wie der Länge nach durch Winkeleisen verstärkt. Der Unterrahmen ist ein durchgehend doppelter Boden, jeder $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll stark. Querrippen 12 Zoll hoch, $\frac{3}{8}$ Zoll stark in 5 Fufs Entfernung. Querschnitt des ganzen Obertheils in der Mitte 165 Quadratzoll, der des unteren etwas schwächer.

3. Fachwerksbrücken.

Bei der großen Gitter- und Blechconstruktion, wie beschrieben, hat man in neuerer Zeit verschiedene wesentliche Aenderungen, gleichsam Ausbildung des Gitterwerks begonnen. Anstatt der Gitter- und Blechwände wird die Verbindung von Ober- und Unterrahmen durch einzelne Streben und Zugbänder bewirkt. Neigung circa 60 besser 45 Grad. Die Streben hat man wohl von Gufseisen gefertigt mit genauen Profilen und Verbindungsendigungen, Zugbänder von Schmiedeeisen. Solche Vereinigung von Guf- und Schmiedeeisen ist trotz deren Ungleichheit zulässig erachtet, weil sich die Stücke frei um ihren Endbolzen drehen können.

Der Oberrahm, anstatt aus vernieteten Blechen (Kasten oder Röhre von Blech) ist zuweilen aus starken gulfseisernen

Röhren angefertigt. (Brücke über den Trent bei Newark, über den Potamac bei Harpers-Ferry und andere.)

Der Unterrahmen, dessen Sicherheit gegen Zerreißen hauptsächlich auf der Nietung beruht, ist als starke eiserne Kette gebildet, ähnlich wie bei den Kettenbrücken.

Taf. 22.

Fig. 344 A bis C. Brücke über den Flackensee bei Erkner, 1 Oeffnung 82 Fufs im Lichten für 1 Eisenbahngleise. Die Hauptträger sind in Felder von $7\frac{3}{4}$ Fufs (Entfernung der Querträger von einander) getheilt. Jeder Rahmen ist gebildet aus 2 Horizontalplatten und Winkeleisen nebeneinander, dazwischen grofse Laschen, mit welchen die Kreuze und Vertikalen vernietet sind. Jede Gurtung hat 23 Quadratzoll Querschnitt, im Scheitel 30 Quadratzoll. Die Druckstäbe bestehen aus 4 Winkeleisen, von den Enden nach der Mitte an Stärke abnehmend; die Zugstäbe aus Flacheisen.

Auf den Querträgern (Blechwand 2 Fufs hoch) liegen kastenförmige unten offene Blechbalken als Langschwellen für die Schienen. Unterhalb horizontale Kreuzverbindungen.

Das eine Ende der Brücke liegt fest auf (Fig. C), das andere auf Rollen verschieblich (Fig. A).

Fig. 345 A bis C. Brücke über den Trent bei Newark (1851 erbaut) eine Oeffnung von $240\frac{1}{2}$ Fufs engl. Jedes Geleise hat 2 Tragwände. Der Unterrahmen besteht aus einer Kette von 18 Fufs langen Gliedern, 9 Zoll hoch, $\frac{7}{8}$ Zoll stark. Der Oberrahmen ist als gufseiserne Röhre gebildet, die aus einzelnen Stücken mit Flanschen zusammengesetzt ist, hat an den Enden $13\frac{1}{2}$ Zoll engl. Durchmesser, in der Mitte 18 Zoll; Wandstärke zunehmend von $1\frac{1}{2}$ bis resp. $2\frac{3}{8}$ Zoll.

Ober- und Unterrahmen sind durch Streben (Gufseisen) und Zugbänder (Schmiedeeisen) unter 60 Grad verbunden, erstere gabelförmig die Röhre und die Zugbänder umfassend (Fig. C) und unten durch 6 Zoll starken Bolzen mit den Kettenstäben und Zugstäben verbunden. Die Zugbänder, Schmiedeeisen 9 Zoll breit, zu beiden Seiten der Röhre hinaufgehend, die 4 von der Mitte aus auf jeder Seite sind einfach, die folgenden 3 je doppelt mit oberer und unterer Oese versehen. An den Knotenpunkten oben und unten sind, die beiden Wände verbindend, Querstücke von Gufseisen (Fig. B) und zugleich schmiedeeiserne horizontale Kreuzstäbe befestigt. Zur Brückenbahn sind nur auf die Ketten durchgehende 7zöllige hölzerne Bohlen gelegt, darauf die Bahnschienen. Die Kettenglieder sind in ihrer Mitte noch durch je 2 Hängeeisen $1\frac{1}{4}$ Zoll stark an die Röhre angehängt (Fig. A und C). Auf den Pfeilern stehen beiderseitig grofse gufseiserne Böcke, der Quere nach durch obere Bogen verbunden; daran endigt das System mit Bolzen, ebenso die obere Kreuzverbindung.

Fig. 346 A bis D. Der Crumlin-Viaduct (Süd-Wales) begonnen 1853, 10 Weiten à 150 Fufs engl. von Mitte zu Mitte der Pfeiler, größte Höhe über der Thalsole 203 Fufs. Grundrifs mit Krümmung.

Die Pfeiler (vergl. Grundrifs Fig. C) sind auf Quadermauerwerk von gufseisernen Säulen (12 Zoll Durchmesser), die in verschiedenen Etagen von je 17 Fufs Höhe über einander stehen und durch Kreuze verbunden sind, aufgeführt.

Jede der 4 Tragwände mit Ober- und Unterrah-

men, Streben und Zugbänder unter ca. 60 Grad zusammen mit 3 Zoll starkem Bolzen verbunden, woran gufseiserne Querröhren befestigt (Fig. D). Oberrahmen ist als Blechkasten mit 23 bis 35 Quadratzoll Querschnitt, Unterrahmen aus Flachschiene mit Laschen gebildet 15 bis 34 Quadratzoll (Fig. D).

Streben kreuzförmig 20 bis 10 Quadratzoll, Zugbänder zweiseitig $13\frac{1}{2}$ bis 7 Quadratzoll Querschnitt.

Nur der Oberrahmen liegt auf, im Nuth verschieblich, ohne Rollen.

Fig. 347 A bis C. Brücke über die Themse bei Windsor für 2 Geleise à 7 Fufs engl. Spurweite mit 3 Tragwänden, von denen jede auf 2 mal 3 gufseisernen Säulen à 6 Fufs Durchmesser ruht, als Bogenhängerwerk ganz von Schmiedeeisen construiert. Unterrahmen 6 Fufs hoch, $\frac{3}{8}$ Zoll stark mit Laschen, in der Mitte doppelt, Ober- und Unterplatte 30 Zoll breit. Oberrahmen bogenförmig im Querschnitt dreieckig 42 Zoll breit, 38 Zoll hoch, wobei Reparaturen schwierig (Fig. C). Am Ober- und Unterrahmen sind zu beiden Seiten Laschen angebracht, an welche die Vertikalen so wie die Kreuze befestigt. Ueber der Mitte der Bögen eine Kreuz- und Querverbindung.

Fig. 348. Brücke der Blackwall und Eastern Counties Eisenbahn hat eine Oeffnung 120 Fufs engl. weit, 2 Wände 24 Fufs 9 Zoll von einander zu 2 Geleisen.

Jede Wand hat als Unterrahmen eine horizontale Kette von 8 Fufs langen Gliedern, bestehend aus 9 bis 10 Schienen, 8 Zoll hoch, $\frac{3}{4}$ Zoll stark dicht nebeneinander liegend, jedoch steif vernietet.

Als Oberrahmen dient ein Blechkasten, der bogenförmig nach den Enden herabgeführt ist. Pfeilhöhe 8 Fufs.

Zwischen beiden Vertikalständer, und jedes Feld 8 Fufs breit (in welcher Entfernung auch die Querträger) mit Andreaskreuzen.

Fig. 349. Brücke über die Orne bei Caen, 1 Oeffnung 44 met. weit, für 2 Geleise, 3 Tragwände à 46,5 met. bei 4 met. Pfeil. Die 0,9 met. 1 met. resp. 1,22 met. breiten oberen und unteren Gurtungen sind in den Knotenpunkten durch vertikale Blechwände von gleicher Breite und mit doppelt T förmigem Querschnitt verbunden, in den Endfeldern volle Blechwände. Die Druckstreben sind kreuzförmig, dazwischen, die Zugbänder von Flacheisen. Die Querträger von 0,36 met. Höhe, 2,54 met. Entfernung tragen zwischen sich die paarweise angeordneten Langschwellen, darauf Belag und Schienen (vergl. Querschnitt).

Taf. 23

Fig. 350 A bis C. Brücke über die Brahe bei Czernik mit 2 Oeffnungen à 64 Fufs normaler Weite. Für das Geleis sind 2 Hauptträger (Parabelform mit $\frac{1}{8}$ Pfeil), wegen schiefer Ueberführung à 81 Fufs lang von Mitte zu Mitte Auflager, angeordnet.

Oberrahmen $17\frac{3}{4}$ Quadratzoll Querschnitt, aus 2 Vertikalblechen mit 4 Winkeleisen bestehend, oben und unten durch Gitterwerk zu einem Kasten von 13 Zoll Weite im Lichten verbunden.

Der Unterrahmen $16,2$ Quadratzoll Querschnitt ist aus 4 Vertikalblechen mit Laschen 1 Zoll stark, 5 Zoll breit gebildet.

Verbindung beider geschieht durch die aus Gitterwerk hergestellten Vertikalen mittelst des durch jede

Gurtung gezogenen 2zölligen Bolzens; die Diagonalen, nur auf Zug, bestehen aus Flacheisen mit 2 Quadratzoll Querschnitt (Fig. C).

Die Querträger in 9 Fufs Entfernung, in der Mitte 33 Zoll hoch, an den Enden 15 Zoll hoch, tragen die 6 Fufs von einander entfernten Schwellenträger. Zur Uebertragung des Drucks auf die Auflager dienen gusseiserne Schuhe; dieselben ruhen auf oben cylindrischen Stützplatten (3 Zoll Radius), welche auf dem Mittelpfeiler auf besonderen Unterlagsplatten mittelst Keilen befestigt, auf den Endpfeilern aber auf Rollen ($4\frac{1}{2}$ Zoll Durchm., 20 Zoll lang) verschieblich sind. Letztere an jeder Seite auf $1\frac{1}{2}$ Zoll abgeschnitten, sind mit Zapfen und Zarge versehen. Untere horizontale Kreuzverbindungen in der Ebene der Mittellinie der unteren Gurtung, befestigt an Lappen der unteren Bolzenhülsen und mit den unteren Gurtungen der Schwellenträger vernietet. Durch $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Rundstäbe werden die unteren Bolzenhülsen gegen die Querträger abgestützt (Fig. B).

Fig. 351 A bis D. Strafsenbrücke über den Erie-Canal bei Buffalo, 1 Oeffnung von 72 Fufs, besteht aus 2 Tragwänden mit parabolischem Oberrahmen. Die obere Gurtung ist aus mehreren geraden gusseisernen Theilen, im Scheitel 10 Zoll, am Ende 2 Fufs 4 Zoll breit, gebildet. In den Knotenpunkten hängen Hängestangen $1\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser herab, welche gusseiserne Körper mit vorstehenden ovalen Zapfen tragen. Letztere werden von der unteren Gurtung umfaßt, die aus länglichen aus Rundeisen zusammen geschweiften Schlingen besteht.

Die Diagonalen, aus Rundeisen, umfassen oben die Vertikalen (Fig. D), gehen unten durch das vorerwähnte Gufsstück und werden mittelst einer Schraubenmutter gespannt. Die Querträger ruhen auf den Gufsstücken, während die Längsbalken mit schmiedeeisernen Bügeln an jene aufgehängt sind.

Fig. 352 A bis C. Brücke über den Wye-Flufs bei Chepstow, eine zweigeleisige Eisenbahnbrücke mit 4 Oeffnungen; drei à $100\frac{1}{4}$ Fufs und eine 305 Fufs engl. Für jedes Geleise sind 2 Blechwände mit 7 Fufs 7 Zoll Höhe von der schon beschriebenen Construction angeordnet (vergl. Fig. 307). Die Blechwände über der großen Oeffnung von 305 Fufs sind aufer an den Endpunkten in 2 Punkten ihrer Länge durch eine Hängewerksconstruction unterstützt. Es ist nämlich über jedem Geleise eine Eisenblechröhre von 9 Fufs Durchmesser, $\frac{5}{8}$ Zoll Wandstärke, mit 212 Quadratzoll Querschnitt angebracht (Fig. B), an beiden Enden durch hohe gusseiserne Böcke getragen. Von jedem Ende ist zu beiden Seiten der Röhre eine Kette schräg nach den Aufhängepunkten der Blechwand hinabgeführt, befestigt, und beide Punkte durch Verlängerung der Kette verbunden. Die Ketten zu beiden Seiten der Röhre haben 2 mal 12 Schienen (die Verbindungskette 2 mal 10) à 10 Zoll breit, $\frac{3}{4}$ Zoll stark und 180 Quadratzoll Querschnitt.

Zwischen den Aufhängepunkten und der Röhre sind 2 Böcke mit Querverbindungen eingesetzt, um die Röhre noch von der Brückenbahn tragen zu lassen, nicht umgekehrt und zugleich zur Steifigkeit gegen einseitige Belastung. — Die Endpunkte der Brückenbahn und der Röhre ruhen auf Sätteln mit Rollen (Fig. 352 C). Die beträchtliche Höhe der Verbindung,

zusammen circa 60 Fufs, bewirkt vortheilhaft verhältnismässig nur geringe Spannungen.

Diese Construction ergibt eine bedeutende Ersparung an Material gegen Gitter und Blechträger.

Die Endpfeiler der Brücke sind von Stein, die 3 Mittelpfeiler aus gusseisernen Röhren gebildet, und zwar der Hauptpfeiler aus 2 mal 3, die beiden andern aus 1 mal 3 Röhren, im Grunde 8 Fufs, oben 6 Fufs Durchmesser in Stücken von 9 Fufs Länge gegossen und mittelst atmosphärischer Gründung versenkt.

Fig. 353. Brücke über den Potamac bei Haspers Ferry, eingleisige Eisenbahnbrücke über einer Oeffnung von 124 Fufs engl. im Lichten. Jede Tragewand hat oben eine gusseiserne Röhre von 12 Zoll Durchmesser, zwischen welchen über den Knotenpunkten Querverbindungen angebracht (vergl. Durchschnitt). Ober- und Unterrahmen (Holz), sind in Entfernung von $15\frac{1}{2}$ Fufs engl. durch Hängesäulen mit einander verbunden. Von den Fußpunkten der letzteren führen nach beiden Enden der Röhre schmiedeeiserne Zugstangen. Construction der Querträger siehe Abbildung.

Fig. 354 A und B. Brücke über den Tamar bei Saltasch, eingleisige Eisenbahnbrücke über 2 Oeffnungen à 455 Fufs engl., zu beiden Seiten kleinere Oeffnungen à 80 Fufs. Die eigentliche Trägerconstruction besteht in einer über die ganze Bahnbreite reichenden gebogenen Blechröhre, an deren beiden Enden auf jeder Seite 2 übereinander liegende Ketten befestigt sind, die ähnlich wie bei den Hängebrücken herabhängen und durch Vertikale und Kreuze mit der Röhre verstrebt sind. Jede Kette 14 Glieder neben einander 7 Zoll hoch 1 Zoll breit. Röhre elliptisch 17 Fufs breit 12 Fufs hoch, oben und unten $\frac{1}{2}$ Zoll an den Seiten $\frac{3}{4}$ Zoll stark construiert. Höhe im Scheitel incl. Brückenbahn etwa 60 Fufs. Zur Brückenbahn (den großen und kleinen Oeffnungen) sind 2 horizontale 8 Fufs hohe Blechwände mit bogenförmigen Oberrahmen und dazwischen Querträger angeordnet. Diese Tragewände sind an der Röhre und den Ketten gemeinschaftlich mittelst breiter Vertikalbleche angehängt. Brückenbahn 105 Fufs über dem Hochwasser.

C. Gewölbartige eiserne Brücken.

Man könnte Sprengwerke wie bei den hölzernen Brücken bilden, indem man die unteren Zugstangen fortläfst und dafür die Streben sich gegen das Widerlager stemmen läßt; doch ist dies für grössere Weiten nicht passend und geht man für diese Fälle auf Bogenbrücken über, die früher ausschliesslich aus Gufseisen, in neuerer Zeit aus Schmiedeeisen hergestellt sind.

Die Pfeilhöhe der Bögen wird durchschnittlich $\frac{1}{10}$ der Weite angenommen.

Starke Bogenrippen, am besten aus vollem Gufseisen, die bei grösseren Weiten aus mehreren Stücken und mit radialen Fugen zusammengesetzt werden, stemmen sich gegen die Widerlager. Auf den Bögen stützen sich vertikale Ausfüllungen von Eisenwerk (genügend stark gegen Formveränderung bei einseitiger Belastung), welche zunächst die Brückenbahn tragen und deren Gewicht auf die Bogenrippen leiten. Indem man die Rippen mit genügenden Quer- und Kreuzverbindungen (gewöhnlich hochkantige gusseiserne durch-

brochene Platten) versieht, widerstehen diese Brücken den Schwankungen.

Bei guter Anordnung und Herstellung der Rippen aus vollem Gufseisen mit angemessener Stärke, so daß die Stöße der Nutzlast auf die große Masse nur geringen Einfluß üben, sind diese Brücken bis zu beträchtlichen Spannweiten, (240 Fuß engl.) ausgeführt; darüber hinaus dürften Gitter oder Blechbalken unentbehrlich sein.

Die Bogenrippen werden in einzelnen Stücken bis zu 20 Fuß Länge und mehr gegossen, im Querschnitt hochkantig mit oberen und unteren Verstärkungen zum radialen Stoß mit verbreiterten Stoßflächen, die gehobelt und am besten unmittelbar stumpf gegen einander gesetzt und zusammengeschaubt werden.

Eine der solidesten und ansehnlichsten Brücken dieser Art ist

Taf. 24.

Fig. 355 A bis F. Die Southwark-Brücke über die Themse zu London, 1814 bis 1819 erbaut, 3 Oeffnungen, 2 à 210 Fuß engl., eine 240 Fuß engl. weit; Pfeilhöhe der letzteren $\frac{1}{10}$ = 24 Fuß, Breite der Brückenbahn 42 Fuß, hierzu sind 8 Bogenrippen in 6 Fuß Entfernung aufgestellt. Höhe des Bogens im Scheitel 6 Fuß mit 182 □ Zoll Querschnitt, am Widerlager 8 Fuß, Stärke circa $2\frac{1}{2}$ Zoll mit oberer und unterer 4 Zoll breiter Verstärkung.

Jeder Bogen ist aus 13 Stücken à 18 bis 20 Fuß mit radialen Stößen zusammengesetzt, die mit den hindurchgehenden und durchbrochenen 12 Stück Querverbindungsplatten zusammengeschaubt sind. (Fig. 15). Ferner sind 2 Kreuze von Rippe zu Rippe gehend angebracht (Fig. C und E). Auf den Widerlagern durchgehende Sohlplatten.

Die Ausfüllungsteile vom Bogen bis zur Brückenbahn reichend, haben ein unteres, ein oberes und ein mittleres Curvenstück, ferner vertikale und schräge Stäbe von nur schwachem Profil und in der halben Höhe noch einige Querstangen (Fig. B und D), darauf gufseiserne Belagsplatten mit Rippen und Pflaster.

Älter und in mancher Beziehung der vorigen nachstehend sind folgende 3 Brücken:

Fig. 356 A und B. Brücke über den Wear Fluß zu Sunderland, 1796 erbaut, 1 Oeffnung von 236 Fuß engl. 34 Fuß Pfeil, 6 Bogenrippen in $6\frac{1}{4}$ Fuß Entfernung mit Durchbrechungen aus Curven mit Radialstäben dazwischen bestehend.

Höhe des Bogens im Scheitel 51 Zoll und 46 Quadratzoll Querschnitt ohne die Radialstäbe.

Jede Rippe ist aus Stücken von $2\frac{1}{4}$ Fuß lang jedesmal mit 2 Radialstäben zusammengesetzt, wozu 3 schmiedeeiserne Bogenstäbe eingelegt und durch Schrauben befestigt sind.

Die einzelnen Rippen sind durch gufseiserne Röhren, die an den Stoßpunkten der Rippenstücke mit Blättern verschraubt sind, verbunden.

Zur vertikalen Ausfüllung dienen große Ringe, darüber liegen zur Brückenbahn hölzerne Strafsenbalken mit hölzernem Belag.

Fig. 357 A und B. Brücke über die Themse zu Stains, 1802 erbaut, 180 Fuß engl. weit, 16 Fuß Pfeilhöhe mit 6 Rippen à 5 Fuß entfernt. Der Bogen ist einfach durchbrochen, 46 Zoll im Scheitel hoch und 51 Quadratzoll Querschnitt (Fig. B), ohne die Ver-

bindungsstäbe der oberen und unteren Curvenstücke. Die $4\frac{1}{4}$ Fuß langen Bogenstücke werden gegeneinander mit Dübel verbunden. Zur Querverbindung ist an jedem Stoß oben und unten ein niedriger durchbrochener Rahmen aufgeschraubt. Als vertikale Ausfüllung dienen wieder Ringe mit Lappen, darauf Längenschienen, auf denen eiserne Belagsplatten liegen.

Fig. 358 A und B. Austerlitz-Brücke über die Seine zu Paris, 1805 erbaut, 5 Oeffnungen à 100 Par. Fuß weit 10 Fuß Pfeil und 5 Rippen à $6\frac{1}{2}$ Fuß entfernt. Der Bogen mit doppelten Durchbrechungen ist im Scheitel 48 Zoll hoch mit 38 Quadratzoll reinem Querschnitt und aus 5 Fuß langen Stücken mit 2 mal 4 Durchbrechungen (Fig. B) zusammengesetzt. Auf jedem Stoß oben und unten eine Querverbindungsstange.

Die Ausfüllung über dem Bogen bildet ein centrales Sprossenwerk.

Fig. 359 A bis C. Die Durchbrechungen der Bogenrippen werden häufig decorativ ausgebildet, welches jedoch nur für kleinere Constructionen angewendet wird.

Fig. 360 und 361. Bei den kleineren Brücken hat man oft die Bogenrippen mit den Ausfüllungen zusammengesossen, auch den ganzen Bogen nebst Ausfüllung in einzelne radiale Theile zerlegt, so die Bögen der Langen Brücke zu Potsdam 60 Fuß weit (Fig. 360) aus 3 Stücken, die der Weidendammerbrücke in Berlin (Fig. 361) aus 2 Stücken zusammengesetzt.

Fig. 362. Die Louvre Brücke über die Seine zu Paris von abweichender Construction. Dieselbe hat 9 Bogen à 18 Met. weit mit $\frac{1}{2}$ Pfeil, 5 Rippen in $2\frac{1}{2}$ Met. Entfernung von einander, jede 3 Zoll breit und 6 Zoll hoch aus 2 Stücken bestehend, die im Scheitel zusammenstoßen.

Die steinernen Pfeiler reichen nur bis zum Bogenanfang, darüber eine eiserne verstrebt Stützwand.

Statt der Ausfüllung sind je 2 Bogenschenkel durch ein aufgesetztes Bogenstück verstrebt.

Die hölzernen Querbalken werden von aufgesetzten vertikalen Stäben getragen.

Fig. 363. Brücke bei Tarascon über die Rhone, 1851 und 1852 erbaut, zweigeleisige Eisenbahnbrücke mit 7 Oeffnungen à 60 Met. weit mit $\frac{1}{2}$ Pfeil. Mittelpfeiler 9 Met. mit 1 Met. ausragenden Kämpfersteinen auf jeder Seite. Breite der Brücke 9 Met. mit 8 Bogen, welche aus 17 Stücken zusammengesetzt sind; jeder Bogen mit vollem Querschnitt durchweg 1,6 Met. hoch, 0,06 Met. dick, beiderseits mit dreifachen Rippenlauf verstärkt. Gesamtquerschnitt 210 Quadratzoll preufs.

Die auf jedem Stoß zwischen je 2 Bogen sowohl auf dem oberen als unteren Rippenlauf angesetzte Querverbindung besteht in je einem gufseisernen Kasten. Auf dem Widerlager sind starke Lagerplatten befestigt, worauf jeder Bogenfuß zugleich mit $2\frac{1}{4}$ bis $3\frac{1}{4}$ Zoll Zwischenfuge gesetzt, in welche behufs Herstellung gleichmäßiger Spannung 5 Reihen Keile $3\frac{3}{4}$ Zoll dick eingetrieben sind. Die Bogen-Ausfüllungen bestehen in 1 zölligen durchbrochenen Platten mit Rippen, untereinander durch Querbalken und Kreuze verbunden, darüber gufseiserne bogenförmige Deckplatten, die sowohl unter sich als auch mit den Bögen und deren Ausfüllung verbolzt sind.

Zur Vermehrung der Steifigkeit gegen seitliches Biegen hat man zuweilen den Bogen aus hohlen Röhren (kreisrund, elliptisch) zusammengesetzt. Hierher gehört:

Fig. 363 A bis C. Die Caroussel-Brücke über die Seine zu Paris, 1836 erbaut; 3 Oeffnungen à 70 Met. weit und $\frac{1}{10}$ Pfeil, 8,5 Met. breit, mit 4 Bögen. Jeder Bogen mit 139 Quadratzoll Querschnitt ist elliptisch aus 2 Hälften, in der einen 11, in der andern 10 Stücke mit verwechselten Stößen zusammengesetzt. Zum Zusammenschrauben befinden sich oben und unten, so wie an den Enden angegossene Flanschen. Das Innere der Röhre füllt noch ein Bohlenbogen aus (Fig. C).

Taf. 25.

In neuerer Zeit hat man auch Bögen aus Schmiedeeisen hergestellt; so die 3 folgenden Brücken:

Fig. 365 A bis C. Die Arcole-Brücke über die Seine zu Paris, 1855 erbaut, 1 Oeffnung von 80 Met., 6,13 Met. Pfeil, 20 Met. breit mit 12 Bogenrippen, welche auf den äußeren Seiten unter dem Trottoir $3\frac{1}{2}$ Met. sonst $1\frac{1}{2}$ Met. entfernt angeordnet sind.

Jede Rippe ist im Scheitel 15 Zoll par. hoch am Widerlager $54\frac{1}{4}$ Zoll. Ein $\frac{1}{2}$ Zoll starkes Blech ist mit oberer und unterer 19 Zoll breiter Platte mit Winkeleisen vernietet und durch vertikale Winkeleisen versteift. Die Deckplatten der 4 äußeren Rippen sind 3fach (Fig. C), die der übrigen 2fach; der Querschnitt jener im Scheitel 96 Quadratzoll und der letzteren 76 Quadratzoll.

Die Ausfüllung über dem Bogen besteht aus Stäben oben mit T förmigen Balken begrenzt, worauf gewellte Bleche mit der Ueberfüllung und der Steinbahn liegen.

Fig. 366. Brücke über die Theis zu Szegedin für eine zweigeleisige Eisenbahn, 8 Oeffnungen à 132 Fufs; 20 Fufs breit mit 4 schmiedeeisernen Parabelbögen von $\frac{1}{5}$ Pfeil.

Die Bögen sind von circa $\frac{1}{2}$ zölligen Blechen mit 9 Zoll breiter oberer und 18 Zoll breiter unterer Gurtung hergestellt. Ingleichen ist zum oberen Längsbande und zum Zwischenverbande doppelt T förmiges Profil zusammengenietet. Dimensionen nach der Zeichnung.

Fig. 367. Brücke über den Canal St. Denis; für eine zweigeleisige Eisenbahn mit einer Oeffnung ($30\frac{1}{2}$ Grad schiefl) in der Brückenaxe 45 Met. weit; 4 Bogenrippen à 4,85 Met. Pfeil, jeder aus einer Verticalplatte mit 4 dagegen genieteten Barlowschienen, Winkeleisen und Horizontalplatte gebildet.

Bogenausfüllung und deren Verbindung geht aus der Skizze hervor.

Für kleinere Weiten hat man zuweilen die Bögen aus Eisenbahnschienen hergestellt, so

Fig. 368. Brücke der Thüringer-Eisenbahn, 17 Fufs weit. Ausfüllung von Gufseisen, desgleichen der Querverband zwischen den Tragerippen.

Fig. 369. Die High Level Bridge über den Tyne bei Newcastle ein großes imposantes und solides Bauwerk. Eigentlich ein Bogenhängewerk. 6 Oeffnungen à 124 Fufs 10 Zoll engl. circa $\frac{1}{7}$ Pfeil, Mittelpfeiler 14 Fufs breit circa 135 Fufs hoch; zuoberst 3 Bahngeleise zusammen mit Brüstung 37 Fufs breit, durch 4 gufseiserne Bögen getragen. In der Höhe der Kämpfer circa 22 Fufs tiefer ist ein Fahrweg und

2 Fußwege durch die 4 Bogenrippen geschieden, von denen die beiden inneren circa die doppelte Stärke der beiden äußeren haben. Schmiedeeiserne Zugketten verbinden die Bogenfüße, wodurch der Schub aufgehoben wird.

In 10 Fufs Längenabständen sind Hängestäbe in starken vertikal durchgehenden Kasten von Gufseisen, zur Steifigkeit und Tragen der oberen Bahn dienend; zu diesen gufseiserne Querträger, darauf hölzerne Längsbalken, doppelter Bohlenbelag und Schienen. Zur unteren Bahn ist in jeder Bogensehne ein gufseiserner Längsbalken, unter dem unabhängig die gedachte Zugkette, darauf hölzerne Querbalken ($3\frac{1}{2}$ Fufs Abstand) und doppelter Bohlenbelag.

Als wichtig ist bei den Bogenbrücken, namentlich für größere Spannweiten, die Längenveränderung durch die Temperatur zu berücksichtigen, wodurch der gegen unverrückbare Widerlager gestützte Bogen sich wie bei einseitiger Belastung im Scheitel, mit schädlicher Biegung daselbst, heben resp. senken wird. Als Abhilfe hiergegen erscheint es zweckmäßig, den Bogen aus zwei in der Mitte in einem Charnier zusammenstoßenden Hälften zu bilden, die bei Längenänderung des Materials in ihrer Form ungeändert bleiben, indem sie mit Hebung und Senkung des Scheitels sich um ihre in Pfannen (Charniere) ruhenden Fußpunkte drehen.

Nach diesem Prinzip ist in neuester Zeit, in Berlin über die Spree, zum erstenmal wenigstens in Deutschland, eine schmiedeeiserne Bogenbrücke mit 5 Oeffnungen, zwei Endöffnungen à $40\frac{1}{2}$ Fufs, drei Stromöffnungen à $53\frac{1}{2}$ Fufs lichter Weite mit $\frac{1}{12}$ Pfeil zur Ausführung gebracht.

D. Brücken mit vereinigten Hänge- und Sprengwerken.

Hierbei sind verschiedene Anordnungen möglich, jedoch für eiserne Brücken selten zur Ausführung gekommen.

Ein größeres Beispiel dieser Art ist

Fig. 370. Die Brücke über den Severn zu Buildwas, 1796 erbaut, 1 Oeffnung 130 Fufs engl. weit, 5 Rippen, 2 à 15 Fufs Pfeil, 3 à 25 Fufs. Letztere reichen mit dem Fufs 10 Fufs tiefer, davon die beiden äußeren mit dem Scheitel 4 Fufs höher, als die ersteren (vergl. Durchschnitt.) Die Brückenbahn ist flach gekrümmt.

Fig. 371 A und B. Strafsen-Brücke über den Paddington-Canal, (im Vereinigungspunkte mit der Birmingham-Bristol Bahn, dreifache Ueberführung). Brücke 70 Fufs engl. weit, schräg über den 30 Fufs breiten Canal mit 4 gufseisernen Bögen mit $\frac{1}{2}$ Pfeil gegen die Widerlager geführt. Dazwischen befindet sich in halber Höhe eine hölzerne Brückenbahn, die in der Mitte an Hängeeisen an den Enden auf Trageeisen befestigt ist.

Fig. 372 A und B. Brücke über die Elz bei Sexau in Baden, vereinigt Hänge- und Sprengwerk, für 2 Eisenbahngeleise, 3 Oeffnungen à 14,12 Met. Hierzu 3 gufseiserne Tragewände, jede, mit Ausnahme der Widerlagsstücke, der Länge nach in zwei symmetrische Theile gespalten; die einzelnen Segmente derselben sind mit verwechselten Fugen zusammengesetzt. Der horizontale Balken wird mit dem Bogen durch 9 Stück doppelte schmiedeeiserne Hängestangen verbunden; an letzteren hängen 7 Stück gufseiserne Querträger (Fig. B), darüber Langschweller für die Bahnschienen.

Hängebrücken.

Von den bisher betrachteten Brücken, die man stehende nennt, sind wesentlich verschieden die Hängebrücken, nicht durch das Material an sich, sondern durch dessen Verwendung, wodurch ein anderes Princip entsteht.

Die Haupttheile sind Ketten oder Seile, im Allgemeinen Kabeln genannt, die an beiden Ufern befestigt über die ganze zu überbrückende Länge auch über stützende Pfeiler fortgespannt sind. An diesen hängt frei die Brückenbahn, in einigen Fällen ruht sie auch auf Stützen über den Kabeln.

Der gedachten Kabelwände werden gewöhnlich zwei (zu jeder Seite der Brückenbahn eine) ausgeführt; selten mehrere.

Die Kabel bestehen aus Ketten, oder Drahtseilen oder Seilen von Bandeisen. Dabei nimmt man gewöhnlich zu jeder Hängewand nicht ein einfaches Kabel, sondern setzt dieses aus mehreren einzelnen Kabeln neben und über einander zusammen; wovon je das Hängeisen einfach zur Brückenbahn hinabgeht; jedes Kettenglied bildet man ferner aus mehreren Schienen oder Barren neben einander, jedes Seil aus vielen Drähten oder Bandeisen.

Die Hängebrücken erfordern das geringste Material, sind vortheilhaft für große Weiten (wegen des geringen Eigengewichts) bis 1000 Fufs Weite ausführbar und für beträchtliche Höhen (Thalüberbrückungen) anwendbar.

Dagegen sind auch von bedeutendem Uebelstande die Beweglichkeit und Schwankungen der Hängebrücke, welchen sie fortwährend ausgesetzt ist, sowohl durch Wind der Breite und Höhe nach, wie vertikal wellenförmig durch hinüberrollende und stofsweise wirkende Nutzlast. Deshalb sind sie zu Eisenbahnbrücken nur selten (da modificirt, als versteifte Hängebrücken, wovon nachher) zur Ausführung gekommen.

Aehnlich verhält es sich mit Kanal- und Wasserleitungen wo die Seitenschwankungen, durch Wind erzeugt, die Wasserdichtigkeit gefährden.

Entsprechend der Beweglichkeit und darnach der beschränkteren Benutzung, stellt man fast allgemein die Hängebrücken mit ihrer Bahn so leicht als möglich her und sucht die wellenförmigen Höhenschwankungen durch vertikale Versteifungen (namentlich der Geländer) zu mässigen.

Behufs der Leichtigkeit nimmt man die Breite der Brückenbahn möglichst gering.

Die einfachste und gewöhnlichste Anordnung der Hängebrücken (die zuerst zu betrachten) ist so, dass sie nur eine Oeffnung überspannen.

Sie wird begrenzt durch Endpfeiler nebst Widerlager; auf den Pfeilern über der Brückenbahn erheben sich Stützpfiler (Pilonen) zum Auflager der Kabel. Die Tragkabel über der Brückenöffnung, gehen über die Stützpfiler hinweg und als Anker oder Rückhaltkabel nach den Widerlagern, in welchen sie befestigt (verankert) werden.

Taf. 26.

Fig. 373 bis 376. Als Widerlager dient entweder Mauerwerk (Fig. 373 links) oder Felsen (Fig. 373 rechts und 375), worin je nach der Localität die Ankerin schräger (373 und 375) oder gebrochener (373 rechts) ja selbst vertikaler Richtung hinabgeführt werden. Bei hohen felsigen Ufern lässt man zuweilen die Pilonen ganz fehlen und führt die Kabel direct in den Felsen (Fig. 376). Gewöhnlich wird das Widerlager durch Mauerwerk beschafft, auch mit den Stützpfilern vereinigt (Fig. 374), so dass in diesen das Ankerkabel sich ganz verbirgt.

Stets ist zum Ankerkabel ein sicher eingefasster hinabgehender Schacht (Kabelschacht) herzustellen, an dessen unterem Ende eine starke gusseiserne Platte zur Verankerung der Kabel anzubringen, ferner ein Besichtigungsschacht, und Wasserabflussscanal erforderlich.

Für bestimmte Weite und Belastung wird die Spannung der Kabel um so größer, je geringer die Pfeilhöhe, wo hingegen durch Vergrößerung der Pfeilhöhe die Beweglichkeit der Brücke zunimmt.

Als beiderseitige Grenzen geben die ausgeführten Brücken das Verhältniss des Pfeils $\frac{1}{17}$ bis $\frac{1}{4}$ an; empfehlen dürfte sich $\frac{1}{13}$ bis $\frac{1}{14}$ der Weite.

Die ersten Ketten und Seilbrücken sind um 1796 in Amerika ausgeführt.

Fig. 377 A bis F. Bangor Kettenbrücke über die Meerenge von Menai, 1818—26 erbaut. Eine Spannweite von Mitte zu Mitte der Stützpfiler 580 Fufs engl., Pfeilhöhe 1 : 13 $\frac{1}{2}$.

Für die Brückenzugänge sind an der einen Seite 4, an der anderen 3 gewölbte Bögen hinzugefügt. Die Breite der Brücke 28 Fufs mit 4 Tragwänden (Fig. C), zwischen den mittleren ein Fufsweg 4 Fufs breit. Für jede Tragwand sind 4 Ketten über einander, jede 5 Schienen neben einander und kurze Verbindungsglieder enthaltend (Fig. D und F). Die Schienen 3 $\frac{1}{2}$ Zoll breit, 1 Zoll stark, mit Gesamt-Querschnitt von 260 Quadratzoll. Die Glieder sind 10 Fufs lang, die Hängestäbe 5 Fufs entfernt und sind abwechselnd an den entsprechenden Verbindungen der 1. und 3. resp. 2. und 4. Kette über einander zugleich befestigt (Fig. D).

Die Stützpfiler über der Bahn bilden durchgehende Mauern mit 2 Bogenöffnungen, den Fahrwegen entsprechend (Fig. D).

Die Ketten gehen über Sättel, die auf den Stützpfilern auf Rollen verschieblich (Fig. D), dann als Ankerketten ununterbrochen in flachem Bogen bis zur Bahn herab (Fig. B), von hier schräg in den Felsen, woselbst sie mittelst 6 Zoll starker 9 Fufs langer Bolzen (Riesenbolzen) an gusseisernen Platten verankert sind (Fig. F).

Das Rückhaltkabel ist eigenthümlicher Weise durch Vertikalstäbe mit den gewölbten Bögen verankert, um hierdurch den Widerstand der Ankerketten zu vermehren.

Zur möglichsten Verhinderung der Seitenschwankungen sind nachträglich oben horizontale Versteifungen zwischen den Ketten angeordnet (Fig. C).

Die Brückenbahn wird durch schmiedeiserne armirte Querbalken getragen; darauf doppelter Bohlenbelag und Geländer von Eisenstäben.

Zum Anspannen der Ketten dienen besondere Schloßglieder (Fig. E).

Fig. 378 A bis H. Drahtbrücke über die Saane (Sarine) zu Freiburg in der Schweiz, 1832 erbaut, die weiteste Hängebrücke in Europa. Die Spannweite zwischen den Stützpfilern beträgt 870 Fufs engl., Pfeilhöhe des Bogens 1 : 14, der bis durch das Geländer hinabreicht. Länge der Brückenbahn 808 Fufs. An jeder Seite der 21 Fufs breiten Brückenbahn liegen 2 Drahtseile neben einander; jedes Seil ist 5 $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser aus 1056 Drähten von $\frac{1}{8}$ Zoll Stärke gebildet. Die Hängestäbe bestehen ebenfalls aus schwachen Drahtseilen, die mittelst Oesen an dem Sattel der Trageile (Fig. C) so wie an den

Bügel der Brückenbalken befestigt sind (Fig. D). Dieselben sind schräg hinabgeführt, nach oben divergierend (Fig. C) zur Verminderung der Seitenschwankungen. Die Horizontalprojection der Kabeln bildet darnach eine geschwungene Linie (Fig. B).

Die Tragkabel gehen verbreitert über 3fache Rollen (Fig. E), endigen in Schleifen und sind mit den beiderseitigen Rückhaltskabeln (nach Fig. F) durch Bolzen und Keile (zum Anspannen) verbunden. Letztere gehen über feste Rollen in geneigte und vertikale Schächte, an deren Fuß die Verankerung stattfindet (Fig. G und H).

Auf der Brückenbahn ist an jeder Seite neben den erhöhten Fußwegen ein stark versteiftes Geländer zur Verminderung der Höhenschwankungen angebracht.

Fig. 379 A und B. Drahtbrücke über die Vilaine bei la Roche Bernard. Stützpfiler von Mitte zu Mitte 198 Met., Pfeil $\frac{1}{3}$; Brückenbahn 6,1 Met. breit mit 2 Fußwegen à 0,65 Met., 1,32 Met. Ansteigung nach der Mitte. An jeder Seite 2 Drahtseile à 0,17 Met. stark mit 1408 Drähten. Auf den Stützpilelern Walzen an Zapfen. Hängestäbe gehen schräg (wie Freiburg) nach der Brückenbahn ab; die hölzernen Querbalken 1,09 Met. entfernt.

Im Widerlager vereinigen sich die 2 Seile und geht das Ganze in horizontalem Bogen mit stehenden Rollen nach der anderen Brückenseite (Fig. B), so daß die Drahtseile ununterbrochen über die 4 Aufhängepunkte durchlaufen.

Die 2 weitesten Drahtbrücken sind in Amerika ausgeführt.

Fig. 390. Drahtbrücke über den Ohio bei Wheeling (Nord-Amerika), 1854 durch einen Sturm zerstört. Spannweite betrug 1010 Fuß engl., Pfeil 1:16 $\frac{1}{2}$, Steigung der Bahn von einem Ufer zum andern 1:30. Auf jeder Seite trugen 6 Drahtseile neben einander à 550 Drähte die Brückenbahn. Querschnitt aller Seile = 95 Quadrat Zoll.

2. Ist zu erwähnen eine Drahtbrücke unterhalb der Niagarafälle 1042 Fuß 10 Zoll engl. Spannweite, Pfeil 1:14, Brückenbahn 20 Fuß breit.

Fig. 381. Aquaduct des Pennsylvania-Canals über den Aleghany in Pittsburg, 7 Oeffnungen à 160 Fuß im Lichten, 14 Fuß Pfeil. Der hölzerne Canal hat eine Gesamtlänge von 1140 Fuß engl., wird getragen von 2 Drahtseilen à 7 Zoll Durchmesser mit 1900 Drähten und 26 $\frac{1}{2}$ Quadrat Zoll Querschnitt; jedes Seil ist mit $\frac{1}{8}$ Zoll starken Draht umspinnen und mit Oelanstrich versehen.

Die Ankerketten sind je 54 Fuß lang und bestehen aus Flachstäben, 4 Zoll breit 1 $\frac{3}{8}$ Zoll stark, mit 36 Quadrat Zoll Querschnitt und werden in einem Kreisbogen in das Mauerwerk des Endpfeilers geführt. In den Auflagern auf den Pfeilern sind die Seile verstärkt und in jedem Sattel durch 3 Keile festgeklemmt.

Die Seile sind nahezu parallel den Kanalwänden. Die Querträger des Kanals sind durch eiserne Bügel an den Seilen aufgehängt.

Details der Hängebrücken.

Fig. 382 bis 386. Ursprünglich bestehen die Kabel aus Ketten von Schmiedeeisen (zur Karls-Brücke in Wien aus Stahl); diese haben lange gleiche Glieder (Fig. 382),

jedes zur Darstellung des nöthigen Querschnitts durch mehrere Schienen nebeneinander gebildet, die gegenseitig verschränkt durch einen gemeinschaftlichen Bolzen verbunden sind. Die Schienen sind 3—6 Zoll und mehr breit, $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll dick, meistens $\frac{3}{4}$ Zoll stark. Einzelne Glieder der Kette (am Pfeiler) erhalten längliche Oehre und einen der Länge nach aufgeschnittenen Bolzen, um zwischen seine Theile Keile einzutreiben und so nach dem Aufhängen die Länge der Kette um ein Geringes ändern und berichtigen zu können, (Vergl. Bangor Brücke). Früher wurden zwischen den langen Gliedern kurze Verbindungsglieder (Fig. 386) eingeschaltet, doch ist dies wegen der doppelten Verstärkung und Verbindung jetzt nicht mehr gebräuchlich. Man nimmt vielmehr immer relativ vortheilhaft die Länge der Glieder möglichst groß und ist die Zahl der Schienen zweier benachbarten Glieder um 1 verschieden, die Dicke demnach entsprechend.

An den Verbindungsstellen werden die Hängestäbe angebracht, entweder in der Mitte des Querschnitts (Fig. 383), oder besser außerhalb gabelförmig (Fig. 384) resp. beiderseitig herabgehend (Fig. 385). Bei Verbindungsgliedern hängt der Hängestab an dem einen Bolzen, oder man läßt denselben hier durch den Zwischenraum des Verbindungsgliedes reichen (Fig. 386).

Die Hängestäbe werden in Entfernungen von 3 bis 5 Fuß angebracht. Ist nur eine Kette, so erhalten die Glieder angemessen geringe Länge, bei 2 Ketten über einander die doppelte Länge, ihre Verbindungsbolzen je um die halbe Länge entfernt; die Hängestangen werden dann abwechselnd an der unteren und oberen Kette befestigt. Dem entsprechend können bei 3 Ketten deren Glieder die 3fache Länge erhalten.

Auch hat man die Kettenglieder beliebig lang bis 24 Fuß gemacht und unabhängig von ihren Bolzen zu den Hängestäben an betreffenden Punkten Sättel aufgebracht.

Fig. 387 bis 393. In neuerer Zeit (besonders in Frankreich und Amerika) sind Kabel aus Drahtseilen gebräuchlich, dabei werden einzelne Drähte 1 bis 1 $\frac{1}{2}$ Linie stark in möglichsten Längen zu einem Bündel von erforderlichem Querschnitt neben einander gelegt 2 bis 4 Zoll Durchmesser und mehr, gleichmäßig gespannt und in Abständen von 1 bis 2 Fuß durch Umwicklung mit schwächerem ausgeglühtem Draht umgürtet (Fig. 387 und 389), am Ende das Ganze umgelegt und zurückgeführt, um eine Schlinge zur Verankerung zu bilden.

Die Hängestäbe beim Drahtseil können wie bei den Kettenkabeln sein. Gewöhnlich aber werden auch sie von Draht mit oberer und unterer Schlinge gefertigt und nach Fig. 390 a an den resp. Umgürtungen des Seils aufgehängt. Für die Aufstellung bequem ist es, die Verbindung des Trageseiles mit den Hängeseilen durch einen besonders geformten Haken (Fig. 389 b) zu bewirken. Bei zwei Kabeln über einander wird das Hängeisen abwechselnd von dem oberen und unteren herabgeführt (Fig. 391); dabei ist wohl das obere Kabel mit dem unteren zur größeren Steifigkeit durch Streben wie bei den Kettenbrücken verbunden (Fig. 388). Zuweilen sind 4 Tragewände angeordnet, darüber ein gemeinschaft-

licher Sattel für den Hängestab. Dies ist jedoch wegen der ungleichen Durchbiegung der Kabeln (Fig. 393*b*) nicht zu empfehlen. Durch Verbindung der Kabel mit dem Sattel (Fig. 393*a*) wird dieser Uebelstand nicht beseitigt; unschädlich wird er, wenn je 2 und 2 Kabeln mit gemeinschaftlichem Sattel versehen, und die Anordnung nach Fig. 393 getroffen wird.

Fig. 394 *A* und *B*. Eine neuere Erfindung von Flachat ist, die Kabel aus Bandeisen zusammensetzen, 1840 für die Brücke zu Suresnes bei Paris angewendet. In jedem Kabel liegen 20 Stück Bandeisen à 3 Zoll breit 2 Linien dick auf einander, die in Abständen von $4\frac{1}{2}$ Fufs durch Klemmbuxen oder Schlösser zusammengehalten werden (Fig. *B*); die Bandeisen 45 Fufs lang sind mit verwechselten Stößen, den Klemmbuxen entsprechend, gelegt, die Enden etwas umgebogen. Am Ende der Kabel ist je eine Schlinge durch Umbiegen der Bandeisen gebildet, welche dazu bis 36 Stück vermehrt. Der Erfolg ist nicht günstig gewesen, indem die Kabel sich verlängert, die Schlösser sich verdreht haben; daher keine weitere Anwendung davon gemacht.

Die Schleifen der Rückhaltskabel, so wie die Wurzelglieder der Rückhaltskabel werden behufs Befestigung durch Verankerungsplatten geführt, und dahinter ein starker Anker oder Riesenbolzen durchgesteckt (Vergl. Fig. 377*F* und 378*H*). Häufig ist auch hier eine Vorrichtung zum Anspannen und Nachziehen der Rückhaltskabel angebracht (Keile), entweder gemeinschaftlich für alle Ketten (Fig. 395) oder für jede Kette einzeln (Fig. 396).

Taf. 28.

Fig. 397 bis 400. Die Brückenbahn wird möglichst einfach hergestellt. Die Querbalken werden gewöhnlich von den Hängestangen getragen, Querbalken zuweilen von Gußeisen (Fig. 397) oder besser Schmiedeeisen (Fig. 400), darauf Langschweller und Belag. Das Hängeisen geht entweder durch den Balken, und wird durch Schraubenmuttern angezogen (Fig. 397 bis 399), oder es wird der Balken umfaßt und durch Schraubenmuttern resp. durch ein Schloß mit Rechts- und Links-Gewinde die Spannung bewirkt (Fig. 400). Als Geländer kann man zugleich die Hängestäbe benutzen, einen horizontal und Kreuzstäbe hinzufügend, oder es wird ein besonderes Geländer aufgesetzt, dies wohl leicht von Eisen, besser aber von Holz als versteifendes Gitterwerk (Fig. 397 und 399). Auch wohl eiserne Säulen, durch welche Bolzen.

Fig. 401 bis 403. Selten ist es zulässig die Kabel stumpf über die Stützpfeiler fortgehen zu lassen auf eisernem Sattel, der am Pfeiler befestigt ist. Vielmehr zur Verminderung der Reibung ist die Verschiebung der Kabel zu erleichtern. Entweder haben die Kettenbolzen an beiden Enden größere Reibungsrollen, die mit festen Drehaxen versehen sind (Fig. 402), oder welche frei rollen, jedesmal mit festem Sattel auf dem Pfeiler (Fig. 402); oder es werden die Kabel auf einen Sattel gelegt, der selbst auf Rollen verschieblich (Fig. 401). Die Kettenglieder werden entweder entsprechend gekrümmt, oder Glieder von geringer Länge angeordnet, so daß sie sich anlegen. Auch hat man die Kabel auf einen Balancier mit unterer Drehkante gelegt (Fig. 403).

Fig. 404 bis 407. Die Stützpfeiler sind meistens von Stein (Quader) hergestellt. Entweder 2 isolirte Pfeiler (Fig. 404), oder diese durch Ueberwölbung verbunden (Fig. 405 und 406). Die Fußwege werden häufig aufserhalb herumgeführt.

Vortheilhaft sind öfters gußeiserne Stützpfeiler angewendet (Fig. 407), die mit hinreichender Basis am untern Pfeiler fest verankert sind.

Zur Verhinderung der Beweglichkeit hat man in neuerer Zeit versteifte Hängebrücken hergestellt, wodurch das Princip geändert, die Nachtheile (Schwankungen), aber auch die Vortheile (Leichtigkeit), gemindert werden.

Diese Versteifung ist auf verschiedene Weise bewerkstelligt:

- 1) Hat man von den Schenkeln der Tragkabel bis zum Ufer schwächere Spannkabel möglichst divergirend herabgeführt und befestigt (Fig. 408).
- 2) Hat man die Brückenbahn gegen die Tragkabel durch diagonale Streben abgesteift, wobei es jedoch bei größerer Pfeilhöhe schwierig diese gegen rückwirkendes Biegen zu sichern (Fig. 409).
- 3) Hat man bei Kabeln übereinander beide durch eingesezte Streben gegen einander abgesteift (Fig. 410).
- 4) Am wirksamsten dürfte es sein die Geländer zu förmlichen Tragewänden auszubilden und diese so stark zu machen, daß sie für das Eigengewicht der Construction genügen und nur die Nutzlast durch die Tragkabel aufgenommen wird (Fig. 411).

Das Letztere ist am weitesten ausgebildet in

Fig. 412. Drahtbrücke über den Niagara, 1855 dem Verkehr übergeben. Dieselbe hat einen großen Mittelbogen von $821\frac{1}{2}$ Fufs engl. Spannweite. An 4 Drahtkabeln hängen 2 Brückenbahnen, eine obere für eine eingleisige Eisenbahn, eine untere für Straßensfuhrwerk. Beide verbunden durch ein leichtes Gitterwerk, bestehend aus oberen und unteren Balken, Vertikalhölzern und diagonalen Eisenstangen, welche durch Schrauben gespannt werden. Hierdurch ist große Steifigkeit gegen Vertikalbewegungen erzielt, während die Horizontalbewegungen durch die schrägen Hängestangen gemildert werden. Ferner sind zur Vermehrung der Steifigkeit vom obersten Stützpunkt Hängestäbe fächerartig nach den Brückenbahnen geführt, ebenso von unten in schräger Richtung Zugseile angeordnet, die im Uferfelsen befestigt.

Auf der einen Seite ruht die Brückenbahn auf 50 Fufs ihrer Länge auf Felsen, auf der anderen ist ein etwa 50 Fufs langes Gerüst zur Unterstützung der Bahn aufgeführt, und so die freie Länge derselben um circa 100 Fufs vermindert.

Die Drahtkabel ruhen über den Stützpfeilern auf gußeisernem Sattel, der auf Rollen verschiebbar. Jedes Drahtseil 10 Zoll Durchmesser, $60,4$ Quadrat Zoll Querschnitt; die Ankerketten 66 Fufs lang, am obersten Gliede 372, am untersten 267 Quadrat Zoll.

Pfeilhöhe des oberen Drahtseils 54 Fufs, des unteren 64 Fufs.

Hängebrücken mit mehreren gemeinschaftlichen Oeffnungen.

Für Hängebrücken mit mehreren Oeffnungen gelten dieselben Grundsätze wie für Brücken mit einer Oeffnung. Die allgemeine Anordnung hängt von der Localität und dem Kostenpunkt ab.

Taf. 29.

Fig. 413 bis 415. Anstatt einer Oeffnung (Fig. 413) kann man deren zwei nehmen, jede mit vollem symmetrischen Kabelbogen halber GröÙe überspannt (Fig. 415). Die Stützpfeiler werden hier nur etwa halb so groß; die Spannung also Kabelstärke so wie Stärke der Widerlager erreichen nur die Hälfte gegen Fig. 413. Es tritt aber, wenn die Kabel über den Mittelpfeiler verschieblich, durch Belastung des einen Brückentheils ein beträchtliches Heben und Senken (Hebung genannt) der beiden Brückenhälften gegen einander ein.

Auch kann man (Fig. 414) zwei Oeffnungen mit einem hohen Mittelpfeiler und zwei halben Kabelbögen überdecken, wenn an den Ufern kein Raum für das Rückhaltkabel vorhanden. Hierbei ist die Differenz des Horizontalzuges geringer, daher auch geringere Hebung, aber die Spannung und Kabelstärke so groß wie beim früheren großen Bogen, daher theurere Construction.

Fig. 416 A bis C. Mit Vortheil wird oft ein großer Mittelbogen und zwei kleinere Seitenbögen angeordnet. Hier ist die Differenz des Horizontalzuges um so geringer, je kleiner die Seitenbögen. Die Form der Letzteren, die größer (oft kleiner) als halber Bogen, bestimmt sich nach der Spannung; doch kann der Scheitel beliebig gelegt werden, häufig innerhalb des Widerlagers; öfters gehen die Kabel noch unterhalb der Brückenbahn hinab (Fig. 416 B). Dieselben bilden gleichsam die Ankerkabel des Mittelbogens, werden aber zugleich zum Aufhängen der Brückenbahn benutzt. Die freie Verschiebung auf dem Mittelpfeiler ist hier am ehesten zulässig. Die höheren Uferstützpfeiler fallen fort; dagegen kommen zwei Mittelpfeiler hinzu, die aber schwächer werden können als die Landpfeiler geworden wären.

Wenn man für größere Weiten mehrere volle Mittelbögen nebst zwei halben Endbögen anordnen wollte, so würden die gedachten Vortheile für den Mittelbogen nicht stattfinden. Daher solche Anordnung nicht gebräuchlich.

Bei den angegebenen verschiedenen Theilungen sind in Bezug auf die Construction der Mittelpfeiler und die Verbindung der Kabel zu unterscheiden

- 1) Brücken, bei welchen die Kabel an stabilen Pfeilern befestigt sind (Fig. 417 bis 420).
- 2) Brücken, deren Kabel über stabile Pfeiler fortgehen (Fig. 421 bis 425).
- 3) Brücken, deren Pfeiler durch Spanntaue gehalten werden, die den Horizontalzug bis nach den Widerlagern leiten (Fig. 426 bis 428).

Hierfür sind einige Beispiele anzuführen:

Fig. 417. Zum Weichsel-Uebergang bei Dirschau empfahl man anstatt der Gitterbrücke eine Kettenbrücke mit 5 vollen Oeffnungen à 500 Fufs rhl. mit starken Mittelpfeilern. Die Ketten sollten ununterbrochen, jedoch an den Pfeilern befestigt sein und zwar um den ganzen Vertikalschnitt des Pfeilers herumgeführt (unverschieblich nur mit kleinen Rollen wegen Temperaturwechsel) und die Pfeiler so stark sein, daß sie nicht allein der Differenz des Horizontalzuges widerständen, sondern falls ein Pfeiler etwa durch Eisgang zerstört wäre, die übrigen noch als Widerlager stabil blieben.

Fig. 418. Brücke Bercy zu Paris. Drahtbrücke mit 3 Bögen à 47 Met. weit. $\frac{1}{10}$ Pfeil. Die Kabel gehen stumpf ohne Rollen über die Stützpfeiler fort, so daß ihrem Verschieben eine beträchtliche Reibung widersteht. Die Pfeiler widerstehen nach beiden Richtungen dem Maximum jener Reibung, welchem entsprechend dieselben construirt sind, jeder 7 Met. hoch, $3\frac{1}{2}$ Met. nach der Länge und $1\frac{1}{2}$ Met. nach der Breite stark.

Fig. 419. Bandedeisenbrücke über die Seine zu Surresnes mit 3 Oeffnungen, der Mittelbogen 62 Met. weit, $\frac{1}{10}$ Pfeil., jeder Seitenbogen $43\frac{1}{2}$ Met. Breite der Brücke $6\frac{3}{4}$ Met. An jeder Seite liegt ein Kabel, für die Oeffnungen unabhängig, indem es über die Pfeiler auf kleinen Rollen wegen der Temperatur und am Pfeiler herab bis zum Wasserspiegel geht, woselbst es verankert. Jeder Stützpfeiler etwa 8 Met. hoch, 3 Met. in Quadrat stark.

Fig. 420. Brücke zu Langou über die Garonne mit Mittelbogen 80 Met. weit und 2 Seitenbögen. Die Kabeln gehen ungetrennt über die Pfeiler, sind darauf aber fest und unverschieblich verankert. Jeder Stützpfeiler 8 Met. hoch, 6 met. stark (nach der Länge der Brücke), 3 Met. nach der Breite.

Fig. 421. Kettenbrücke über die Ruhr zu Mühlheim, mit einem Mittelbogen von 312 Fufs und 2 Seitenbögen à 90 Fufs. Die Hebung ist bei der bedeutenden GröÙe des Mittelbogens gegen die Seitenbögen nur unerheblich. Auf den Stützpfeilern stehen Balanciers.

Fig. 422 A und B. Hammersmith Kettenbrücke über die Themse zu London mit einem Mittelbogen von 400 Fufs engl. und 2 halben Seitenbögen à $145\frac{1}{2}$ Fufs, deren Ketten noch unter die Brückenbahn hinabgehen. Pfeil 1:14,3. Die Brücke ist aus 4 Kettenwänden angeordnet. Fahrweg in der Mitte 20 Fufs engl. breit und 2 Fufswege à 5 Fufs. In jeder Wand liegen 2 Ketten über einander, jede innere besteht aus 6, jede äußere aus 3 Schienen à 1 Zoll stark, 5 Zoll breit. Der ganze Querschnitt von 36 Schienen beträgt 180 Quadrat Zoll; Länge der Kettenglieder 10 Fufs incl. der kurzen Verbindungsglieder mit 3 Bolzen, von denen der mittlere zu den 5 Fufs von einander entfernten 1 Zoll starken Hängeeisen dient, die abwechselnd von der oberen und unteren Kette herabhängen. Querbalken von Eisen 32 Fufs lang, darauf doppelte Bohlen und Bahn von Asphalt mit Steinschlag. Zwischen Fahr- und Fufsweg ist ein stark versteiftes Geländer angeordnet.

Auf den Stützpfeilern sind Sättel mit 2 Lagen Walzen, jede 11 Zoll Durchmesser nebst metallenen Axlager befestigt, worüber sich die Ketten frei verschieben, bei ungleicher Belastung durch gewöhnliche Fuhrwerke etwa um 1 Zoll.

Fig. 423. Charing Cross Kettenbrücke über die Themse zu London, für Fußgänger erbaut, mit einem Mittelbogen 676 Fufs engl. weit, Pfeil 1:13 $\frac{1}{2}$ und 2 Seitenbögen à 340 Fufs unter die Brückenbahn hinabgehend. Breite der Brücke 14 Fufs, an jeder Seite 2 Ketten übereinander ohne Zwischenglieder, abwechselnd 10 und 11 Schiene nach den Aufhängepunkten auf 11 und 12 zunehmend, 7 Zoll hoch, 1 Zoll stark, Bolzen à $4\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Gesamtquerschnitt im Scheitel 296 Quadrat Zoll. Die Kettenglieder 24 Fufs lang; Hängestäbe, im Abstand

von 12 Fufs und $1\frac{1}{2}$ Zoll im Quadrat, sind auf beiden Ketten mit Balancier vertheilt (siehe Detail). An den Hängestangen hängen zunächst Querbalken, welche an beiden Seiten Längsbalken tragen, darüber Querbalken 3 Fufs entfernt mit Längsbohlen. Die Brückenbahn steigt von den Enden nach der Mitte 10 Fufs an.

Auf den Stützfeilern (isolirt von Stein) sind kurze $3\frac{1}{2}$ Fufs hohe Glieder mit Bolzen unter sich und auf beiden Enden mit den 2 übereinander liegenden Tragketten verbunden; jene je auf Gulseisenplatte, worunter Rollen auf einer zweiten befestigten Platte.

Taf. 30.

Fig. 424 A und B. Kettenbrücke über die Donau zwischen Ofen und Pest. Die größte und schwerste aller Kettenbrücken hat einen Mittelbogen 666 Fufs engl. weit mit $\frac{1}{4}$ Pfeil und 2 ganz herabgehende Seitenbögen à 298 Fufs. Brückenbahn vom Widerlager bis zur Mitte 12 Fufs ansteigend.

Die 2 Tragewände im Abstand von 29 Fufs von Mitte zu Mitte haben 2 Ketten übereinander; Fahrbahn $24\frac{1}{4}$ Fufs, 2 Fufswege à 6 Fufs im Lichten und übergekragt. Ganze Brückenbreite beträgt 47 Fufs.

Jede Kette besteht aus einfachen 12 Fufs langen Gliedern abwechselnd 10 und 11 Schienen, $10\frac{1}{4}$ Zoll breit, $1-1\frac{1}{4}$ Zoll stark, durch Bolzen von $4\frac{1}{2}$ Zoll Stärke verbunden. Gesamt-Querschnitt im Scheitel 486 Quadratzoll, am Aufhängepunkt 507 Quadratzoll.

Die Hängestangen in 6 Fufs Entfernung gehen doppelt zu beiden Seiten der Kette in 2 Fufs Abstand herab (Fig. B), jede $\frac{1}{2}$ Zoll und $1\frac{1}{2}$ Zoll im Querschnitt.

Die Querträger ebenfalls 6 Fufs entfernt, sind von Gulseisen, 1 Fufs 9 Zoll hoch, 1 Zoll stark, mit unterer Zugkette verstärkt, darauf die Fahrbahn mit 5 Zoll starken Längsbohlen und Klotzpfaster hergestellt. Die Fufswege haben 4 zöllige Längsbohlen. Zur Versteifung sind untere Langhölzer und steife Geländer angeordnet. Die Stützfeiler 23 Fufs breit mit 20 Fufs weitem Durchgangsbogen und aufserhalb herumgeführten Fufswegen versehen, darauf Sattel (Fig. 402), ebenso beim Eintritt in das Widerlager.

Fig. 425 A bis D. Kettenbrücke zu Prag über die Moldau. Diese besteht aus 2 einzelnen Brücken der vorigen Anordnung, die in der Mitte an einem gemeinschaftlichen Widerlager (Fig. D) zusammen treffen, welches auch als einseitiges Widerlager genügend stark ist. Jeder Theil hat einen Mittelbogen von 420 Fufs Wiener Maafs von Mitte zu Mitte der Pfeiler, Pfeil $1:13\frac{1}{2}$, und 2 Seitenbögen à 115 Fufs. Die Brückenbahn wird durch 2 Kabelwände in 34 Fufs Entfernung begrenzt, jede hat 2 Ketten à 6 Schienen neben- und 2 übereinander, so daß der ganze Querschnitt der Brücke 48 Schienen à 10 Fufs lang, 4 Zoll hoch, $\frac{3}{8}$ Zoll stark, 120 Quadratzoll beträgt.

Die Verbindung der Hängeisen mit den hölzernen Querbalken, die durch Eisen armirt sind, (Fig. B). Zur Versteifung der Bahn dienen Längshölzer und versteiftes Geländer. Die Stützfeiler sind mit einer Bogenöffnung für den 19 Fufs breiten Fahrweg durchbrochen; die Fufswege um die Pfeiler herumgeführt.

Die Sättel auf den Stützfeilern sind auf Rollen verschieblich.

Fig. 426 A und B. Drahtbrücke zu Couflans St. Honorine über die Seine, mit einem Mittelbogen $77\frac{1}{2}$ Met. weit und 2 Seitenbögen à 38 Met. Die Kabel zur Seite der $6\frac{1}{2}$ Met. breiten hölzernen Brückenbahn sind einzeln an den Stützfeilern befestigt. Als Stützfeiler dient je eine isolirte gulseiserne Säule von der Brückenbahn circa 26 Fufs hoch, 2 Fufs Durchmesser auf steinernem Unterbau und bildet im Ganzen einen Balancier mit unterer $2\frac{1}{2}$ Fufs (nach der Brückenbreite) langer Drehkante (Fig. B).

Für die Mittelöffnung sind je 2 Drahtseile über und 2 nebeneinander, jedes Paar umfaßt mit Bolzen den Kopf des Stützfeilers; von der anderen Seite sind 2 Tragsseile und 2 Spannseile ebenso befestigt, die sämtlich in den Verankerungsschacht hinabgehen; letztere führen in schräger Richtung von dem Kopf des Balanciers direct zum Widerlager und in den Verankerungsschacht hinein; (Fehlen in Fig. A, in B angedeutet).

Fig. 427. Drahtbrücke über die Charente zu Rochefort. Mittelbogen 283 Fufs und 2 verhältnismäßig grose Seitenbögen à 185 Fufs. Mittelpfeiler nur schmal. Brückenbahn 80 Fufs über dem Wasser, wozu hohe Zugänge, auf der einen flachen Seite 50 gewölbte Bogen. Es sind die verstärkten Horizontalzüge beider Richtungen aufzunehmen und zugleich die schwachen Pfeiler, unten 3 Fufs Durchmesser, zu halten; dazu ist aufser dem vorigen Spannseile (14 nebeneinander $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser) der Seitenöffnung, welches schräg im Endpfeiler verankert, in der Mittelöffnung je ein schräges Spannseil vom Kopf des einen nach dem Fuß des anderen Stützfeilers geführt und hier am Unterbau durch lothrecht hinabgehende Tawe verankert; aufserdem damit verbunden und um die hohen Unterbaue zu halten geht über die ganze Oeffnung ein horizontales Seil, an beiden Endpfeilern befestigt, auf den Balkenköpfen der Brückenbahn ruhend.

Die Kabel (4 nebeneinander etwa 2 Zoll Durchmesser) gehen für sich ungetrennt über die Stützfeiler auf Balanciers ruhend, haben aber hier Schleifen für die Spannseile. Die Entfernung der Hänge-seile (1 Zoll stark) beträgt 4 Fufs 10 Zoll.

Fig. 428 A und B. Drahtbrücke über die Dordogne zu Cubzac hat 5 gleiche Oeffnungen à 109 Met. mit $\frac{1}{10}$ Pfeil. An jeder Seite des Flusses vermittelt ein steinerner Viaduct von 30 Bogen mit $\frac{1}{7}$ Steigung den Zugang der Brücke. Brückenbahn 7 Met. breit, steigt bis zur Mitte noch $2\frac{1}{2}$ Met. Zu jeder Seite ist eine Hängewand mit 6 Drahtseilen nebeneinander, jedes 202 Drähte von 0,004 Met. Dicke. Sie gehen ungetrennt über 2 Met. hohe Balanciers auf den Stützfeilern. Die sehr schwachen Mittelpfeiler werden wie bei der vorigen Brücke durch die dreierlei Spannseile gehalten, durch welche die durch veränderliche Belastung etc. bewirkte Vergrößerung der Spannung der Tragkabel bis auf das Widerlager geleitet wird.

Jedes schräge Spannseil besteht aus 6 Seilen à 102 Drähten, die vor dem Balancier sich mit den 6 Seilen der Tragkabel verbinden und nach dem Fuß des folgenden Stützfeilers herabgehen. Das an jeder Seite der Brückenbahn durchgehende Spannseil hat 4 Seile à 146 Drähte.

Die 4 Mittelpfeiler von Gusseisen, jeder in der Form von 2 schlanken Kegeln 28 Met. hoch, unten 2 Met. im Durchmesser, beide durch einen Bogen unter der Brückenbahn verbunden, sind auf einem steinernen Unterbau erbaut.

Die Pfeiler sind hohl und durchbrochen, in einzelnen Schichten (Tambours) aufeinander gesetzt.

Bewegliche Brücken.

Bewegliche Brücken sind zunächst diejenigen, die feststehende Pfeiler haben, bei denen aber der Oberbau (Brückenkörper) in eine solche Lage gebracht werden kann, daß dadurch die Brückenöffnung frei wird. Sie dienen vorzugsweise dazu den Schiffen freien Durchgang zu gewähren und können entweder für sich bestehen oder in Verbindung mit mehr oder weniger langen feststehenden Brücken, wobei es in der Regel genügt, den Schiffen nur eine Weite zu öffnen, die sich nach der Schiffsbreite bestimmt.

Man unterscheidet

- 1) Zugbrücken,
- 2) Wippbrücken,
- 3) Klappbrücken,
- 4) Drehbrücken,
- 5) Rollbrücken,
- 6) Hubbrücken.

Ferner sind diejenigen Brücken zu den beweglichen zu zählen, welche ganz entfernt werden können, wonach noch zu unterscheiden

- 7) Schiffbrücken,
- 8) Fliegende Brücken,
- 9) Fähren.

Die beweglichen Brücken wurden früher stets von Holz konstruiert, in neuerer Zeit häufig von Eisen. Der Beweglichkeit wegen sucht man sie so leicht wie möglich herzustellen und schränkt deshalb die Breite ein.

1. Zugbrücken.

Taf. 31.

Fig. 429 bis 435. Bei den Zugbrücken (Fig. 429 A bis D) besteht der bewegliche Brückenkörper aus einer Klappe, die sich um eine nach der Breite der Brücke gehende horizontale Axe dreht und am andern Ende aufgezogen wird. Die Klappen gewöhnlich 10 bis 15 Fufs breit, 15 bis 25 Fufs lang aus 5 Balken nebst Kopf (Stofs) und Drehbalken konstruiert. Eiserne Bänder verbinden die beiden letzteren mit jenen 5 Balken. Der Drehbalken hat an jedem Ende einen Zapfen (Fig. D), der Kopfbalken an jedem Ende Zugketten (Fig. 430). Oft wird auch ein besonderer Träger unterhalb angebracht, mit welchem die Zugketten verbunden werden (Fig. 431). Das Aufziehen der Klappen wird gewöhnlich durch Zugruthen bewirkt, welche ihre Drehaxe auf einem Portal (Portalbrücken) haben und zugleich ein Gegengewicht für die Klappe bilden, zu welchem Zweck mit ihrem Hinterende ein Senkbalken verbunden wird, der eventuell noch zu beschweren ist.

Für die Zapfen des Drehbalkens sind an dem festen Ende der Brücke 2 Pfannen befestigt (Fig. 435). Ebenso sind zur Bewegung der Zugruthen mit dem Holm des Portals 2 gabelartige Pfannen verbunden (Fig. 433). Um die Zugruthen gehörig stark zu ma-

chen, werden dieselben entweder mit einem Sattel versehen (Fig. 434 A und B) oder besser durch Eisen armirt (Fig. 434 C). Der Vordertheil der Klappe legt sich in einen Falz der festen Brücke, deren Balken oft vortreten und dann durch Kopfbänder unterstützt werden (Fig. 429 resp. 435).

Fig. 436. Für gröfsere Breiten wendet man doppelte Klappen an, die in der Mitte gewöhnlich mit etwas Steigung zusammenstossen, wodurch die Bildung einer Stufe vermieden wird; auch bei horizontaler Lage der Klappen verhindern vorgeschobene starke Riegel das Letztere. Die Unterstützung der Klappen geschieht entweder durch Ketten, die mit den Portalen verbunden werden, oder am besten durch 2 oder 3 Streben von unten, wenn letztere nicht durch Wasser oder Eisgang gefährdet werden, oder die Schifffahrt nicht hindern.

Fig. 437 und 438. Zuweilen fehlen die Zugruthen und man führt dann die Kette über eine feste Rolle; am Ende der ersteren befinden sich Gegengewichte, welche sich beim Aufziehen nach und nach auf einander legen. Besonders bei Festungswerken gebräuchlich. Auch läßt man das Gegengewicht (in Form einer Walze) an einer gekrümmten Schiene herablaufen (Fig. 438).

Fig. 439 und 440. Anstatt durch Streben werden die Klappen auch durch Verankerung gehalten.

Fig. 441 und 442. Vortheilhaft wird das Aufziehen auch durch Vorgelege bewirkt, welches am Pfeiler (Gusseisen) befestigt wird (Fig. 441); hiermit kann auch ein Gegengewicht verbunden werden, welches an den über obere Rollen gehenden Zugketten angebracht ist (Fig. 442). Dabei für eine Oeffnung von 38½ Fufs Weite 2 Klappen und angemessene Verwendung hohler gusseiserner Säulen zu den Portalen.

Fig. 443 bis 446. Es sind noch einige Abweichungen von der gewöhnlichen Anordnung der Zugbrücken zu erwähnen:

- 1) Ist an dem Drehbalken ein aufrecht stehender Arm befestigt, von welchem die Zugkette nach einer horizontal liegenden Welle geführt wird (Fig. 443), oder es wird mit der Zugkette ein Gegengewicht verbunden (Fig. 444).
- 2) Befindet sich behufs des Aufziehens auf jeder Seite concentrisch mit der Drehaxe ein gezahnter Quadrant, in welchem Getriebe eingreift (Fig. 445), oder bei gröfsere Klappen auch hier Gegengewicht auf gekrümmten Schienen gleitend (Fig. 446).

Taf. 32.

2. Wippbrücken

welche auch als eine Abart der Zugbrücken betrachtet werden können, haben verlängerte Klappbalken, mit horizontaler ganz durchgehender Drehaxe, die aber nicht am Ende, sondern nahe der Mitte liegt, wodurch die überstehenden Enden, an denen der Zug wirkt, Gegengewicht bilden. Zur Herstellung einer gröfsere Brückenbreite ordnet man mehrere Klappen neben einander an, welche nach und nach geöffnet werden können.

Fig. 447 A und B bis 449. Die festen Brückenbalken mit Belag reichen bis zur Drehaxe, wo sie verbolzt sind. In derselben Höhe liegen die Klappenbalken dazwischen, an deren hinterem Ende der Sackbalken befestigt ist (Fig. 447 A u. B). Das Gewicht der über-

stehenden Balken nebst Sackbalken ist gewöhnlich etwas geringer, als das der vorderen Klappe; zuweilen findet das Gegentheil statt, in welchem Fall der hintere Theil zu unterstützen. Eine bewegliche Bohle mit Charnier befindet sich im Belage über der Drehaxe (Fig. A).

Oeffter werden auch die Klappenbalken gekrümmt angeordnet (Fig. 448). Die an den Klappenbalken befestigte Drehaxe ruht in Pfannen, welche mit dem Jochholm fest verbunden sind (Fig. 449).

Fig. 450 und 451. Bei hinreichendem Gewicht der hinteren Klappenbalken ist eine geringe Kraft zum Oeffnen nöthig, welches mittelst einer Zugkette entweder nach Fig. 450 oder 451 bewirkt werden kann.

Fig. 452. Längere Klappen verstärkt man wohl durch aufgesetzte Hängewerke.

Fig. 453. Brücke mit doppelten Klappen 30 Fufs weit. Die Bewegung der Klappen wird mittelst Zahnräder bewirkt, zu welchem Zweck am untern Theil derselben ein gezahnter Quadrant befestigt, welcher mit einem fest verankerten Zahnradvorgelege in Eingriff steht. Durch eine vertikal stehende Schraube ohne Ende wird das Getriebe und somit die Klappe bewegt. Statt des Quadranten auch Zahnleiter oder Zahnstange üblich.

Fig. 454. Zuweilen wird die Drehaxe der Klappe bei massiven Pfeilern durch gezahnte Quadranten ersetzt, die auf Zahnstangen laufen. Es ist indess eine Drehaxe vorzuziehen.

Fig. 455. Der gezahnte Quadrant wird auch über den Klappenbalken angebracht und in ein Gehäuse eingeschlossen. Doch ist diese Anordnung wegen der vorstehenden Theile nicht zweckmäfsig.

Fig. 456. Um die Fußspassage bei geöffneter Brücke nicht zu hemmen, kann man neben der Fahrbahn erhöhte Trottoirs mit Treppen anlegen, unter welchen der Schiffskörper mit niedergelegtem Mast Platz findet.

3. Klappbrücken

werden vorzugsweise diejenigen genannt, welche schmale Klappen haben und nur den Durchgang der Masten gestatten.

Fig. 457 und 458. Die Klappe 3—4 Fufs breit überdeckt nur einen Theil der Oeffnung, wird gewöhnlich mittelst der Hand auf- und zugeklappt, zuweilen auch mittelst einer Winde und Gegengewicht. Der übrige Theil der Oeffnung ist beim Massivbau durch Ueberkrugung (Fig. 457), beim Holzbau durch unterhalb verstreute Strafsenbalken zu bilden (Fig. 458).

4. Drehbrücken.

Diese haben Brückenkörper mit fester vertikaler Axe, um welche sie seitwärts gedreht werden, um die Oeffnung frei zu machen. Sie sind im Allgemeinen am vortheilhaftesten, weil nicht das Gewicht des Brückenkörpers zu heben, sondern nur Reibung zu überwinden ist. Im geschlossenen Zustande wird meistens eine genaue und sichere Lage gewonnen. Aus diesem Grunde werden dieselben häufig bei Eisenbahnen angewendet. Gewöhnlich geschieht die Unterstützung durch einen Rollring, auf welchem die Drehung erfolgt und dessen Durchmesser etwa gleich der Brückenbreite ist.

Fig. 459 und 461. Drehbrücke über den Canal von St. Martin für eine Oeffnung von 24½ Fufs lichter Weite. Der Brückenkörper aus Holz bestehend und gebildet aus 6 Längsbalken, die auf etwa $\frac{2}{3}$ ihrer Länge durch 6 Sattelhölzer verstärkt sind. Hierunter 6 Querbalken, die die Last der Brücke auf den Rollenkrantz übertragen, dessen Detail aus Fig. 461 er-

sichtlich ist. Die ganze Brückenconstruction ist noch durch Eisen armirt. Die Bewegung geschieht durch ein Zahnrad-Vorgelege eingreifend in einen herumlaufenden Zahnkrantz. An den beiden Enden befinden sich Frictionsrollen und Vorrichtungen zum Feststellen der eingeschwenkten Brücke.

Fig. 460. Grundriß-Skizze einer einarmigen Drehbrücke, wobei der Pfeiler mit entsprechender Vertiefung zum Auflager der geöffneter Brücke versehen ist.

Fig. 462. Project zu einer Drehbrücke aus Holz über einer Oeffnung von 45 Fufs. Die Unterstützung geschieht durch 2 Laufrollen und oberen und unteren Drehzapfen. Auf den äußeren Brückenbalken sind über dem Rollring 2 verstreute und oberhalb mit Holm versehene Stiele aufgestellt. Der Holm trägt den oberen Drehzapfen. Letzterer findet sein Lager in einem auf zwei diagonal gestellten Holzsäulen flach liegenden schmiedeeisernen Träger. Der untere Drehzapfen ist an einem Querträger angebracht. Die diagonal gestellten Holzsäulen werden durch Zugbänder gehalten; die Brückenbahn ist durch Eisen armirt.

Fig. 463. Drehbrücke zu Mecheln über eine Oeffnung von 8,5 Met. Hierzu sind 4 gußeiserne durchbrochene Tragwände angeordnet, an den Enden durch kreisförmige gußeiserne Kopfbalken begrenzt; außerdem sind die Träger durch gußeiserne Platten so wie durch schmiedeeiserne Bolzen untereinander verbunden. Die Brücke ruht auf 2 konischen Laufrädern und dem mittleren Drehzapfen. Letzterer ist in einem vollen gußeisernen Querträger befestigt und steht in einem mit dem Mauerwerk festverankerten Spurlager. Zur Endunterstützung der Brücke dienen an jedem Ende 4 Stück excentrische Scheiben auf gemeinschaftlicher Welle, die durch einen Hebelmechanismus mit conischem Getriebe von der Mitte der Brücke aus gedreht werden. Die Bewegung der Brücke geschieht durch ein Zahnrad, welches auf der Axe der Laufräder sitzt und in ein Getriebe eingreift.

Fig. 465. Skizze einer doppelarmigen Drehbrücke über 2 Oeffnungen, wie sie häufig zum Ueberführen von Eisenbahnen ausgeführt und wo die Seitenwände aus Gitter auch Blech hergestellt sind. Der Mittelpfeiler ist hier der Drehpfeiler. Es ist hierbei der Vortheil, daß beide Theile des Brückenkörpers mit einander balanciren und so die ganze Bewegung und Construction einfacher machen. Zuweilen ist zur Verstärkung noch ein eisernes Quergerüst aufgesetzt und Armirung durch Zugstangen hinzugefügt. Doch dürfte dies mehr als Nothbehelf anzusehen sein.

Fig. 466. Um weitere Oeffnungen zu überdecken ordnet man häufig zwei Drehbrücken an, die in der Mitte nach einem Kreisbogen zusammenstoßen, der von einem der Drehzapfen aus beschrieben ist. Besser ist, den Vereinigungsbogen etwas excentrisch zu beschreiben, um mehr Spielraum zum Oeffnen zu haben (Vergl. Fig. 464).

Fig. 467 bis 469. Gegen Durchbiegung in der Mitte ist es vortheilhaft, die beiden Hälften gegen die Pfeiler abzustreben; dabei müssen die Streben beweglich sein, entweder nach Fig. 467 so, daß sie vor dem Oeffnen gehoben werden können, oder nach Fig. 468, daß sie während der Bewegung in ihrer Lage bleiben und auf einer am Pfeiler befestigten Schiene laufen oder endlich nach Fig. 469 so, daß sie mit einer ver-

tikal Wendesäule fest verbunden sind. Als ausgeführte Beispiele gehören hierher:

Fig. 464. Drehbrücke zu Antwerpen über einer Oeffnung von 17,6 Met. mit 2 Flügeln; jeder ruht auf einem Rollenkranz von 16 Rollen und ist aus 7 gußeisernen Trägern, welche mit durchbrochenen gußeisernen Platten verbunden sind, gebildet. Im geschlossenen Zustande wird jeder Flügel durch Streben unterstützt, die vor dem Aufdrehen der Brücke durch besonderen Mechanismus von ihrem Auflager entfernt werden (in der Figur punkirt angedeutet). Die Bewegung jedes Flügels erfolgt demnächst mittelst Kurbel und Zahnradvorlege, welches mit einem auf dem Widerlager befestigten Zahnkranz in Eingriff steht.

Fig. 470. Drehbrücke über den Penfeld zu Brest, 1862 vollendet. Für eine freie Durchflußöffnung von 347,8 Fufs engl. sind 2 Flügel à 192 Fufs lang angeordnet. Jeder Brückenflügel ruht auf einem Rollenkranz von 29 Fufs engl. Durchmesser mit 50 Rollen à 1,64 Fufs Durchmesser, 1,968 Fufs lang, und ist gebildet aus 2 Gitterbalken (Fachwerk) über den Drehpfeilern 24 Fufs engl. hoch gleichmäfsig bis zur Mitte abnehmend auf 4,59 Fufs. Der hintere das Gegengewicht bildende Theil hat eine Länge von 98 Fufs.

Fig. 471 A und C. Drehbrücke zu Straßburg mit 2 Flügeln über einer Oeffnung von 40 Fufs. Der Drehzapfen liegt hier zur Seite der Brückenbahn und bildet mit den Laufrollen ein gleichschenkliches Dreieck. Im geschlossenen Zustande wird der hintere Theil jedes Flügels durch eiserne Stützen unterstützt, so daß die Laufrollen frei schweben. Soll die Brücke geöffnet werden, so werden die Stützen durch einen Hebelmechanismus umgelegt, wodurch der hintere Theil sich bis auf die resp. Laufbahnen der Rollen senkt. Hierbei hört zugleich der Schluß der beiden Flügel auf, welches den Vortheil hat, daß dieselben nach einer geraden Linie begrenzt werden können. Zur Unterstützung dienen Streben mit 2 Lenkstangen und unterem Kugelzapfen.

Fig. 472 bis 475. Für Fußwege werden einzelne Balken mit Gegengewicht um einen Zapfen drehbar, angeordnet (Fig. 472); auch werden 2 Balken mit Schienen verbunden, jeder um eine Wendesäule drehbar (Fig. 473 und 474). Zur Feststellung solcher kleinen Brücken resp. zum Lösen vor dem Drehen bedient man sich der Vorrichtung (Fig. 475), wodurch durch Lösen der Schraube ein Senken der Unterstüzung eintritt, für größere Brücken besser excentrischer Scheiben wie oben angedeutet.

5. Rollbrücken.

Bei den Rollbrücken wird die ganze Oeffnung von einem Körper überdeckt, der dann durch eine geradlinige horizontale Bewegung (durch Fortrollen) entfernt werden kann. Die Bewegung geschieht entweder aus freier Hand, oder mit Mechanismus (gezahnte Stange, worin Getriebe eingreift). Der Brückenkörper ist im Schwerpunkt unterstützt; jenseits aufliegend und zu lüften. Die Rollen sind gewöhnlich auf dem Brückenpfeiler befestigt, auch am Brückenkörper selbst.

Taf. 34.

Fig. 476 und 477. Um das Verschieben der Brücke der Länge nach zu verhindern, ist als Anschluß an die Straße eine geneigte Ebene angebracht, die vor dem Fortrollen durch Schrauben niedergelassen wird (Fig. 476); auch wird die Klappe seitwärts gerollt.

Anstatt dessen kann auch der ganze Brückenkörper aufgekippt werden. (Fig. 477).

Fig. 478 bis 480. Zur Vermeidung der beweglichen Klappe kann die Bewegung seitwärts erfolgen (Fig. 478), dasselbe auch bei schiefer Ueberbrückung (479) und bei 2 Brücken nebeneinander (Fig. 480).

Fig. 481 und 482. Wird die Oeffnung durch 2 Rollbrücken, die in der Mitte zusammenstoßen, überdeckt, so sind sie zweckmäfsig durch Streben zu unterstützen, wie bei den Drehbrücken, in seltenen Fällen durch vertikale Stützen, die aufgezoogen werden (Fig. 482).

Fig. 483. Rollbrücke zu Sunderland, überdeckt eine Oeffnung von 60 Fufs engl., Länge der Brückenbahn 100 Fufs für ein Eisenbahngleise mit Tragewänden aus Blech. Der ganze Körper ruht auf einer grofsen Rolle im Schwerpunkt und am Ende auf kleineren Rollen. Die grofsen Rolle steht auf einer hydraulischen Presse, durch deren Kolben der ganze Brückenkörper gehoben werden kann. Am jenseitigen Ufer ist ein schräger Zapfen angebracht, der über eine feste Rolle läuft. Hierdurch wird das Feststellen der Brücke bewirkt.

6. Hubbrücken.

Zuweilen wird ein Brückenkörper horizontal bleibend im Ganzen vertikal gehoben. Das Heben geschieht in der Regel nicht höher, als das Durchlassen eines Schiffkörpers ohne Masten erforderlich macht. Ein Beispiel zeigt Fig. 484 für eine Oeffnung von 50 Fufs. An allen 4 Ecken sind Zugketten mit Winden und Gegengewichten, wodurch gleichzeitiges Heben bewirkt wird.

7. Die Schiffbrücken.

Diese sind leicht und schnell besonders zu vorübergehenden Zwecken (im Kriege) herzustellen. Sie kommen aber auch als permanente Brücken vor, namentlich dort, wo Wasser und Eisgang eine feste Brücke mit Pfeilern oder Jochen nicht zulassen, und sind dann vor Eintritt des Frostes oder Winterhochwassers zu entfernen.

Die Unterstüzung der Brücke geschieht durch schwimmende Schiffe oder Pontons (zuweilen Flösse), die mit dem Wasser steigen und fallen und stromaufwärts mit dem Stromanker oft auch noch stromabwärts mit dem Windanker verankert werden (Vergl. Fig. 491).

In denselben befinden sich ein auch zwei Jochwände, auf welchen die Strafsenbalken ruhen.

Fig. 485. Schiffbrücke zu Mainz Die einzelnen Theile der Brücke sind 75,52 Fufs lang und werden von je 3 Schiffen getragen. Letztere mit spitzem Vorder- und Hintertheil und flachem Boden je 49,4 Fufs in Med. lang und 9,56 Fufs breit; darüber liegen Querbalken, die in der Mitte durch je einen Pfosten unterstützt sind; rechtwinklich zu jenen Schwellen, worüber die Strafsenbalken mit dem Belage; zur Befestigung des letzteren dienen auf jeder Seite die Röddebalken (Fig. 489).

Fig. 486. Zum Tragen der Strafsenbalken sind gegen vorige Anordnung 2 verstreute Jochwände auf dem Boden des Schiffes errichtet.

Fig. 487. Bei der Schiffbrücke zu Mannheim sind die Schiffe aus Eisen hergestellt, 15 Met. lang 3 Met. breit, 1,2 Met. in der Mitte hoch. Die Jochwände sind in der in der Figur dargestellten Weise angeordnet und mit den Seitenwänden des Schiffes verbunden.

Fig. 488 Obere Ansicht der Balkenlagen so wie des Belages mit den Röddebalken.

Fig. 489 und 490. Verbindung der Jochwände mit den Strafsenbalken geschieht durch lose Bolzen, die Befestigung des Röddebalkens durch Bügel und Keile (Fig. 489). Stofsverbindung zweier benachbarter Theile der Brücke nach (Fig. 490).

Fig. 491. Verankerung der Schiffe bei der Brücke zu Cöln, zu jedem Theil gehören 3 Schiffe.

Fig. 492. Anordnung des Oberbaus der Schiffbrücke über die Neva. Die Schiffe sind verdeckt, und die Joche, die die Brückenbalken tragen, höher geführt.

Zum Hindurchlassen der Schiffe muß die Schiffbrücke mit einem beweglichen Theil versehen werden. Es kann dazu eine bewegliche Brücke eingeschoben, etwa eine Wipprücke angeordnet werden. Es ist jedoch gebräuchlich einen Theil der Brücke zum Herausfahren einzurichten, wozu eine passende Windevorrichtung nöthig. Für Schiffe genügt 1 Theil mit 1 Schiff, für Holzflöße ist 1 Theil mit 3 Schiffen erforderlich.

Fig. 493 und 494. Wegen des wechselnden Wasserstandes ist die Verbindung der Schiffbrücke mit den Ufern durch bewegliche Rampen herzustellen, deren Neigung höchstens 1:18 sein darf. Bei geringem Wasserwechsel genügt die Anordnung (Fig. 493). Bei größerer Wasserdifferenz ist die Anschlußklappe durch Schiffe mit Bockgerüst zu unterstützen; anstatt der letzteren findet auch

Taf. 35.

Fig. 495 die Unterstützung der Rampe durch ein festes Pfahljoch statt. Bei beiden Anordnungen ruht die Klappe auf einem Unterzug, der an jedem Ende durch Schraubenbolzen gehoben und gesenkt werden kann.

Ferner gehören hierher

Fig. 496. Die Flottbrücken in Holland bei geringer Geschwindigkeit und wenig variirendem Wasserstande. Gewöhnlich ruht ein schwimmendes Floß auf dem Wasser, an jeder Seite eine bewegliche Rampe zwischen 2 Pfahlreihen. Dieser Theil wird durch passende Windevorrichtung gehoben und das Floß behufs Durchlassens der Schiffe untergeschoben.

8. Die fliegenden Brücken.

Diese nehmen an einem Ufer die Belastung auf, und werden dann wie ein Schiff, jedoch in regelmässiger Bewegung, durch die Kraft des Stroms über den Fluß geführt.

Fig. 497 A bis C. Die fliegende Brücke besteht meistens aus 2 mit einander verbundenen Schiffen, auf welchen ein gemeinschaftlicher Belag liegt (Fig. B und C).

Am vorderen Ende jedes Schiffes steht ein Mast; beide sind durch einen Riegel zu einem Portal verbunden und werden durch Ketten gehalten. Von einer Winde am hinteren Ende des Schiffes aus geht eine Gliederkette (Gierkette oder Giertau), über das Portal hinweg bis zum Anker, unterstützt durch Buchtnachen (Fig. A). Kettenlänge $1\frac{1}{2}$ bis 2 mal der Flußweite, Kettenglieder $2\frac{1}{2}$ Fuß lang. Mit Hilfe der Steuer, die beide verbunden, stellt man die Schiffspitzen nach dem jenseitigen Ufer und läßt durch den Strom die Schiffe hinübertreiben, wobei in größeren Flüssen eine Stromgeschwindigkeit von mindestens 2 Fuß erforderlich ist. An jedem Ufer befindet sich eine Landungsbrücke wie bei Schiffbrücken (Fig. C). Die Buchtnachen, etwa 10 Ruthen von einander, sind auf $\frac{1}{3}$ ihrer Länge mit kleinem Mast versehen, an welchem die Gierkette befestigt, und stellen sich von selbst gegen den Strom.

9. Die Fähre oder Ponte

ist ein breites plattes Fahrzeug (Prahm).

Fig. 498 und 499. Die Ponte landet mit der schmalen Seite am Ufer, wo eine feste Fahrbrücke angeordnet (Fig. 499) (oder es ist an jedem Ende des Fahrzeugs eine bewegliche Pritsche angebracht, welche sich auf jedes Ufer aufschiebt, so bei den Gierponten vom Niederrhein (Fig. 498).

Die Fähre kann übergeführt werden

a) durch Steuern und Rudern wie ein anderes Schiff,

b) bei passender Stromgeschwindigkeit als fliegende Brücke (Gierponten), so die auf dem Rhein 56 Fuß lang, in der Mitte 17 Fuß, an den Enden 12 Fuß breit (Fig. 498). Auf jeder Seite des Fahrzeugs steht ein Mast, beide verbunden und durch Spannketten gehalten. An dem stromaufwärts stehenden wird die Gierkette befestigt, anstatt des Steuers dient eine Zaumkette zur Stellung der Ponte; (Vergl. Grundriß Fig. 505). Außerdem sind an der Seite gegen den Strom 4 bewegliche Schwerter welche in den Strom gesenkt, demselben eine größere Angriffsfläche darbieten.

Außer diesen Einrichtungen ist eigenthümlich

c) Die Ueberführung mittelst des Fährseils.

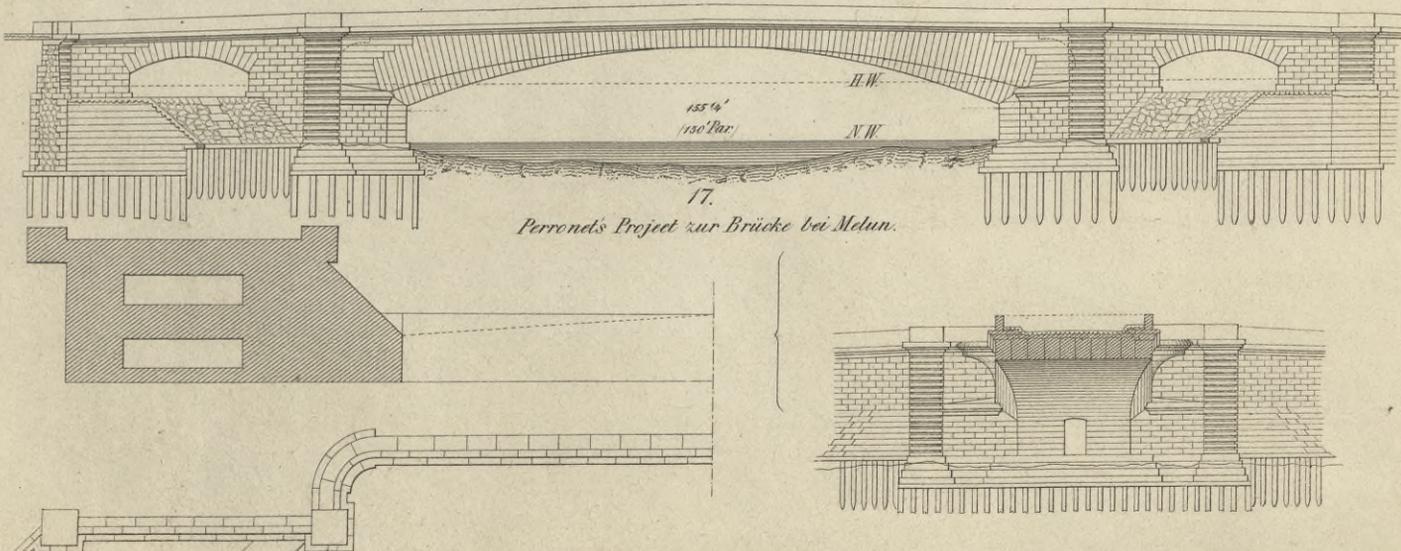
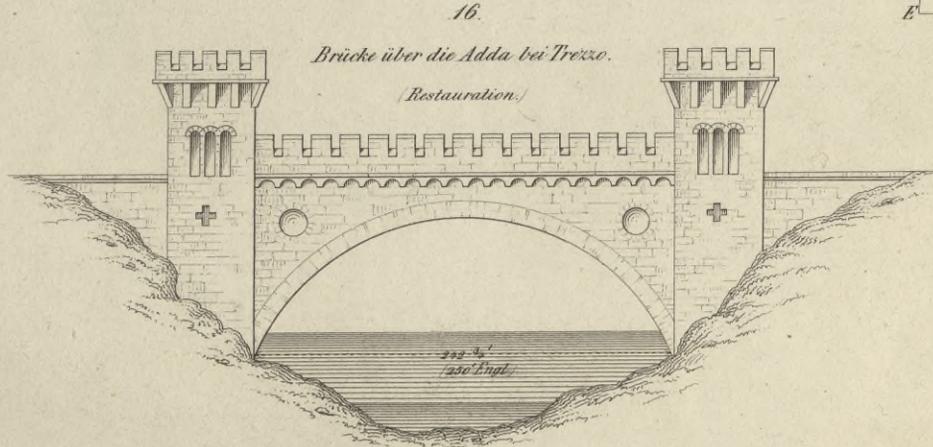
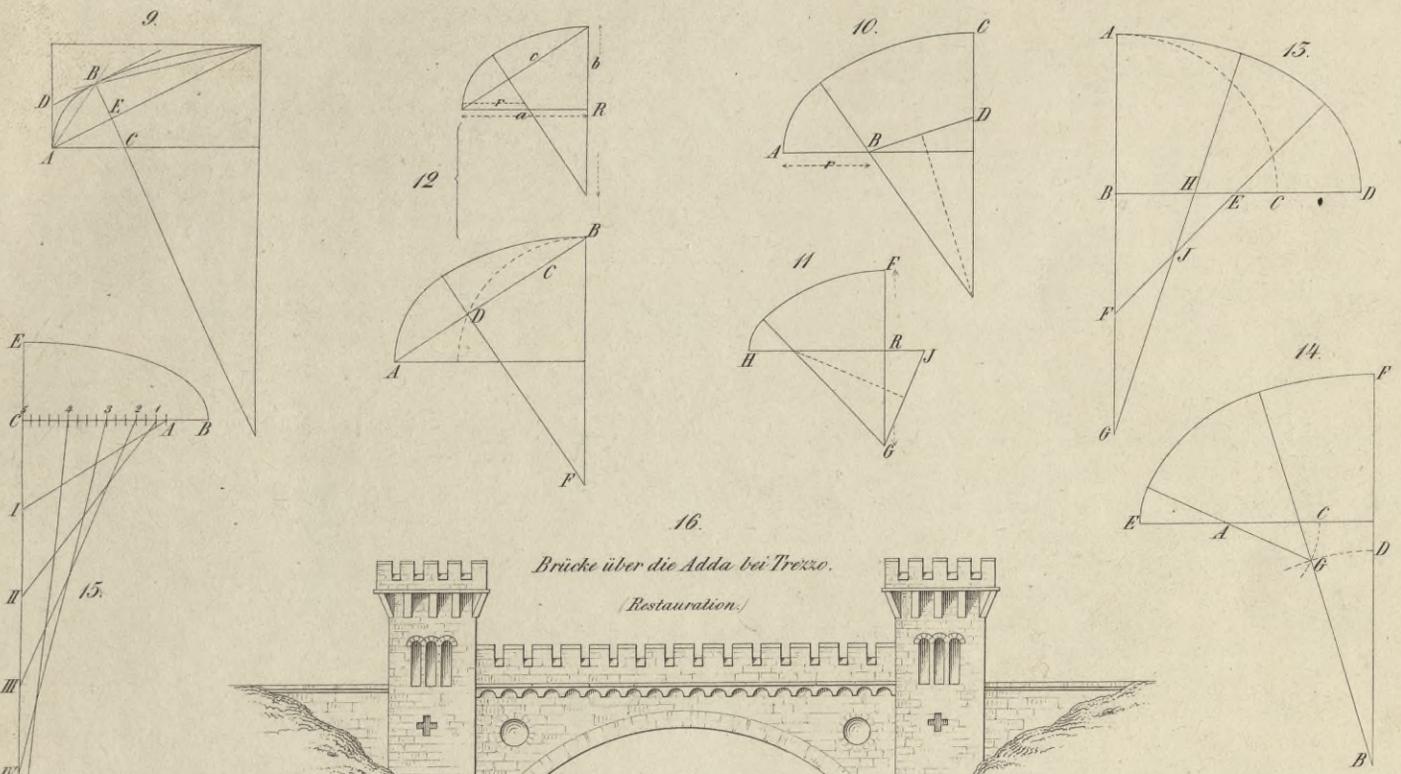
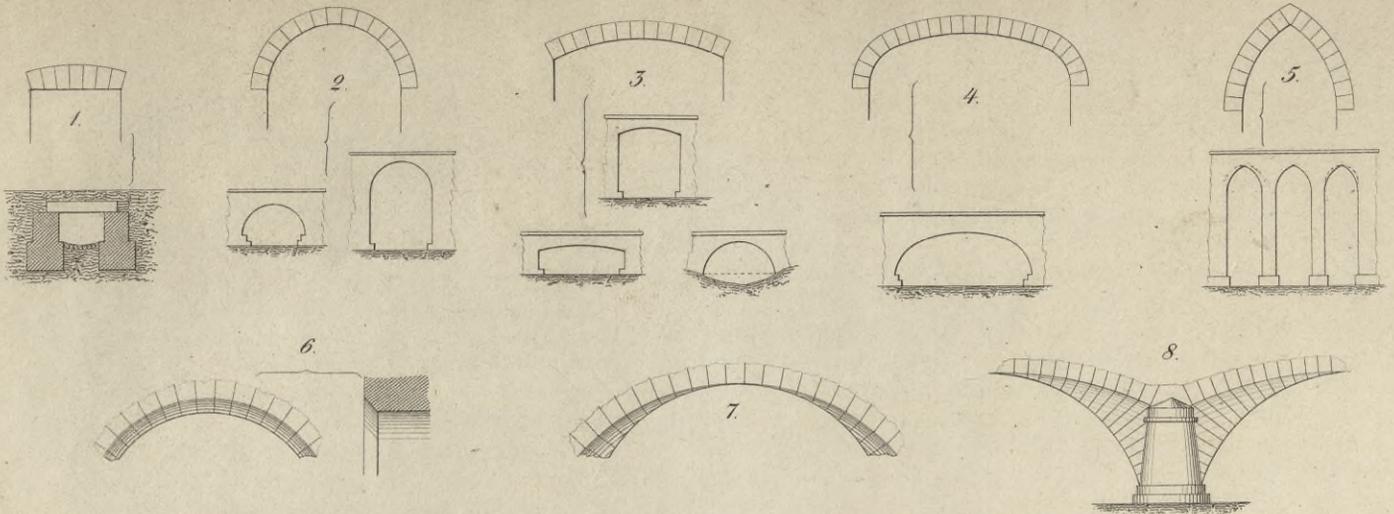
Fig. 500 bis 504. Das Fährseil ist bei Flüssen mit geringer Geschwindigkeit frei über den Fluß gespannt; dabei sind an einer Seite der Fähre 2 stehende Rollen, welche sich gegen das Seil lehnen (Fig. 501). Letzteres wird mit der Hand ergriffen und das Schiff hinübergezogen. Zum Durchlassen der Schiffe ist das Fährseil bis auf das Flußbett zu senken. Bei größerem Schiffsverkehr ist das hinübergeführte Seil störend und daher zweckmäßiger dasselbe auf das Bett des Flusses zu legen und über das Schiff auf Rollen hinüberzuführen (Fig. 502). Die Bewegung kann durch entsprechenden Mechanismus (Kurbel mit Vorgelege) geschehen.

Bei Flüssen mit größerer Geschwindigkeit wird passend die Kraft des Wassers zum Hinüberführen der Fähre benutzt; zu diesem Zweck bewegt sich eine lose Rolle mit Kloben (Fig. 503), welcher durch Zug und Zaumseil mit der Fähre verbunden ist, längs des Fährseils, welches meist auf dem Bett des Flusses liegt. Besser ist statt einer Rolle deren zwei anzuordnen, wodurch ein leichteres Stellen der Fähre gegen den Strom möglich ist (Fig. 504). Hierher gehört

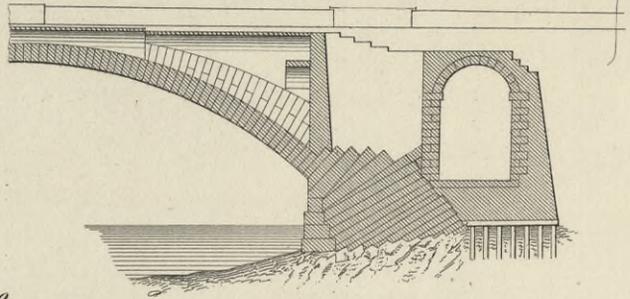
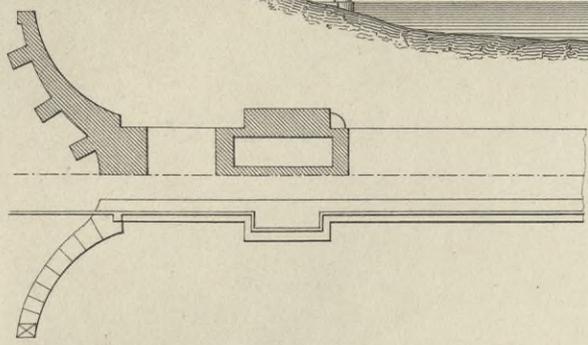
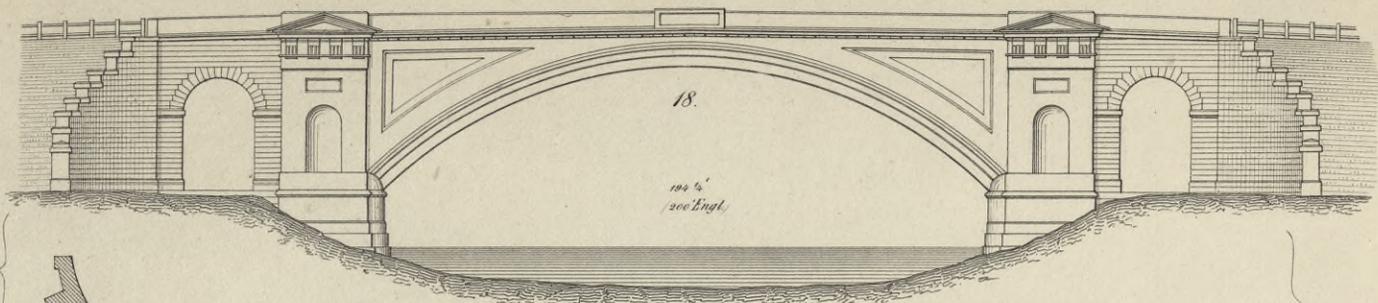
Fig. 500. Die fliegende Fähre über die Elbe bei Schönebeck. Auf einer Seite der Fähre sind nahe an den Enden seitliche Ausleger angebracht, an denen die Rollen (Fig. C) hängen, über diese sind die Ketten geführt, welche die Kloben zu den Rollen am Fährseil fassen. Mittelst Winde und Vorgelege können die Ketten angezogen und so die Fähre gegen den Strom gestellt werden. An der Stromseite 3 Schwerter (Fig. D), die durch Hebel gehoben oder gesenkt werden.

Bei diesen Anordnungen sind an den Ufern hölzerne Rampen nöthig oder bühnenartige Einbauten.

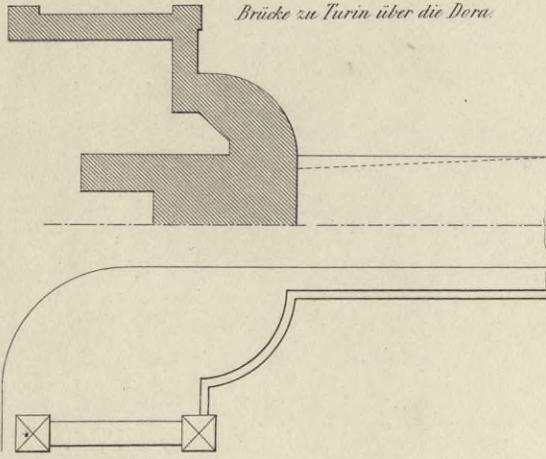
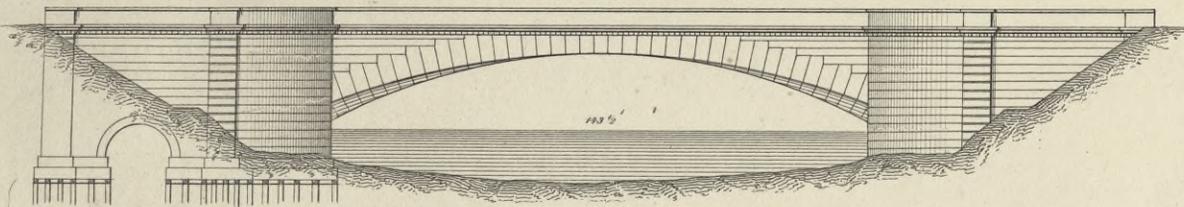
Fig. 505. Anordnung der Ketten der Gierponten und fliegende Fähren (Vergl. Fig. 497 B).



Grosvenor Brücke zu Chester über den Dee.



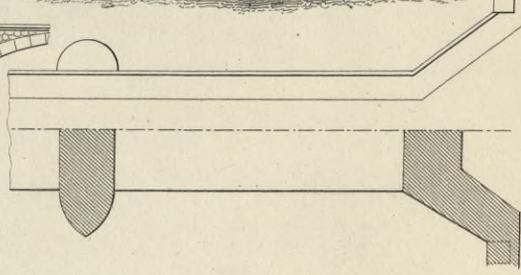
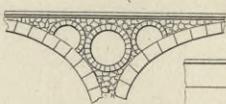
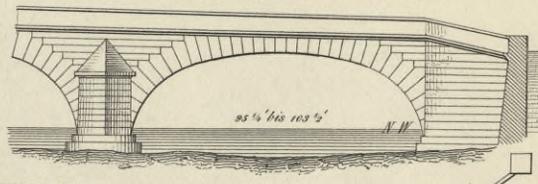
19.



Brücke zu Turin über die Dora.

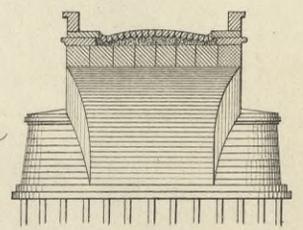
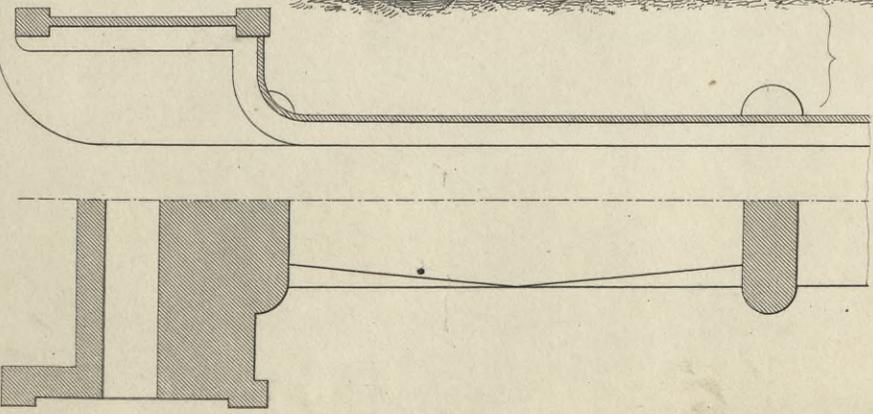
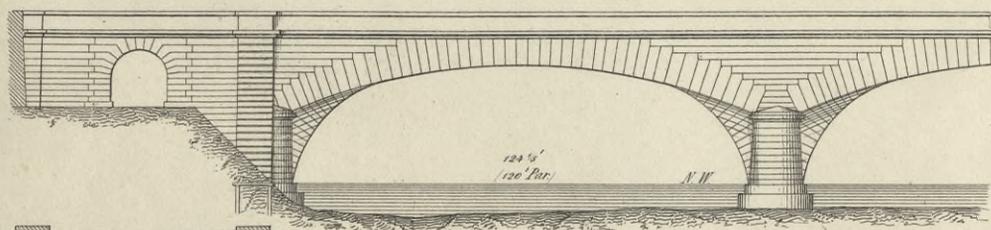
21.

Brücke zu Orleans (Loire.)

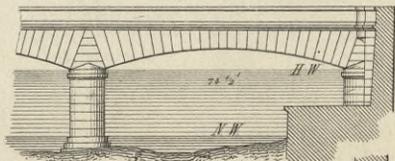


20.

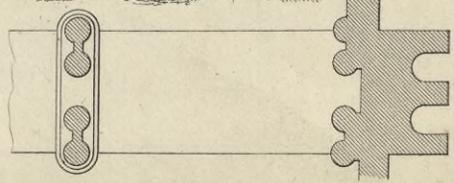
Brücke zu Neuilly.



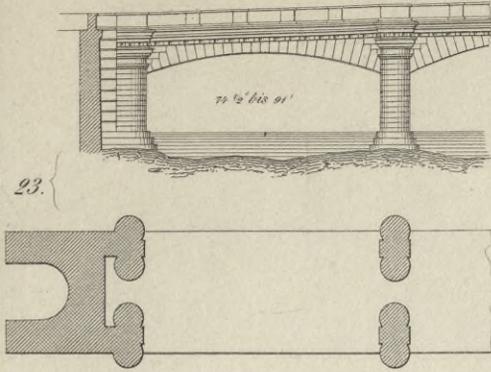
Brücke zu Pont Saint Maixence.



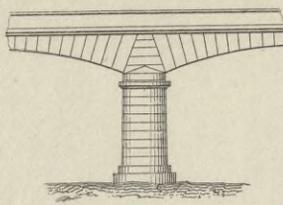
22.



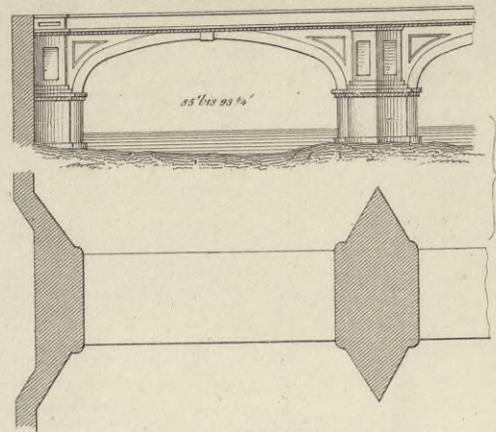
Concordia Brücke zu Paris.



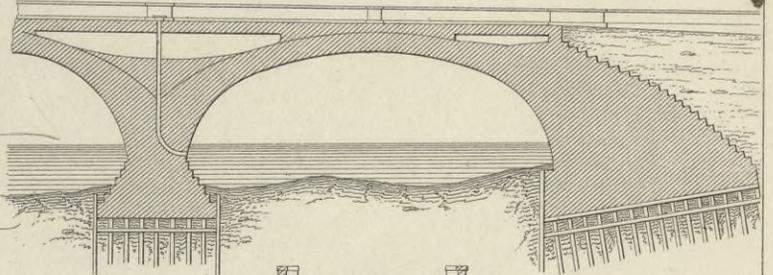
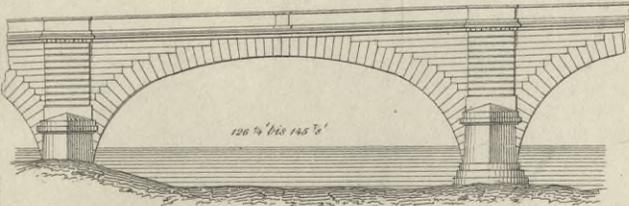
24. Brücke zu Nemours (Loing)



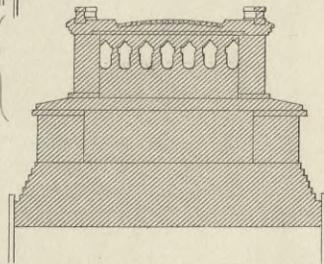
25. Brücke Sta. Trinita zu Florenz.



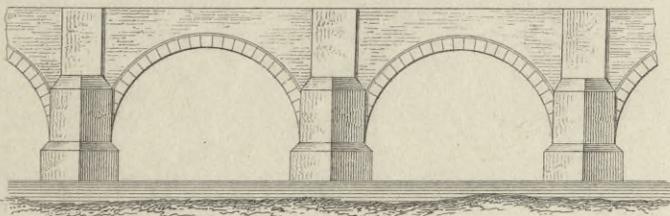
26. New-London Bridge.



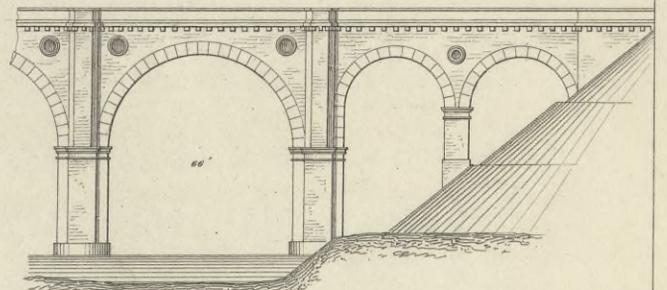
27. Brücke zu Dresden (Elbe)



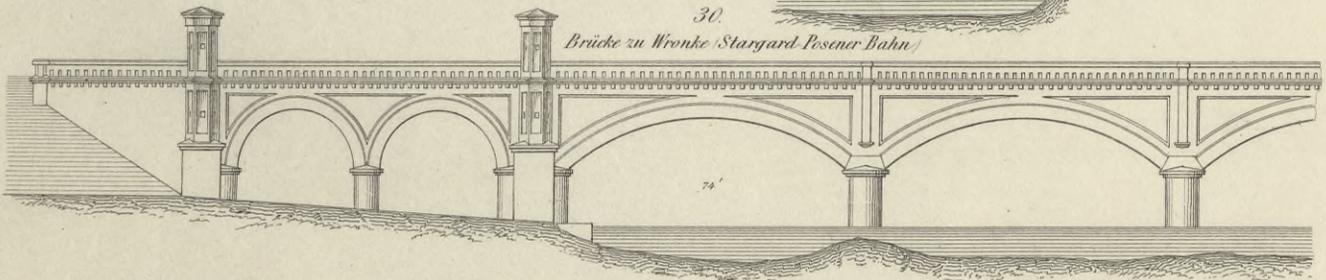
28. Brücke zu Prag (Moldau)



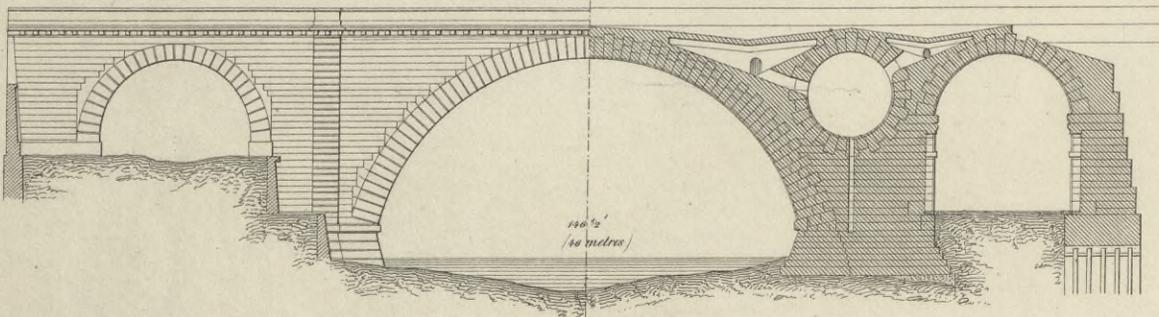
29. Brücke über das Schwarzwasser (Pr. Ostbahn)



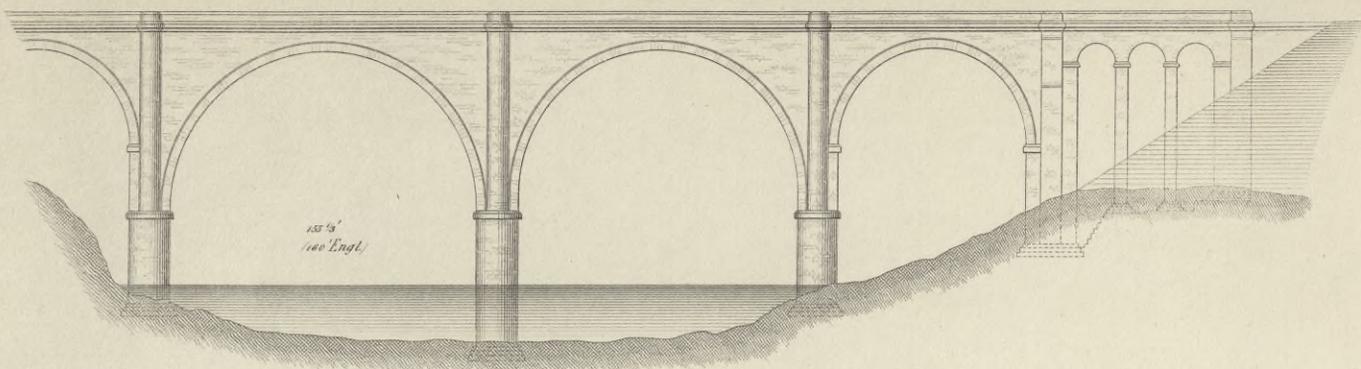
30. Brücke zu Wronke (Stargard Posener Bahn)



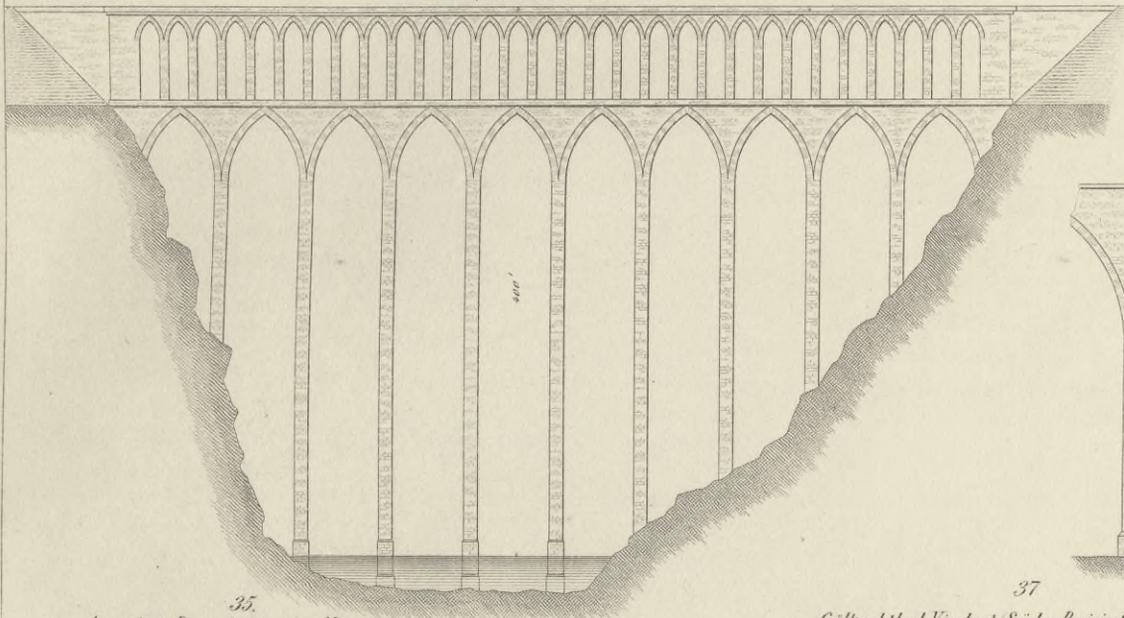
31. Nydeck Brücke zu Bern.



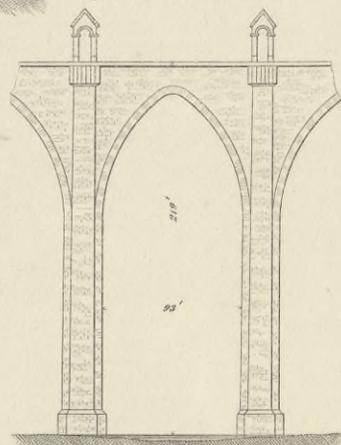
32.
Victoria Viaduct / Durham Junction Bahn



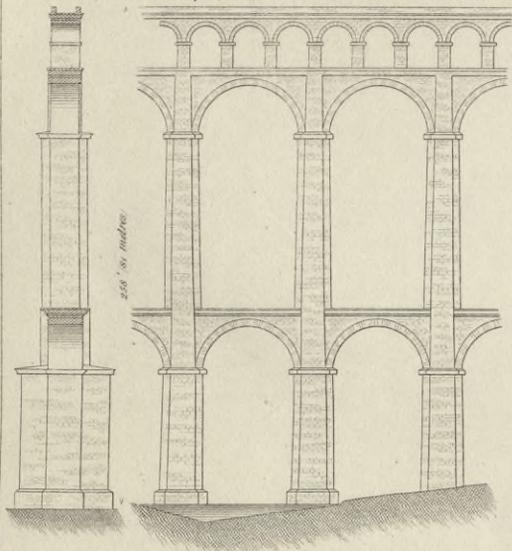
33.
Aquaduct bei Spoleto



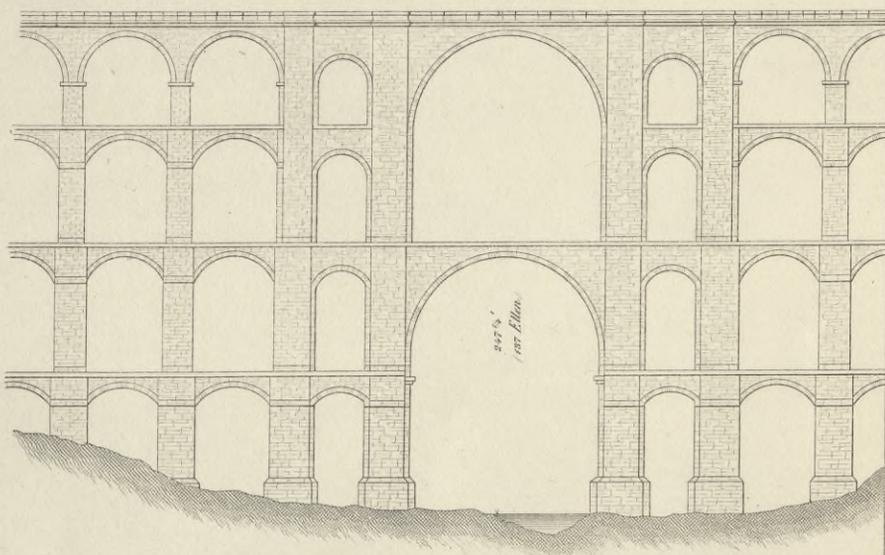
34.
Aquaduct bei Lissabon



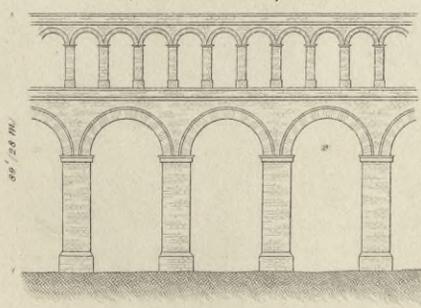
35.
Aquaduct Roquefavour bei Marseille



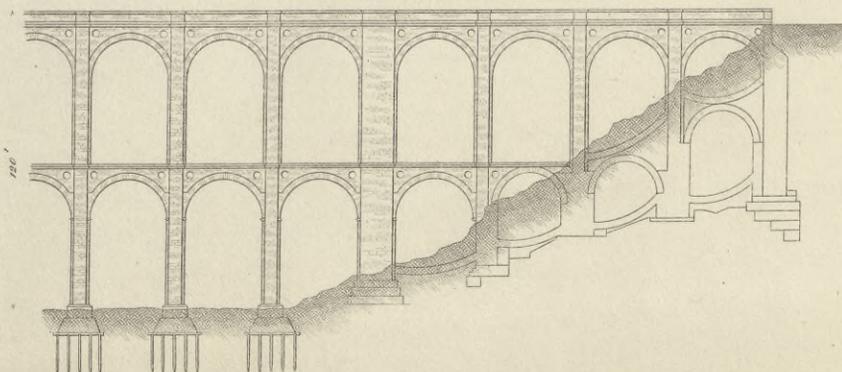
37.
Göltzschthal Viaduct / Sächs. Bairische Bahn



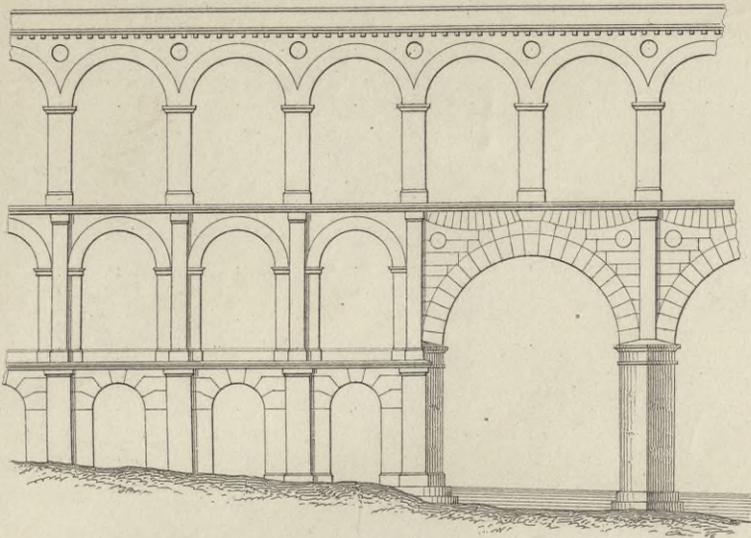
36.
Aquaduct bei Montpellier



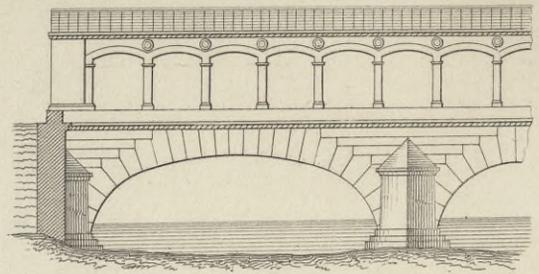
38.
Geulthal Viaduct / Rheinische Bahn



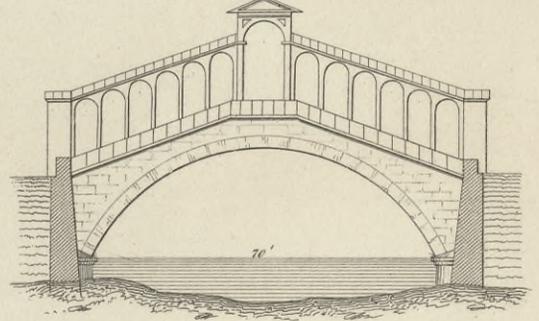
39
Viaduct.



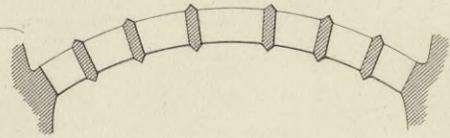
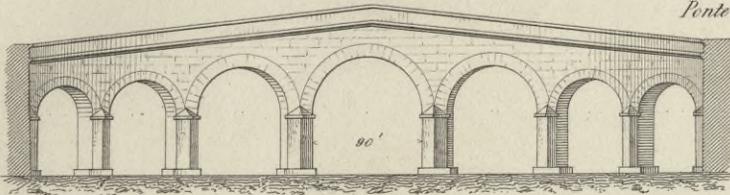
40.
Bedeckte Brücke.



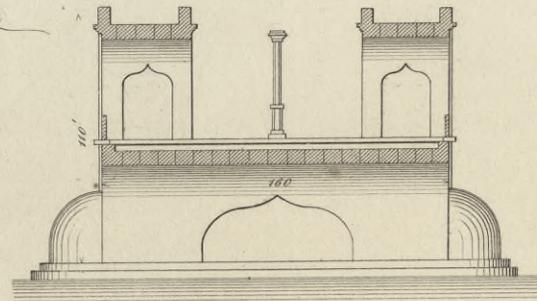
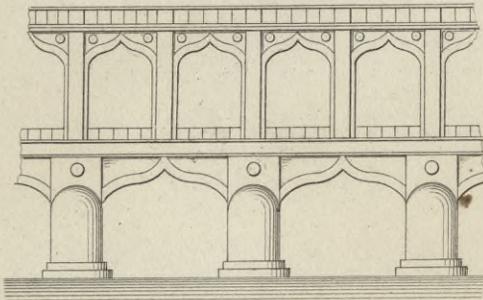
41
Ponte Rialto zu Venedig.



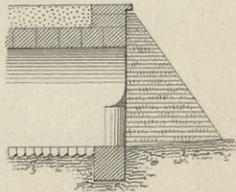
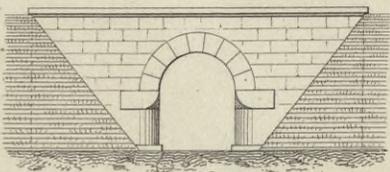
42
Ponte Corvo bei Aquino.



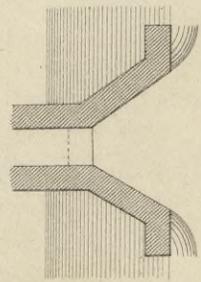
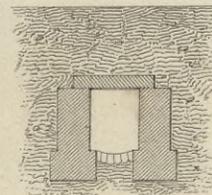
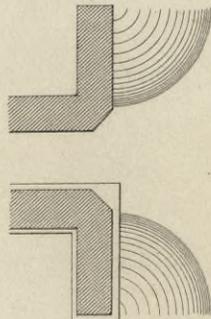
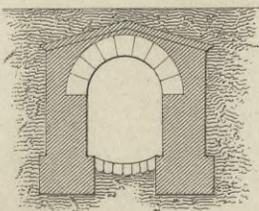
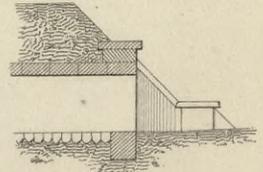
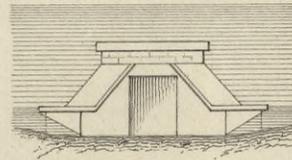
43.
Brücke zu Ispahan.

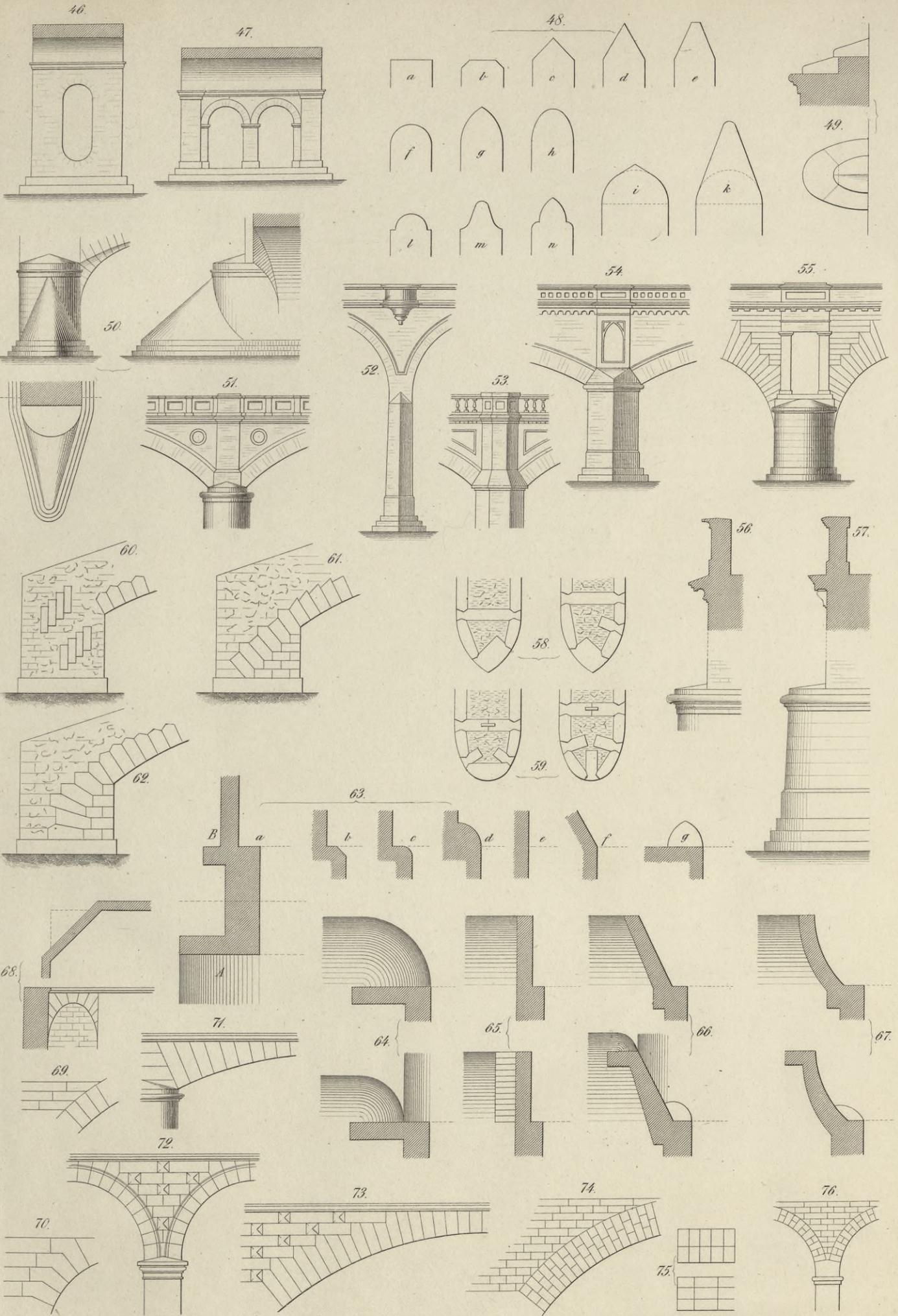


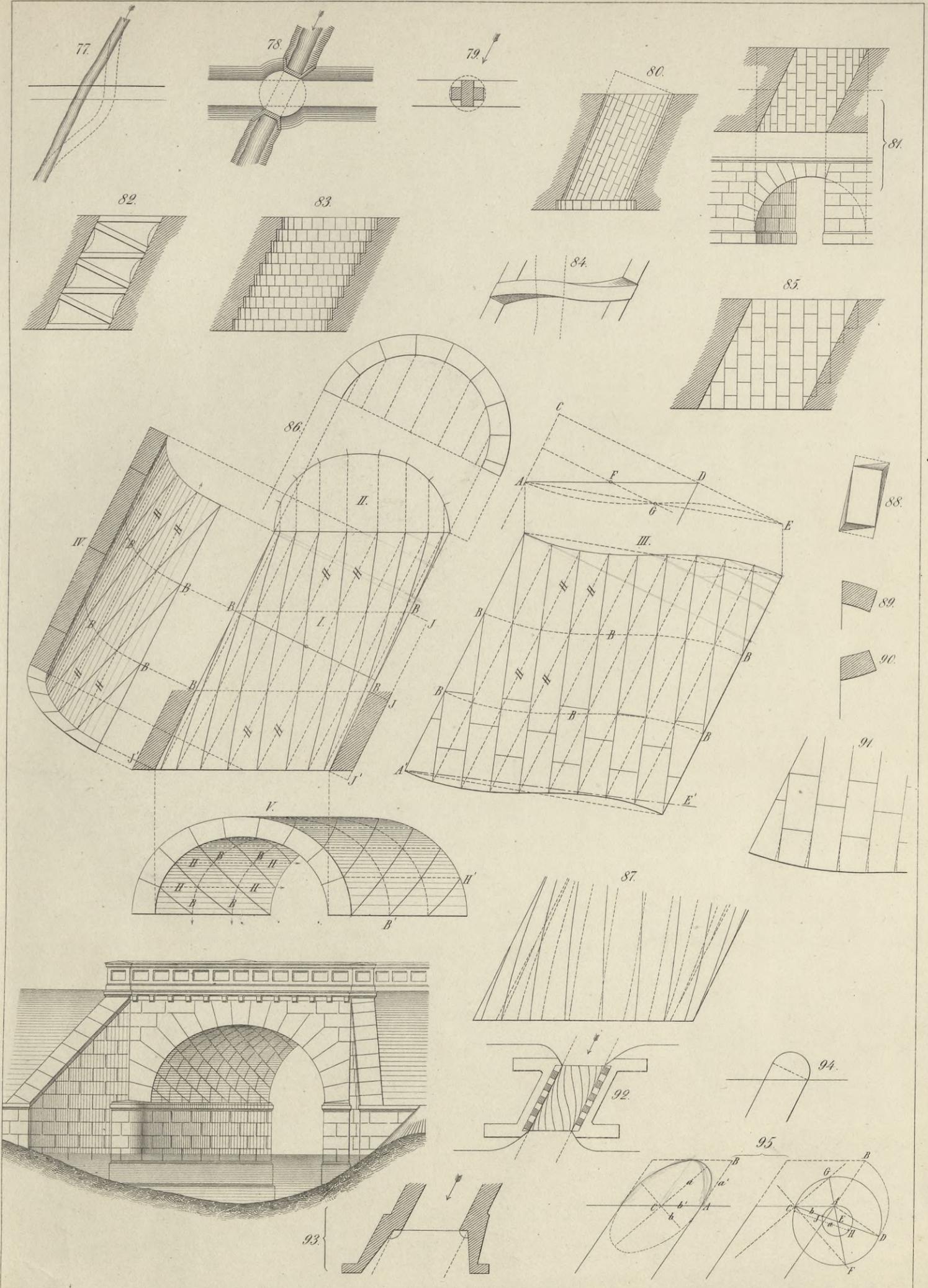
44.

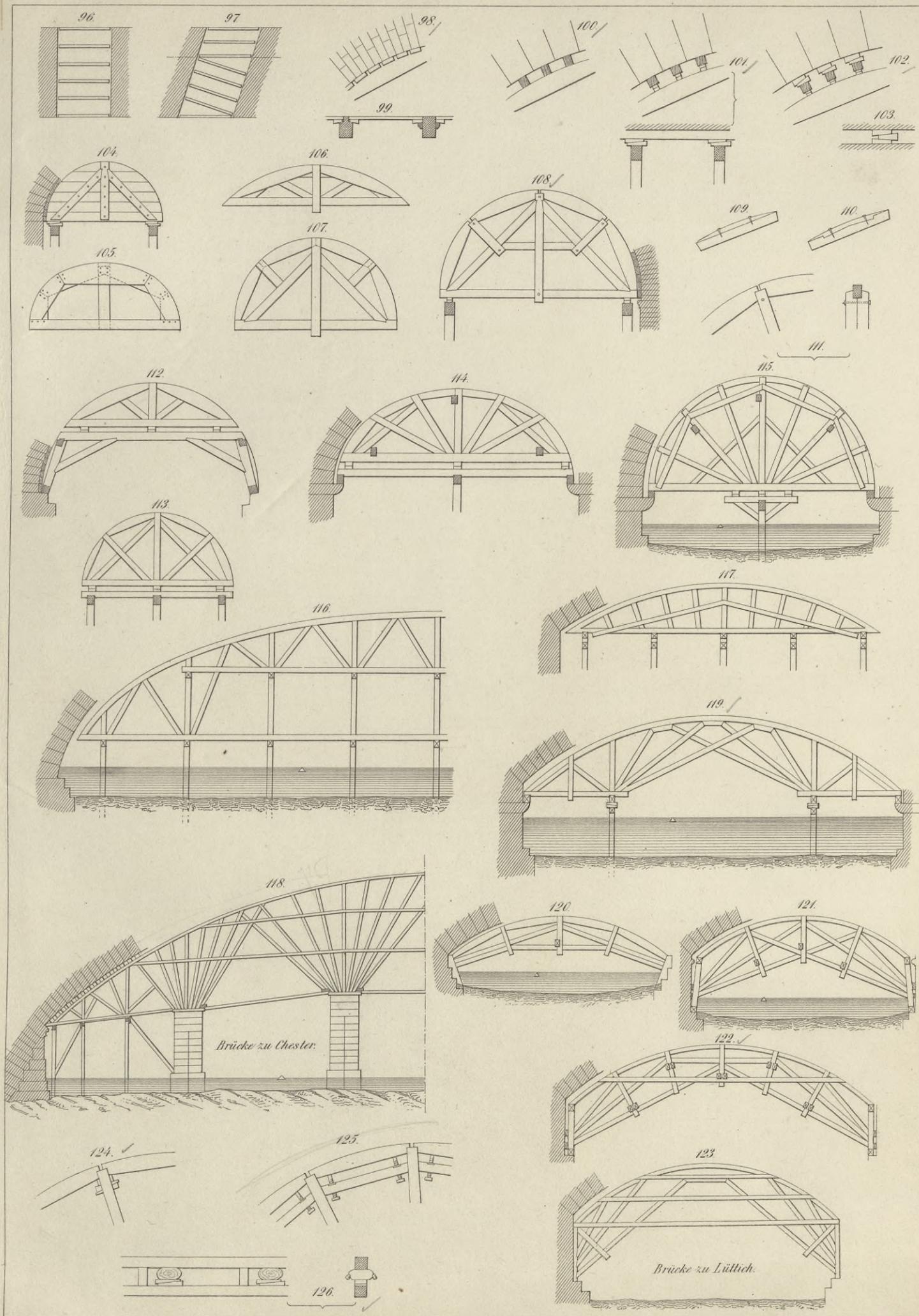


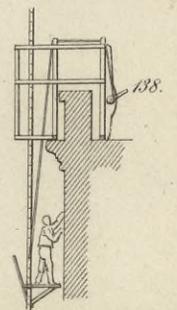
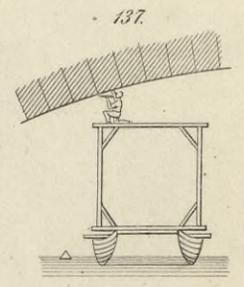
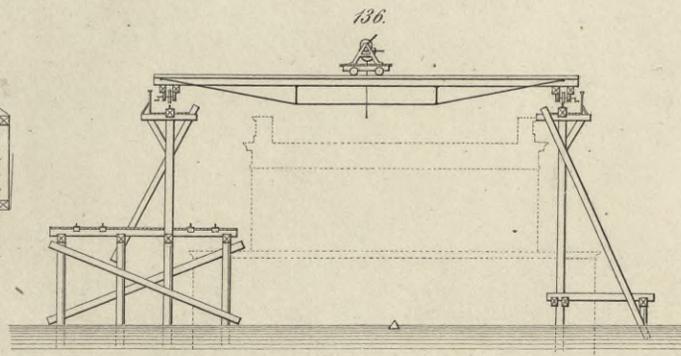
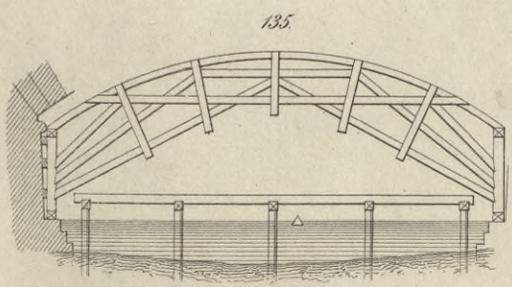
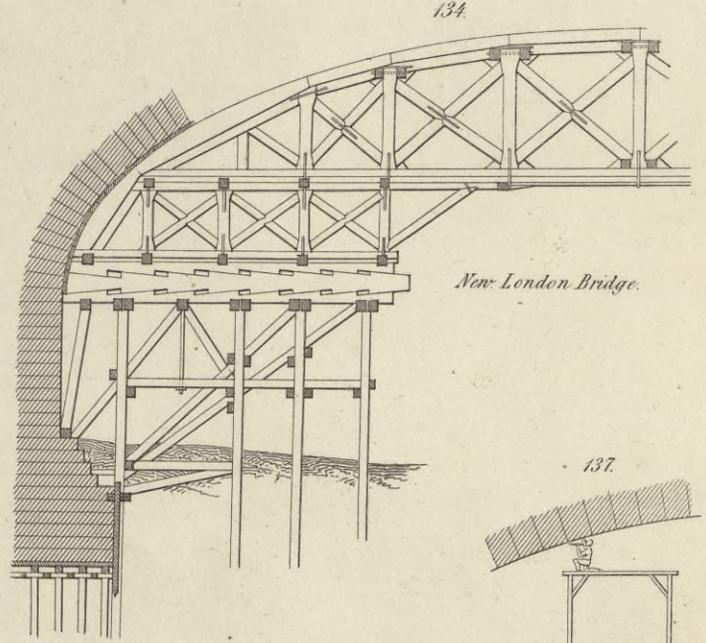
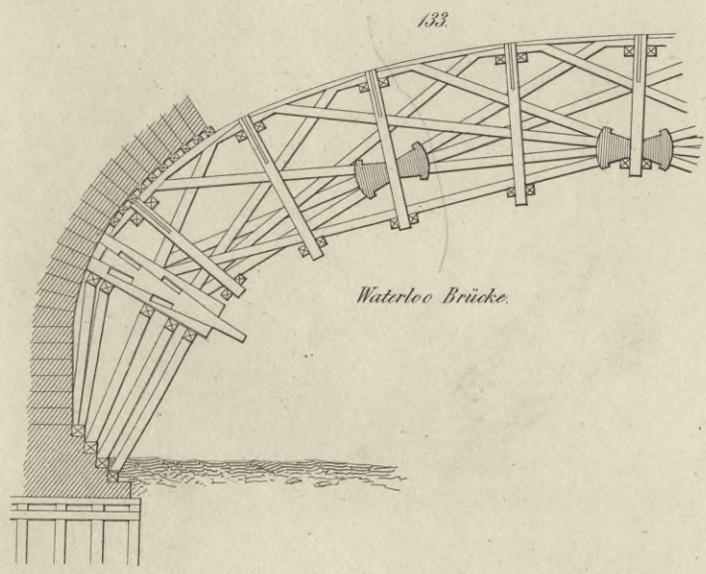
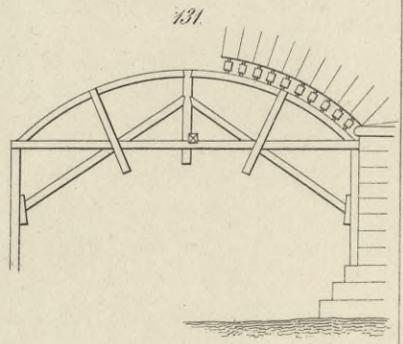
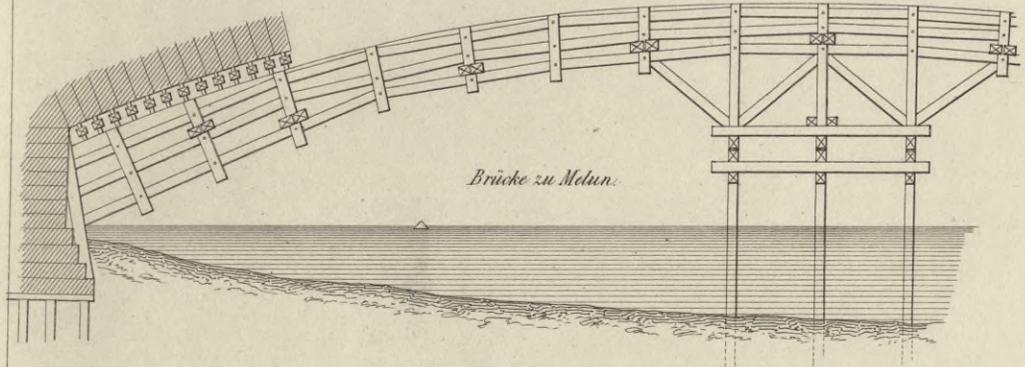
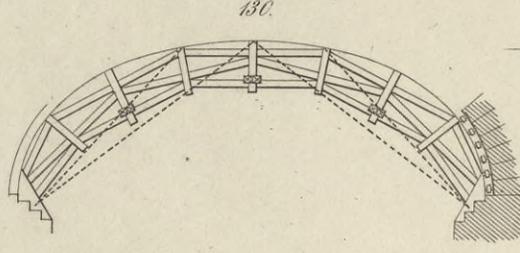
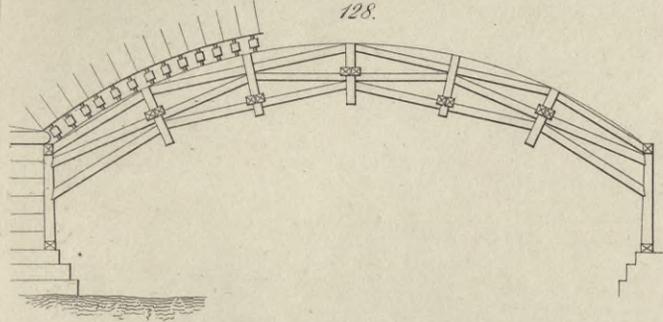
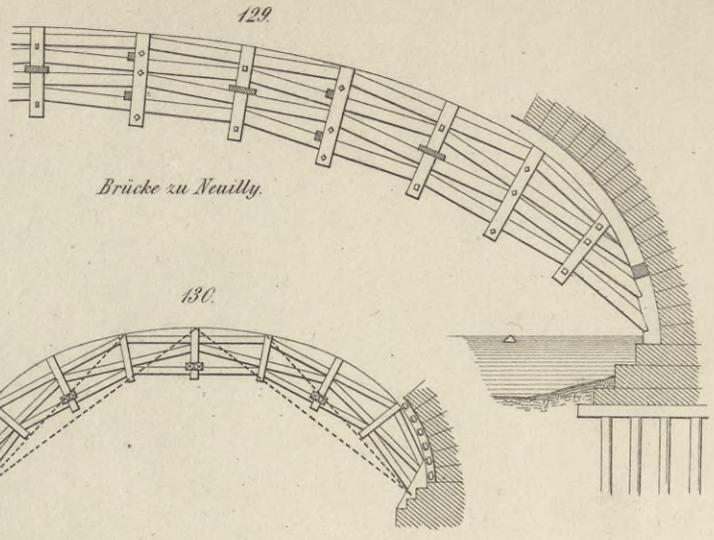
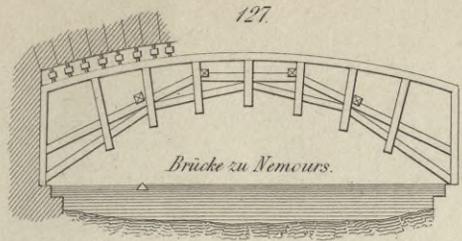
45.

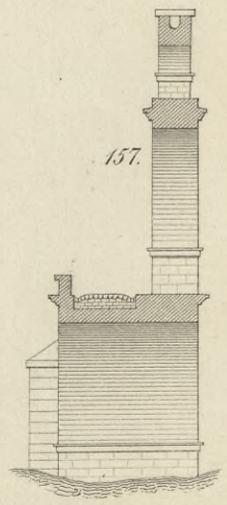
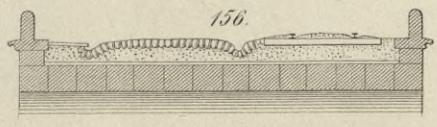
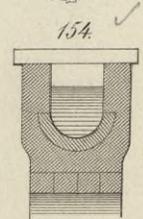
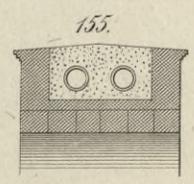
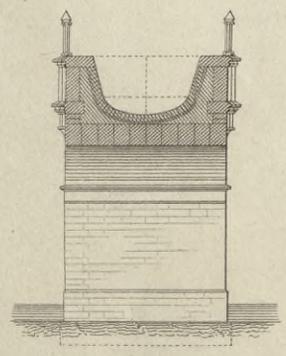
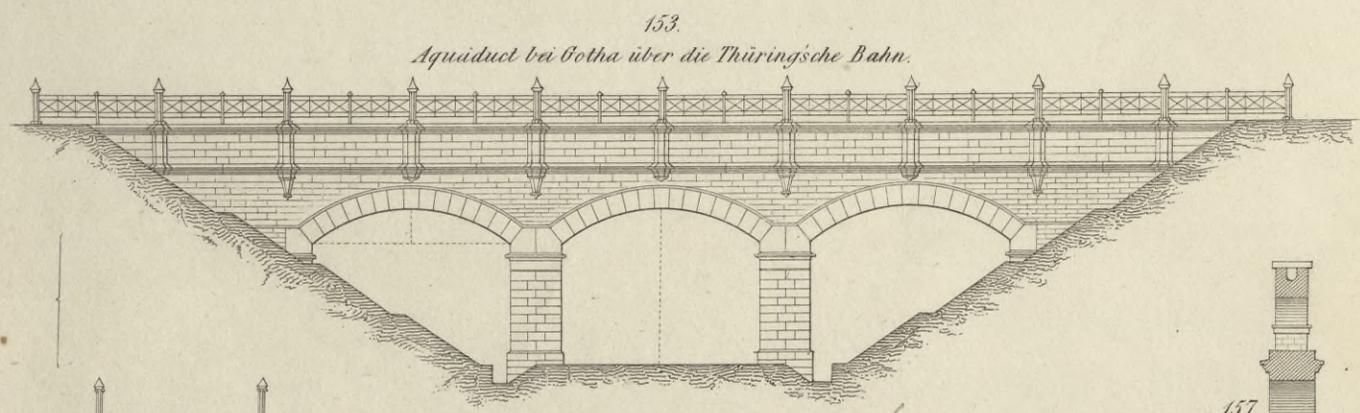
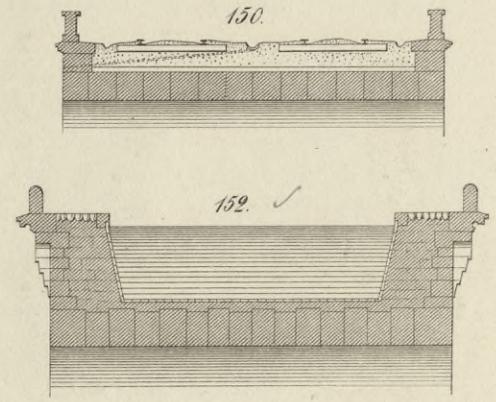
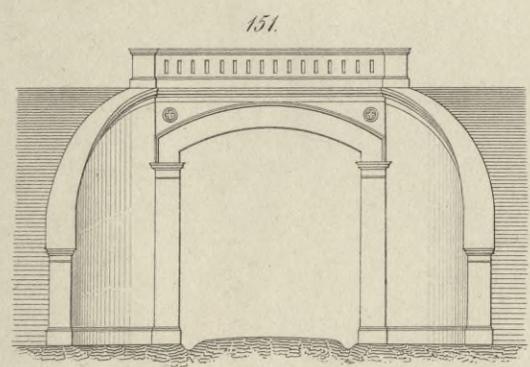
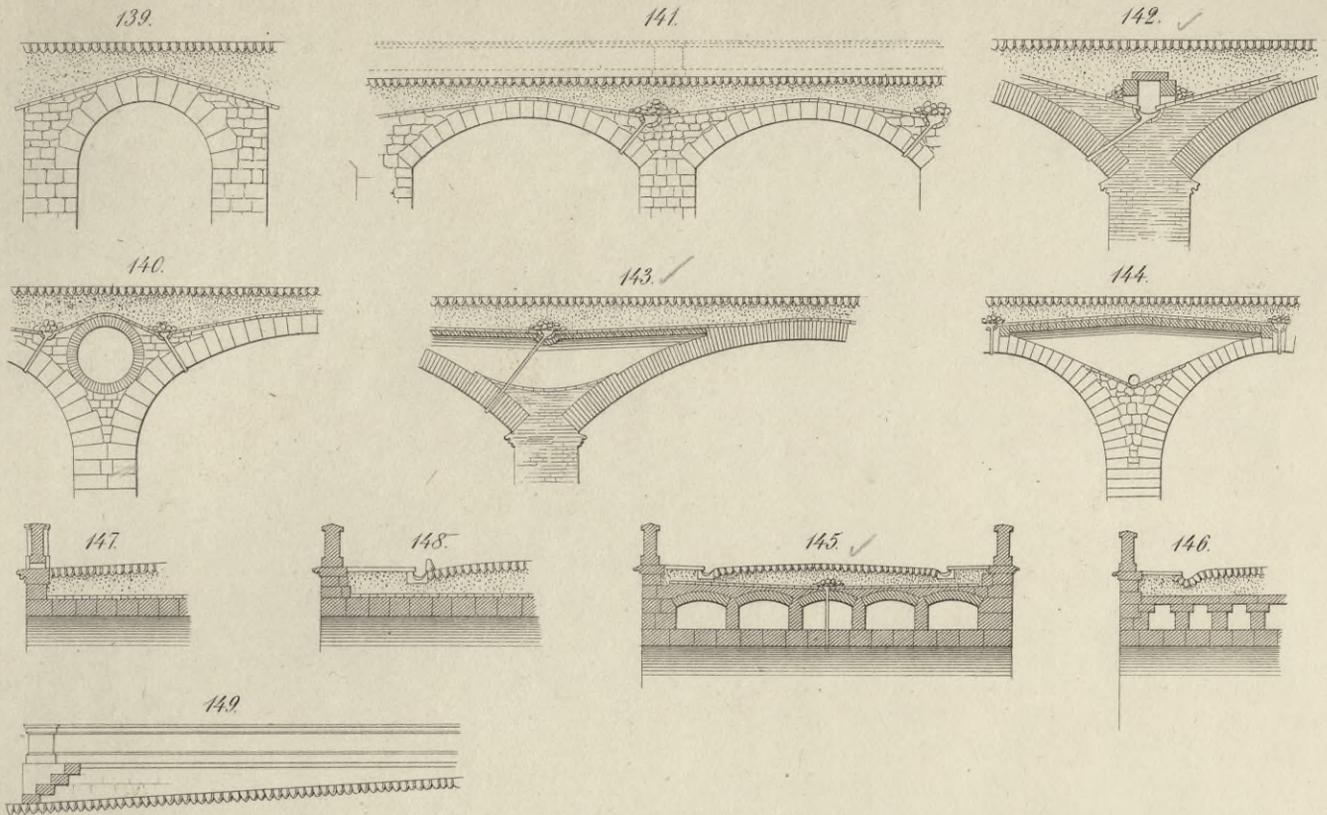


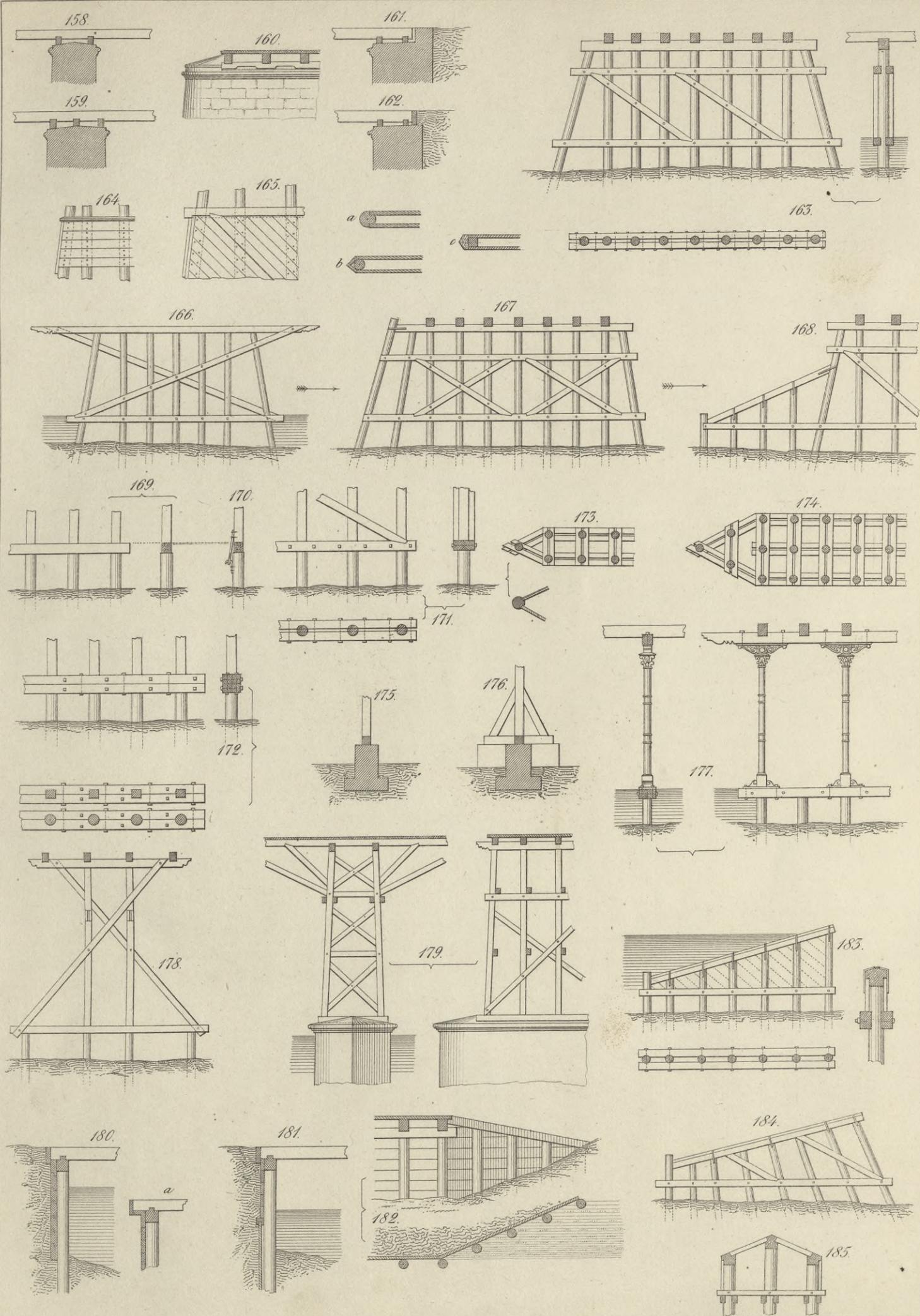


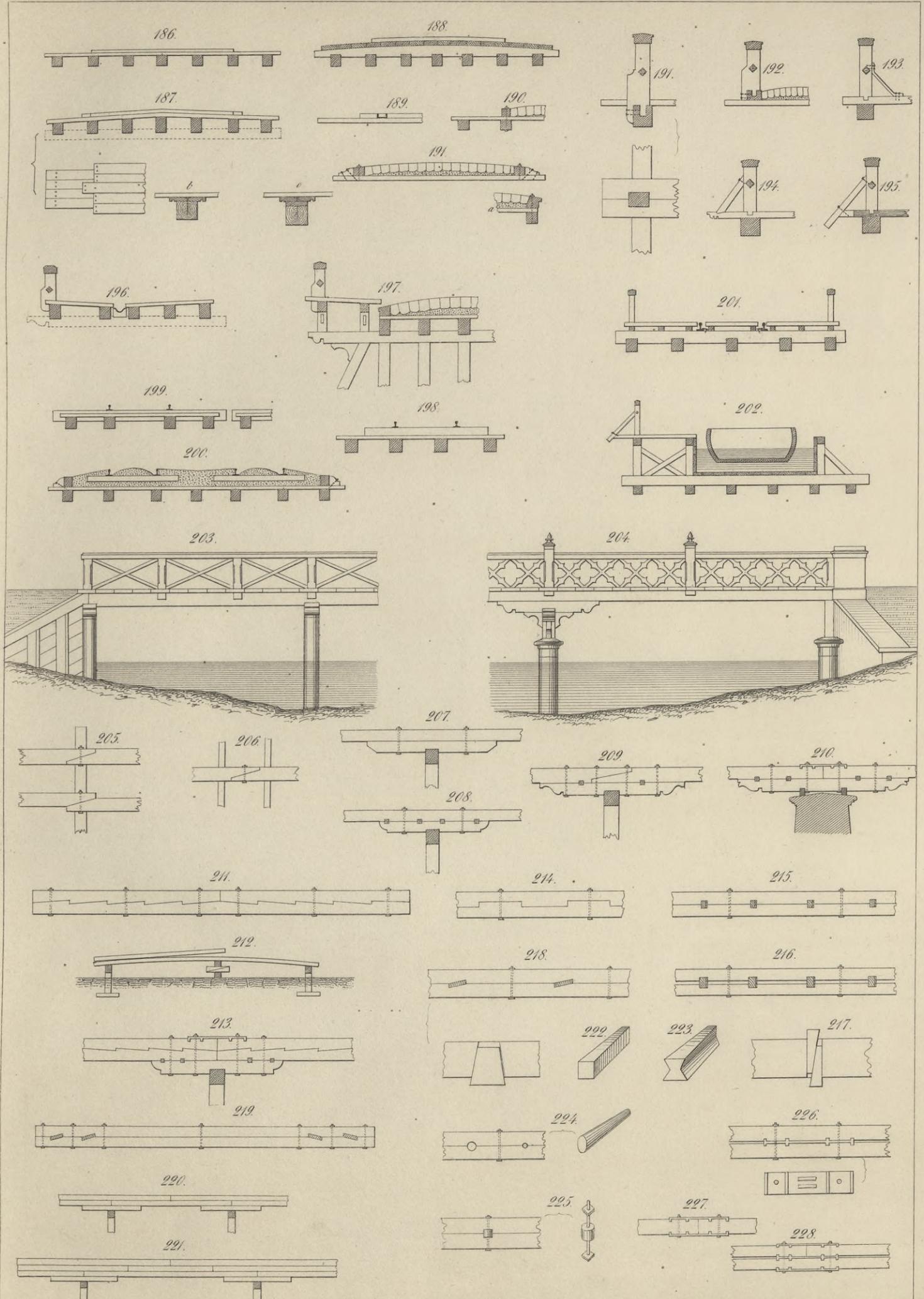


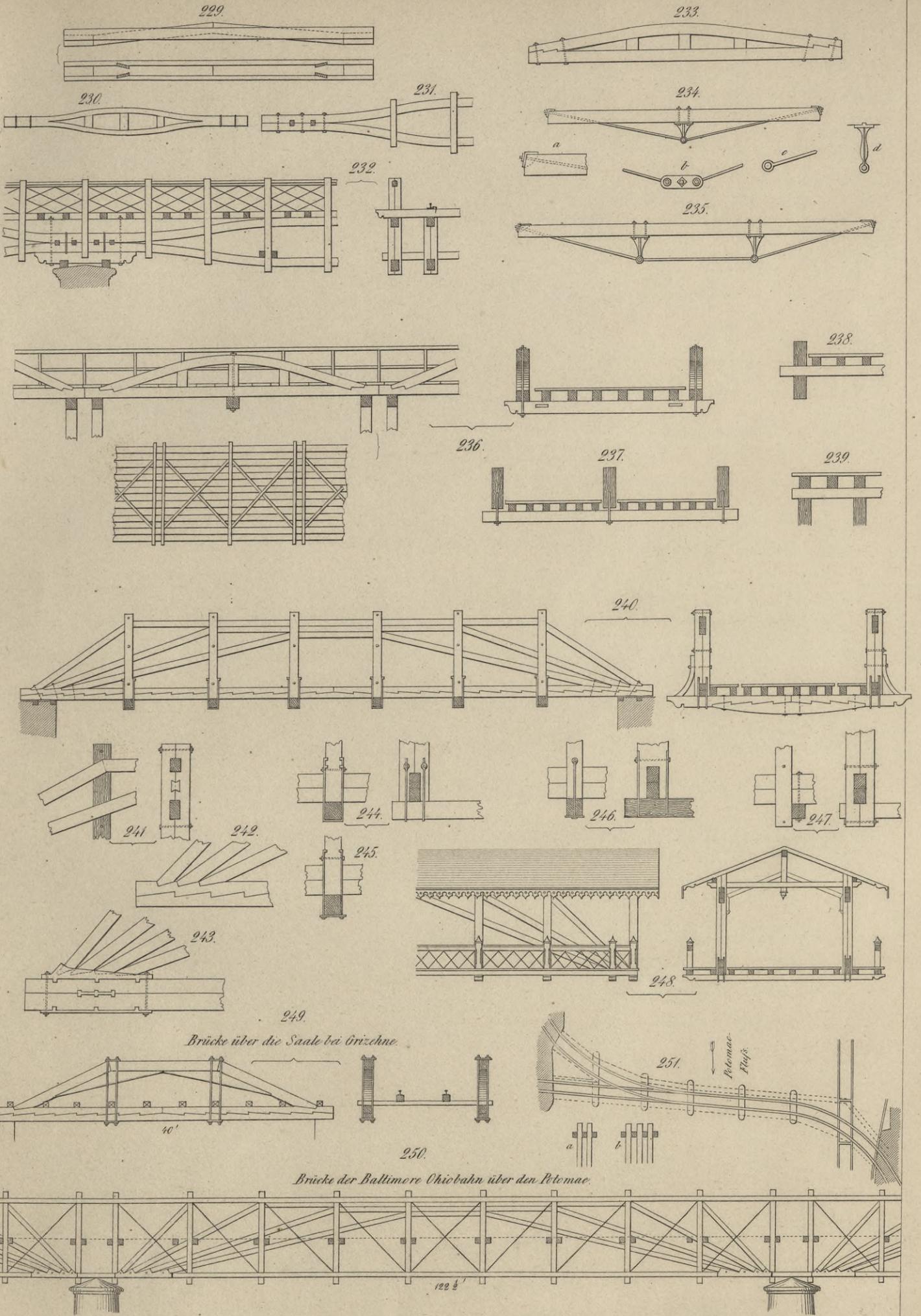




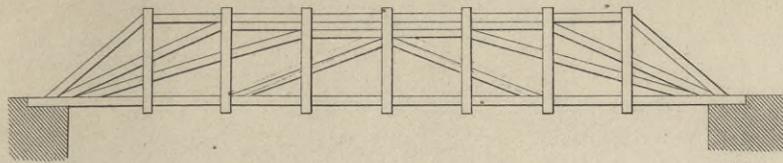




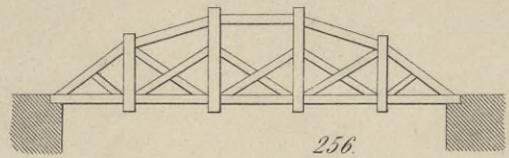




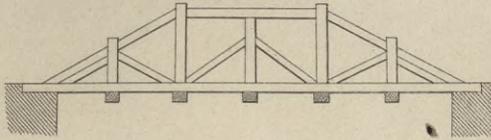
252.



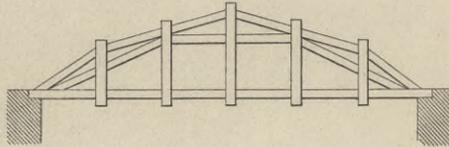
254.



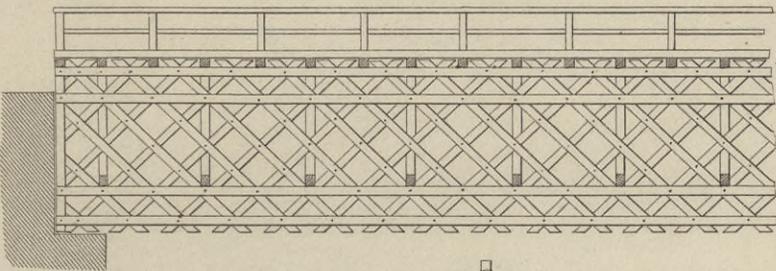
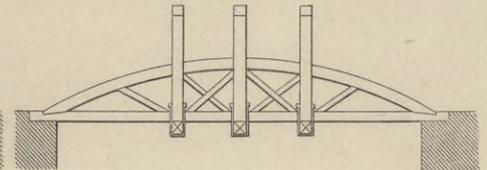
253.



255.

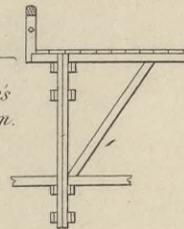


256.



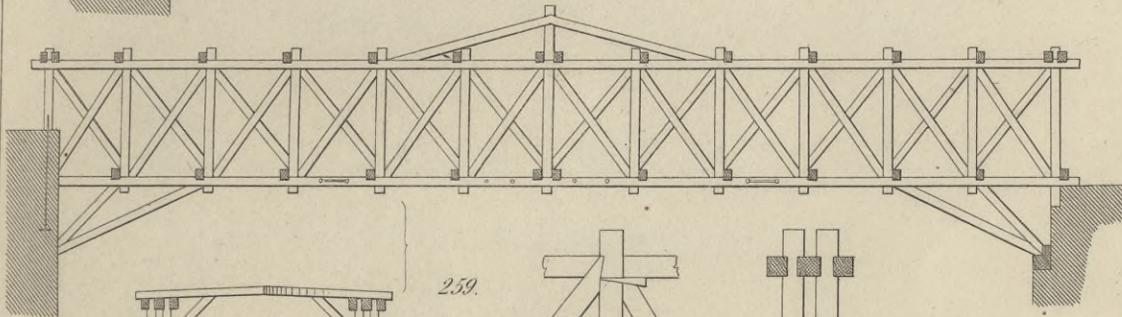
257.

Town's System.



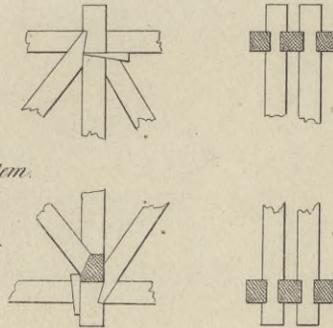
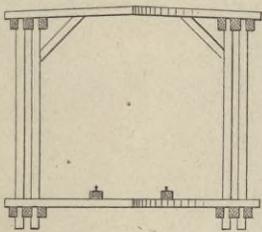
258.

Brücke zu Altstaden.



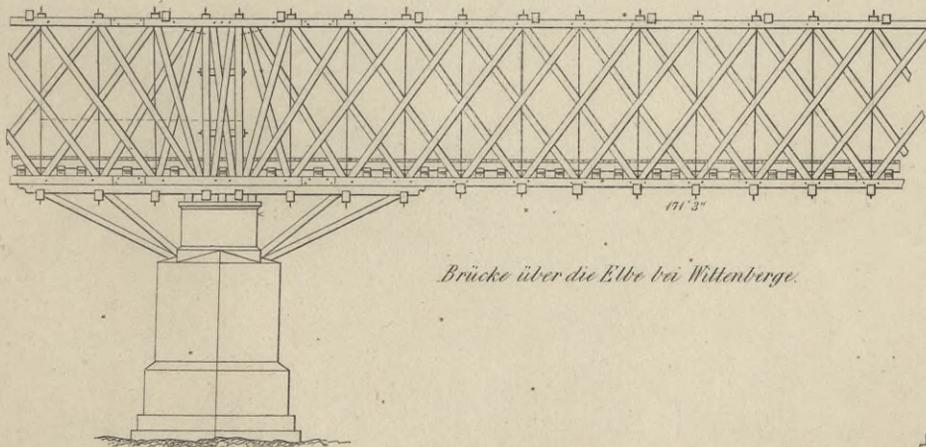
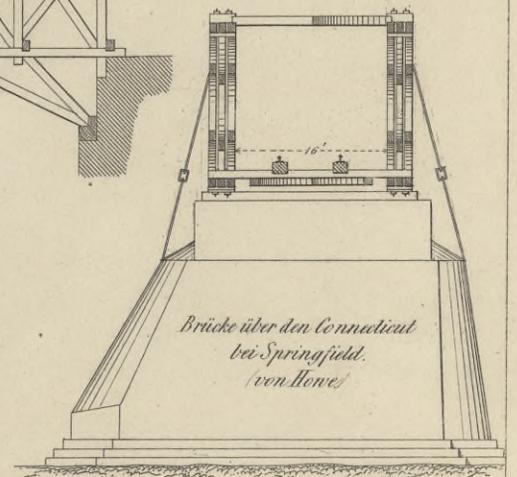
259.

Long's System.



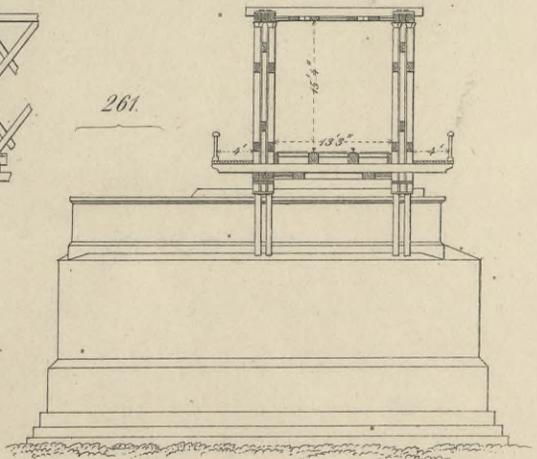
260.

Brücke über den Connecticut bei Springfield. (von Howe)

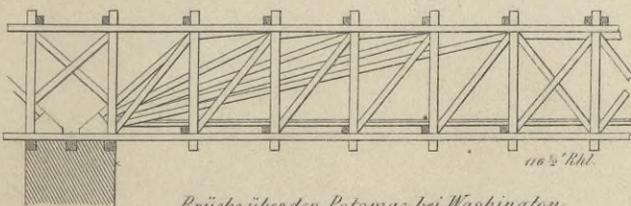


Brücke über die Elbe bei Wittenberge.

261.



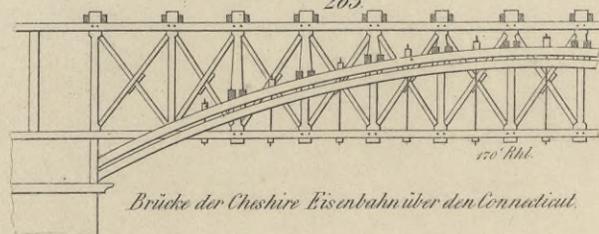
262.



Brücke über den Potomac bei Washington.

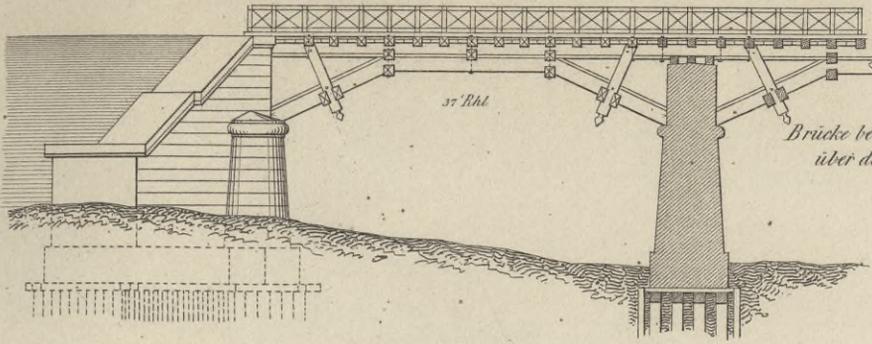
116 1/2 Rhf.

263.



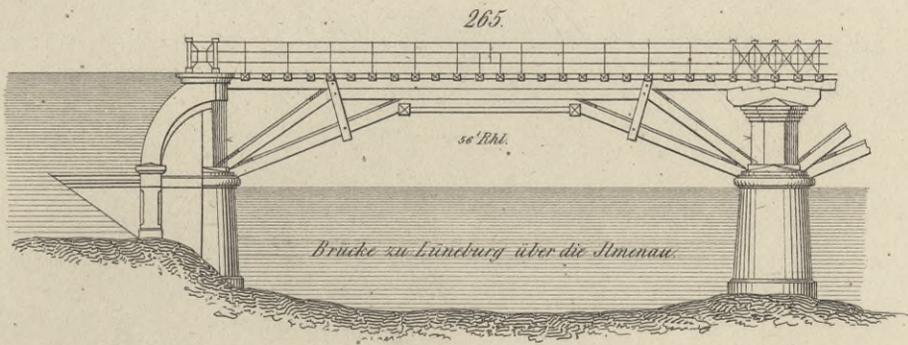
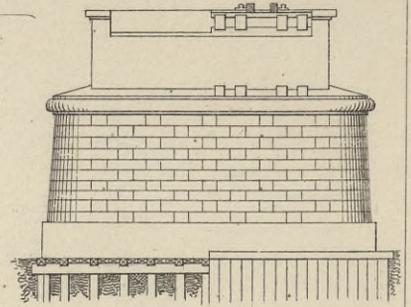
Brücke der Cheshire Eisenbahn über den Connecticut.

170 Rhf.

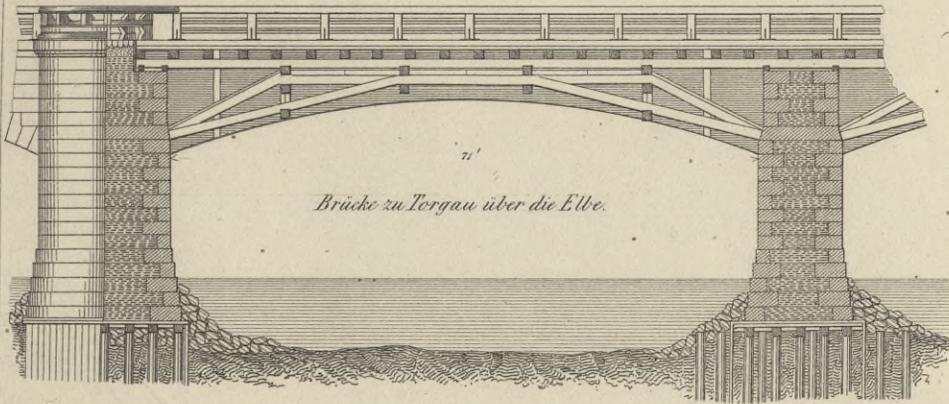
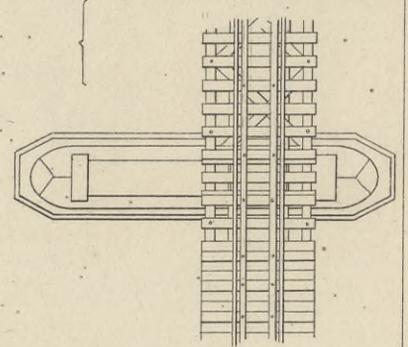


264.

Brücke bei Hannover über die Leine.

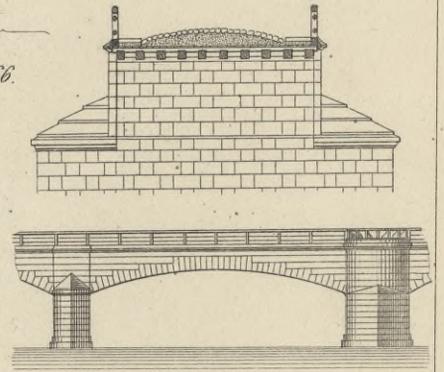


Brücke zu Lüneburg über die Almenau.

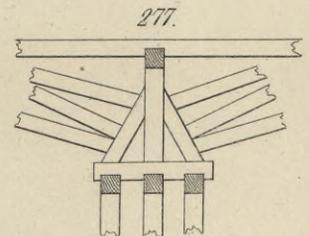
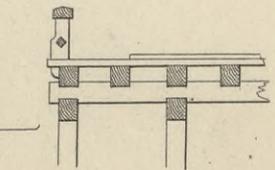
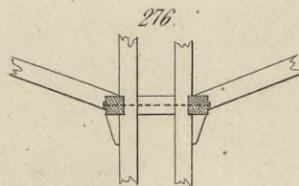
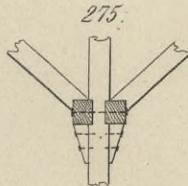
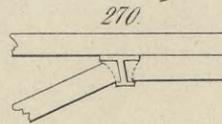
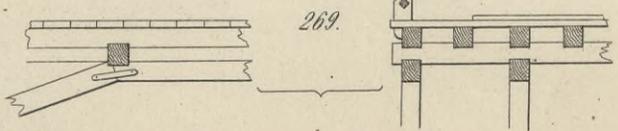
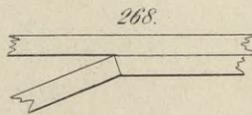
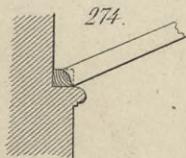
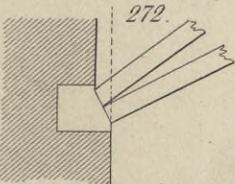
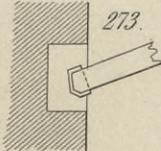
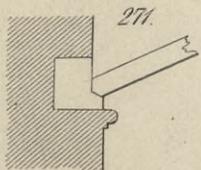


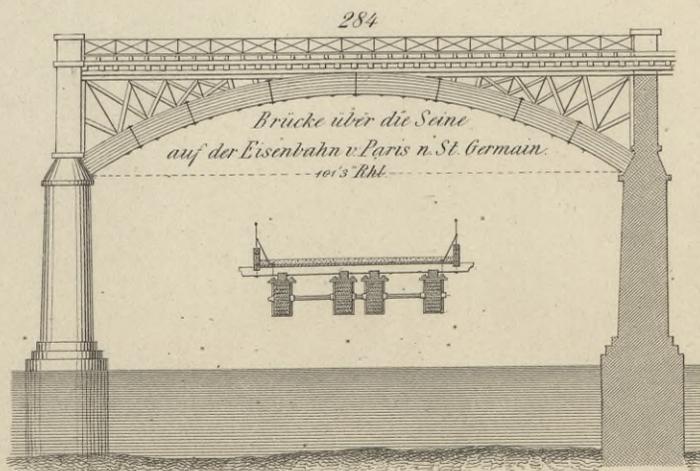
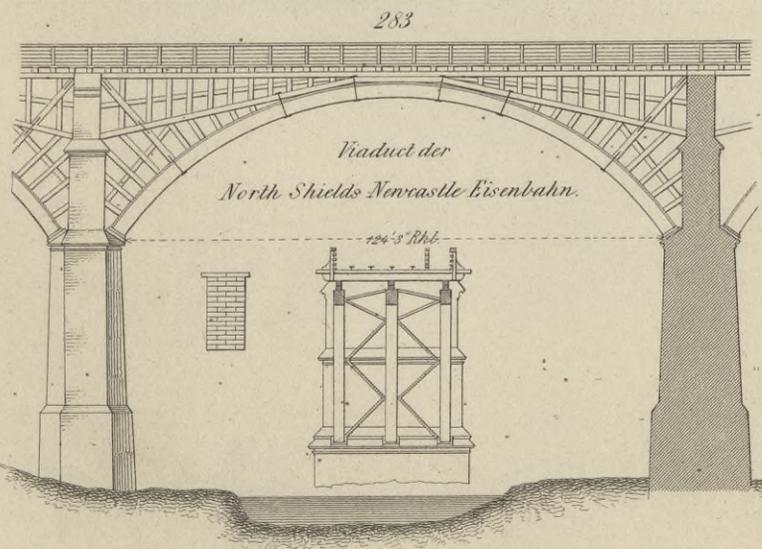
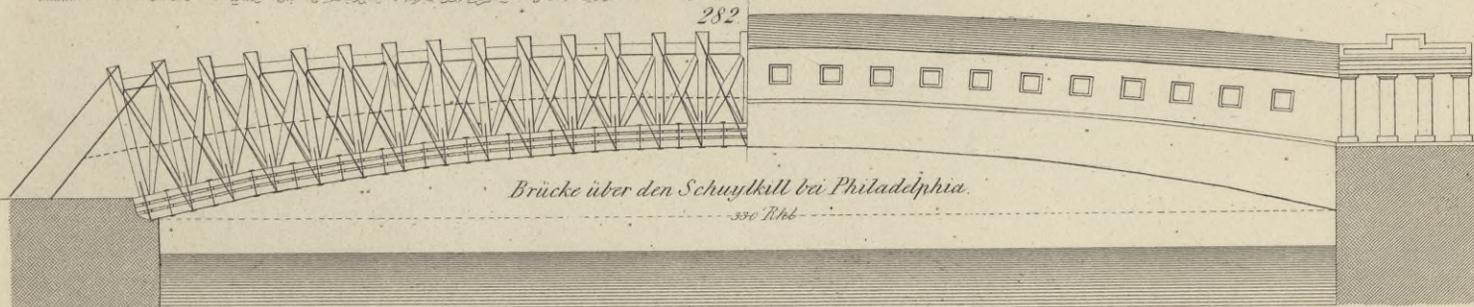
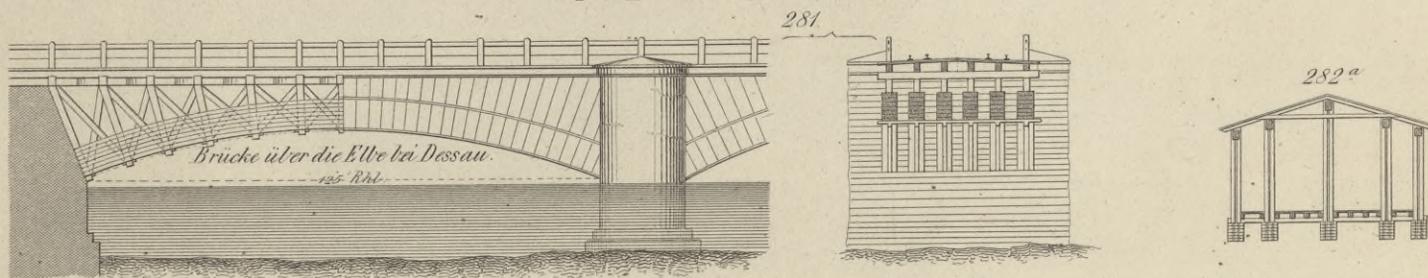
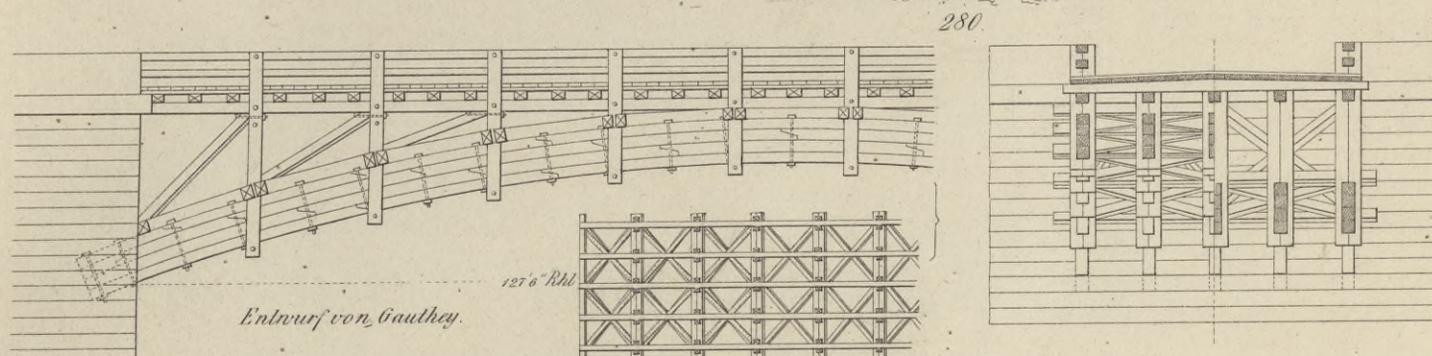
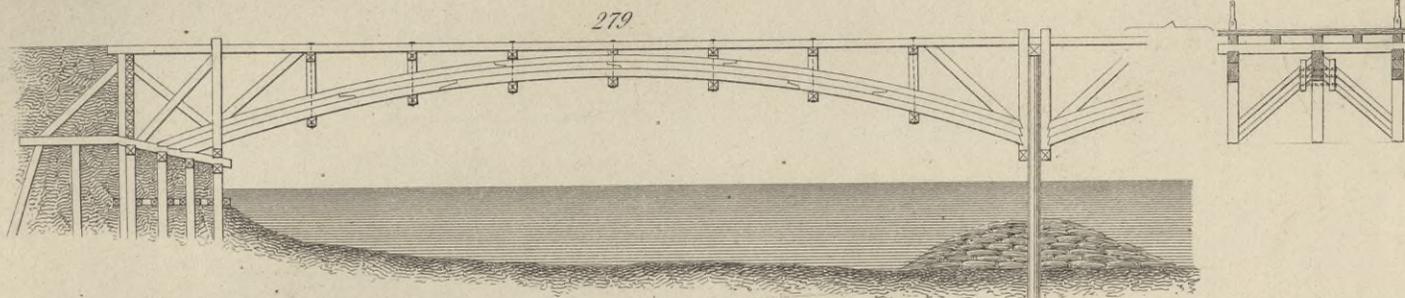
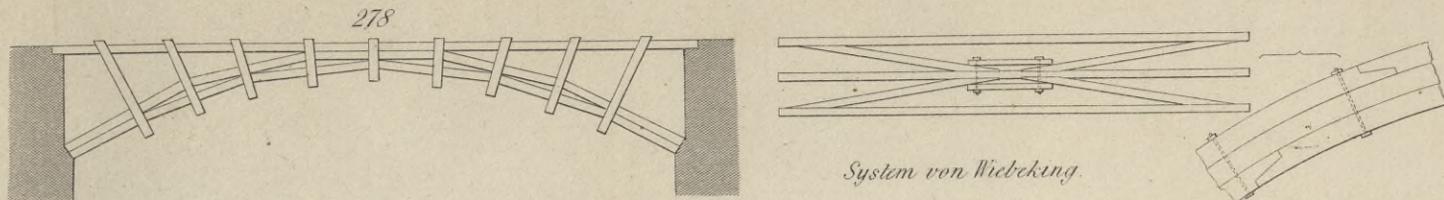
Brücke zu Torgau über die Elbe.

266.

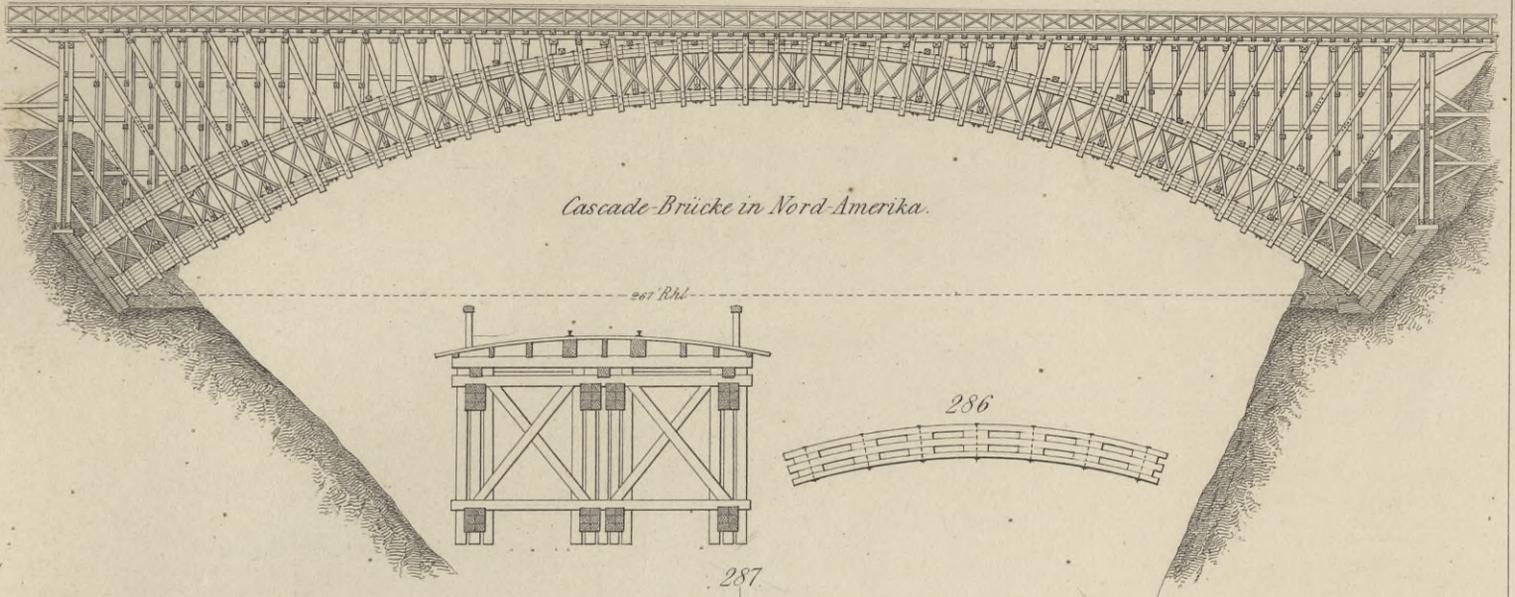


Wegbrücke.





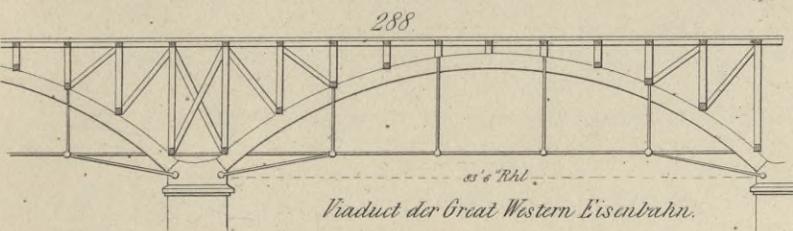
285.



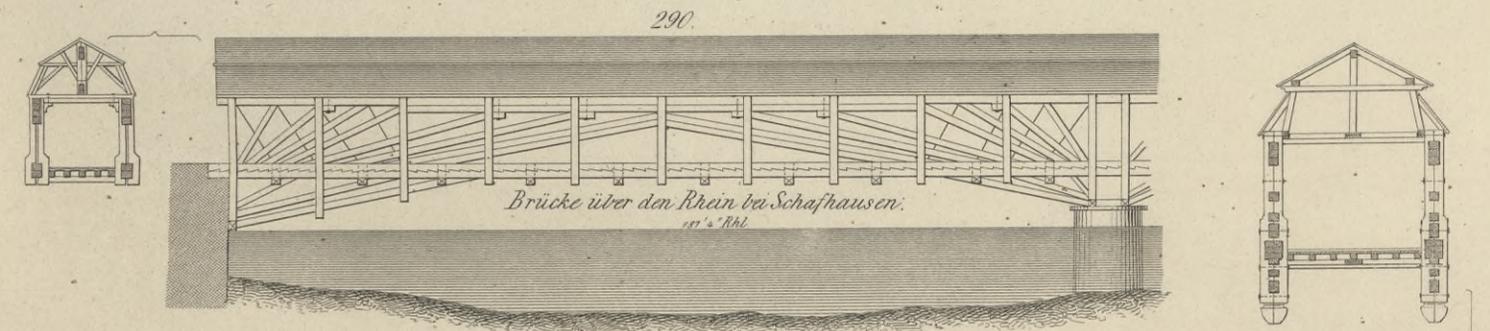
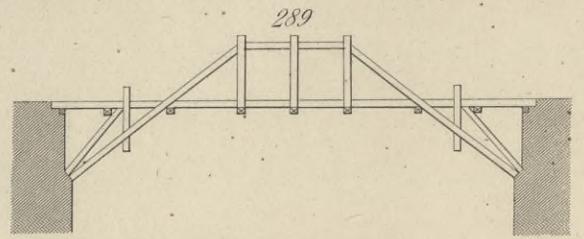
Cascade-Brücke in Nord Amerika.



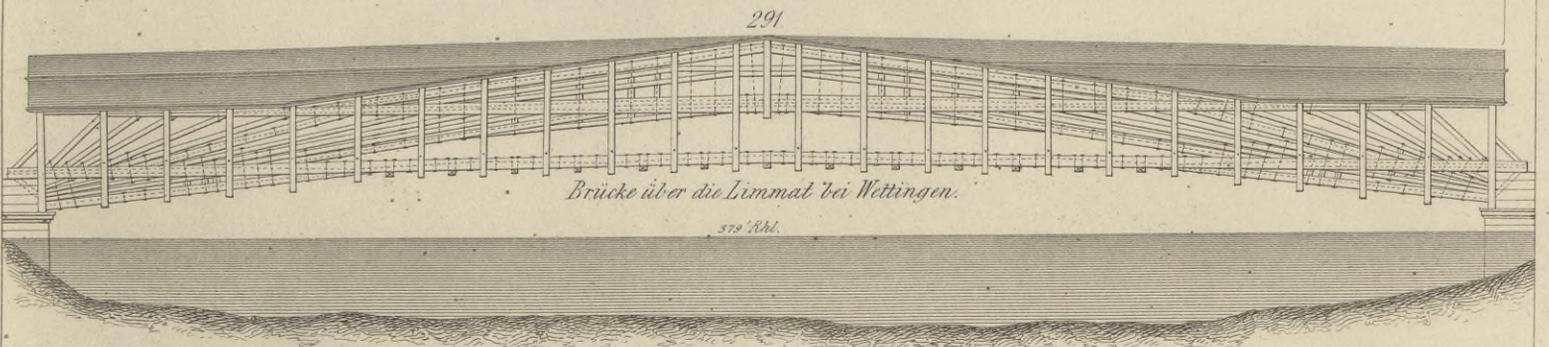
Brücke über den Delaware bei Trenton.



Viaduct der Great Western Eisenbahn.



Brücke über den Rhein bei Schaffhausen.



Brücke über die Limmat bei Wettingen.

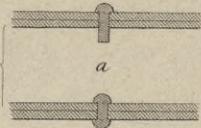
292.



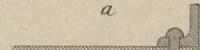
293.



296.



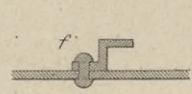
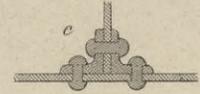
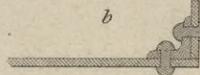
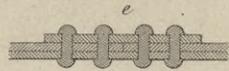
297.



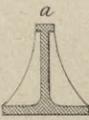
294.



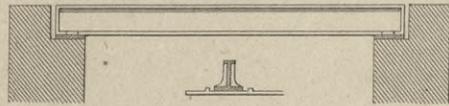
295.



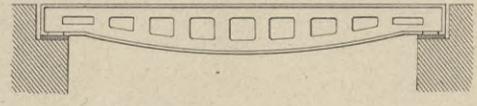
298.



299.



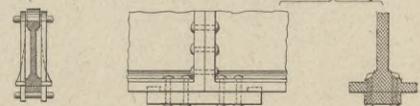
300.



301a.



301b.



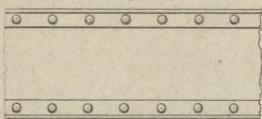
303.

302.



a.

b.



304.

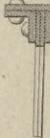


305.



306.

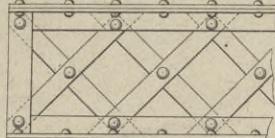
a.



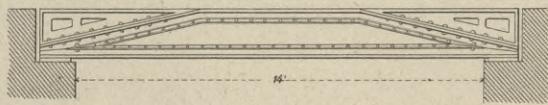
b.



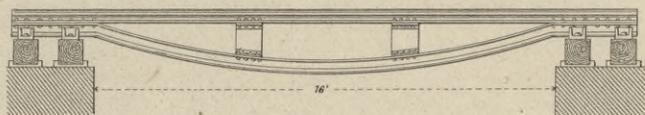
c.



307.



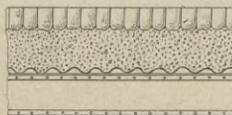
308.



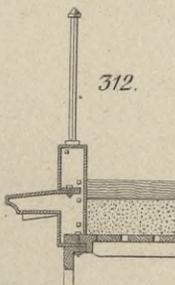
309.



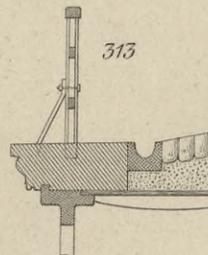
310.



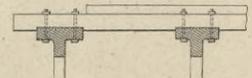
312.



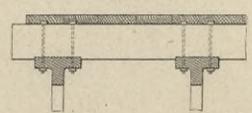
313.



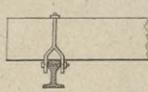
314.



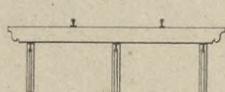
315.



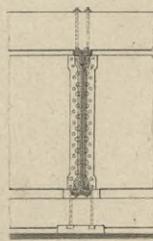
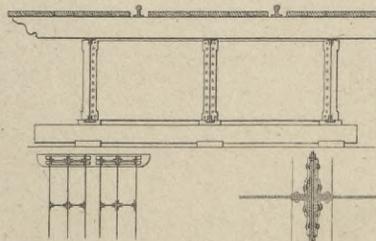
317.



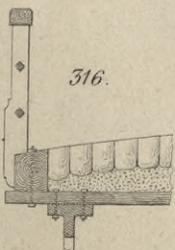
319.



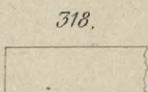
321.



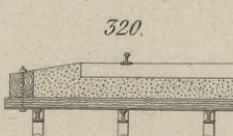
316.

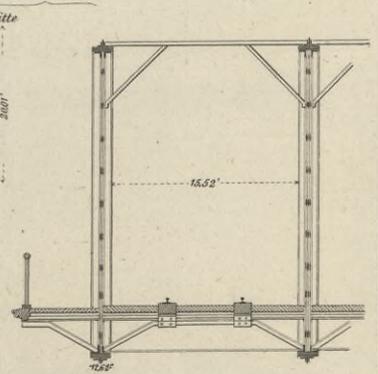
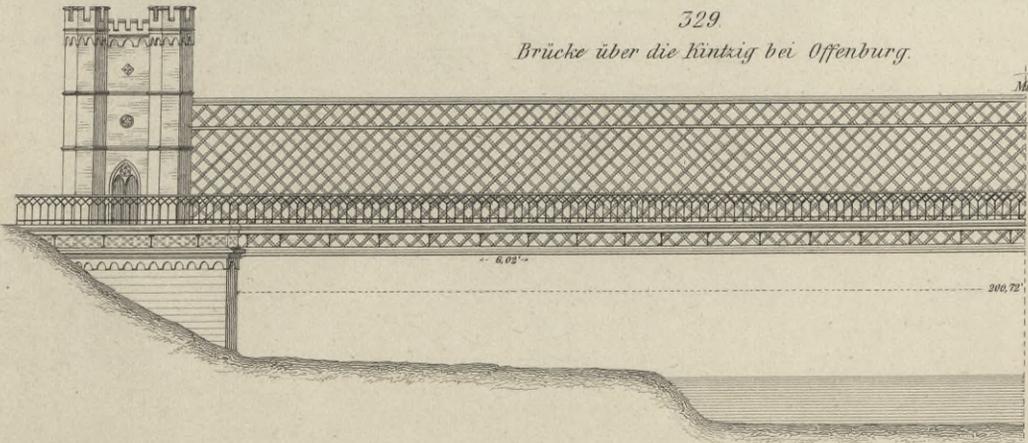
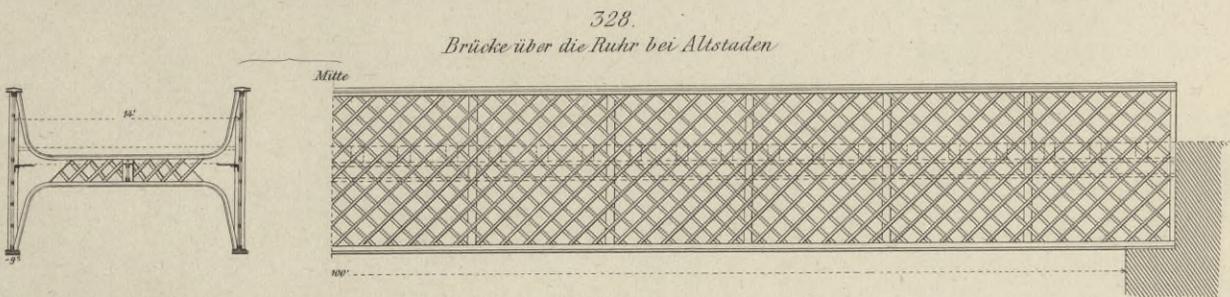
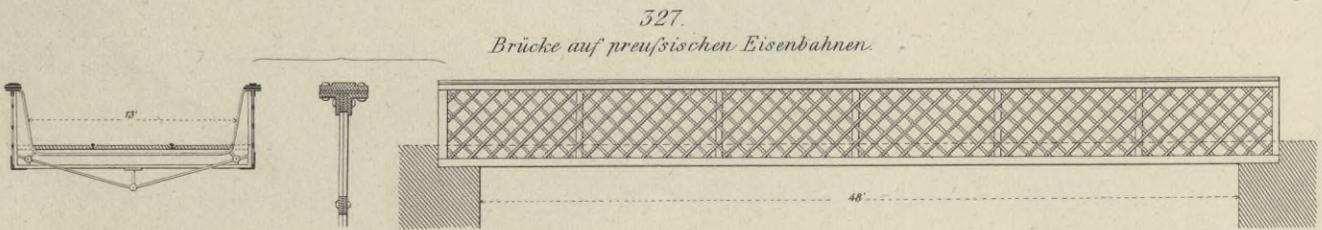
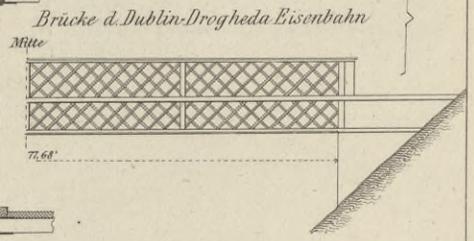
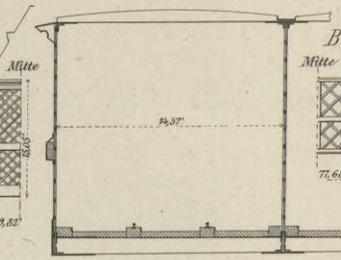
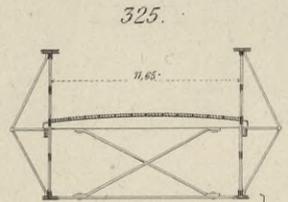
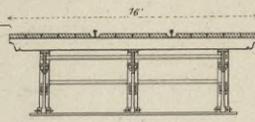
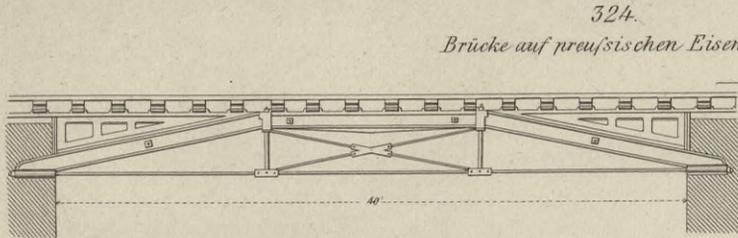
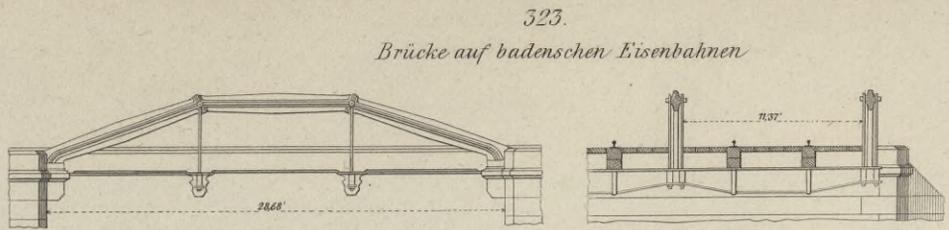
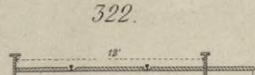


318.



320.

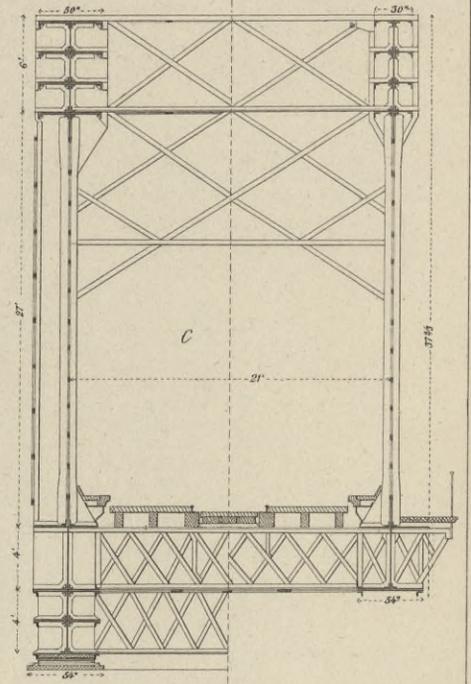
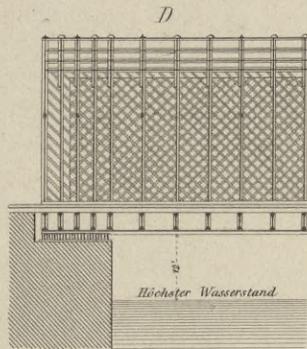
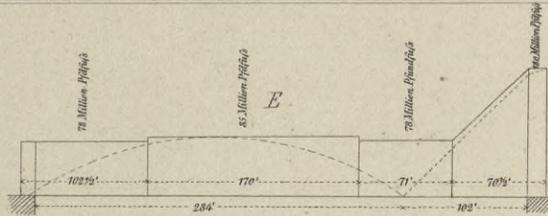
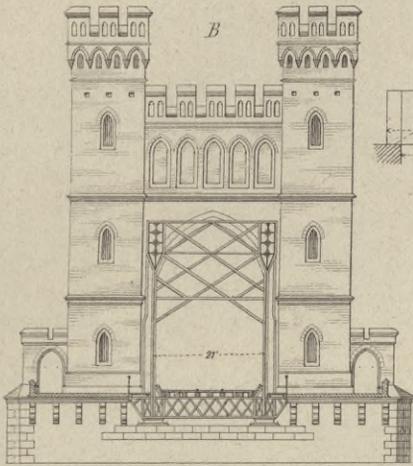
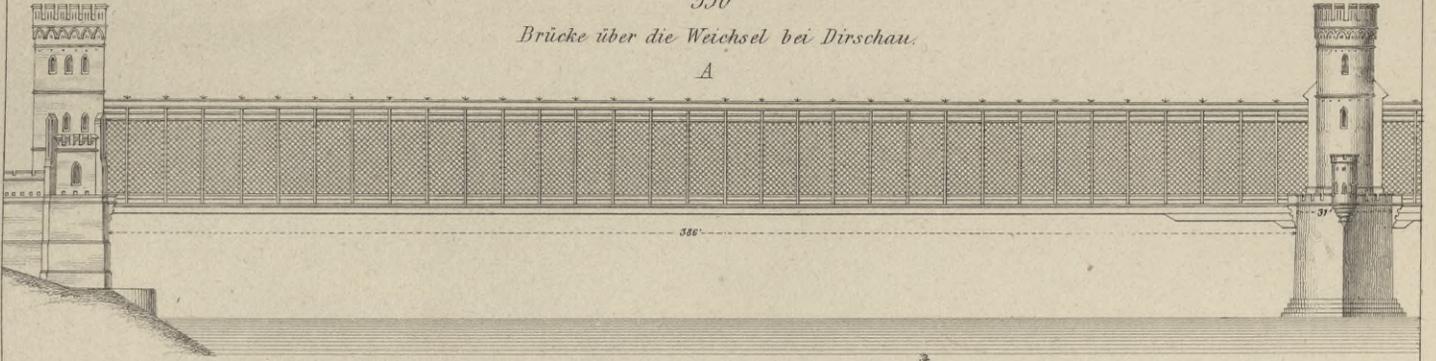




330

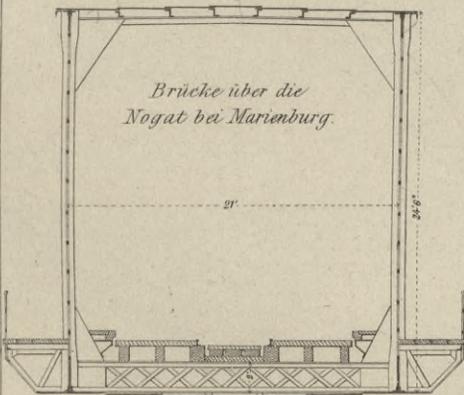
Brücke über die Weichsel bei Dirschau.

A



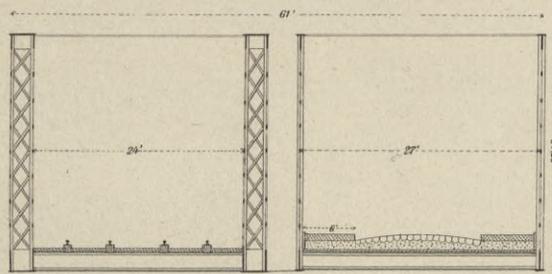
331.

Brücke über die Nogat bei Marienburg.



332.

Brücke über den Rhein bei Cöln.



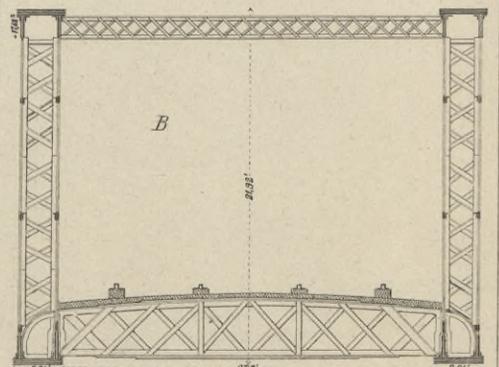
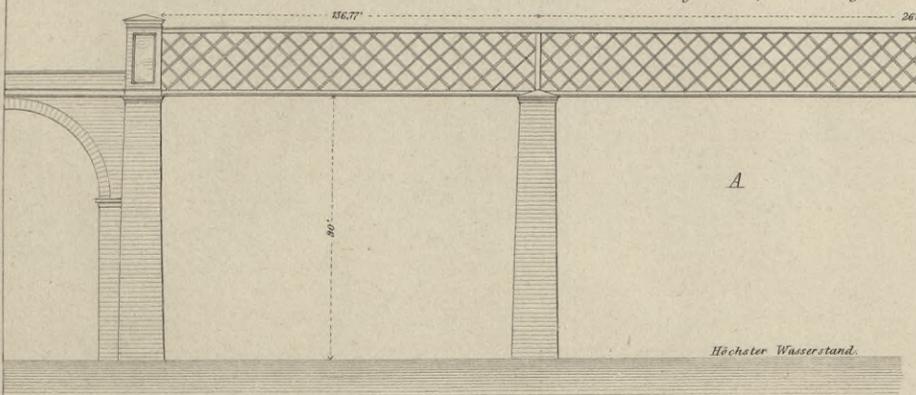
333.

Brücke über die Aar bei Bern.

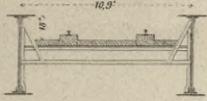


334.

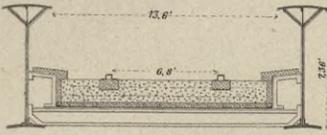
Brücke über den Boyne Fluß bei Drogheda.



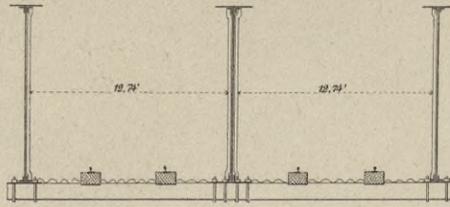
335.
Hannöversche Eisenbahnbrücken



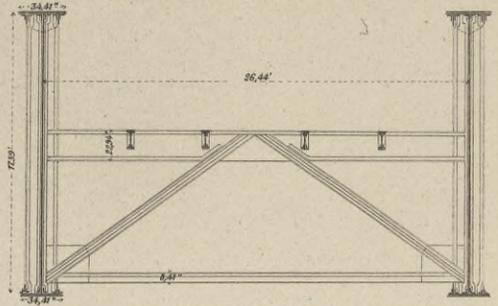
338.
Brücke über d. Wye-Fluß bei Chepstow.



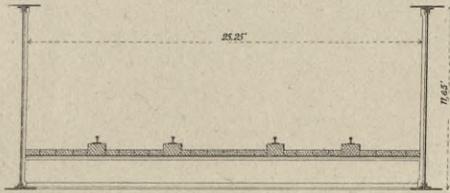
336.
Brücke über die Esfel bei Wastervoort.



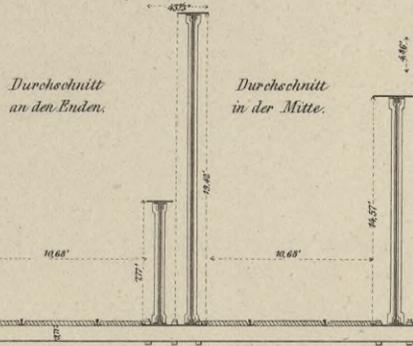
337.
Brücke über die Garonne bei Langon.



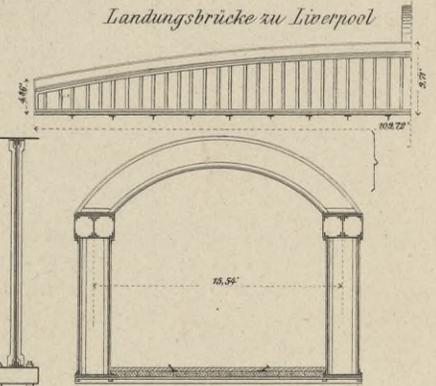
339.
Brücke der Manchester-Sheffield-Eisenbahn
über den Trent



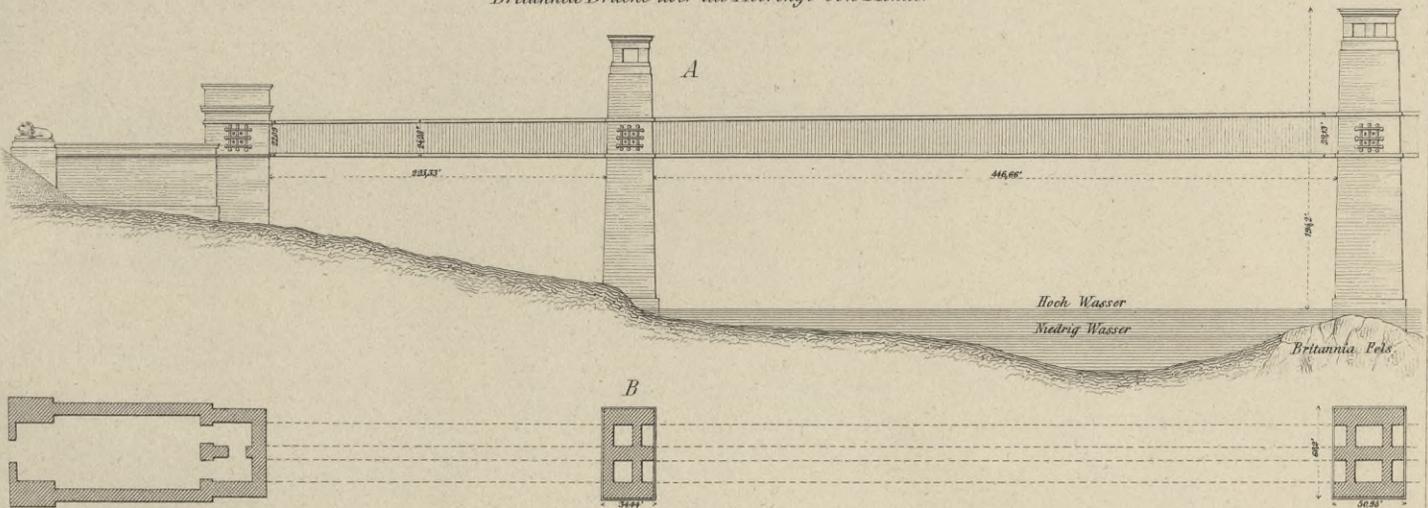
340.
Brücke über den Medway zu Rochester.



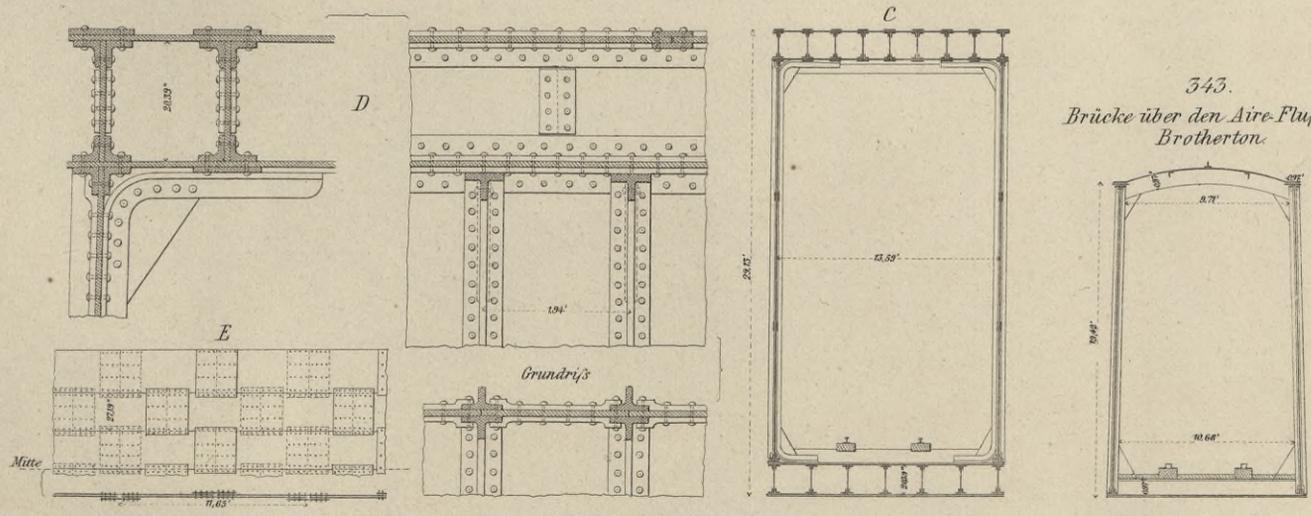
341.
Landungsbrücke zu Liverpool



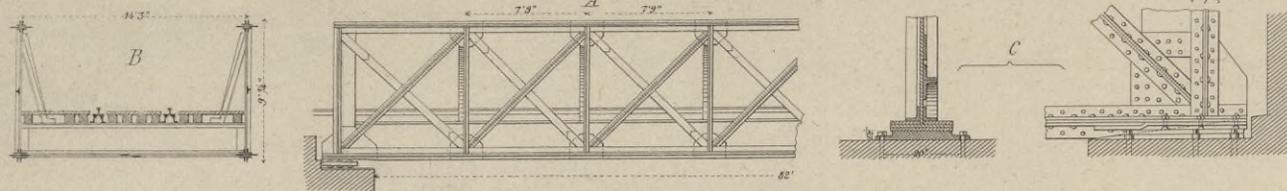
342.
Britannia Brücke über die Meerenge von Menai.



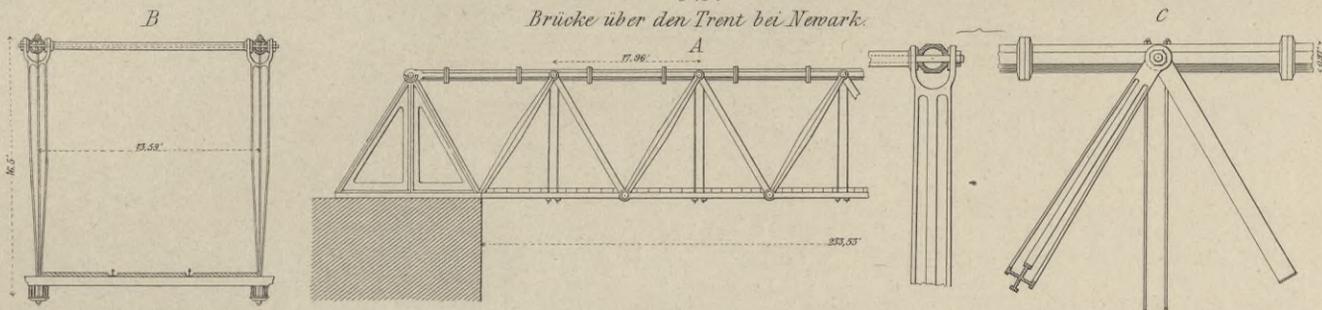
343.
Brücke über den Aire-Fluß zu
Brotherton



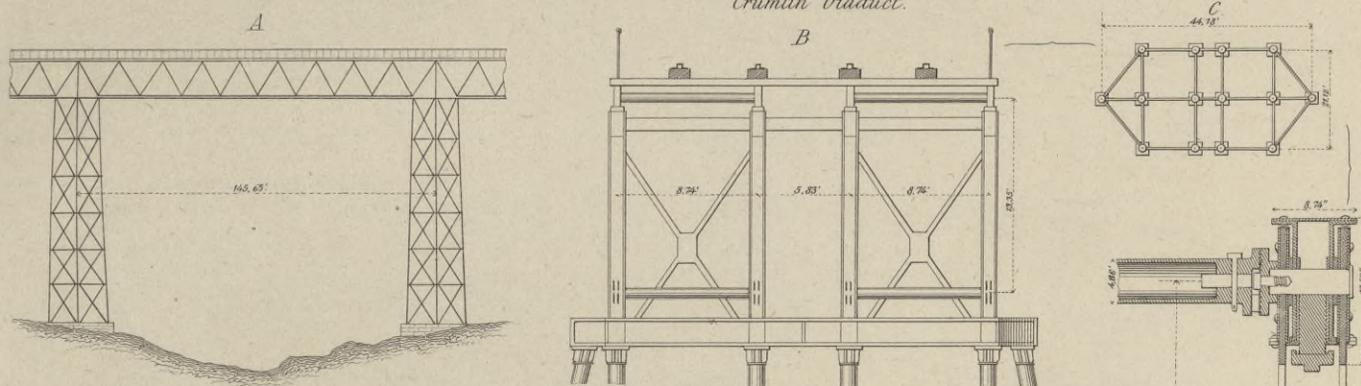
344.
Brücke über den Flachensee bei Erkner.



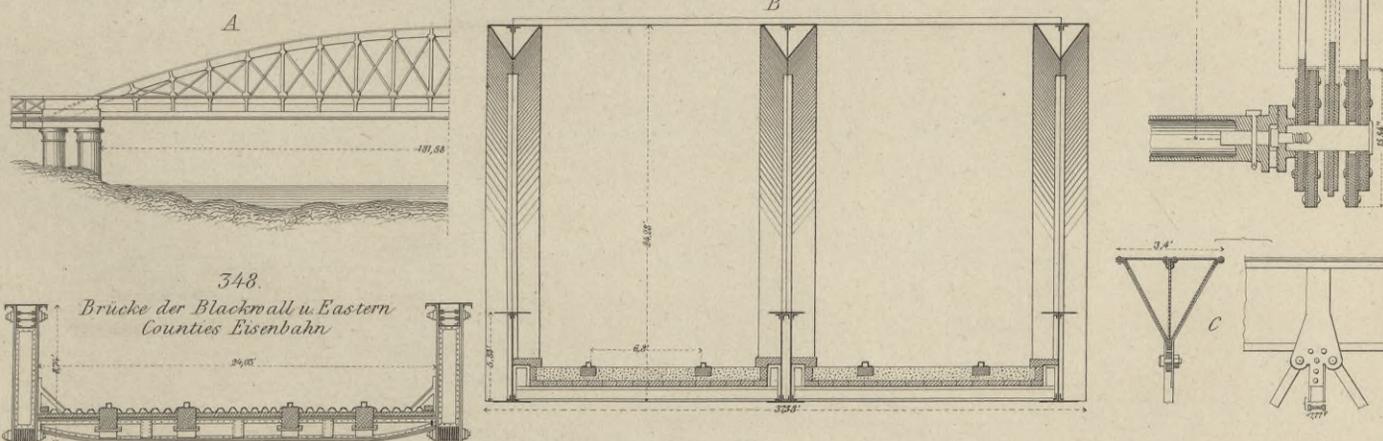
345.
Brücke über den Trent bei Newark.



346.
Crumlin Viaduct.



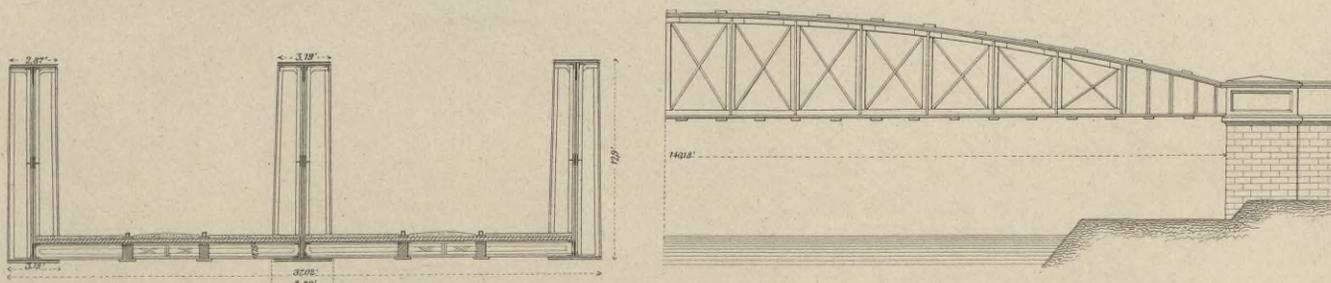
347.
Brücke über die Themse bei Windsor.



348.
Brücke der Blackall u. Eastern Counties Eisenbahn

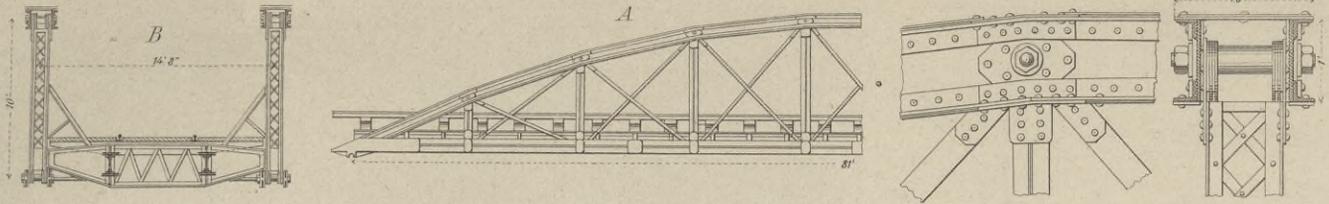


349.
Brücke über die Orne bei Caen.



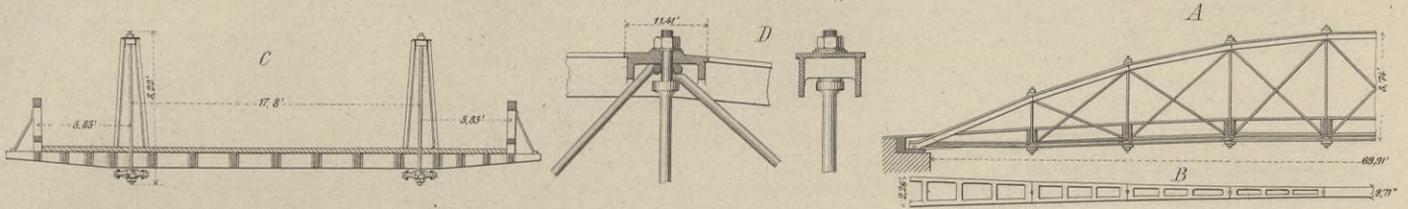
350.

Brücke über die Brahe bei Czersk.



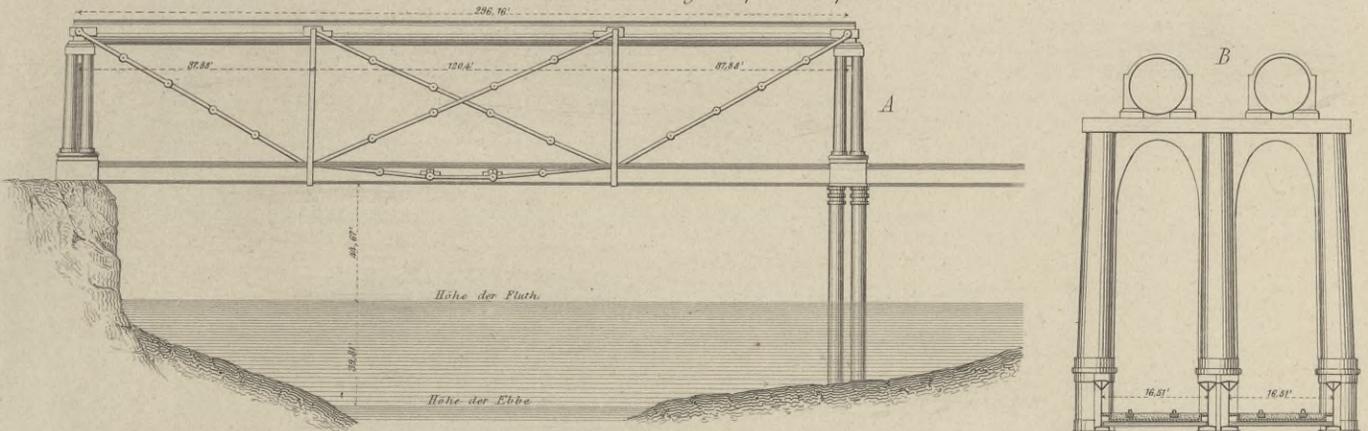
351.

Brücke über den Erie-Canal bei Buffalo.



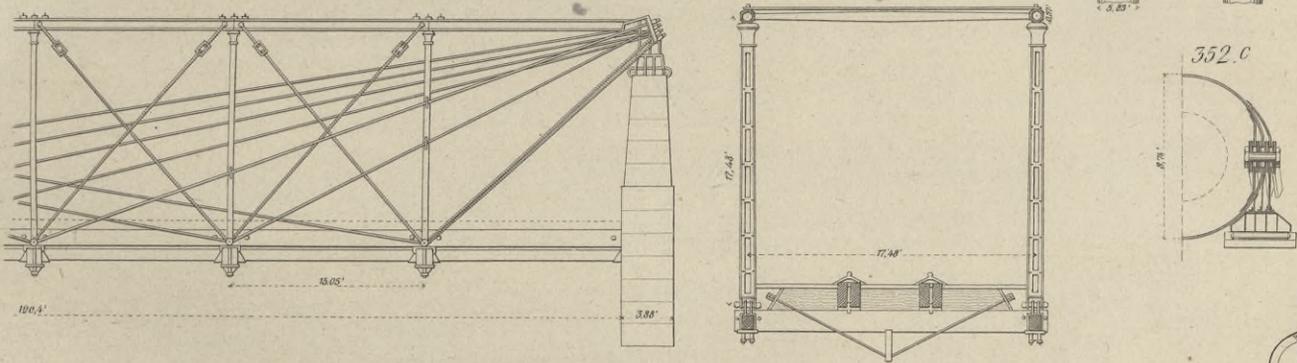
352.

Brücke über den Wye-Fluß bei Chestom.



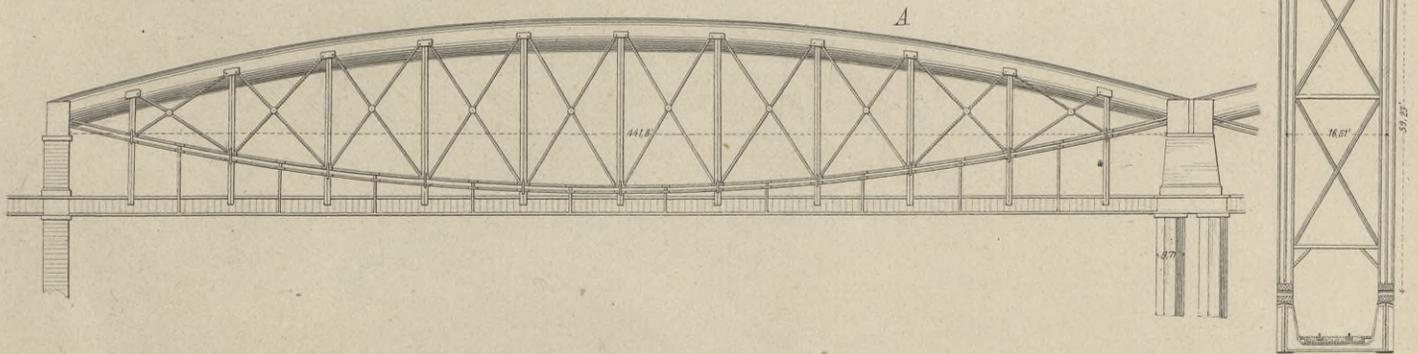
353.

Brücke über den Potomac bei Harpers Ferry.



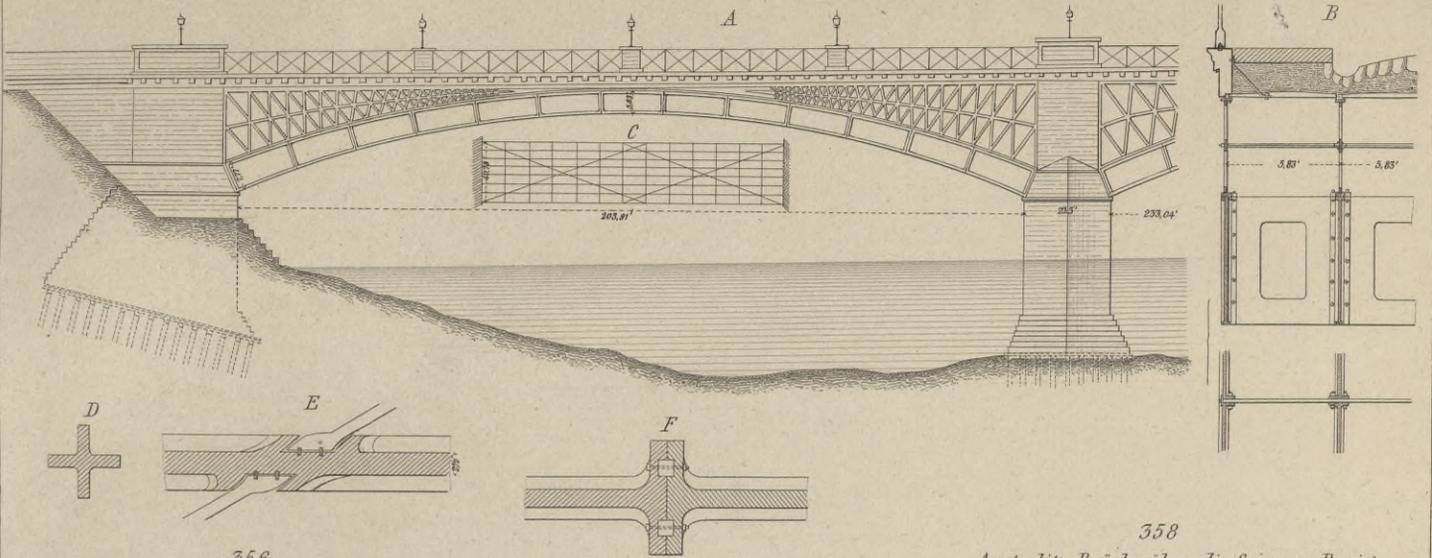
354.

Brücke über den Tamar bei Saltash.



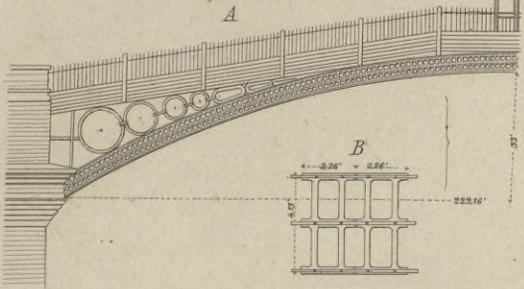
355

Southwark Brücke über die Themse zu London.



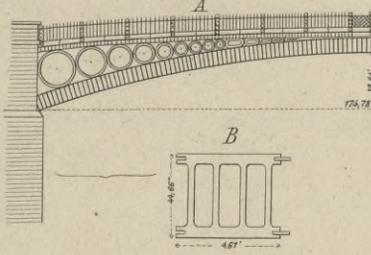
356

Brücke über den Wear zu Sunderland.



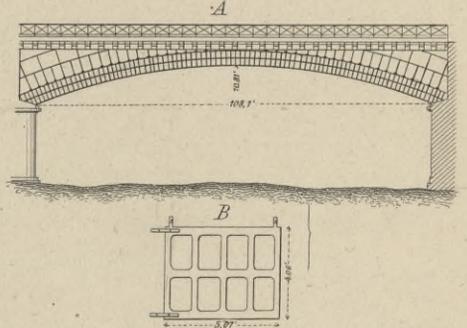
357

Brücke über die Themse zu Stains.



358

Austerlitz Brücke über die Seine zu Paris.

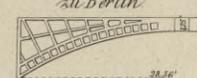


359



361

Weidendammer Brücke zu Berlin.



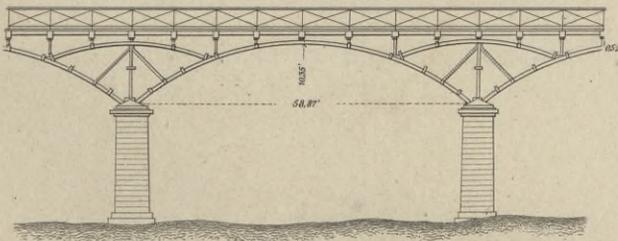
360

Lange Brücke zu Potsdam.



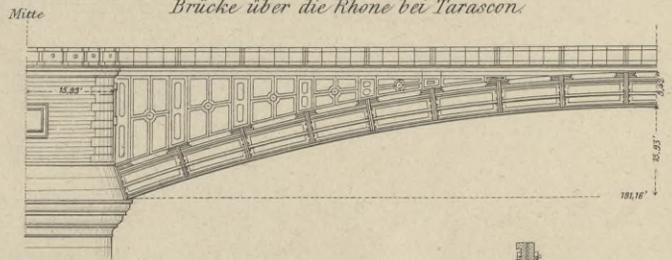
362

Lowre Brücke über die Seine zu Paris.



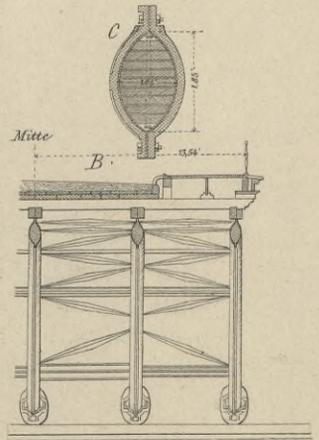
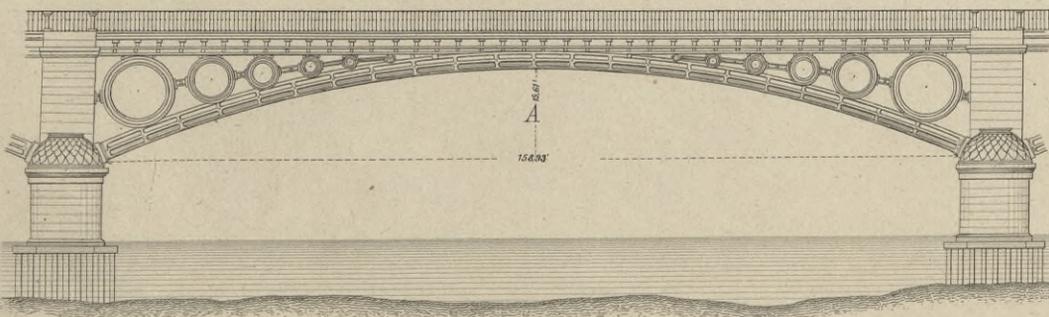
363

Brücke über die Rhone bei Tarascon.



364

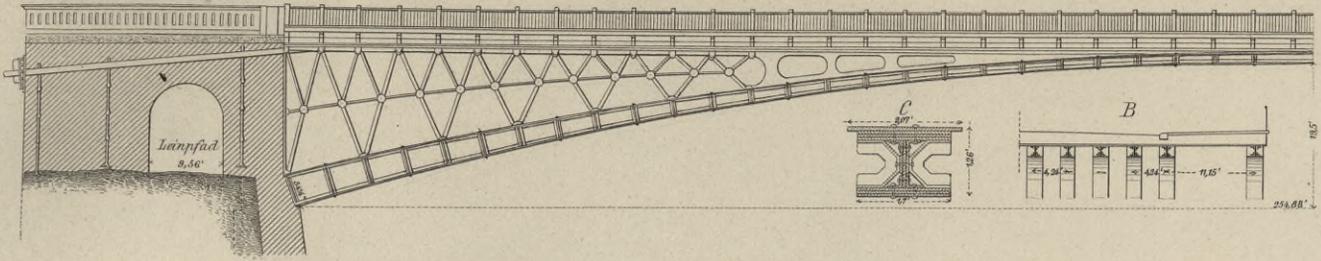
Carousel Brücke über die Seine zu Paris.



365.

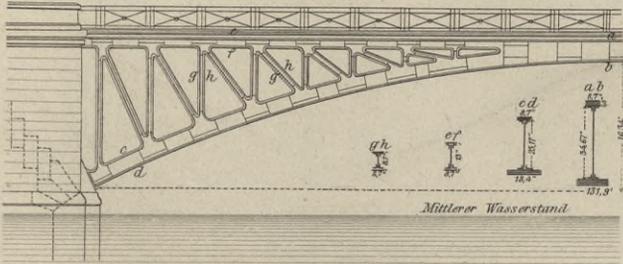
Arcole-Brücke über die Seine zu Paris.

A



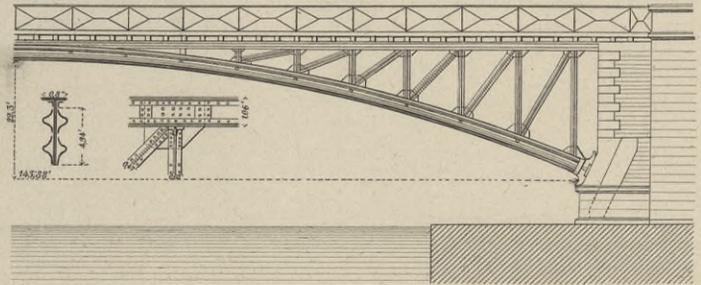
366

Brücke über d. Theiß zu Szegedin.



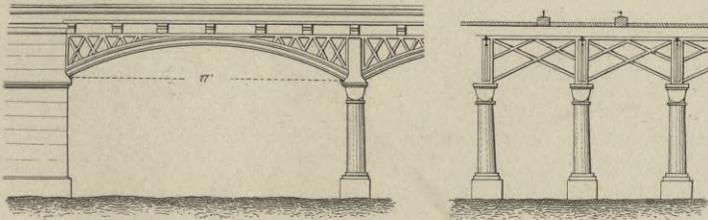
367.

Brücke über den Canal St Denis. (Eisenbahn Paris-Creil)



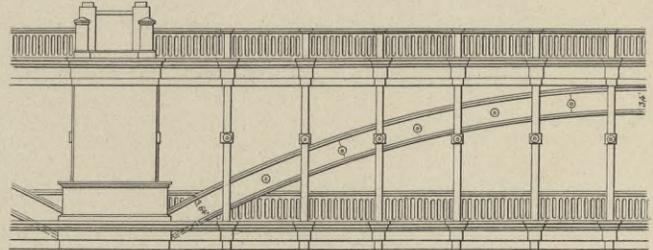
368

Brücke der Thüringer Eisenbahn



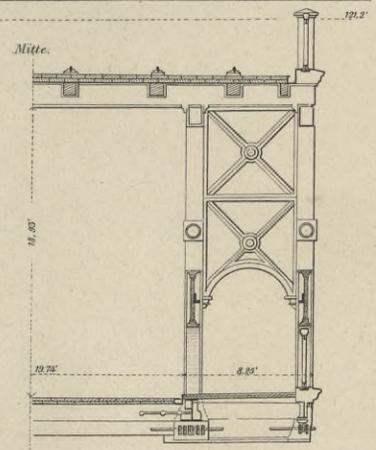
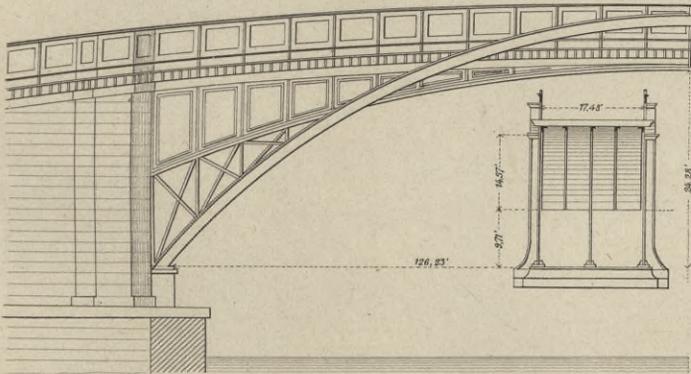
369

High Level-Bridge über d. Tyne bei Newcastle



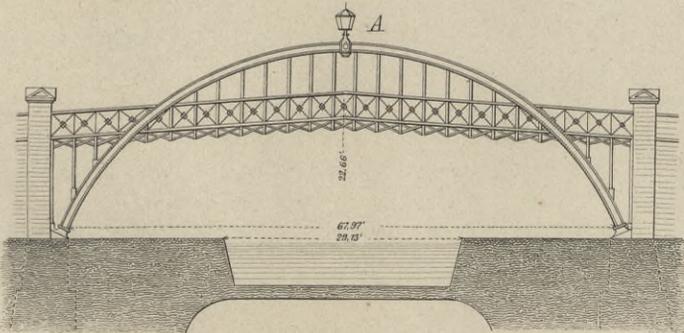
370

Brücke über den Severn zu Buildwas



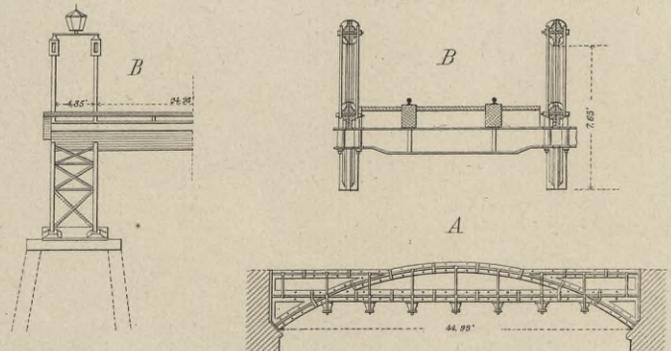
371

Brücke über den Paddington-Canal a.d. Straße von Hammersmith nach Harrow-Road.

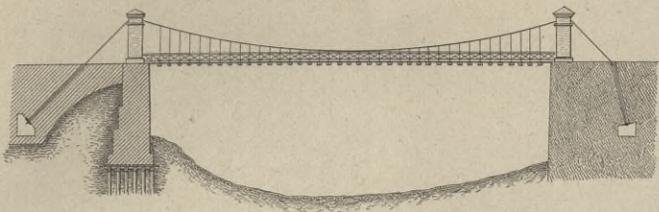


372

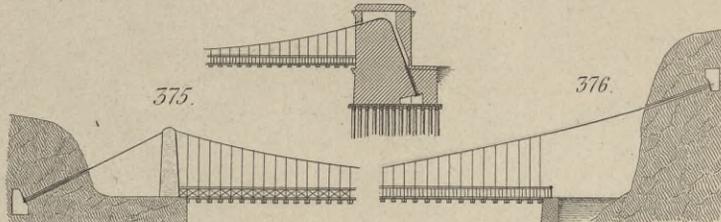
Brücke über die Elv bei Saxau (Baden)



373.



374.

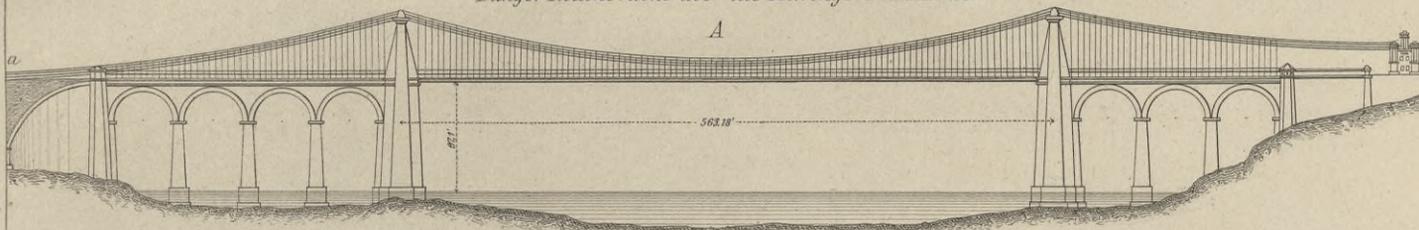


375.

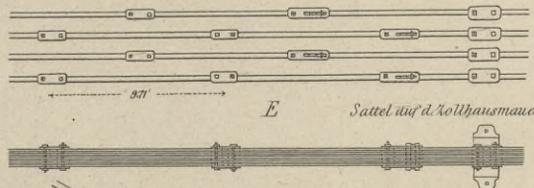
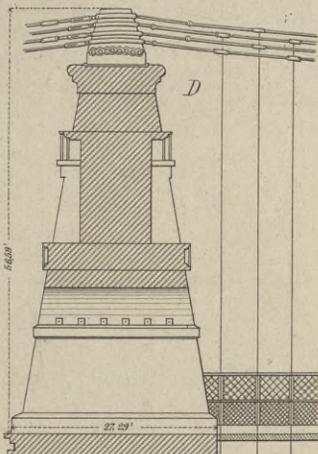
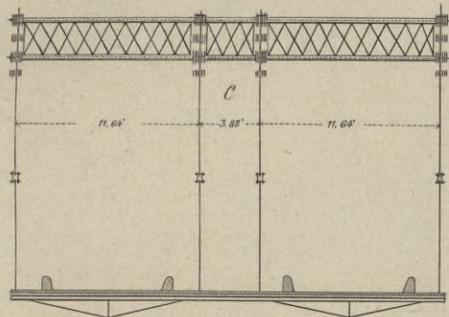
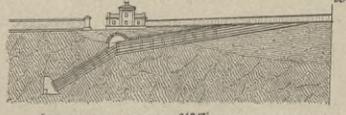
376.

377

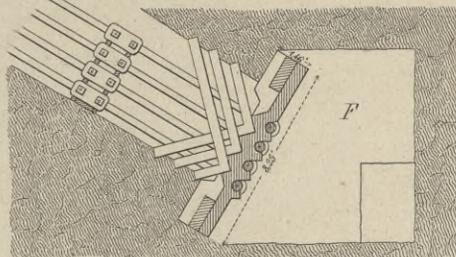
Bangor Kettenbrücke über die Meerenge von Menai.



Kolthaus B

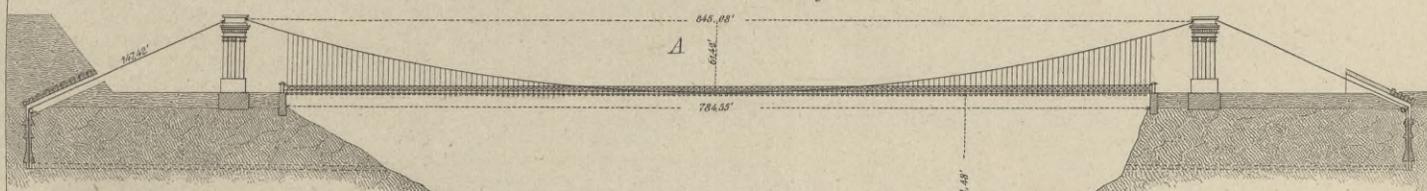


Sattel auf d. Kolthausmauer

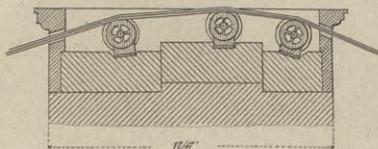


378.

Drahtbrücke über die Saane zu Fraburg in der Schweiz

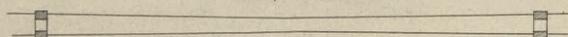


E

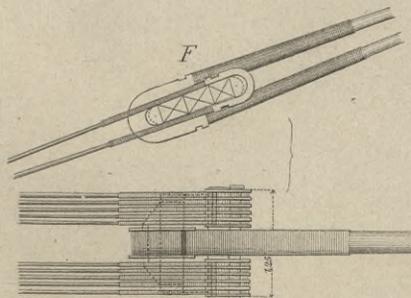
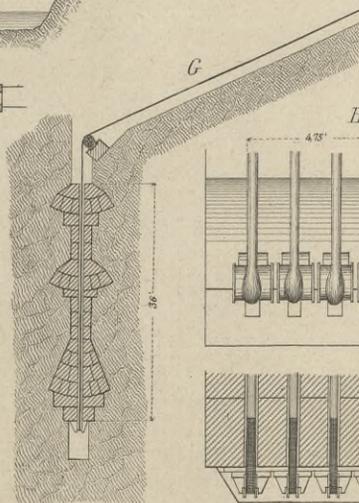


B

Grundriß der Kabeln



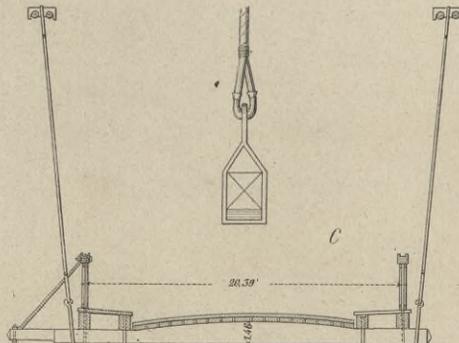
G



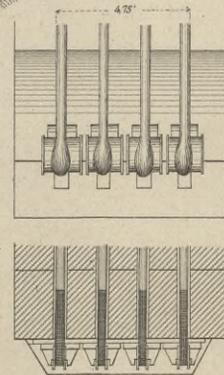
D



C

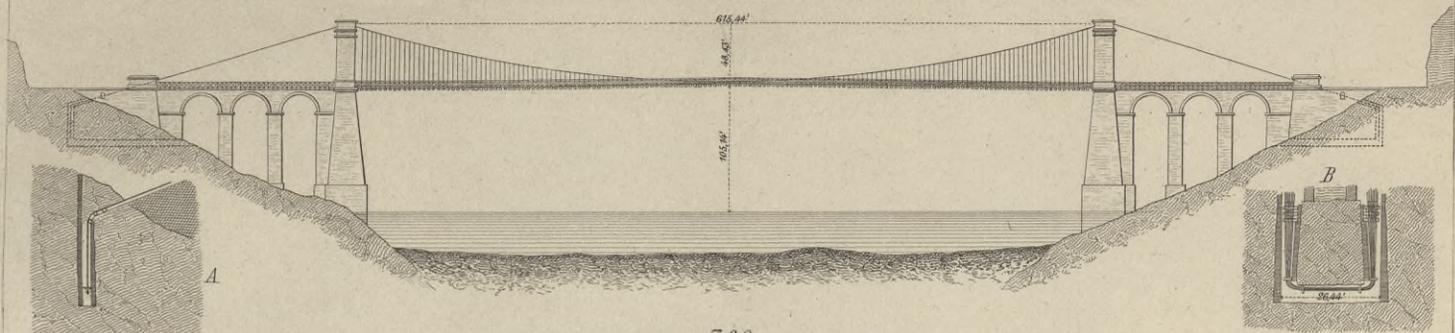


H



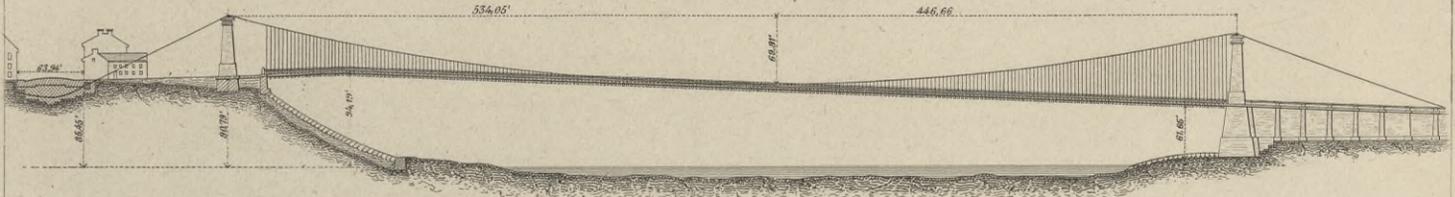
379.

Drahtbrücke über die Vilaine bei la Roche Bernard.



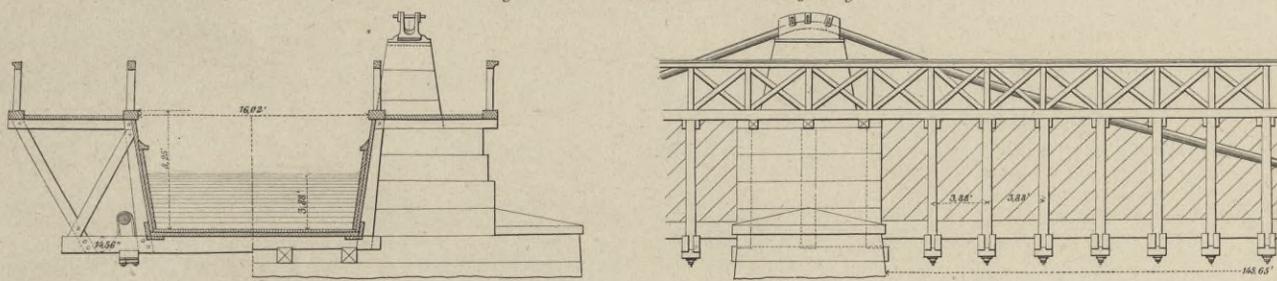
380.

Drahtbrücke über den Ohio bei Wheeling (Nord Amerika)

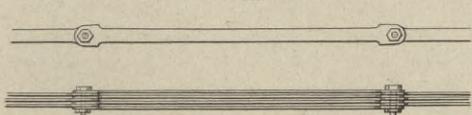


381

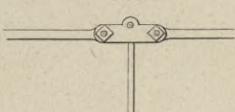
Aqueduct des Pensylvania Canals über den Alleghany.



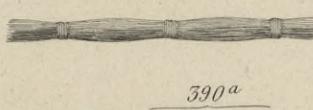
382



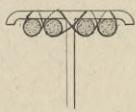
386



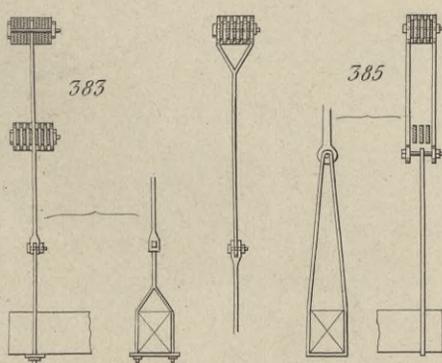
389



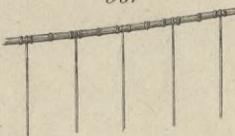
392^a



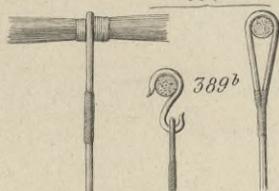
384



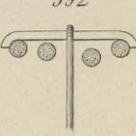
387



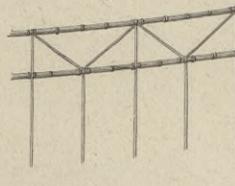
390^a



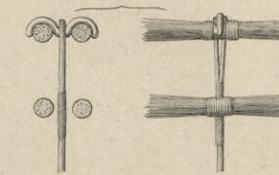
392^b



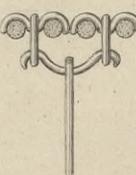
388



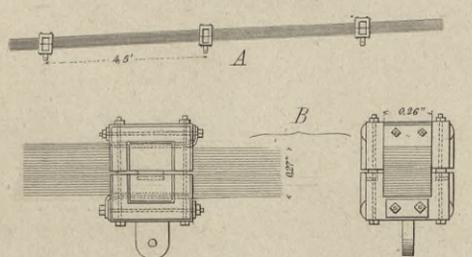
391



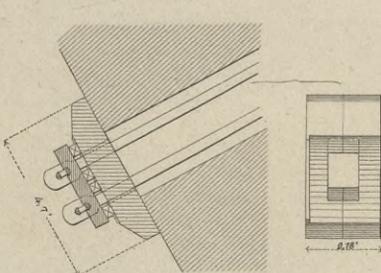
393



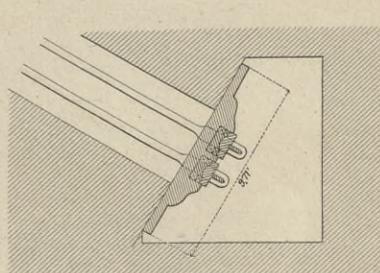
394. Suresnes.



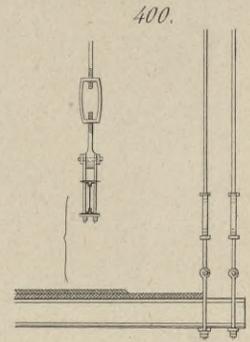
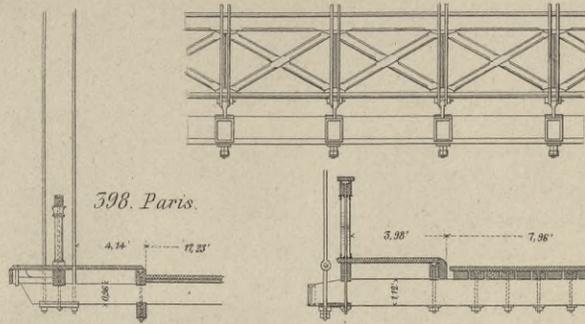
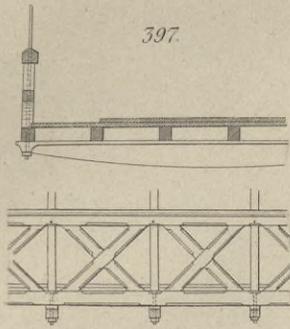
395. Podiebrad.



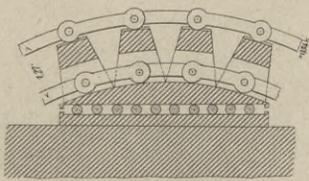
396



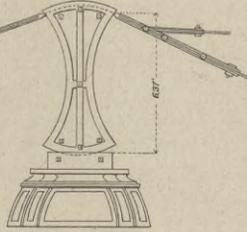
399. Seraing. (Belgien.)



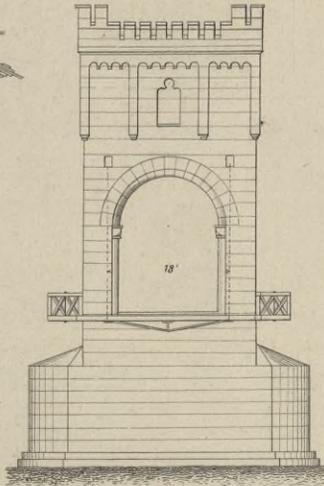
401. Prag.



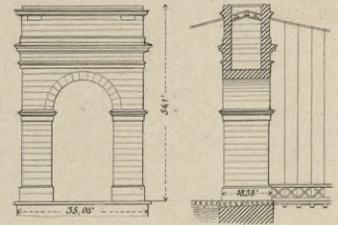
403. Cubzac.



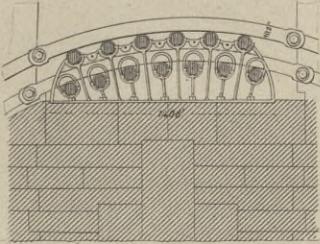
405. Mannheim.



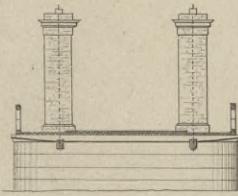
406. Lorient.



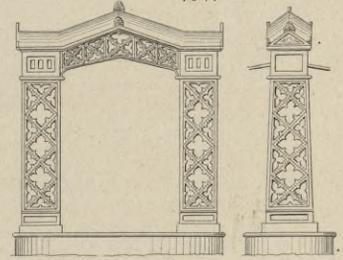
402. Pest.



404.

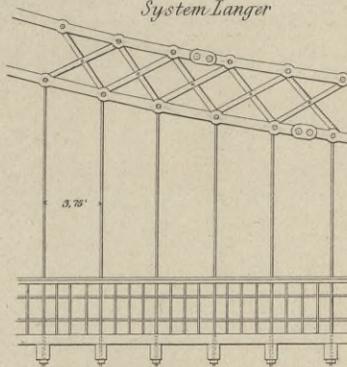


407.

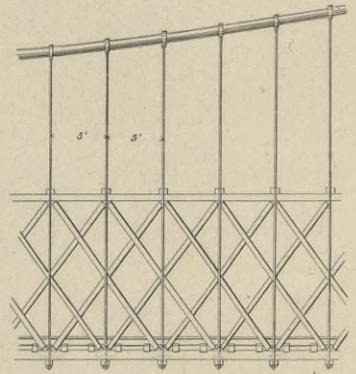


410.

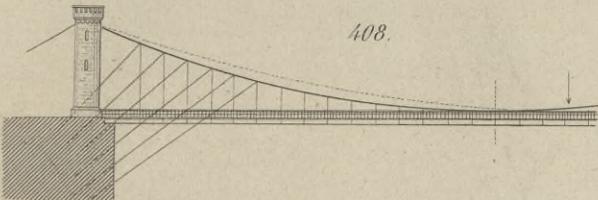
System Langer



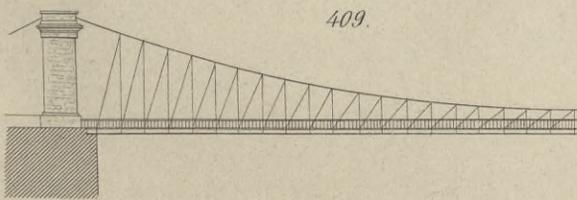
411.



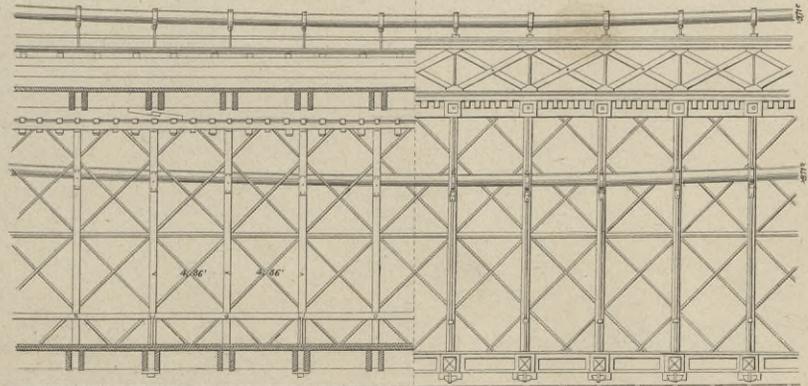
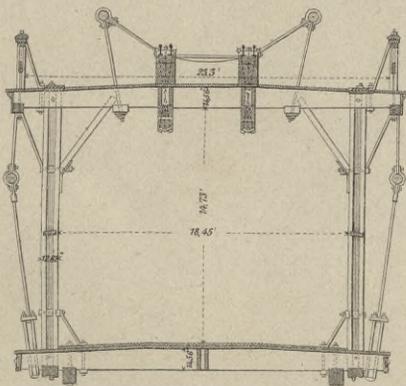
408.



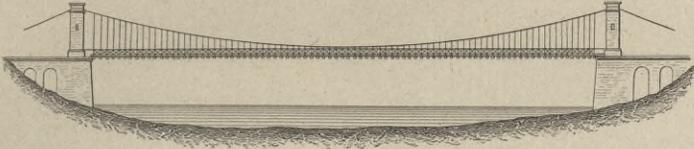
409.



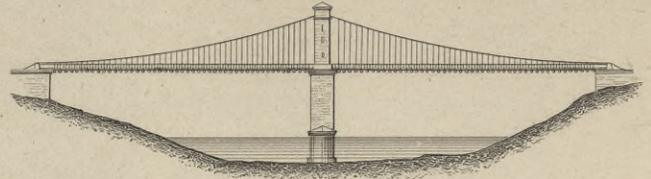
412. Drahtbrücke über den Niagara.



413.



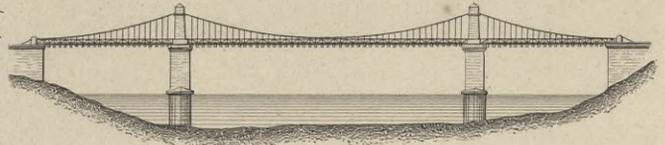
414.



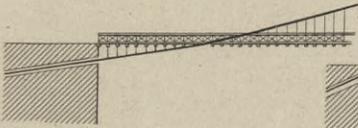
415.



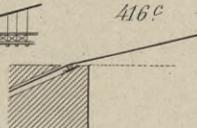
416A



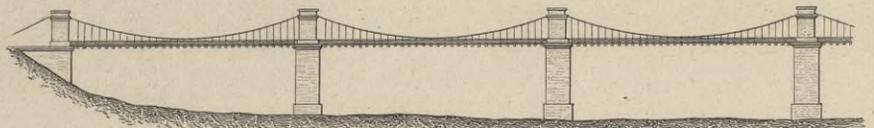
416B



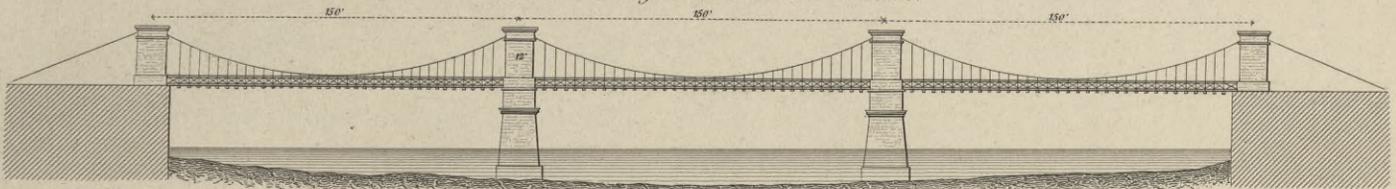
416C



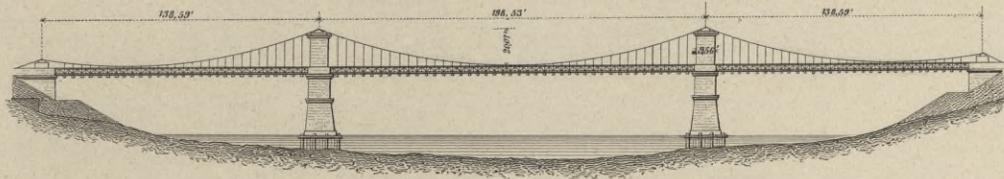
417.



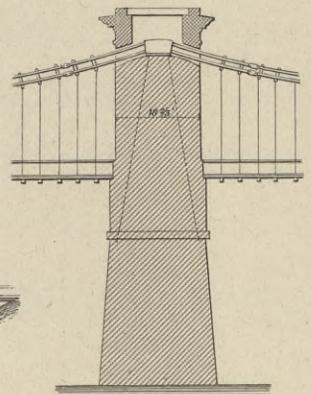
418. Brücke Bercy über die Seine zu Paris.



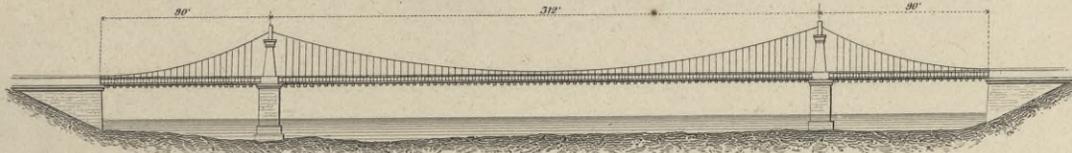
419. Bandeisenbrücke über die Seine zu Suresnes (bei Paris)



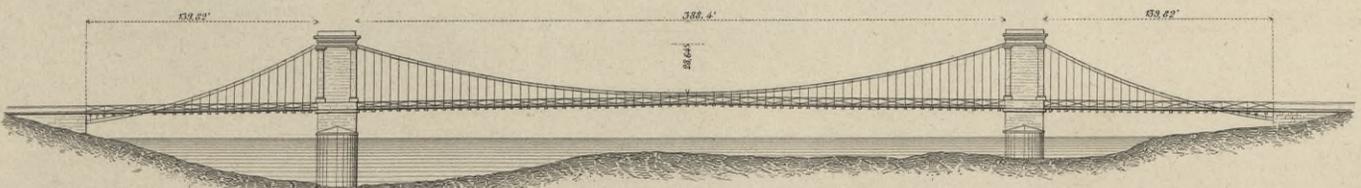
420. Langon.



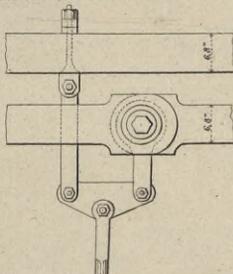
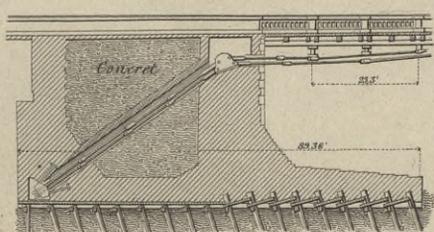
421. Kettenbrücke über die Ruhr zu Mülheim.



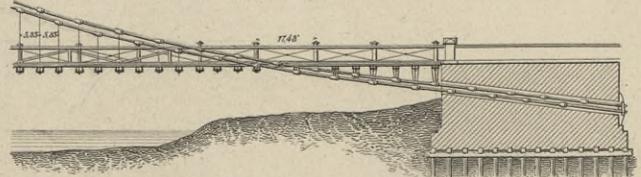
422A Hammersmith Kettenbrücke über die Themse zu London



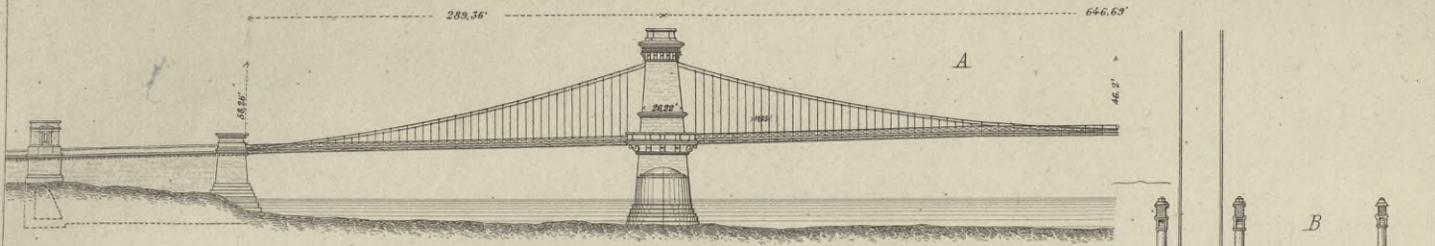
423. Charing Cross Kettenbrücke über die Themse zu London



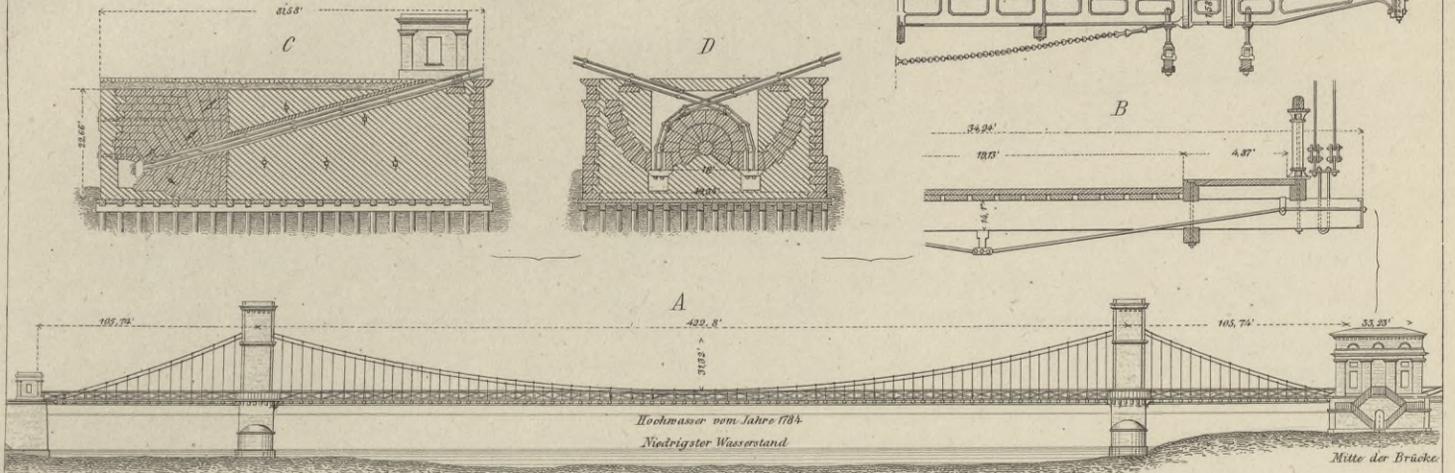
422B Hammersmith



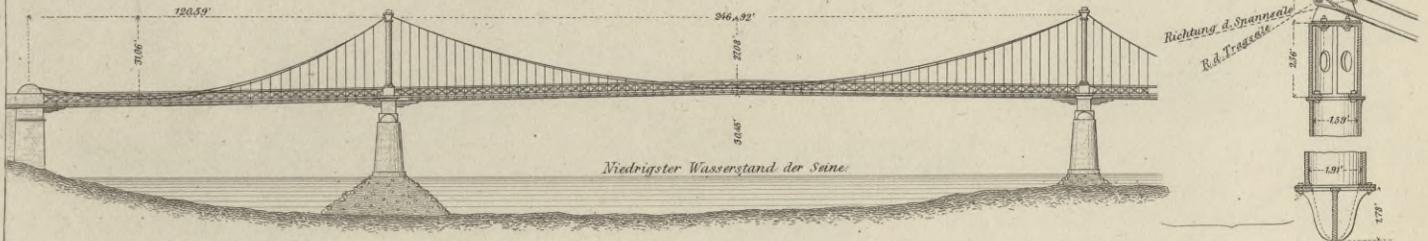
424. Kettenbrücke über die Donau zwischen Pest und Ofen.



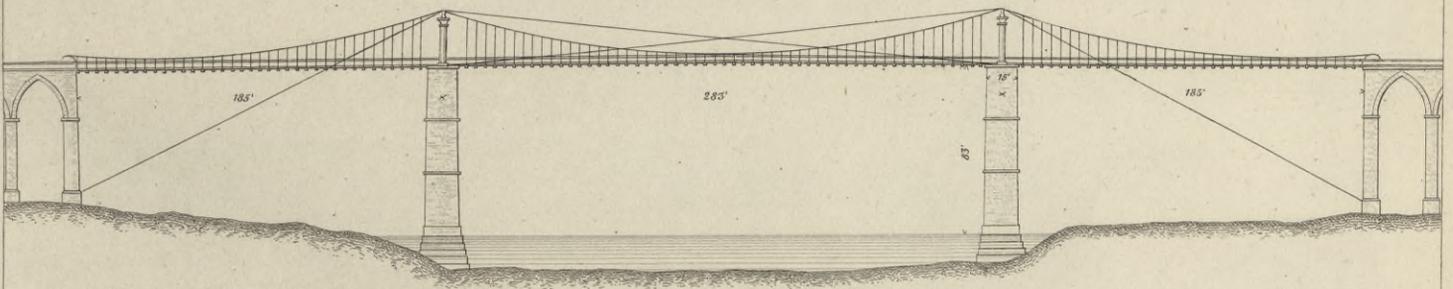
425. Kaiser Franzens Kettenbrücke über die Moldau zu Prag.



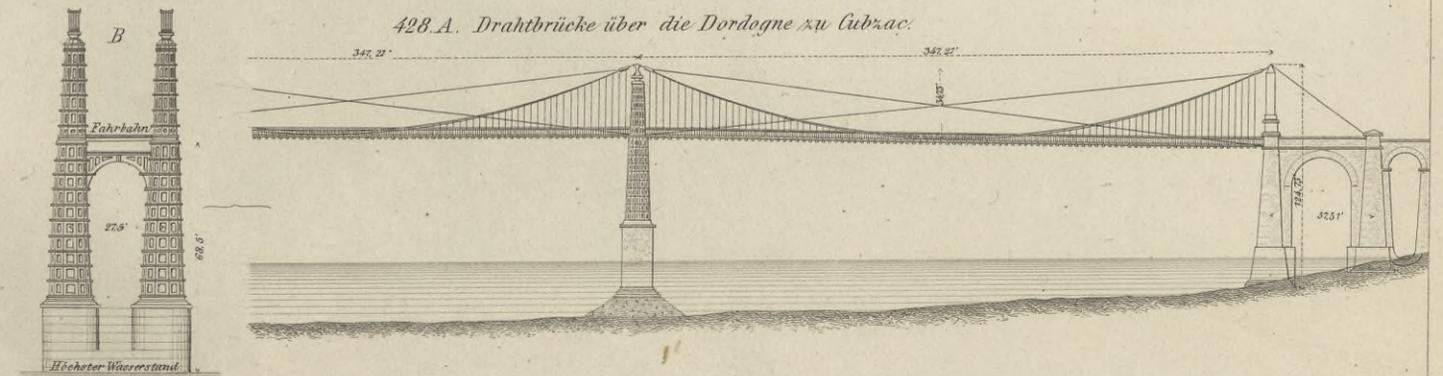
426. A. Drahtbrücke zu Conflans St. Honorine. (Strafse v. Versailles n. Pontoise)

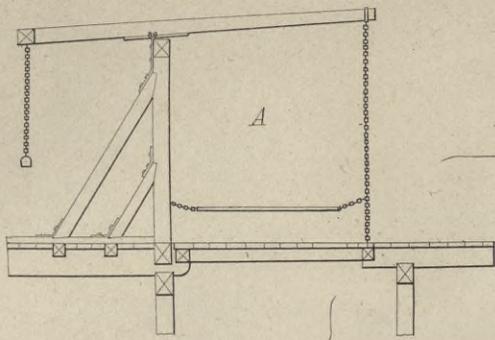


427. Drahtbrücke über die Charente zu Rochefort.

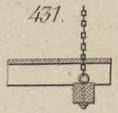
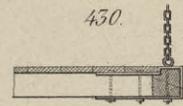
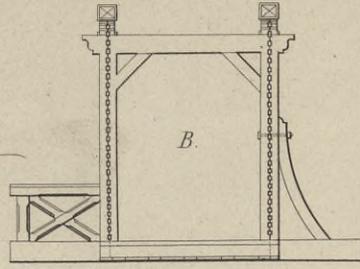


428. A. Drahtbrücke über die Dordogne zu Cubzac.



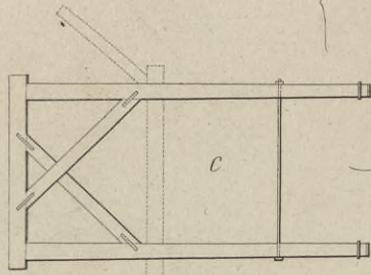
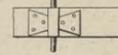
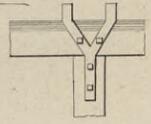
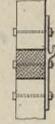


429.

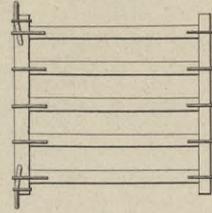
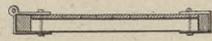


432.

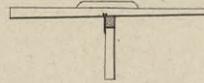
433.



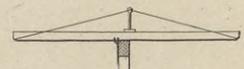
D



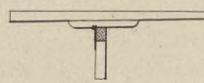
434. A



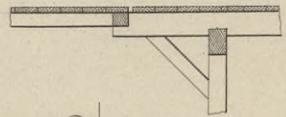
434. C



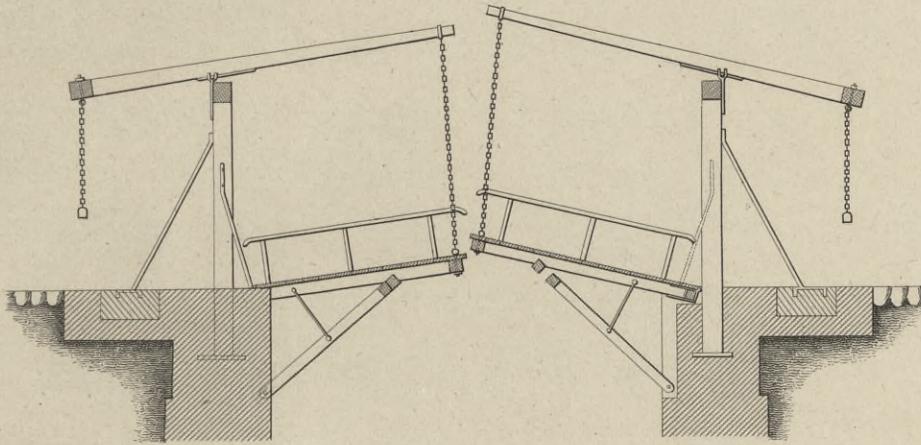
434. B



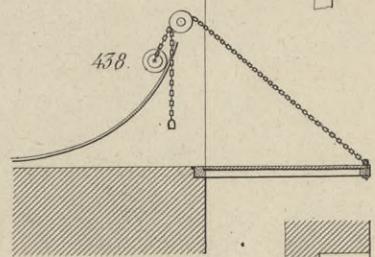
435.



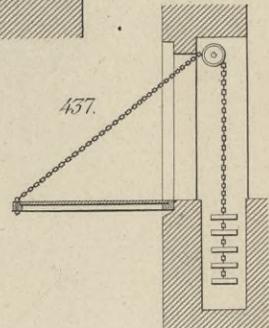
436.



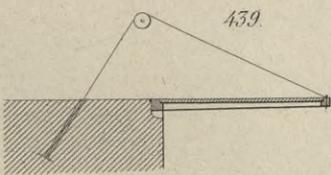
438.



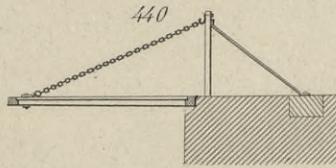
437.



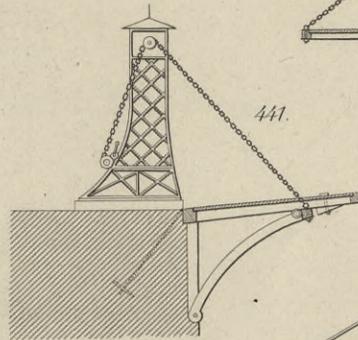
439.



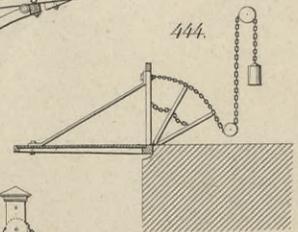
440.



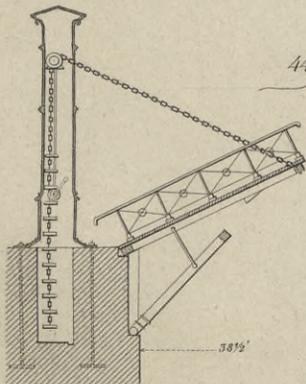
441.



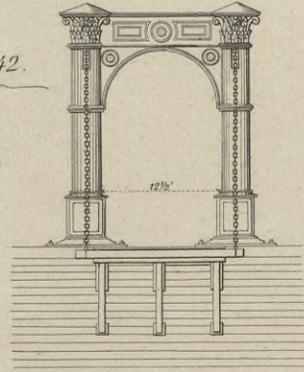
444.



442.

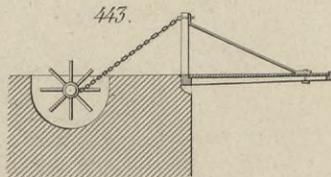


38 1/2'

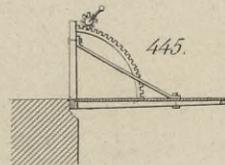


12 1/2'

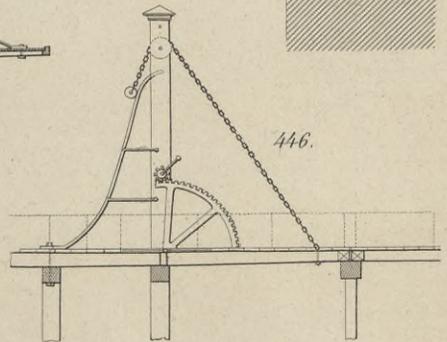
443.



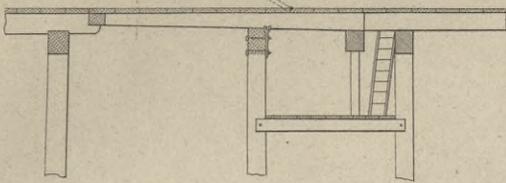
445.



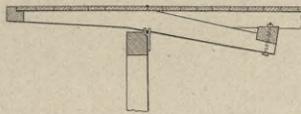
446.



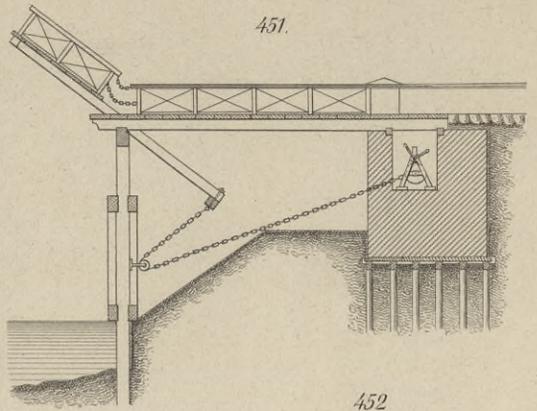
447. A



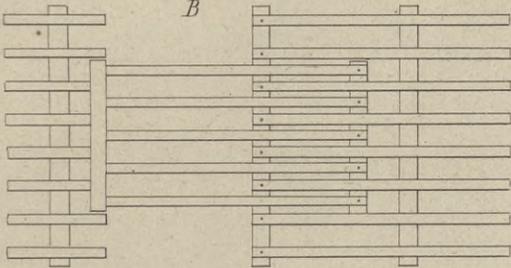
448.



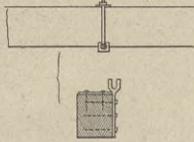
451.



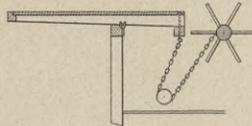
B



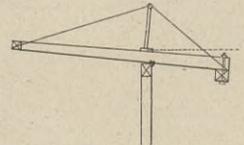
449



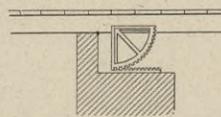
450



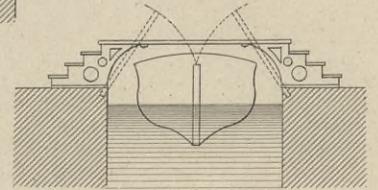
452



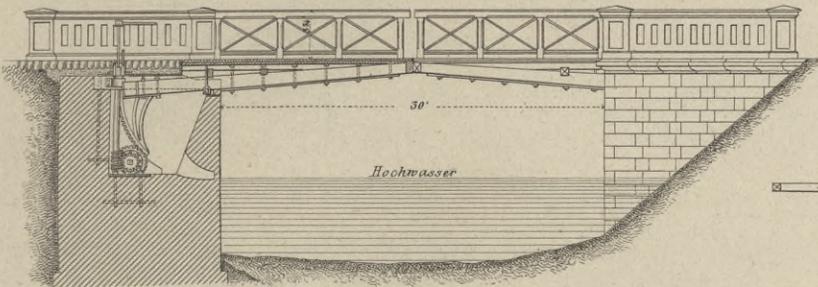
454



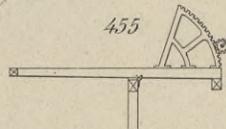
456



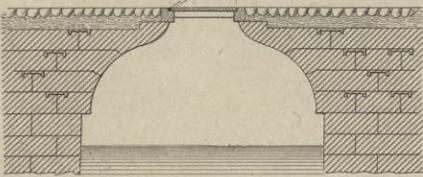
453



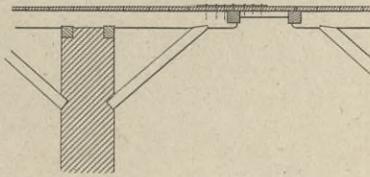
455



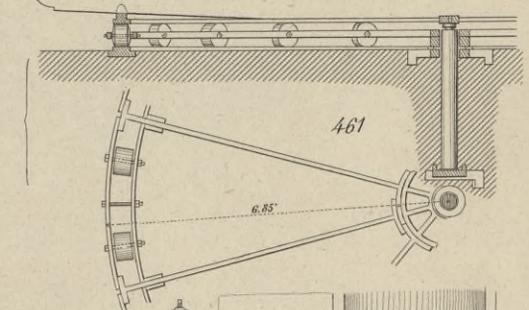
457



458

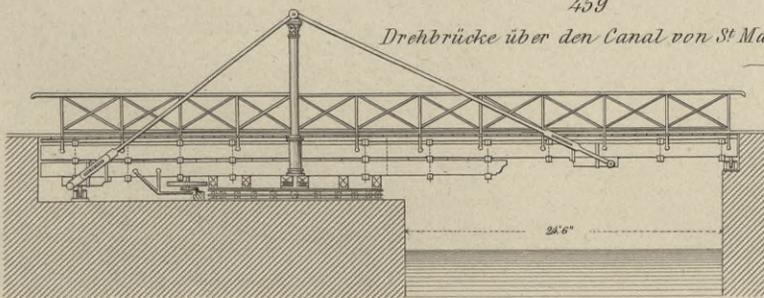


461

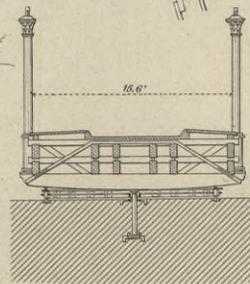


459

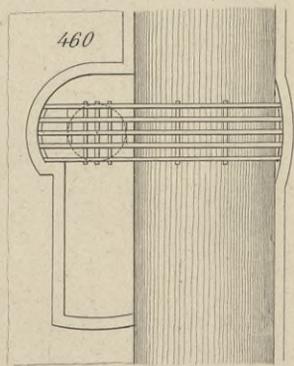
Drehbrücke über den Canal von St Martin



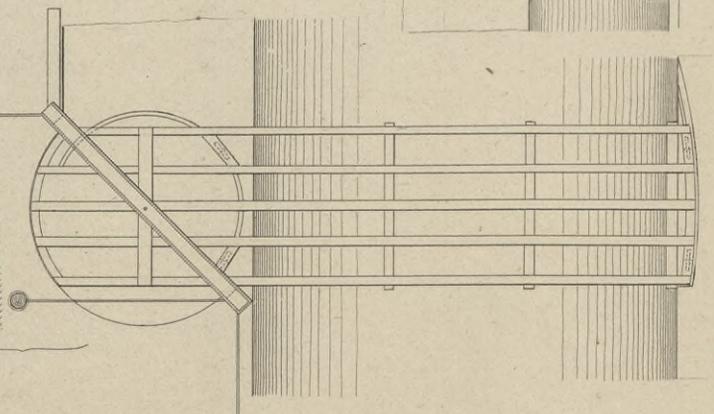
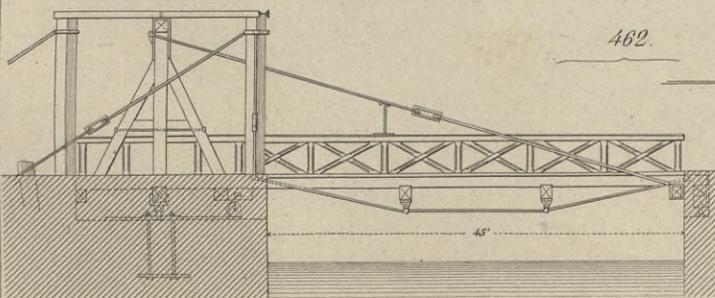
18.6°



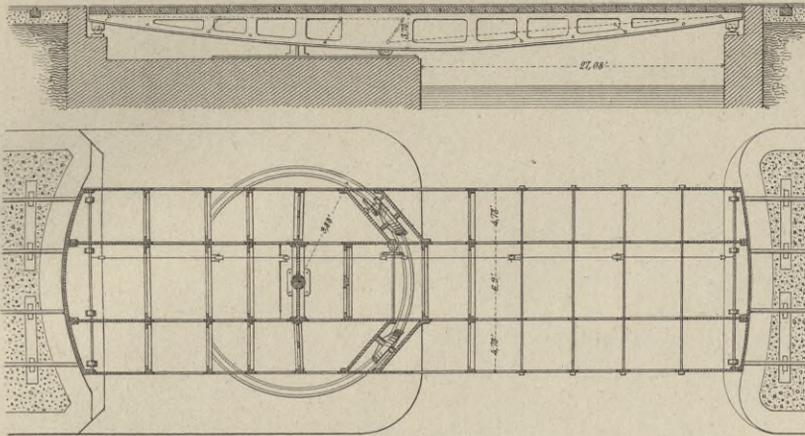
460



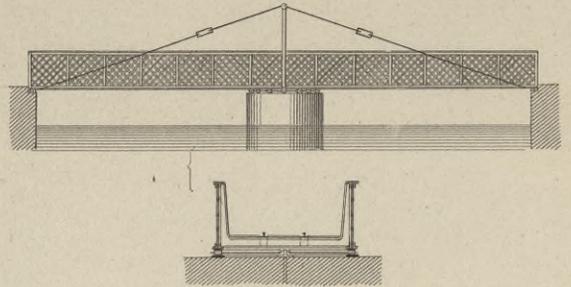
462.



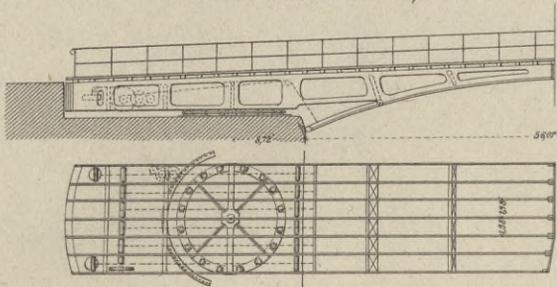
463. Drehbrücke zu Mechteln.



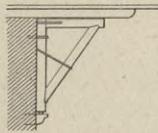
465.



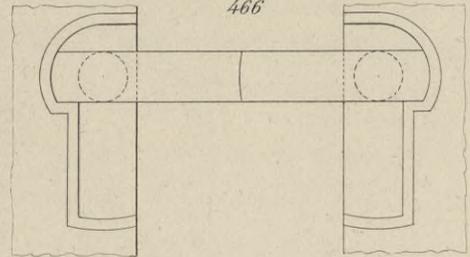
464. Drehbrücke zu Antwerpen.



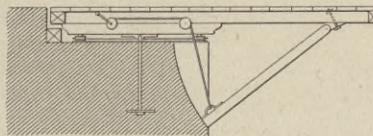
469.



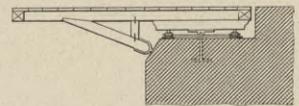
466



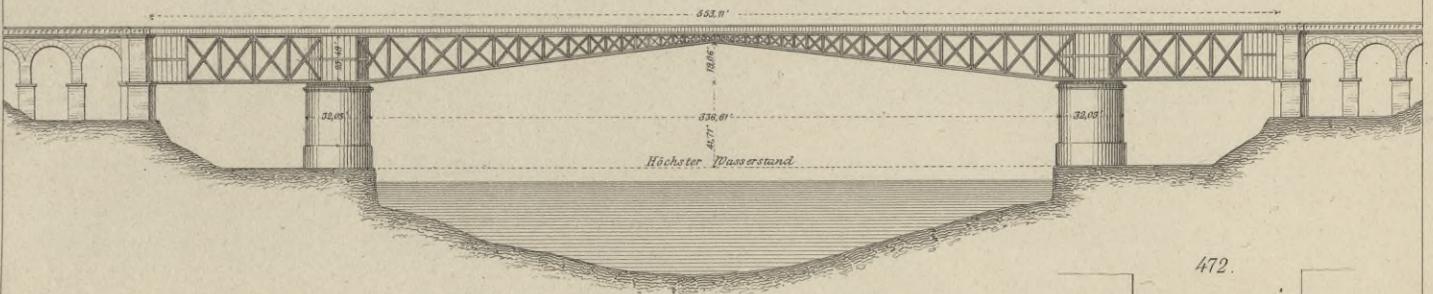
467.



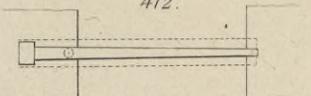
468.



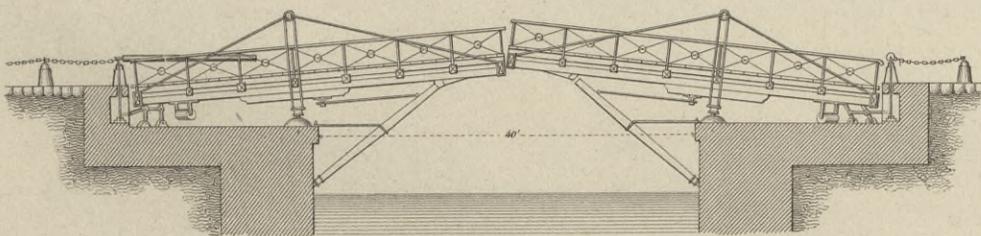
470. Drehbrücke über den Penfeld bei Brest.



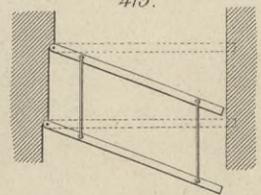
472.



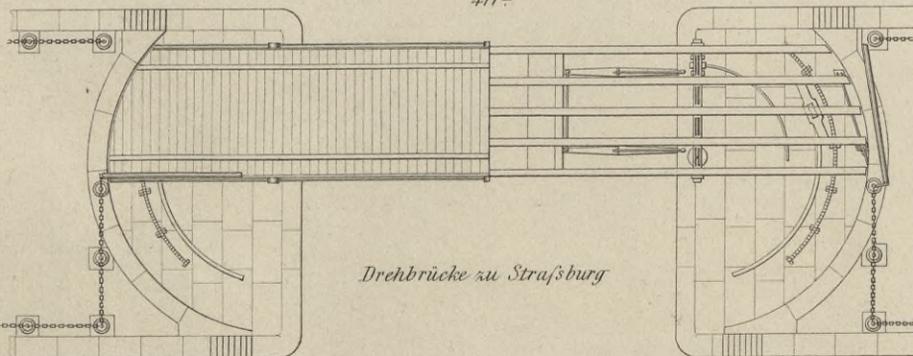
471A



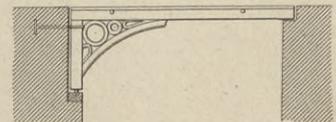
473.



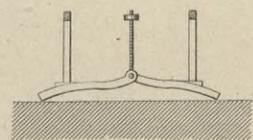
471B

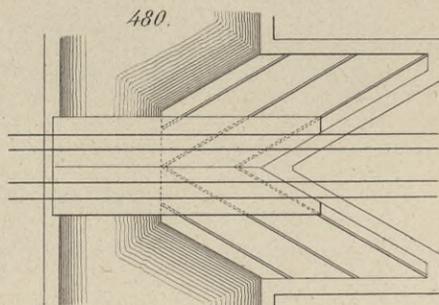
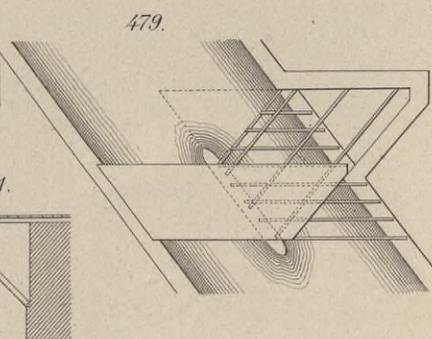
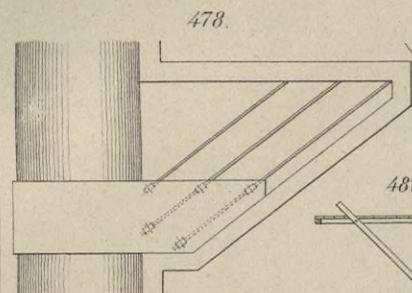
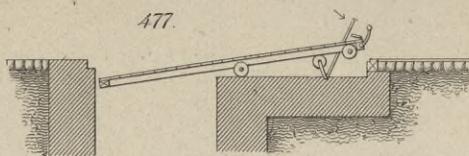
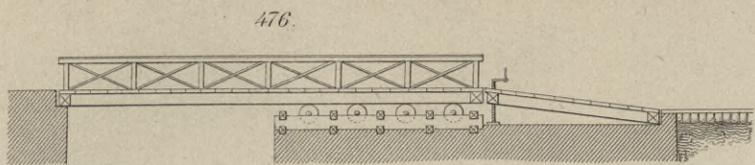


474.

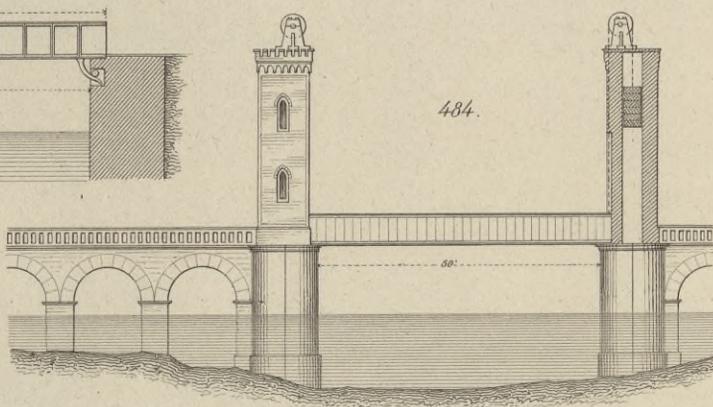
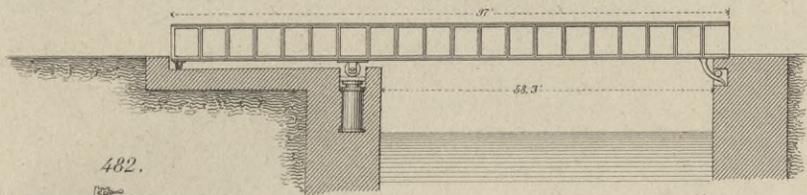


475.

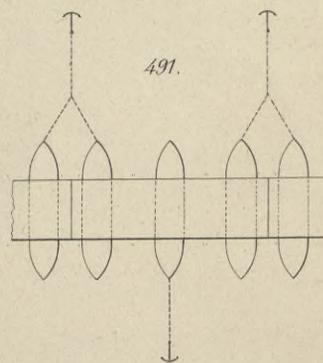
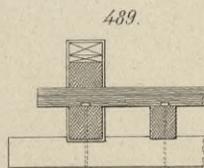
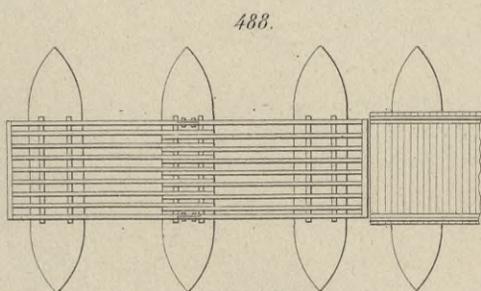
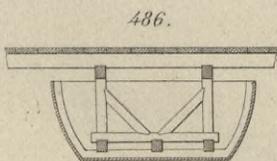
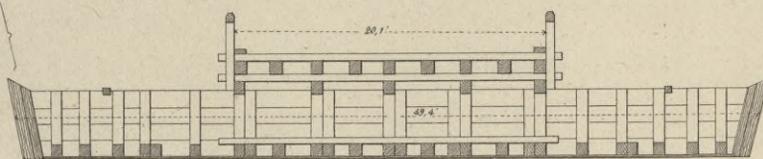
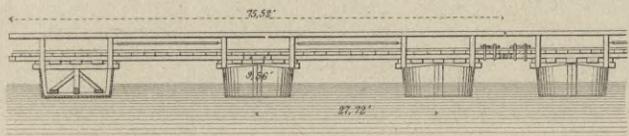




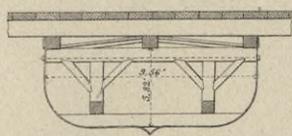
485. Rollbrücke zu Sunderland.



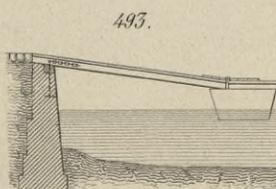
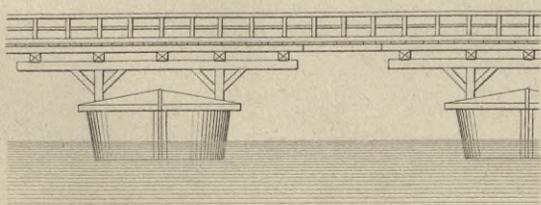
485. Schiffbrücke zu Mainz.



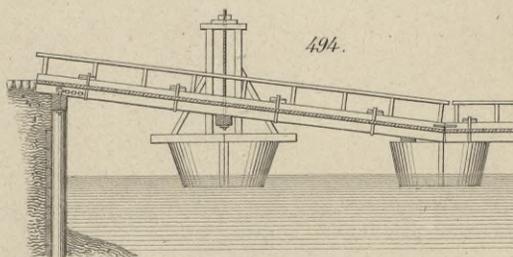
487 Mannheim.



492.

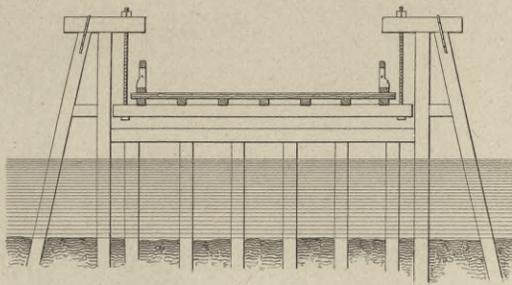
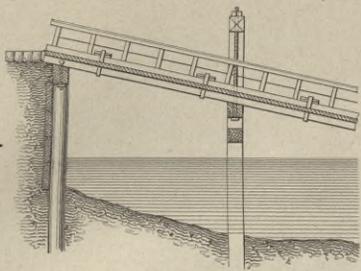


493.

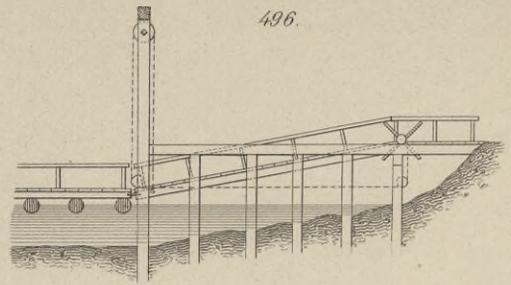


494.

495

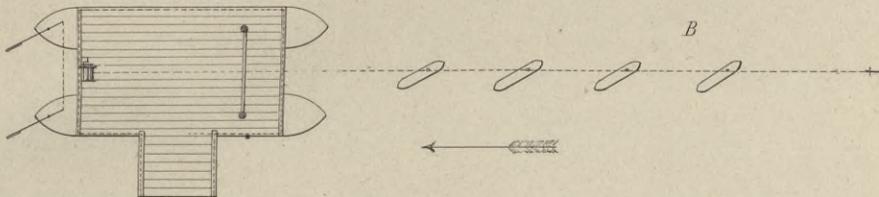
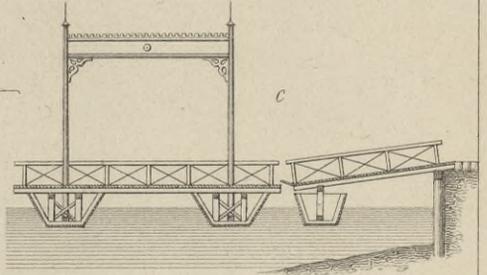
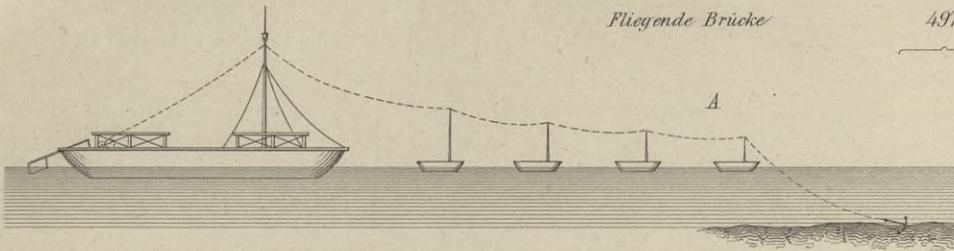


496

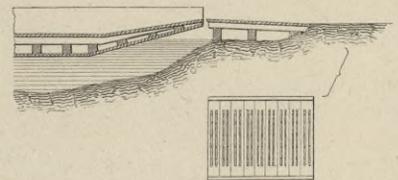


Fliegende Brücke

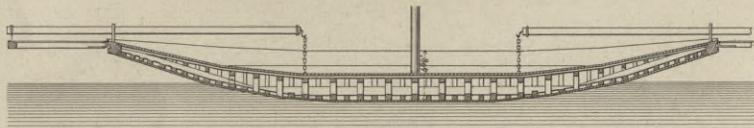
497



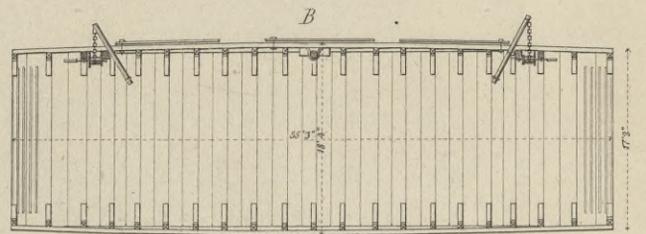
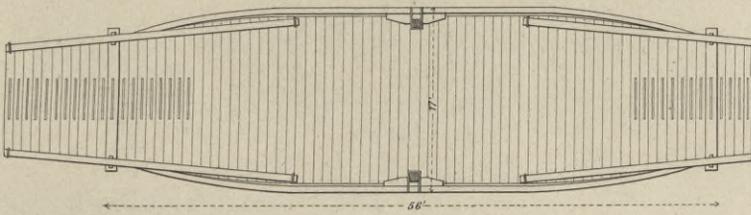
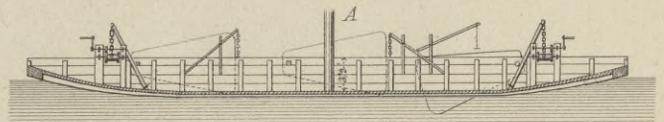
499



498. Gierponte vom Niederrhein



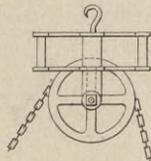
500. Fliegende Fähre über die Elbe bei Schönebeck



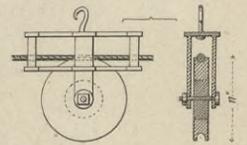
501.



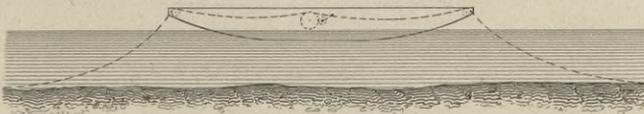
C. Rolle am Ausleger



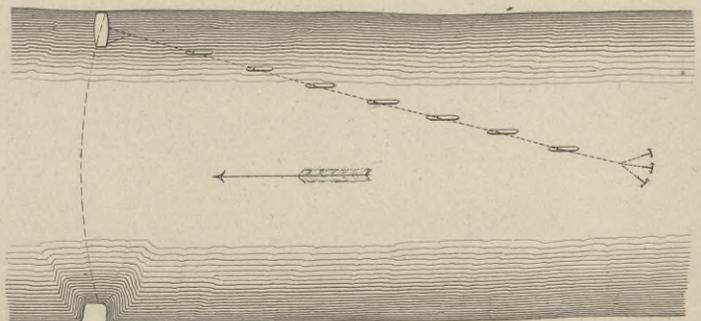
E. Rolle am Seil



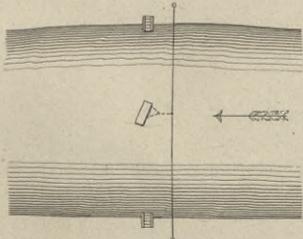
502.



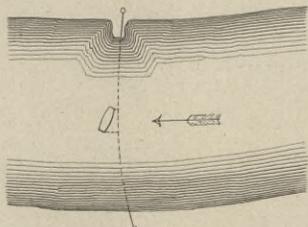
505



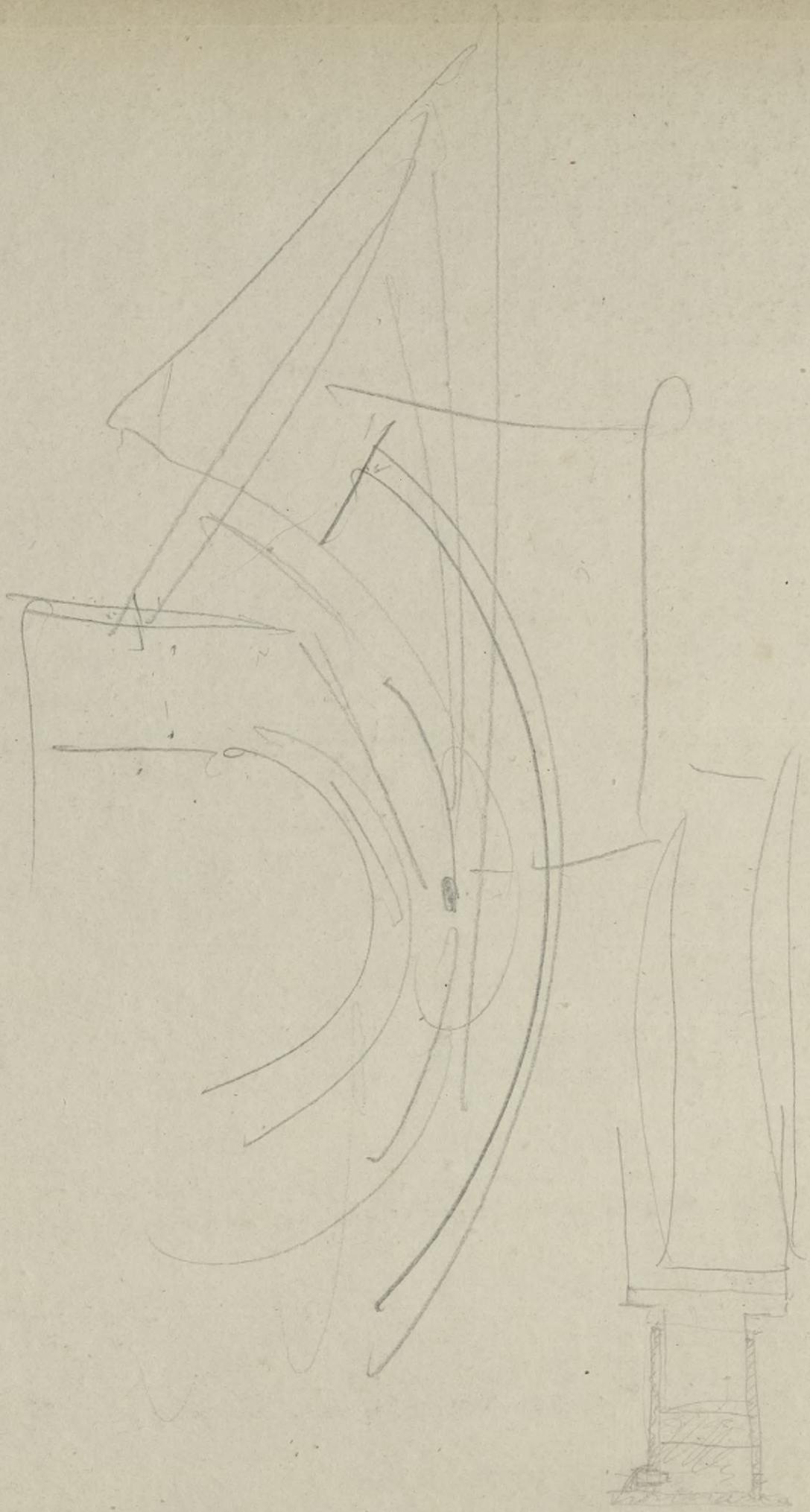
503.



504.







WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

III 18010

L. inw.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300764