

III

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300720

Handwritten marks, possibly initials or a signature, located in the bottom right corner of the page.

x
1919

Der Eisenbrückenbau

auf dem neuesten Standpunkte,

dargestellt in sechzehn Parallelen zu ausgeführten Brücken;

nebst einem Anhang

über

Bogenbrücken von Holz und Bogengerüste.

Von

Josef Langer,

Ingenieur.

Mit einem Atlas in sechzehn Folioblättern.

Invent. sub Litt. D. I. No. 261.

WIEN, 1863.

Im Verlage des Verfassers.

Der Eisenbrückenbau

auf dem neuesten Standpunkte

darzustellen in ausführlichen Brücken:



301103-VI

nebst ~~III~~ Anhang

über

Bogenbrücken von Holz und Bogengerüste



Von

Josef Langner,

Ingenieur.

steht einem Heft in sechs Heften

Verlag des Verfassers

WIEN, 1863.

im Verlage des Verfassers

301103-VI

Akc. Nr. ~~147~~ 52

Inhalt des Textbuches und des Atlas.
Seiner Hochgeboren dem Herrn

Grafen Hugo Henckel von Donnersmarck,

*dem königlich preussischen Kammerherrn, Ritter mehrerer Orden, Herrschafts- und Fabriksbesitzer
in Preussen und Oesterreich,*

widmet diese Blätter zum Zeichen seiner innigsten Verehrung und Dankbarkeit

der Verfasser.

Seiner Hochgeboren dem Herrn



Graten und ...

dem königliche preussischen Kammerherrn Ritter mehrerer Orden, Herrschafts- und Fabrikbesitzer

„Die Eisenbrücken haben die Steinbrücken verdrängt, weil sie wohlfeiler sind; wollen sie auch die Holzbrücken verdrängen, so müssen sie, nach Leistung und Dauer berechnet, wohlfeiler werden, als die Holzbrücken.“

widmet diese Blätter zum Zeichen seiner innigsten Verehrung und Dankbarkeit

der Verfasser.

Akc. Nr. _____

Vorwort.

Inhalt des Textbuches und des Atlas.

Vorwort.

Seite

A. Parallelen zur Donaukanal-Eisenbahnbrücke in Wien, mit den Zeichnungsblättern I, II, III des Atlas	9
B. Parallele zur Freiburger Eisenbahnbrücke, mit dem Zeichnungsblatte IV des Atlas	14
C. Seitenstück zur Parallele der Freiburger Brücke, mit dem Zeichnungsblatte V des Atlas	16
D. Parallelen zu kleineren Thalübergängen, mit dem Zeichnungsblatte VI des Atlas	18
E. Parallele zur Rheinbrücke bei Waldshut, mit dem Zeichnungsblatte VII des Atlas	20
F. Parallele zur Theissbrücke bei Szegedin, mit Zeichnungen auf dem Blatte VIII des Atlas	21
G. Parallele zur Eisenbahnbrücke über den Neckar bei Neckarelz, mit Zeichnungen auf dem Blatte VIII des Atlas	25
H. Parallelen zur Britanniabrücke, auf den Zeichnungsblättern IX, X u. XI des Atlas	26
I. Parallele zur Rheinbrücke bei Mainz, mit dem Zeichnungsblatte XII	35
K. Die Bogenbrücke im Vergleich mit der Gitterbrücke, mit dem Zeichnungsblatte XIII	35
L. Anhang über Bogenbrücken von Holz:	
1. Provisorische Holzbrücken auf Jochen, mit dem Zeichnungsblatte XIV des Atlas	37
2. Definitive Holzbrücken auf Steinpfeilern, mit dem Zeichnungsblatte XV des Atlas	37
3. Definitive Holzbrücken für grosse Spannweiten und Bogengerüste, mit dem Zeichnungsblatte XVI des Atlas	38
4. Das Bogengerüst zur Montirung, mit Zeichnung auf dem Blatte XVI	39
Schluss	40

Josef Langer.

Inhalt des Textbuches und des Atlas.

Seite	Vorwort
9	A. Parallelen zur Donaukanal-Eisenbahnbrücke in Wien, mit den Zeichnungsblättern I, II, III des Atlas.
14	B. Parallele zur Freiburger Eisenbahnbrücke, mit dem Zeichnungsblatte IV des Atlas.
18	C. Seitenstück zur Parallele der Freiburger Brücke, mit dem Zeichnungsblatte V des Atlas.
18	D. Parallelen zu kleineren Thalübergängen, mit dem Zeichnungsblatte VI des Atlas.
20	E. Parallele zur Rheinbrücke bei Waldshut, mit dem Zeichnungsblatte VII des Atlas.
21	F. Parallele zur Rheinbrücke bei Saxeboin, mit Zeichnungen auf dem Blatte VIII des Atlas.
25	G. Parallele zur Eisenbahnbrücke über den Neckar bei Neckaritz, mit Zeichnungen auf dem Blatte VIII des Atlas.
28	H. Parallelen zur Brittanienbrücke, auf den Zeichnungsblättern IX, X, XI des Atlas.
35	I. Parallele zur Rheinbrücke bei Mainz, mit dem Zeichnungsblatte XII.
35	K. Die Bogenbrücke im Vergleich mit der Gitterbrücke, mit dem Zeichnungsblatte XIII.
	L. Anhang über Bogenbrücken von Holz:
37	1. Provisorische Holzbrücken auf Jochem, mit dem Zeichnungsblatte XIV des Atlas.
37	2. Definitive Holzbrücken auf Steinpfeilern, mit dem Zeichnungsblatte XV des Atlas.
38	3. Definitive Holzbrücken für grosse Spannweiten und Bogenstützen, mit dem Zeichnungsblatte XVI des Atlas.
39	4. Das Bogengerüst zur Montage, mit Zeichnung auf dem Blatte XVI.
40	Schluss

V o r w o r t.

Nachdem ich die Rechnungstheorie meiner Bogen- und Hängebrücken geschrieben und die wissenschaftliche Basis der neuen Systeme geliefert habe, fand ich es zur Erzielung der Praxis nöthig, einen weitem Schritt zu thun. Ich glaubte, um den ökonomischen Werth meiner Konstruktionen darzulegen und evidenter zu machen, die vorliegenden Parallelen zeichnen zu sollen. Zwar ist es misslich, Vergleiche anzustellen — *exempla sunt odiosa* — aber zuletzt beruht alles Urtheil auf Vergleichung, und ich konnte mich dieses drastischen Hilfsmittels zur Erreichung meines Zieles um so weniger entschlagen, als ich mit meiner Aufgabe allein stehe und eines andern vortrefflichen Mittels entbehren muss: der Association, welche allerdings das beste ist, um grössere Dinge, zu denen die Kräfte des einzelnen Schwachen nicht ausreichen, durch Vereinigung Mehrerer ins Leben zu rufen.

Ob heute oder morgen — die neuen Bogen- und Hängebrücken werden sich Bahn brechen. Sie haben ihre Berufung und Berechtigung für die Praxis in der Oekonomie. Dass in ihnen eine ansehnliche Materialersparniss liege, und dass sie sich aus diesem Grunde gut für grosse Spannweiten eignen, das stellt zur Genüge schon die Berechnung heraus; und was den Einheitspreis pro Zentner des Materials betrifft, so werden die Bogenbrücken dieser Art mindestens um denselben Preis herzustellen sein wie die Gitterbrücken. Die Einfachheit der Details und die Leichtigkeit der Zusammenfügung, dann die Schnelligkeit der Montirung und die Billigkeit der Montirungs-Bogengerüste zusammen werden das ihrige dazu beitragen.

In dem Anhang, den ich über Bogenbrücken von Holz beigelegt, wollte ich zeigen, wie mein Bogensystem auch auf Holz anwendbar ist; wie man mit den billigsten Mitteln solide Provisorien, und stabile definitive Holzbrücken und auch freie, das Flussbett offen lassende Nothgerüste zur Montirung beabsichtigter Eisenkonstruktionen herstellen kann.

Wien, im Mai 1863.

Josef Langer.

V O R W O R T.

Nachdem ich die Rechnungstheorie meiner Bogen- und Hängebriicken geschildert und die wissenschaftliche Basis der neuen Systeme geliefert habe, fand ich es zur Erläuterung der Praxis nöthig, einen weiteren Schritt zu thun. Ich glaube, um den ökonomischen Werth meiner Konstruktionen darzulegen und evident zu machen, die vorliegenden Parallelen zeichnen zu sollen. Zwar ist es misslich, Vergleiche anzustellen — *comparatio moribus* — aber zuletzt beruht alles Urtheil auf Vergleichung, und ich konnte mich dieses drastischen Hilfsmittels zur Erläuterung meines Zweckes um so weniger entschlagen, als ich mit meiner Aufgabe allein stehe und eines andern vortrefflichen Mittels entbehren muss: der Association, welche allerdings das Beste ist, um grössere Dinge, zu denen die Kräfte des einzelnen Schwachen nicht ausreichen, durch Vereinigung Mehrerer ins Leben zu rufen.

Druck von Friedr. & Moritz Förster.

Ob heute oder morgen die Bogenbriicken werden sich Bahn brechen. Sie haben ihre Bedeutung und Berechnung in der Praxis in der Ökonomie. Dass in ihnen eine ausserordentliche Materialersparnis liegt, und dass sie sich aus diesem Grunde gut für grosse Spannweiten eignen, das stellt zur Genüge schon die Berechnung heraus; und was den Einheitspreis pro Kubmeter des Materials betrifft, so werben die Bogenbriicken dieser Art mindestens um denselben Preis herzustellen sein wie die Gitterbriicken. Die Einsparnis der Details und die Leichtigkeit der Zusammenfügung, dann die Schnelligkeit der Montage und die Billigkeit der Montirungs-Borgengerüste zusammen werden das übrige dazu beitragen.

In dem Anhang, den ich über Bogenbriicken von Holz beigefügt, wollte ich zeigen, wie mein Bogensystem auch auf Holz anwendbar ist; wie man mit den billigsten Mitteln solide Provisionen, und stabile definitive Holzbrücken und auch freie, das Flussbett offen lassende Nothgerüste zur Montage beschriebener Eisenkonstruktionen herstellen kann.

Wien, im Mai 1863.

Josef Langer.

Parallelen zur Donaukanal-Eisenbahnkettenbrücke in Wien.

(Mit den Zeichnungsblättern I, II, III.)

Die Eisenbahnkettenbrücke über den Wiener Donaukanal — erbaut im Jahre 1860 nach dem Systeme Fillunger-Schnirch — ist in der „Allgemeinen Bauzeitung“ von L. Chr. Förster (Jahrgang 1860), wie auch in besonderer Broschüre beschrieben und abgebildet und kann als bekannt vorausgesetzt werden.

Das System dieser Brücke ist in constructiver Beziehung mehrfach angefochten worden. Ueber diesen Punct soll aber hier nichts gesagt werden. In den folgenden Zeilen will ich nur in Bezug auf die Oeconomie des Systems eine Betrachtung anstellen und, da alles Urtheil auf Vergleichung beruht, ein paar Parallelen zur genannten Eisenbahnkettenbrücke zeichnen und berechnen.

Die erste Parallele, eine Bogenbrücke meiner Construction, ist auf dem Zeichnungsblatte A abgebildet; die zweite, eine steife Kettenbrücke meiner Art, ist auf dem Blatte B dargestellt. Die beiden Zeichnungen lassen bezüglich der Details keine Zweifel übrig, jedennoch können diese bei unverändertem System mannigfach variiren. Die parallele Bogenbrücke ist in allen Theilen aus Blech construirt und durchaus von Schmied- und Walzeisen beschafft — nur die Bogenfusschuhe sind von Gusseisen herzustellen gedacht. Die parallele Kettenbrücke ist in den Längsbändern des Versteifungs- und Stembalkens von Gusseisen angenommen und in Zeichnung und Rechnung für diese Anordnung und Materialanwendung durchgeführt. Ich schreite zur Festigkeitsrechnung und zum Voranschlage der beiden Parallelen.

I. Parallele — die Bogenbrücke auf Bl. I. Ich adoptire die Grundanlage der ausgeführten Donaukanalkettenbrücke mit der Lichtweite von 252 Fuss zwischen den beiderseitigen Uferpfeilern und den beiderseitigen Durchfahrtsöffnungen von je 42 Fuss Weite und construire auf dieser Stützweite (von 252') einen Bogen von 25·2 Fuss Pfeilhöhe, womit ich $l=252$ und $f=25·2$ für die Rechnung bekomme. Diesen Bogen verbinde ich mit einem geraden Balken, der in der Höhe der (gleichfalls gegebenen) Bahn liegt, mittelst verticalen Ständern und gewinne ein steifes System, dessen Tragfähigkeit sich genau beurtheilen lässt, da es sich vom Wechsel der Temperaturen ganz unabhängig und frei hält. Was die (schwebende) Eigenlast der Construction betrifft, so wird sich diese weiter unten, bei der Gewichtsrechnung, mit $\alpha P = 5400$ Ctr. herausstellen. Die zufällige Belastung, für welche die ausgeführte Brücke berechnet worden ist, beträgt $P = 10600$ Ctr. Die Gesamtbelastung wird demnach $(\alpha + 1) P = 16000$ Ctr. betragen, und die Tangentialpressung des Bogens am Fusse wird sein

$$S = \frac{(\alpha + 1) Pl}{8f \cos \varphi} = \frac{16000 \times 252}{8 \times 25 \cdot 2 \times 0 \cdot 928} = 21552 \text{ Ctr.}$$

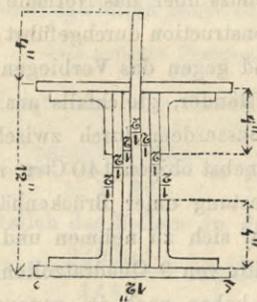
A.

Die vier Bogenbänder der doppelspurigen Bahnbrücke fassen zusammen (nach unten beige-setzter Figur geformt) 220 Quadratzoll duod. im Querschnitte; daher kommt auf den Quadratzoll eine Inanspruchnahme von

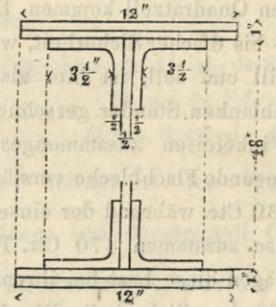
$$\frac{21552}{220} = 98 \doteq 100 \text{ Ctrn.},$$

was unter vorausgesetzter Anwendung einer guten Eisengattung und bei gehöriger Verstrebung nach der Seite einer 5fachen Tragsicherheit entspricht.

Bogenquerschnitt einzeln
55 □"



Balkenquerschnitt einzeln
63 □"



Die vier Balken der Construction messen einzeln, nach obiger Figur geformt, 63, zusammen 252 □ Zoll Querschnittsfläche; und dieser kommt das Trägheitsmoment zu von $t = 4 \times 26848 = 107392$ bezüglich der in der Mitte (im Schwerpunkte) des Balkenquerschnitts liegenden neutralen Achse. Das Tragvermögen des Balkens von der (hier zu betrachtenden) Länge von $\frac{1}{2} l = 126'$ beträgt bei der Belastung von $(\max) Q = \frac{1}{4} P = 2650$ Ctr., d. i. bei der einseitigen Belastung einer Brückenhälfte (s. d. Theorie der Bogenbrücke S. 21 d. Eisenconstructions von J. Langer, 2. Aufl.)

$$(\max) Q = \frac{1}{4} P = \frac{8M}{\frac{1}{2} l},$$

wobei das Tragmoment

$$M = \frac{at}{\frac{1}{2} h},$$

und die Balkenhöhe $h = 50''$. Hieraus ergibt sich die Pressungs- und Spannungsanspruchnahme pro Quadratzoll in

$$a = 116 \frac{1}{2} \text{ Ctr.},$$

was unter Voraussetzung einer guten Eisengattung einer 4fachen Tragsicherheit gleich kommt.

Die Querträger der Fahrbahn sind 14 Fuss lang und 24 Zoll hoch. Sie werden für das Maximum von 500 Ctr. Belastung zu berechnen sein. Ihr Querschnitt misst 12 □" und das Trägheits-

moment desselben beträgt $t = 1667$. Ferner ist hier das Tragmoment

$$M = \frac{at}{12} = \frac{1667a}{12}$$

und das Tragvermögen

$$(\max) Q = 500 = \frac{8M}{14 \times 12} = \frac{M}{21} = \frac{1667a}{12 \times 21}$$

woraus als Inanspruchnahme pro Quadratzoll hervorgeht:

$$a = 75 \text{ Ctr.}$$

Diess beziffert für die Querträger eine 6fache Tragsicherheit.

Die Schienenlängsträger (die Nebenträger) haben $9\frac{1}{2}$ Fuss Stützlänge und 12 Zoll Wandhöhe, tragen die zufällige (Locomotiv-) Belastung von 250 Ctrn. auf der freien Länge und misst ihr Querschnitt 9 Quadratzoll. Das Trägheitsmoment ist hier $t = 274$,

das Tragmoment $M = \frac{at}{6} = \frac{137a}{3}$, und folglich

$$(\max Q) = 250 = \frac{8M}{112} = \frac{M}{14}$$

Alsdann wird der Coefficient der Inanspruchnahme

$$a = 80 \text{ Ctr.,}$$

was eine 6fache Tragsicherheit in diesen Nebenträgern beziffert.

Die Vertikalständer des Systems sind aus je 4 Winkeleisen zusammengesetzt, die zusammen 6 Quadratzoll Querschnitt haben, und die auf sie fallende Last von 140 Ctrn. mit numerischer 20facher Sicherheit tragen, indem 23 Ctr. Inanspruchnahme auf den Quadratzoll kommen. Der Ueberschuss über das Normale von 5- bis 6facher Sicherheit, wofür die Construction durchgeführt sein will und soll, ist hier als Widerstand gegen das Verbiegen der schlanken Ständer gerechnet. Die Endständer, gleichfalls aus vier Winkeleisen zusammengestellt und ausserdem durch zwischenliegende Flachbleche verstärkt, haben nebst obigen 140 Ctrn. noch 330 Ctr. während der einseitigen Belastung einer Brückenhälfte, also zusammen 470 Ctr. Pressung auf sich zu nehmen und sie tragen diese Last bei ihrem Querschnitte von 9 Quadratzoll mit 10facher Sicherheit. Die Endständer haben auch im genannten Falle einseitiger Brückenbelastung einen Zug von $470 - 140 = 330$ Ctrn. auszuhalten, worauf der Constructeur bei der Zusammenfügung der Theile und Verbindung der Endständer mit den Bogen und Balken des Systems Rücksicht zu nehmen hat.

Die Vertikalkreuze zwischen den Ständern zur Verstrebung der Bogen gegen Seitenschwankung sind aus Winkeleisen von $3\frac{1}{2}$ " Querschnitt bestehend gedacht. Den oberhalb des Balkens (zunächst der freien Mitte des Systems) befindlichen Vertikalständern sind zwischenliegende Flachbleche beigegeben, welche den aufrechten Stand des überragenden Bogentheiles gegen seitliches Weichen sichern helfen.

Die horizontalen Kreuze zwischen den Querträgern der Fahrbahn, die mit den letztern und mit den Längsbalken ein steifes Gitter gegen die Seitenbewegung des Systems überhaupt und der Längsbalken insbesondere bilden, sind von Flachschiene bestellt gedacht, und diese sind mit 1 Quadratzoll Querschnitt stark genug bemessen.

Auf Grund dieser Berechnungen und Bemessungen stellt sich das Gewicht des Eisens, wie folgt:

die (4) Bogen wiegen	1830
die (4) Balken wiegen	1900
die (56) Querträger à 5 Ctr.	280
die (108) Strebenräger à $2\frac{1}{2}$ Ctr.	270

Uebertrag Ctr.: 4280

Fürtrag Ctr. 4280

die Vertikalständer	100
die Vertikalkreuze zwischen diese	60
die hor. Kreuze der Fahrbahn	54
Gewicht des Schmiedeisens zusammen	4494
die (4) Bogenfussplatten von Guss	40
hiezue die Schienen der Fahrgeleise mit	225
die Schienenlangschwelle von Holz mit	126
die Bedielung mit	600
zusammen das Gewicht des Oberbaues mit	978

gibt die Gesamtlast von 5512
wovon auf die schwebende Last $aP = 5400$ Ctr. kommen. Da $P = 10600$ Ctr. als zufällige Belastung gesetzt ist, so beträgt $(a + 1)P = 16000$ Ctr., und das ist die Eingangs in Rechnung gestellte Gesamtlast.

Gegen die bestehende Donaukanal-Kettenbrücke ergibt sich bei meiner Parallele ein Minderbedarf an Eisen und Stein.

Dieser beträgt

a) beim Schmiedeisen $7290 - 4494 = 2796$ Ctr. zu fl.	
26 fl. macht im Gelde	72696
b) beim Gusseisen $668 - 40 = 628$ Ctr. à 11 fl., macht	6908
c) beim Quadermauerwerk, durch Einziehung der Gewölbsbreite der beiden Durchfahrten, in Cub.-F.	10000
bei demselben durch den Wegfall des Lastmauerwerks der Kettenverankerung in Cub.-F.	17280
dessgleichen durch den Ausfall der vier Kettenaufhängefeiler Cub.-F.	7560
zusammen Quadern	34840'
den Cub.-F. Quadermauerwerk zu 3 fl. gerechnet, macht	104520
d) beim innern Bruchsteiumauerwerk durch den Wegfall des Lastmauerwerks der Kettenverankerung Cubic-Klfr. 160 à 50 fl., macht	8000
e) bei den Eichenholzschnellen 1100 Cub.-F. à $1\frac{1}{2}$ fl., macht	1650

Hiermit beträgt der gesammte Minderaufwand der vorgeführten Parallele gegenüber der bestehenden Brücke fl. 193774

Was die Tragsicherheit betrifft, so muss zu Gunsten meiner Parallele hervorgehoben werden, dass dieselbe eine 5fache — mit dem Maximalcoefficienten von 100 Ctr. pro Zoll durchgeführte — ist, während die ausgeführte Donaukanalbrücke nur für eine 2fache Tragsicherheit berechnet dasteht, wie der Ingenieur P. Fink bei Gelegenheit seiner „allgemeinen Betrachtungen über Biegung und Biegungsfestigkeit zur Erzielung eines einheitlichen Standpunctes bei Beurtheilung verschiedener Brückensysteme“ nachgewiesen hat. S. d. Zeitschr. d. österr. Ingenieur-Vereins Heft VII—VIII, 1862.

II. Parallele — die Kettenbrücke auf Blatt II. Ich acceptire die Kettenhängefeiler der ausgeführten Donaukanalbrücke mit ihrer Stützweite von 264 Fuss, mit ihrer Stärke und Höhe, wie sie sind. Die zu den Seiten derselben ausgeführten Durchfahrts-gewölbe von 42fussiger Weite lasse ich aber weg und setze dafür offene Durchfahrten-Oeffnungen von 57fussiger Weite, welche von den Seitenbrückenfeldern der Eisenconstruction meines Dreifeldersystems überspannt sind, wodurch eben die Einwölbung der Durchfahrtsöffnungen entbehrlich wird. Für die voluminösen Ver-

ankerungspfeiler der bestehenden Brücke lege ich compendiösere Landpfeiler in der Stärke der Mittelpfeiler an, da solche bei meinem System vermöge der vertikalen Verankerung — statt der longitudinalen — genügen.

Die Tragkette des Mittelfeldes construiren ich auf der obgenannten Stützweite von 264 Fussen mit dem Krümmungspfeile von 18 Fussen, so dass die Länge $L = 264$, und die Höhe $f = 18$ in die Rechnung kommt. Dem Sprengwerk, welches in dem graden Versteifungs- und Stembalken liegt, lege ich die Höhe von $a = 4$ Fussen bei, so dass die ganze Constructions- und Stützhöhe des Systems $a + f = 22'$ beträgt.

Die Tragkette der Seitenfelder construiren ich als ein Parabelstück von 72 Fuss (Projections-) Länge so, dass die ganze Parabel, der dieses Stück angehört, die Spannweite von $nL = \frac{12}{11}L = 288'$ und die Pfeilhöhe von $f' = \frac{4}{3}f = 24'$ haben würde. Ich verfähre so aus einem weiter unten bei der Festigkeitsberechnung noch zu erwähnenden Grunde.

Die Querträger der Brücke bilde ich nach dem combinirten Häng- und Sprengwerksysteme meiner Art. (S. S. 23 d. Eisenconstructions von J. Langer, 2. Aufl.). Sie messen 31 Fuss Stützlänge und $2\frac{1}{2}$ Fuss Stützhöhe.

Die Ketten des Systems müssen natürlich von Schmiedeeisen hergestellt sein; dergleichen die Gitterstreben des Versteifungsbalkens als abwechselnd auf Zug und Druck in Anspruch genommene Glieder. Jedoch die Längsbänder des Versteifungsbalkens beantrage ich von Gusseisen herzustellen, indem ich voraussetze, dass derselbe seiner ganzen Länge nach durch alle drei Felder reichend einen continuirlichen Balken bilden solle, ohne Unterbrechung des obren Bandes auf dem Hängepfeiler oder des untern Bandes auf der freien Mitte des Mittelfeldes fortlaufend, eine Unterbrechung, wie sie wohl der theoretischen Anschauung des Systems zukommen und genügen würde. Diess vorausgesetzt, kann ein effektiver Zug (Spannungsanspruchnahme) in diesen Längsbändern bei keiner Phase einseitiger oder partieller Belastung eintretend werden. Bei der Belastung der ganzen Brücken- oder Feldlänge geschieht diess ohnehin — auch bei der theoretischen Sprengwerksanlage des Balkens — nicht. So darf man die Längsbänder unbedenklich von dem auf Pressung vorzüglich anwendbaren Gusseisen beschaffen.

Im Weitern sollen nun die Spannungen und Pressungen im System zur Bemessung der Querschnittsstärke der Constructions-theile untersucht werden. In Rechnung kommt zunächst die schwebende Constructionslast mit $\alpha P = 5400$, die zufällige Belastung mit $P = 10600$, also die Gesamtbelastung mit $(\alpha + 1)P = 16000$ Ctrn. im Mittelfelde.

a) Die Spannung der Tragkette bei der Gesamtbelastung. Sie liegt in der Formel ausgesprochen:

$$T = \frac{(\alpha + 1) PL}{8(\alpha + f) \cos \varphi} = \frac{16000 \times 264}{8 \times 22 \times 0.963} = 24922,$$

und beträgt in abgerundeter Zahl 25000 Ctr. Mit dem Zugfestigkeitscoefficienten von 175 Ctrn., der vom Constructeur der ausgeführten Donaukanalbrücke für dessen Bauwerk gewählt worden ist, construiren, erhalte ich einen Kettenquerschnitt von 142.4 Quadratzoll bei meiner Parallele.

Die Ankerketten an den Wurzeln des Systems haben bei der Belastung des Mittelfeldes, während der Nichtbelastung des Seitenfeldes eine grösste Spannung von 9597 Ctrn. auszuhalten, und

sollen dieselben für den Zugfestigkeitscoefficienten von nur 100 Centnern pro Zoll bemessen, einen (Gesamt-) Querschnitt jederseits von 66 Quadratzoll erhalten. Dem verticalen Zuge der Anker widersteht der Ankerpfeiler von 27000 Cub.-F. Inhalt und von 54000 Ctrn. Gewicht mit Sicherheit.

b) Die Pressung in den Längsbändern des Gitterbalkens bei der Gesamtbelastung. Mit Benützung der Formeln (132) aus dem mehrerwähnten Buche der Eisenconstructions und festhaltend an der gemachten Voraussetzung, dass der ein Sprengwerk von 4 Fuss Stützhöhe involvirende Stembalken ein continuirlich fortlaufender Gitterbalken sein solle, findet man die Querschnittsstärke der Längsbänder im Mittelfelde zu bemessen, wie folgt: die minimale Stärke mit 36 Quadratzoll, die maximale mit 144 Quadratzoll, und zwar so, dass — vom Hängepfeilerstützpunkte zur freien Mitte genommen — das obere Längsband von 36 bis 144" zunimmt, das untere hingegen in derselben Richtung abnimmt. Dieselben minimalen und maximalen Querschnitte genügen für die Längsbänder der Seitenfeldbalken, und zwar so, dass das obere Band vom Pfeilerstützpunkte aus nach dem Balkenende hin von 36 bis 144" zu-, das untere von 144 bis 36" ebenso abnimmt. Darnach wird das Gewicht dieser Längsbänder mit dem mittleren Querschnitte von $\frac{36 + 144}{2} = 90$ Quadratzoll — sowohl beim obren wie beim untern Bande — zu berechnen sein, und wird diesem Gewichtsergebniss das Plus der Knotenpunkte an den Verbindungsstellen zuzuschlagen kommen.

Die grösste Pressung in den Längsbändern, gleich dem Horizontalzuge der Ketten in Summa von $\frac{(\alpha + 1) PL}{H = 8(\alpha + f)} = \frac{16000 \times 264}{8 \times 22} = 24000$ Ctrn., beträgt an den Wurzelstellen der Balken in den Seitenfeldern pro Quadratzoll Querschnitt $\frac{24000}{144} = 166$ Centner und im weitern Verlaufe des Balkens im Mittelfelde $\frac{24000}{36 + 144} = 133$ Ctr.

Es wurde oben gesagt, dass die Tragkette der Seitenfelder einer Parabel von $nL = 288'$ Weite und von $f' = 24'$ Höhe angehört. Diese Parabel entspricht der gemachten Bedingung, dass die Tragkette des Seitenfeldes die im Seitenfelde vorhandene Last und Belastung auf sich nehmen müsse, um jene Spannung anzunehmen, welche dem Kettzuge im Mittelfelde bei der Belastung desselben gleich ist, nämlich dem Kettzuge $H = 24000$ Ctr. Der Pfeil der entsprechenden Parabel ist allgemein ausgedrückt in

$$f' = \frac{n^2 L^2 f}{4l(nL - l)},$$

und deren Länge in

$$\frac{4l^2 L^2 (\alpha + f) f}{[4(\alpha + f)l - fL^2] fL^2},$$

was eben für den speciellen obberechneten Fall $f' = 24'$ und $nL = 288'$ gegeben hat.

c) Die grösste Inanspruchnahme einer Gitterstrebe tritt bei der einseitigen Belastung des halben Mittelfeldes ein und beträgt 1610 Ctr. Diess ohne Rücksicht auf die zu Gunsten der Tragsicherheit gemachte Annahme der Continuität des Gitterbalkens. Mit Rücksicht auf diese fällt sie indess etwas geringer aus. Bemessen für die theoretisch strengere und grössere Ziffer von 1610 Centner Pressung und Spannung nimmt die Strebe einen Quer-

schnitt von $\frac{1610}{175} = 9.2$ Quadratzoll an. Diess gilt für die Strebe des Gesamtbalkens zu beiden Seiten der Fahrbahn; also zerfallend in zwei Einzelglieder und im Einzelgliede 4.6 Quadratzoll messend. Diese Strebeglieder, auch auf Pressung beansprucht, erhalten in der Ausführung einen □ förmigen Querschnitt und werden auf 7 Quadratzoll verstärkt, womit sie mit circa 100 Ctr. pro Zoll beansprucht erscheinen.

d) Die Querträger der Brückenbahn verbinden beide (Geländer) Balken des Systems in Abständen von 8 Fussen mit einander und bilden mit diesen vermittelst der zwischenliegenden Horizontalkreuze ein steif machendes Gitternetz im liegenden Sinne — gegen seitliches Schwanken. Auf jeden Querträger fallen von der beständigen und zufälligen Belastung zusammen 500 Ctr. — rücksichtlich des Befahrens der Brücke mit schweren Locomotiven. Bei ihrer Stützlänge von $l = 31'$ und Stützhöhe von $h = 2.5'$ resultirt eine Spannungs- und beziehungsweise Pressungsanspruchnahme von 775 Ctr. oder abgerundet von 800 Ctr. Bei der Bemessung der Spannkette — des untern Theils der Querträger — mit 8 Quadratzollen, tritt eine Zugfestigkeit in dieser Kette von $\frac{800}{8} = 100$ Ctr. pro Quadratzoll ein. Der obere Theil der Construction — der Blechbalken — hat im obern Bande nächst der freien Mitte, wie im untern Bande zunächst den Enden, seine 8 Quadratzoll auf Pressung gerechnet und misst im Gesamtquerschnitte verglichen 20 Quadratzoll, womit der complete Träger ein Gewicht von 30 Ctr. annimmt.

e) Die Schienenlängsträger von 8fussiger Stützlänge und 1.5 fussiger Balkenhöhe tragen je zwei zusammen eine (Locomotiv) Last von 500 Ctr., einzeln eine Belastung von 250 Ctr. Sie sind mit einem Querschnitte von 9 Quadratzollen bemessen und tragen so pro Zoll circa 70 Ctr.

f) Die Kettenhängstangen tragen — 4 Stück nach der Brückenbreite gerechnet — 500 Ctr., so dass auf die einzelne Stange $\frac{1}{4} 500 = 125$ Ctr. kommen. Bei der 2zölligen Stärke derselben fallen auf den Zoll 62 Ctr.

g) Die horizontalen Strebekreuze der Fahrbahn bestehen aus $2\frac{1}{2}$ Zoll messenden Flachsienen.

h) Die Bolzen der Tragketten sind von 3zölligem Durchmesser, jene der Gitterstreben von 2zölligem.

Auf Grundlage der vorstehenden Daten und Bemessungen erfolgt nun die Gewichtsberechnung für das Eisen der Construction.

	Ctr.
Die Tragketten wiegen s. Bolzen	2000
Die Ankerketten " " "	160
Die Gitterstreben d. Balken wiegen s. Bolzen	620
Die Hängstangen wiegen	140
Die Querträger wiegen à 30 Ctr.	1440
Die Nebenträger à $2\frac{1}{2}$ Ctr. wiegen	490
Die Horizontalkreuze	150
Verkleidungsbleche	7
<hr/>	
Summe des Schmiedeeisens	5007
Die Balkenbänder wiegen	2000
Die (4) Rollwägen d. Ketten	20
Die (8) Unterlagsplatten	18
Die (4) Ankerplatten	30
<hr/>	
Summe des Gusseisens	2068

Von dem Gesamtgewichte des Eisens fallen als schwebende

Last auf das Mittelfeld: 4500 Ctr., wozu das Gewicht des Oberbaues (der Schienen, Schwellen, Bedielung) mit circa 900 Ctr. hinzuzurechnen ist, um das in den Festigkeitscalcül eingeführte Constructionsgewicht von 5400 Ctr. zu bekommen.

Im Vergleiche zur ausgeführten Donaukanalkettenbrücke stellt sich nun für meine Parallele der folgende Minderbedarf heraus:

α. an Schmiedeeisen 7290 — 5007 = 2283 Ctr. à 26 fl.,	fl.
beträgt im Gelde	59358
β. an Mauerwerk — durch den Wegfall der Durchfahrts- gewölbe und eines Theils der Verankerungspfeiler — 100000 Cub.-F. Hievon sind Quadern Cub.-F. 50000 à 3 fl. macht	150000
γ. Bruchsteinmauerwerk gleichfalls 50000 Cub.-F. oder 230 Cub.-K. à 50 fl. macht	11500
womit sich die Beträge des Minderbedarfs summi- ren auf	220858

Dagegen steht ein Mehrbedarf von Gusseisen in Rechnung von 2068 — 668 = 1400 Ctr. à 11 fl., macht 15400 wornach ein Minderbedarf von 205458 verbleibt — im Vergleiche zur aufgeführten Donaukanalkettenbrücke.

Dabei ist noch zu beachten, dass die Parallele eine 3fache Tragsicherheit behauptet und auf keine Weise durch die Praxis höher beansprucht oder ungünstiger afficirt werden kann, als es in der obigen Festigkeitsberechnung vorgesehen ist, während die bestehende Donaukanalbrücke nur auf eine 2fache Tragsicherheit Anspruch macht.

Auch diess System meiner steifen Kettenbrücke ist von nachtheiligen Einwirkungen des Temperaturwechsels frei: Kette und Balken dehnen sich nach Einer Richtung aus, ziehen sich nach Einer Richtung zusammen, und der Verticalanker ist in seinen obern Gliedern so weit nachgiebig und beweglich nach vor- und rückwärts, dass das einige Linien oder Zolle betragende Gleiten der Wurzelstelle des Systems ohne Widerstand von irgend einer Seite stattfinden kann.

III. Parallele — das vereinigte Häng- und Sprengwerk mit dem Zeichnungsblatte III. Die Rechnungstheorie dieses Systems ist im Buche meiner Eisenconstructions auf pag. 23 — 25 entwickelt. Der obere versteifende Theil der Construction — ein Blechbalken von 5 Fuss Wandhöhe — ist als Sprengwerk behandelt und auch als solches wirksam. Seine untern Längbänder nehmen von den Enden nach der Mitte hin ab, seine oberen von den Enden nach der Mitte hin zu in dem Maasse, wie es die Rechnung bezüglich der combinirten Biegungs- und Pressungsanspruchnahme dieses Constructionstheiles verlangt. Dem untern Bande ist auf der freien Mitte nur so viel Querschnitt und Zusammenhang gelassen, dass doch äusserlich ein einheitlicher continuirlicher Balken besteht. Dafür hat das obere Streckband auf der freien Mitte den ganzen, die Horizontalpressung bei voller Belastung des Systems bemessenden Querschnitt inne. Denselben innehaben auch die unteren Streckbänder an den Enden, wo sie mit den Tragketten als dem andern Theile der combinirten Construction verbunden sind.

Drei Hauptträger sind nach der Brückenbreite für zwei Bahngeleise angeordnet. Sie tragen die vorhandene Belastung bei-der Geleise solidarisch zu gleichen Theilen, da die Querträger

der Fahrbahn so stark construirt gedacht sind, dass sie auch ohne das Vorhandensein des mittleren Hauptträgers die volle Belastung der beiden Geleise normalmässig ertragen könnten. Auch bei den Querträgern ist dasselbe vereinigte Häng- und Sprengwerk in Darstellung wie bei den Hauptträgern und sind sie in ihrem oberen Theile — den Blechbalken — eben stark genug construirt, dass sie die einseitige Belastung eines Geleises ohne Mitwirkung ihres unteren Constructionstheiles — der Kette — auf sich nehmen, so wie je zwei Hauptträger die Last eines Geleises um so eher und sicherer auf sich nehmen, als alle drei die Last beider Geleise zu tragen vermögen.

Was die Aufrechthaltung des Standes der drei Hauptträger betrifft, so ist dieselbe hier leicht zu bewerkstelligen, weil der Schwerpunkt der Last und Belastung unter dem Niveau der Aufhänge- und Stützpunkte liegt. Das ist ein Vortheil, den dieses System und jedes Hängwerk vor dem, auf gewöhnliche Art construirt Gitterbalken voraus hat, bei dem der Schwerpunkt der Gesamtlast stets über den Auflegepunkten situirt ist. Sobald die oberen Theile der Construction durch ein Gitternetz im liegenden Sinne gegen seitliches Schwanken und Biegen verstrebt sind, so hat es in dieser Beziehung mit den untern Theilen, mit der Kette und Fahrbahn keine Schwierigkeit mehr. Denn diese Theile mit ihrer tief unter den Aufhängepunkten der Kette liegenden Schwere stellen sich von selbst ins Loth. Gleichwohl bildet auch die Fahrbahn mit ihren Quer- und Schienenlängsträgern und mit den zwischengefügten Horizontalkreuzen ein steifes Netz gegen Seitenbewegung.

Die Verticalständer zwischen Kette und Balken sind von Blechbestandtheilen steif construirt, da sie abwechselnd sowohl gezogen als auch auf rückwirkende Art in Anspruch genommen werden. Die Details der Construction sind in den Figuren 3, 4 und 5 sammt Nebenfiguren auf dem Blatte III. ersichtlich.

Als Parallele zur ausgeführten Donaucanalbrücke betrachtet nimmt diese Construction wieder die Stützweite von 252 Fuss zwischen den bestehenden Pfeilern des Unterbaues und die Kettenspannweite von $l = 260$ Fuss an.

Der Kettenpfeil $f = 19$ Fuss bildet mit der Balkenwandhöhe von $a = 5$ Fuss die ganze Stützhöhe $a + f = 24$ Fuss für die Berechnung. Die grösste Gesamtlast soll hier $(\alpha + 1) P = 17000$ Ctr. sein ($\alpha P = 7000$, und $P = 10000$), womit die Horizontalpressung im Balken mit

$$H = \frac{(\alpha + 1) P l}{8 (a + f)} = 23021 \text{ Ctr.}$$

und die Tangentialspannung der Kette zunächst der Wurzeln mit

$$S = \frac{(\alpha + 1) P l}{8 (a + f) \cos \varphi} = \frac{23021}{0.9636} = 23890 \text{ Ctr.}$$

auftreten wird.

Mit dem Zugfestigkeitscoefficienten von 175 Ctr. pro dec. □ Zoll construierend, erhält man für die Ketten eine Querschnittsarea von 132 □ Zollen. Mit den Druckfestigkeitscoefficienten von 150 Ctr. pro Zoll vorgehend, bekommt man für die Balkenstembänder den maximalen Querschnitt von 159 □ Zollen. Dieser soll aber nur für die Anfänge der untern und für die Mitte der oberen Bänder zu gelten haben und soll ein Abnehmen desselben nach den entsprechenden Richtungen hin auf Grund der weitem Berechnung, welche den Fall der einseitigen Belastung einer Brückenhälfte mit berücksichtigt, durch Auffassung eines Kopfbleches nach dem andern bis auf ein ein-

ziges bewerkelligt sein, wie diess aus dem Detail der Figur 3 des Zeichnungsblattes ersichtlich ist. Der mittlere Querschnitt der drei Balken inclusive ihrer Wandbleche, wie er summarisch auf der ganzen Länge des Balkens ein gleicher und für die Gewichtsberechnung der massgebende ist, soll hier mit 300 □ Zoll bemessen sein. —

Die Querträger sind für die zufällige grösste Belastung zweier Geleise — mit zulässiger Rücksichtnahme auf den mittleren Hauptträger — zu bemessen. Demnach haben sie in runder Ziffer 600 Ctr. beständiger und zufälliger Last zu ertragen. Sie sind 36' lang und 3' hoch, wonach eine horizontale Lastwirkung von 900 Ctr. in ihnen eintreten wird. Für diese Pressung muss der Balken und für diesen Zug muss die Kette des Querträgers bemessen sein. Hierfür bemessen, und unter Einführung von 100 Ctr. pro Zoll des Querschnitts, wird sodann jeder Querträger 32 Ctr. wiegen, was für die weiter unten folgende Gewichtszusammenstellung sofort bemerkt wird. —

Was die verticalen Ständer betrifft, so sind sie für eine grösste Pressung von 273 Ctr. und für eine grösste Spannung von 144 Ctr. tragsicher zu bemessen. Die Stembalken der Hauptträger, diese Sprengwerktheile der combinirten Construction, nehmen nämlich während der vollen, 17000 Ctr. betragenden Belastung der Brücke 3542 Ctr. auf sich. Ihre eigene Last wiegt 3000 Ctr., also tragen sie ausser dieser noch 542 Ctr., was vermittelt der Verticalen durch eine Beanspruchung derselben auf Zug mit $\frac{542}{24} = 22,6$ C.

für jede einzelne (nach d. Brückenbreite genommen) bewirkt wird. Im unbelasteten Zustande der Brücke tragen die Sprengbalken von der mit 7000 Ctr. angesetzten Eigenlast der Construction 1458 Ctr., also fallen von ihrem eigenen 3000 Ctr. betragenden Gewichte 1542 Ctr. den Tragketten zu, was vermittelt eines Druckes der Balken auf die Ständer geschieht, wobei der Druck auf jeden Einzelständer 64,3 Ctr. beträgt. Bei der einseitigen zufälligen Belastung einer Brückenhälfte werden einerseits $\frac{10000}{4} = 2500$ Ctr.

durch die Kette und die Ständer auf den Balken übertragen, der vermöge seiner Biegungsfestigkeit widersteht, wodurch die Ständer einerseits eine Pressung von $\frac{2500}{12} = 208,4$ Ctr. zum obigen Drucke

von 64,3 erhalten, so dass sie in diesem Belastungsfalle eine Pressung von $208,4 + 64,3 = 273$ und eine grösste Spannung von $208,4 - 64,3 = 144$ Ctr., wie schon oben bemerkt, im Einzelnen (d. i. auf die Brückenbreite genommen) erfahren. Daraus folgt, dass je drei dieser, nach der Brückenbreite sich deckender Ständer für den grössten Druck von 273 und für die grösste Spannung von 144 Ctr. bemessen sein müssen. Bei der Schlankheit dieser Glieder ist es angezeigt, ihnen nur eine geringe Pressungsanspruchnahme pro Zoll ihres Querschnitts zuzuweisen und es wird nicht gefehlt sein, ihnen in Ansehung dessen einen Querschnitt von $3 \times 10 = 30$ □ Zollen zu geben, wornach nur eine Pressung von $\frac{273}{30} = 9$, und nur ein Zug

von $\frac{144}{30} = 5$ Ctr. auf den Quadratzoll entfällt,

Auf die Schienenlängs- oder Nebenträger kommt bei ihrer freien Länge von 10 Fuss, eine Last und Belastung von 400 Ctr. beziehlich der schwersten Locomotiven auf jedem Geleise — d. i. 200 Ctr. auf jedem einzelnen Träger zu liegen. Die Nebenträger sind bei der besagten Länge 2 Fuss hoch, haben den

Querschnitt von 12 □ Zoll, und widerstehen mit einer grössten Anspannung von 50 Ctr. pro Zoll.

Auf Grund dieser Rechnungen und Nachweisungen ist nun das Eisengewicht der Construction zu ermitteln. Es wiegen:

	Ctr.
Die Kettenstränge	1200
Die Stemmbalken	2430
Die Querstege zwischen diesen	842
Die zwischenbiegenden Kreuze	162
Die Verticalständer	90
Die Hängestangen	32
Die (26) Querträger	832
Die (100) Nebenträger	360
Die Horizontalversteifung der Fahrbahn	80
Die Blechverkleidung längs d. Stirnen d. Querträger	30
Das Schutzgeländer	30
	<hr/>
zusammen Schmiedeeisen Ctr.	6068

Ferner wiegen:

Die (6) Unterlagsplatten von Gusseisen	65
Mit dem Gewichte der Geleiseschienen, der Schienenlangschwelen und der Brückenbedielung im Belange von	<hr/> 950

erhält man dann die ganze Brückenlast von 7083
wovon auf die schwebende Last die Eingangs der Rechnung angesetzten 7000 Ctr. entfallen.

Im Vergleiche mit der Donaukanalbrücke ergibt sich bei

dieser Parallele ein Minderbedarf an Eisen und Stein und an Kosten wie folgt:

- a) Schmiedeeisen 7290 — 6068 = 1222 Ctr. zu 26 fl., macht im Gelde 31772 fl.
- b) Gusseisen 668 — 65 = 603 Ctr. à 11 fl. macht im Gelde 6633 fl.
- c) Quadermauerwerk durch den Wegfall des Lastmauerwerks der Kettenverankerung in Cub.-F. 17280 wogegen ein Mehr von Quadern für die zuwachsenden zwei mittlern Auflagspfeiler der Eisenconstruction 4320
so dass nur ein Minderbedarf an Quadern verbleibt von Cub.-F. 12960
à 3 fl. macht 38880 fl.
- d) Bruchsteinmauerwerk durch den Wegfall der Kettenverankerung und des Lastmauerwerks 160 Cub.^o à 50 fl. macht 8000 fl.
- e) Bei den Eichenschwellen ergibt sich ein Minderbedarf von 1100 Cub.-F. à 1½ fl., macht 1650 fl.

Hiermit summirt sich der Minderbedarf im Kostenbetrage von 86935 fl.

Von den Einflüssen des Teperaturenwechsels steht auch diese Paralleleconstruction, gleich den frühern, frei und behauptet unter allen Umständen die vorberechnete dreifache Tragsicherheit.

B.

P a r a l l e l e zur Freiburger Brücke auf der Bahn von Lausanne nach Bern.

(Mit den Zeichnungen auf Blatt IV.)

Die grosse Freiburger Brücke (Viaduct) über die Saane bei Freiburg in der Schweiz ist vollendet. Sie ist eine Gitterbrücke mit continuirlichem Balken auf colossalen eisernen Pfeilern, welche auf Steinpfeilerstumpfen aufgesetzt sind. Ich kann die fertige Brücke als bekannt annehmen, ihre Abbildung und Beschreibung ist in den verschiedenen Fachzeitungen zu finden. Für die gegenwärtige Parallele habe ich die in der Hannover'schen „Ingenieur-Zeitung“ (Heft I. und II. 1862) enthaltene Mittheilung benützt.

Es wird behauptet, dass das ganze System Wohlfeilheit, Sicherheit und Dauer in rechter Weise mit einander vereinige. Ich will versuchen, ein anderes System an die Stelle zu setzen, welches die besagten Eigenschaften und Vorzüge in noch höherem Grade besässe, und welches, weniger kühn, aber beruhigender für das beschauende Auge stünde. Denn, wenn es von der Freiburger Brücke heisst, dass das colossale Bauwerk auf den ersten Blick wie ein leichtsinniges Wagestück erscheinen könnte, indem man den langen Brückenkörper (über 1000 Fuss)

auf den 6 durchsichtigen (über 146 Fuss hohen) eisernen Pfeilern schweben sieht, deren Construction von weitem einem Spinnengewebe eigenthümlicher Form gleicht, so wird man das von meiner parallelen Bogenbrücke bei ihrer Betrachtung nicht mehr sagen können. Diese wird in jedem Felde für sich stehen und ihre Bogenfüsse werden ganz unten auf den Steinpfeilerstumpfen aufruhn, und eiserne Pfeiler werden in weiterer Höhe gar nicht vorhanden sein. Was dort der colossale Brückenkörper ist — der Gitterbalken von 1000 Fuss Länge und 12½ Fuss Höhe—das sind hier 158 Fuss lange Blechbalken von 3 Fuss Höhe, in welchen die unbeugsame Steifigkeit des Systems liegt, während die Bögen der Construction in direct-natürlicher (Stütz-) Linie die Last tragen und daher auch die Tragbögen heissen (S. d. Zeichnung).

Den Pfeilerunterbau lasse ich gelten und die gewählten Spannweiten von circa 50 Meter = 158 Fussen acceptire ich; aber ich lasse von den Steinpfeilerstumpfen eine Bogenconstruction aufsteigen, deren Bogenfüsse, wie gesagt, unmittelbar und

mit Entschlagung der eisernen Pfeiler auf jenen aufrufen, und deren Bögen sich in der bogenförmigen Gewölblinie bis an den geraden horizontalen Versteifungsbalken emporheben, welcher im Nivean der Fahrbahn liegt.

Die Berührung der Bögen mit den Balken ist im freien Bogenscheitel eine unmittelbare, ausser diesem ist die Verbindung beider Theile vermittelt der verticalen und gleichvertheilten Ständer bewerkstelliget. Da, wo die Ständer auf den Bögen sitzen, gehen horizontale Schliessen (Stembänder) aus, von einem Bogen zum andern reichend. Drei Bogenstellungen nebeneinander nach der Brückenbreite genommen sind durch vertical gestellte in der Flucht der Ständer liegende und mit diesen aufrechte Gitterwände bildende Quergitter verbunden und tragen ein Brückenfeld mit zwei Fahrgeleisen. Und solcher Felder sind 7 in der ganzen Länge des Viaducts, einschliessig des ersten und letzten etwas kürzeren Feldes. Auf dem Zeichnungsblatte stellt die Figur 1 das Project in der Längensicht, Figur 2 im Grundrisse vor. Figur 3 zeigt einen Pfeiler im Querschnitte. Figur 4 deutet an, dass und wie die Montirung über den Steinpfeilern zu beginnen hat. Ueber das Wie der Montirung dürften einige weitere Bemerkungen nicht überflüssig sein. Das Gerüst zur Auf- und Feststellung der Bogenfüsse und der Pfeilerständer nach Figur 4 steht, wie man sieht, auf dem Plateau des Pfeilers und ist sehr compendiös, aber genügend für die Aufrechthaltung des Standes der schmalen, wenn auch hohen Parzelle der Eisenconstruction. Die horizontalen Schliessen bilden die Etagen für die weiter nöthigen Brettergerüste, auf welchen die Aufzugswinden, die Böcke und die Arbeiter stehen. Ist man auf der Höhe des Versteifungsbalkens der Fahrbahn mit der Aufstellung der Parzellen Figur 4 bei sämtlichen Peilern angelangt, so wird man ein Drahtseil von einem Landwiderlager zum andern ziehen und spannen, zu dem Zwecke, dass die obersten Spitzen der Parzellen am Seile festgemacht und festgebannt werden, genau lothrecht gerichtet. Diese Fixirung kann man auch schon früher und bevor man noch auf der höchsten Höhe angelangt ist, vornehmen. Nach dieser Fixirung der Parzellen und Anfänge der Construction kann die Montirung des Weitern von Etage zu Etage fortgesetzt werden, bis die Bögen in den freien Scheiteln zusammenschliessen. Sind die Ellipsen also geschlossen und sämtliche Ständer sammt ihren Quer- und Längsverbindungen aufgerichtet, so beginnt die Herstellung, Zusammenfügung und Aufrichtung des Versteifungsbalkens und geschieht die Einlegung der Querträger, womit die Montirung des Ganzen vollzogen ist. Man erkennt, dass also der Bogen mit seinen anhaftenden Ständern und Bändern, dass der untere Theil der Construction das Gerüst ist für die Montirung des Balkens — als des oberen Theils der Construction — an Ort und Stelle.

Festigkeitsberechnung. Auf die $l = 157$ füssige Stützlänge eines Feldes werden an beweglicher Trainbelastung für eine Doppelbahn entfallen $P = 6500$ Ctr. Die innerhalb der freien Länge eines Feldes schwebende Eigenlast der Construction berechnet sich im Eisen der Construction auf Ctr. 2940 im Oberbau und Brückenbelage auf 560 zusammen auf Centner $\alpha P =$ 3500 so dass die Gesamtlast eines Feldes $(\alpha + 1) P = 10,000$ Centner ausmacht. Die Pfeilhöhe des elliptischen Tragbogens beträgt $F = 144$ Fuss.

a) Für die grösste Pressung in den (3) nebeneinander

befindlichen miteinander verbundenen Tragbögen zunächst der Bogenfüsse kann die Formel gelten:

$$T_{\max} = \frac{(\alpha + 1) P l}{8 f \cos \varphi} = \frac{10000 \times 157}{8 \times 144 \times 0,263} = 5182 \text{ Ctr.,}$$

welche im Bogenscheitel in die kleinste (horizontale) Pressung

$$\text{von } T_{\min} = \frac{\alpha + 1) P l}{8 f} = 1363 \text{ Ctr. übergeht; und es kommt}$$

auf jeden der 3 Bögen höchstens:

$$\begin{aligned} &\text{im Bogenfusse} \quad \frac{1}{3} T_{\max} = 1727 \text{ Ctr.} \\ &\text{im Bogenscheitel} \quad \frac{1}{3} T_{\min} = 441 \text{ Ctr.} \end{aligned}$$

Nun misst ein Bogen im Querschnitte (S. d. Zeichnung Figur 6—7) am Fusse 26 □ Zoll im Scheitel 20 □ Zoll, was unter der Voraussetzung der Anwendung eines guten Eisens und bei der entsprechenden Annahme eines Bruchcoefficienten von 500 Ctr. pro □ Zoll eine Inanspruchnahme von 66,4 Ctr. pro □ Zoll und also eine $7\frac{1}{2}$ fache Tragsicherheit beziffert, welche letztere zunächst dem Scheitel noch grösser u. z. eine 20fache ist, da hier die Inanspruchnahme pro □ Zoll nur 22 Centner beträgt.

b) Für die Biegungsanspruchnahme der (3) Versteifungsbalken kommt zunächst der günstige Fall der einseitigen Belastung vom Stützpunkte bis zum Scheitel in Betracht. Der Balken der belasteten Feldhälfte von $\frac{1}{2} l = 78\frac{1}{2}$ Fuss wird von der Lastgrösse $\frac{1}{2} P = 1625$ Ctr. abwärts, jener der unbelasteten Hälfte von gleichfalls $\frac{1}{2} l = 78\frac{1}{2}$ Fuss wird von derselben Grösse aufwärts auf die Biegung beansprucht. Das Tragheitsmoment der 3 Balken beträgt mit Bezug auf deren neutrale Achse $3 I = 17360$. Das Tragmoment ist $M = \frac{3 t a}{E} = 2322 a$, wo $E = 22,425''$ den Abstand der gespanntesten Faser von der durch den Schwerpunkt des Querschnittes gedachten neutralen Achse bedeutet. Dann besteht für das Tragvermögen (Q_{\max}) des Balkens die Relation

$$Q_{\max} = \frac{8 M}{\frac{1}{2} l}$$

(l in Zollen ausgedrückt), welche im vorliegenden speciellen Fall bei

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= \frac{1}{2} P = 1625 \text{ Ctr. und} \\ \frac{1}{2} l &= 942 \text{ Zollen gibt:} \\ \alpha &= 82,4 \text{ Centner.} \end{aligned}$$

Dieses Resultat bedeutet bei der obigen Annahme von 500 Centner pro □ Zoll eine 6fache Tragsicherheit für die Biegungsfestigkeit der Balken.

c) Die Querträger der Fahrbahn haben einzeln, einschliessig ihres Eigengewichts und der Brückenbahn, mit Rücksicht auf die schwerste Maschine, circa 250 Ctr. zu tragen. Sie sind 12 Fuss lang, $2\frac{1}{2}$ Fuss hoch, die Spannung der Längsbänder liegt im Werthe

$$W = \frac{250 \times 12}{8 \times 2,25} = 167 \text{ Ctr.}$$

und da ihr Querschnitt 3 □ Zoll beträgt, so ist das einer Inanspruchnahme von 58 Ctr. pro □ Zoll gleich, was einer 8fachen Sicherheit entspricht.

d) Die Pfeilerständer auf den Bogenfüssen haben im ungünstigsten Falle, nämlich bei der Belastung einer Feldhälfte auf sich:

$$\begin{aligned} &\text{die zufällige Belastung von:} \quad \frac{1}{2} P = 803 \\ &\text{die constante Last von} \quad \underline{77} \\ &\text{zusammen von Centnern} \quad \underline{880} \end{aligned}$$

was auf 1000 Ctr. abgerundet wird. Der Querschnitt der (3)

Pfeilerständer beträgt $3 \times 16 = 48$ □ Zolle, so dass pro Zoll eine Inanspruchnahme von 21 Ctr. erfolgt, was eine 23fache Sicherheit beziffert, die indess in Ansehung des schlanken Formverhältnisses der Ständer nur angemessen ist. Die mittleren Ständer tragen je 780 Ctr. an zufälliger und beständiger Last und haben einen Querschnitt von $3 \times 12 = 36$ □ Zollen, wornach eine Pressungsanspruchnahme von 22 Ctr. pro Zoll eintritt, die eine 23fache Sicherheit bietet.

Ich beziehe mich, was diese Festigkeitsberechnung betrifft, auf die in meiner Broschüre der Eisenconstructions für Brücken und Dachstühle (Seite 21) aufgestellte Theorie dieses Bogenbrückensystems, zu welcher ich bezüglich der Einführung der Ellipse statt der Parabel in die Stützzlinie gelegentlich noch einen Nachtrag zu liefern gedenke.

Gewichtsberechnung. Auf Grund der obigen Rechnung bemessen sich die einzelnen Theile der Construction. Es wiegen hiernach

die Bögen	3900 Ctr.
die Balken	7720 „
die Ständer auf den Pfeilern	2530 „
dieselben ausserhalb der Pfeiler	3033 „
die verticalen Quergitter	1370 „
die Querträger	1350 „
die horizontalen Kreuze	45 „
die horizontalen Schliessen	300 „

das Schutzgelande	212 Ctr.
die Fussplatten	150 „
zusammen	20610 „
in abgerundeter Zahl	21000 Ctr.

Da der ausgeführte Freiburger Viaduct 53000 Ctr. (3 Millionen Kilogramme) Eisen gekostet hat, so resultirt bei meiner Parallele eine Gewichtsdiﬀerenz von 32000 Ctr. Man kann auf den Gitterbalken der ausgeführten Brücke vom Gesamtgewichte derselben 14000 Ctr. Schmied- und Walzeisen rechnen, während die parallele Bogenbrücke für die ganze Construction 21000 Ctr. Schmied- und Walzeisen erfordert und den ansehnlichen Aufwand von $53000 - 14000 = 29000$ Ctr. Gusseisen der Pfeiler entbehrlieh macht.

Das betrachtete System der Bogenbrücke ist für kleinere Spannweiten bis zu 200 Fuss anwendbar und kann mit den nöthigen Modificationen in den Details auch von Holz ausgeführt werden.

Man muss sich diese Bogenbrücken höchst einfach in den Details und so construirt vorstellen, dass der untere Constructiontheil — der Tragbogen mit seinen Ständern und Bändern — für sich aufgestellt werden kann, besonders in Fällen, wo das Object eine grosse Constructionshöhe hat, wie z. B. bei der obigen Parallele zur Freiburger Brücke. Geschieht das, so kann der Tragbogen sogleich als Gerüst für die Montirung des obren Constructionstheils — des geraden Versteifungsbalkens dienen. So, weil eigentliche Nothgerüste entbehrt werden können, erweist sich dieses Bogensystem besonders bei grossen Bauhöhen sehr öconomisch verwendbar.

C.

Seitenstück zur Parallele des Freiburger Viaducts.

(Mit dem Zeichnungsblatte Nr. V.)

Ich zeichne diese Parallele als ein Seitenstück zu der vorhergehenden Parallele des neuen Freiburger Viaducts. Das gegenwärtige Object ist gleichfalls von riesiger Bauhöhe und lässt sich diese zu Gunsten der Oeconomie durch Anwendung einer Bogenstellung mehr oder weniger ausnützen. Wie diess bei der vorhergehenden Parallele in vollständigster Weise durch die Aufstellung elliptischer Tragbögen auf die Grundfesten der Pfeiler geschah, so geschieht es hier, minder vollständig zwar, jedoch sehr elegant, durch die Aufführung kreisförmiger Tragbögen im vollen Halbzirkel auf den entsprechend erhöhten Pfeilern. Mich anschmiegend an das schöne und kühne Original eines bestehenden Thalübergangs und die 140fussigen Spannweiten der Einzelfelder des ausgeführten Originals, denke ich meine Pfeiler ähnlich wie dort von Gusseisen hergestellt, nur schlanker construirt, weil auch minder hoch. Dort erheben sie sich nämlich von den gemauerten Unterlagen bis zum Niveau des Gitterträgers der Fahrbahn auf eine Höhe von 157 Fuss; hier steigen sie nur auf eine Höhe von 93 Fuss bis zu dem Punkte an, wo die Bogenfüsse aufruhcn. Die Zeichnungen auf dem Blatte V geben das Bild dieser Anordnung. In Fig. 1 ist die Ansicht des ganzen Viaducts, in Figur 2 und 3 jene

der Pfeiler und in den übrigen Figuren des Blattes einiges Detail der Construction dargestellt.

Zur leichten und öconomischen Ausführbarkeit des Systems gehört, wie man auf den ersten Blick sieht, die Möglichkeit der Aufstellung der Eisenconstruction ohne stabile von unten aufgeführte Nothgerüste. Nehmen wir an, die Gusseisenpfeiler stehen fertig und soll die Montirung der Eisenconstruction bei den Bogenfüssen und den hier befindlichen Gussständern beginnen. Es wird nöthig sein, die nach beiden Seiten hin zunehmenden und sich bilancirenden Ansätze der vorschreitenden Bogenstellung durch eine horizontal geführte Schliesse fest zu halten. Diese müsste am Anfange und am Ende der Brücke in die festen Landwiderlager oder in den gewachsenen Felsen eingreifen, und sie wäre in ähnlicher Weise anzubringen und parallel mit jener zu führen, welche aus einem andern später zu besprechenden Grunde durch die Fusspuncte der Bögen selbst gezogen werden muss. Es genügt übrigens eine eiserne Schliesse oder Kette von ungemciner Leichtigkeit, ein Draht, ein Seil, um die sich bilancirenden Aufsätze und Ansätze der Eisenconstruction in ihrem aufrechten Stande fest zu halten, so lange bis die Bogenbänder bei dem Vorschreiten der Arbeit in den Scheiteln

des Systems zusammenstossen. Nicht umsonst sind zu dem Behufe dieser Montirung die wagrechten Bänder etagenartig eingezogen. Die Bogentheile zunächst der Landwiderlagen müssen behufs ihrer Aufstellung provisorisch in das Mauerwerk der Abschlusspfeiler verankert werden für so lange, als die Bögen hier nicht die Scheitelverbindung erreicht haben; alsdann aber können die vorläufigen Anker wieder aufgelassen werden. Nach bewirkter Schliessung in den Scheiteln stehen die Bögen selbst als die Gerüste für die weitere Montirung der überzuliegenden Gradbalken da.

Festigkeitsberechnung. Die Brückenbahn wird im Hinweis auf das angezogene und verglichene Original eingeleisig angenommen. Auf die freie Stützlänge von $l = 140$ Fuss eines Feldes fallen $P = 2800$ Ctr. beweglicher Last. Die schwebende Eigenlast der Construction mit Inbegriff der Fahrbahn und des Bahnoberbaues wird sich weiter unten bei der Gewichtsberechnung mit $\alpha P = 1400$ Ctr. herausstellen und so die Gesamtlast $(\alpha + 1) P = 4200$ Ctr. betragen. Der rechnermässige Pfeil des Bogens ist $f = 70$, womit die Tangentialpressung des Bogens im Scheitel mit

$$S = \frac{(\alpha + 1) Pl}{8f} = 1050 \text{ Ctr.},$$

und am Fusse mit $T = \frac{(\alpha + 1) Pl}{8f \cos \varphi} = 2355 \text{ Ctr.}$

gefunden wird.

Der Querschnitt des einzelnen Bogens ist nach Fig. 8 der Zeichnung geformt, mit 27 Quadratzoll bemessen, und je zwei Bögen nach der Brückenbreite genommen, widerstehen der obigen grössten Pressung mit $\frac{2355}{2 \times 27} = 44$ Ctr. pro Zoll, was wohl eine sehr mässige Inanspruchnahme genannt werden muss und eine 10fache Tragsicherheit involvirt.

Der obige Werth von S beziffert die horizontale Pressung im System, und diese ist im Scheitel wie am Fusse des Bogens gleich. Bei der gleichmässigen Belastung aller Brückenfelder stehen die in den Bogenfusspunkten resultirenden Horizontalkräfte im Gleichgewichte und kein einseitiger Schub tritt ein. Bei der zufälligen Belastung eines Feldes ist es der im Bogenfusse zunächst einseitig auftretende Horizontalschub von

$$H = \frac{Pl}{8f} = 700 \text{ Ctr.},$$

welcher durch die wagrecht gezogene Schliesse, von der schon obenhin die Rede war, parallelirt werden muss, da der hohe schlanke Pfeiler einem Schube nicht entgegenstehen kann, und dieser nur dazu da ist, um den Lothdruck der Last auf sich zu nehmen.

Damit die besagte Schliesse den einseitigen Schub von 700 Ctrn. aufnehme und aushalte, werde sie 1. in derjenigen Kettencurve aufgehängt und construirt, in welcher sie durch ihr eigenes Gewicht die obige Spannung (von 700 Ctrn.) annimmt; 2. werde sie in dieser Lage im Hängescheitel unterfangen und festgehalten durch ein Band, welches vom Tragbogen herabgehend die Bestimmung und Fähigkeit hat, die Schliesse oder Kette im Augenblick zu tragen, als sie beim eintretenden einseitigen Horizontalschube im Scheitel tiefer sinken will, als es der voraus construirt Pfeil ihrer angemessenen Krümmung verlangt.

Bei der gleichmässigen Belastung des Systems in allen Feldern und im ledigen Zustande der Brücke steht eine Schliesse

mit der nachbarlichen andern bezüglich der eigenen 700 Ctr. betragenden Spannung im Gleich- und Gegengewichte. Bei der zufälligen Belastung eines Feldes tritt der einseitig entstehende Schub des Bogenfusses mit der Spannung der zwischenliegenden Schliesse ins Gleichgewicht und werden sofort alle nachbarlichen Schliessen ausserhalb des belasteten Feldes ihrer eigenen Spannung vermittelst der verticalen Hängbänder enthoben.

Man wird kaum sagen können, dass diese Horizontalschliesse und diess Verticalband das Bild der Brücke verunzieren, denn diese beiden Medien verschwinden für das Auge bei der Höhe, in der sie angebracht sind und bei der Dünne ihres Fadens. Sie mögen aus der Gesichtsferne nur wie Spinnfäden erscheinen und kaum wahrnehmbar sein. Zwei Schliessen (nach der Brückenbreite genommen) haben im vorliegenden Projectsfalle zusammen den Querschnitt von $\frac{700}{100} = 7$ Quadratzollen, die einzelne Schliesse misst also nur $3\frac{1}{2}$ Zoll. Und was das verticale Band betrifft, so ist ein Draht von $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser dick und stark genug, um das Gewicht der halben Schliesse von 7 Ctrn. zu ertragen.

Was die Verticalständer der Construction betrifft, so haben die sechsten derselben — von der Bogenmitte aus gezählt — die grösste Pressung von 709 Ctrn. Zwei Ständer nach der Brückenbreite genommen vom Querschnitte von 16 Zoll einzeln, theilen sich in diese Pressungsanspruchnahme und widerstehen mit $\frac{709}{2 \times 16} = 22$ Ctrn. pro Zoll.

Die End- oder Bogenfussständer haben eine grösste Pressung von 450 Ctr. und auch einen Zug von 250 Ctrn. auszuhalten, und widerstehen bei einem Querschnitte von 28 Zollen im Einzelnen mit $\frac{450}{2 \times 28} = 8$ Ctrn. pro Zoll der Pressung, mit $\frac{450}{2 \times 28} = 5$ Ctrn. pro Zoll dem Zuge.

Die Versteifungsbalken über den Bögen, von 3 Fuss Wandhöhe und im Einzelquerschnitte von 50 Quadratzoll angeordnet, widerstehen der Biegungsanspruchnahme mit 70 Ctr. pro Zoll, was für diesen Constructionstheil eine 7fache Tragsicherheit gewährleistet.

Die Querträger der Fahrbahn sind 24 Zoll hoch, 14 Fuss lang, tragen die eigene und zufällige Belastung von 400 Ctrn. und widerstehen bei ihrem Querschnitte von 13 Quadratzollen (nach Zeichnung) mit 64 Ctrn. pro Zoll.

Die Schienenlängsträger der Fahrbahn sind 15 Zoll hoch, 10' lang, haben einzeln eine Last von 200 Ctrn. auf sich und tragen diese bei ihrem Querschnitte von 9 Quadratzollen (nach Zeichnung) mit 85 Ctrn. pro Zoll.

Gewichtsberechnung. Auf Grundlage der durch den obigen Calcul ermittelten Querschnittsflächen der Theile der Construction finden sich die Gewichte derselben, wie folgt:

Es wiegen für alle (4) Felder zusammen:

Die Tragbögen	1292 Ctr.
Die Versteifungsbalken	1650 „
Die Verticalständer	1160 „
Die Querkreuze zwischen den letztern	145 „
Die wagrechten Bänder	24 „
Die (57) Querträger d. Fahrbahn à $5\frac{1}{2}$ Ctr., zusammen	313 „
Die Schienenlängsträger	290 „
Die horizontalen Kreuze d. Fahrbahn	64 „

Das Schutzgeländer der Fahrbahn	63 Ctr.
Die Schliessen der Bogenfüsse	135 „
Die Hängestangen hiezu	4 „
Die Summe des Schmiede Eisens	5140 Ctr.

Der Gusseisenbedarf der Pfeiler beträgt bei dieser Parallele 6000 Ctr. Das Mauerwerk der drei Mittelpfeiler fällt bei ihrer Schlankheit — im Vergleiche mit der Originalbrücke — hier compendiös aus.

D.

Parallelen zu kleineren Thalübergängen.

(Mit dem Zeichnungsblatte VI.)

Nachdem ich meine Parallele zum Freiburger Viaducte gezeichnet und gezeigt habe, wie sich die höchsten und weitesten Thäler mit einer Bogenbrücke überbauen lassen, deren Bögen in jedem Felde für sich stehen, ihren Schub auf die gemauerten Unterpfeiler absetzend; nachdem ich eine zweite Parallele zu einem andern ähnlichen Viaducte der Schweiz gebracht und dargethan habe, dass sich auch eine continuirliche Bogenstellung mit solidarisch mit einander verbundenen vollen Bögen ausführen lasse, welche keinen Schub auf die hoch und schlank gehaltenen Pfeiler ausüben: so zeichne ich jetzt noch einige Parallelen mit zusammenhängender Bogenstellung zu kleineren Thalübergängen, um den Beweis zu vollenden, dass es keine noch so tiefe Schlucht und kein noch so grosses Thal, im Zuge einer Gebirgsbahn etwa, geben könne, das sich nicht mit einer Bogenconstruction überbrücken liesse und dass man überhaupt überall dort Bogenbrücken mit Eleganz und Oeconomie anwenden und ausführen könnte, wo man bis jetzt so gerne nur Gitterbrücken in der Meinung baut, es gäbe nichts besseres, nichts billigeres, nichts schöneres. Ich zeichne noch:

1. Einen Thalübergang mit einem Bogen im vollen Cirkel vom Radius 50 Fuss als Parallele zu einem bestehenden Objecte. Fig. 1 d. Zeichn.
2. Eine Thalüberbrückung mit einem vollen Bogen in der Mitte und zwei abgebrochenen Bögen von verschiedener Stücklänge in den Seiten. Fig. 2 d. Zeichn.
3. Eine Thalbrücke mit drei gleichen vollen Bögen auf eiseren Säulen oder Pfeilern ruhend. Fig. 3 d. Zeichn.

I. Parallele — Fig. 1. Ich werde hier sehen, wie sich ein Bogen meiner Bogenbrücke von $f=50'$ Radius und Pfeil und von $l=100'$ Spannweite in Bezug auf den Materialbedarf mit einem geraden Gitterbalken derselben Spannweite vergleicht.

Ich setze die zufällige Belastung der zweispurig angenommenen Bahn auf $P=4000$ Ctr. (40 Ctr. pro lauf. Fuss) und rechne auf die Constructionslast von $aP=1200$ Ctrn. inclus. der Fahrbahn und der Geleise. Ich finde zunächst für die Bögen die grösste Tangentialpressung am Fusse genau genug mit

$$T = \frac{(\alpha + 1) Pl}{8f \cos \varphi} = \frac{5200 : 100}{8 \times 50 \times 0.446} = 3000 \text{ Ctr.,}$$

wozu ein Materialquerschnitt von $3000 : 100 = 30$ dec. Quadratzollen gehört, wenn der Druckfestigkeitscoefficient nur mit 100 Ctr. pro dec. Zoll (= 70 pro duodec.) angenommen werden will.

Ich werde indess diese mit Rücksicht auf practische Zwecke

noch erhöhen und für die Ausführung und für die Gewichtsbemessung auf 48 Quadratzoll setzen.

Die Versteifungsbalken von 3füssiger Wandhöhe aus Blech in doppelter T-Form construirt gedacht, werden die Biegungslast $\frac{1}{2} P = 1000$ Ctr. auf der hiefür in Betracht kommenden Halblänge von $\frac{1}{2} l = 50$ Fuss mit einer Anspannung von 130 Ctr. pro dec. Zoll ertragen, wenn ihr Querschnitt eine wohlgeordnete Area von 66 Quadratzollen fasst.

Für die Bogenfussständer genügt vollkommen der Querschnitt von 4 zusammengestellten Winkeleisen mit 12 Zollen Fläche pro Einzelständer. Die übrigen mittleren Ständer sind mit 6 Zollen Querschnitt, gleichfalls aus Winkeleisen bestehend, stark genug bemessen.

Die Querträger der Fahrbahn von 10 Fuss Länge und von 2 Fuss Traghöhe sind mit einem Querschnitte von 10 Quadratzollen tragfähig, die Geleiseträger mit $7\frac{1}{2}$ Zollen.

Das Eigengewicht der Construction im Eisen wird sich auf Grund dieser Vorberechnungen stellen:

für die (3) Bögen auf	330 Ctr.
für die (3) Balken auf	300 „
für die sämmtlichen Ständer auf	212 „
für die Querverbindungen zwischen diesen	64 „
für die Querträger der Fahrbahn	50 „
für die Geleiseträger	66 „
für die Horizontalkreuze der Fahrbahn	40 „
für die Horizontalsteifen an den Endständern	8 „
für die Winkeleisen der Gehstege der Bahn	24 „
für das Schutzgeländer	20 „
in Summa auf	1114 Ctr.

Schmiedeisen. Hievon sind circa 900 Ctr. freischwebendes, mit den 300 Ctrn. der Brückendielen und der Geleiseschienen in Rechnung stehendes Constructionsge wicht.

Obige Summa von 1114 Ctrn. wirft auf den laufenden Fuss der doppelspurigen 100 Fuss weiten Brücke 11.14 Ctr. ab.

Eine Gitterbrücke gewöhnlicher Construction erfordert für eine doppelgeleisige Bahn und für diese Spannweite ein Eisengewicht von 1400 Ctrn. im Ganzen, d. i. von 14 Ctr. auf den Current-Fuss.

Mit der Aufstellung der Construction bei den Bogenfüssen und Endständern beginnend und diese sogleich bis zur Bahnhöhe hinaufführend, kann man diese Bogenbrücke ohne von unten aufgebaute Nothgerüste montiren, indem man die Endständer auf die Höhe der Bahn in das Mauerwerk des Widerlagspfeilers provi-

sorisch verankert und durch Feststellung dieses Theils und Anbindung der weitem Theile an diesen mittelst provisorischer (nach der Andeutung der punktirten Linien in Fig. 1 d. Zeichn. diagonal geführter) Zugbänder, welche zuletzt wieder entfernt werden können, die Montirung vollzieht.

Dass diese Bogenbrücke, wie alle meine Systeme, vom spannenden Einflusse der Temperatur frei ist, muss ich immer wiederholen, da so manche Bogenbrücken gebaut werden, welche unter diesem schädlichen Einflusse leiden, welche in Folge dessen eine viel geringere Tragsicherheit gewähren und darum ohne Zweifel auch eine weit geringere Dauerhaftigkeit beanspruchen können.

Das Bogenband wird sich allerdings durch die Wärme ausdehnen und verlängern und die Folge davon wird eine Hebung des Scheitels um einige Linien oder Zolle sein. Aber diese Bewegung kann hier ungehindert vor sich gehen, da der durch den Scheitel gehende Versteifungsbalken an dieser Stelle vermöge seiner schlanken Form so schwach und wegen des Zusammenkommens der Stossfugen der Kopf- und Fussbleche an dieser Stelle so verschwächt ist, dass ein nennenswerther Biegungswiderstand von Seite des Balkens hier nicht eintreten kann. Es sind eigentlich streng theoretisch genommen zwei auf der freien Scheitelmitte getrennte oder charnirartig zusammenhängende Versteifungsbalken, mit denen man es hier zu thun hat. Aber selbst wenn der Balken an der Scheitelstelle keine Verschwächung hat, sondern mit seinem kurrenten Querschnitt unverschwächt fortläuft, so ist er auf seine ganze (hier 100fussige) Länge bei seiner geringen (hier 3fussigen) Wandhöhe beansprucht so biegsam und geschmeidig, dass eine Ueberspannung weder in seinem Querschnitte noch in dem Materiale des Bogens eintreten kann.

II. Parallele. — Fig. 2. Ist ein Thal zu weit, um mit einem Bogen, gestützt auf zwei Landwiderlager, bequem überbrückt zu werden, so kann man einen Bogen auf zwei Mittelpfeiler setzen, die zu beiden Seiten übrige Thalweite durch die Wiederkehr eines Bogenstückes vom Radius des Mittelbogens ergänzen und nach Erforderniss und Zweckmässigkeit durch die Landwiderlagen abschliessen. Es entstehen so drei Brückenfelder von verschiedener Länge, wovon das mittlere das grösste. Bei der 100fussigen Weite des Mittelfeldes verbleibend, setze ich hier für das eine Seitenfeld 40, für das andere 75 Fuss Länge in der Projection.

Die Versteifungsbalken über den Bögen sind nun für jedes Feld wohl zu berechnen. Der Balken des Mittelfeldes hat auf jeder Hälfte seiner 100fussigen Länge die Last $\frac{1}{4}P = 1000$ Ctr. zu ertragen. Der Balken des 40fussigen Seitenfeldes hat die zufällige Last von 1600 Ctr., jener des 75fussigen Feldes hat die Last von 3000 Ctr. auf sich zu nehmen, und der eine wie der andere ausserdem noch einen gewissen (das Einheitsgewicht des Mittelfeldes pro laufenden Fuss überwiegenden) Theil seiner Eigenlast. Diess tritt in dem Falle ein, wenn das Mittelfeld unbelastet ist. Die Balken der Seitenfelder müssen da eben dem ganzen auf

ihnen vorhandenen Uebergewichte widerstehen können, damit in den zugehörigen Bögen kein einseitiger Schub eintrete, und die Bogenfüsse ruhig auf den keinen Seitenschub vertragenden hohen Säulen stehen.

Ich werde nicht fehlen, wenn ich das Schmiedeisengewicht dieser Parallele, nachdem ich den Bogen der Fig. 1 berechnet, und für diesen 11.14 Ctr. gefunden habe, mit 12 Ctr. pro laufenden Fuss oder mit 2580 Ctr. im Ganzen ansetze; wobei ich auf das Mehrgewicht der schwereren Balken der Seitenfelder und auf die Querverbindungen zwischen den gusseisernen Säulen der Pfeiler Rücksicht nehme. Das Gusseisen der Pfeiler, bestehend aus 6 Säulen von 50fussiger Höhe und von 3 Fuss mittlerem Durchmesser, wird 1000 Ctr. wiegen.

Dass die Aufstellung der Säulenpfeiler und auf diesen die Montirung der Bögen leicht und sicher zu bewerkstelligen sei, wenn mit provisorischen Schliessen — von Land zu Land durch die Köpfe der Säulen und von Widerlager zu Widerlager durch die Spitzen der Bogenfussständer gezogen — vorgegangen wird, stellt der Practiker nicht in Abrede. Dass hier und überhaupt bei der Dreifelderbogenbrücke keine bleibenden durch die Bogenfüsse gehenden Spannketten, wie solche bei der Mehrbogenbrücke nothwendig werden, erforderlich sind, findet man nach dem Dargestellten natürlich.

III. Parallele. — Fig. 3. Das Dreifelder-System kann drei ganze dem Mittelfelde an Grösse ganz gleiche Bögen umfassen. Die beiden Bögen der Seitenfelder bekommen Versteifungsbalken, welche auf ihrer 100fussigen Länge 4000 Ctr. zufälliger Belastung tragen können, während der Bogen des Mittelfeldes nur in der untergeordneteren Art und Weise mittelst eines zweitheiligen Balkens zu versteifen ist, wie es in Fig. 1 und 2 geschah.

Nach dem Vorhergehenden wird es auch hier nicht gefehlt sein, für das Gewicht der Construction 12 Ctr. pro lauf. Fuss oder 3600 Ctr. im Ganzen anzusetzen und das Gusseisen der Pfeiler wieder mit 1000 Ctr. anzunehmen.

Ein Gitterbalken gewöhnlicher Art von 300 Fuss Länge, auf zwei Mittelpfeilern und zwei Landpfeilern ruhend, würde 4000 Centner in Anspruch nehmen und die beiden stützenden Mittelpfeiler würden mindestens das Dreifache von dem kosten, was hier die Säulen unter den Bogenfüssen erfordern, da jene eine 90fussige Höhe (statt der 50fussigen hier) und eine verhältnissmässig viel grössere Breite und Stärke annehmen müssten.

Was den Einheitspreis der Herstellung pro Ctr. einer solchen Bogenbrücke betrifft, so muss es bei einiger Analsirung der Details und bei practischer Auffassung der Sache zugegeben werden, dass eine solche einfache Bogenconstruction mindestens eben so leicht, wo nicht leichter, herzustellen sein wird als eine gewöhnliche Gitterbrücke. Die erste practische Ausführung einer so gestalteten Bogenconstruction wird das Wahre dieser Behauptung ausser allen Zweifel stellen.

E.

Parallele zur Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Waldshut.

(Mit dem Zeichnungsblatte VII.)

Die Rheinbrücke bei Waldshut ist ein interessantes Bauwerk — aber eine Gitterbrücke gewöhnlicher Art — auf zierlichen Pfeilern. Was mich am meisten bei diesem Objecte anspricht, das sind die hübschen und ziemlich grossartigen Verhältnisse der Höhen und Weiten der Brückenöffnungen. Mit ungeänderter Beibehaltung der Landwiderlager und der Mittelpfeiler im unteren Theile lässt sich sehr nett eine Bogenbrücke an die Stelle setzen. Ganz vorzüglich sind es die mächtigen Brückenköpfe der Landpfeiler, welche die Anlage einer Bogenbrücke hier begünstigen, indem sie zur Aufnahme des Bogenschubes einer Bogenbrücke der Art, wie ich sie auf dem Zeichnungsblatte VII darstelle, wie gemacht erscheinen. Das Mittelfeld misst eine 173·52 fussige (= 54·87^m) Stützweite, die beiden Seitenfelder haben die geringere Weite von je 113·26 Fuss (= 35·805^m). Der Krümmungspfeil des Mittelbogens beträgt 32 Fuss und liefert mit der Spannweite das Verhältniss von 1:5½. Die etwas weniger als Dreiviertelbogentheile der Seitenfelder sind vom Radius des Mittelbogens. Ueber ihnen liegen 12 Fuss hohe Gitterbalken behufs der Versteifung und Constituirung des Systems. Sie haben die Trainbelastung einer zweigleisigen Eisenbahn im Belange von 4500 Ctr. und ausserdem einen Theil ihrer eigenen Last, nämlich noch 270 Ctr., also zusammen 4770 Ctr. zu ertragen, und müssen darnach bemessen sein. So stehen die Seitenfelder bei ihrer Belastung fest und wird das Mittelfeld dabei gar nicht afficirt, es mag ledig oder belastet sein. Wenn das Mittelfeld belastet ist, und die Seitenfelder ledig stehen, so erscheinen diese auf Biegung aufwärts in Anspruch genommen von einer Kraft, welche gleich ist der vorhin bezeichneten Trainlast von 4500 Ctr. in ihrer Vertheilung auf die Länge des Balkens. Die gegenstehende Lastwirkung aus 270 Ctr. der eigenen Balkenlast ermässigt jene Biegungsinanspruchnahme auf 4230 Ctr.

Der Wärme- und Kälteeinfluss macht den Bogenscheitel des Mittelfeldes um einige Linien oder Zolle steigen und fallen. Dabei müssen und können die Bogenfüsse auf den Mittelpfeilern um eine Linie hin- und hergehen — nach dem Innern des Mittelfeldes hin bei der Wärme, nach den Seitenfeldern zu bei der Kälte. Das Gleiten der Bogenfusspunkte auf den Unterlagen von Guss und die Bewegung des Bogenscheitels im Mittelfelde erfolgt ungehindert und unbeschadet. Die Kraft der Reibung auf den Gussplatten beträgt hier 2000 Ctr., und dieser vermögen die Pfeiler bei dem vorhandenen Ueberdrucke von 10,000 Ctrn. aus der Constructions- und Trainbelastung mit grosser Sicherheit zu widerstehen.

Auf dem Zeichnungsblatte stellt die Fig. 1 die Ansicht, die Fig. 2 den Querschnitt durch den Scheitel der Mitte, Fig. 3 die Draufsicht und den Grundriss der Brücke vor. In Fig. 4 sind zwei Querschnitte im grösseren Massstabe dargestellt, und zwar einerseits jener durch den Gitterbalken des Seitenfeldes, andererseits jener durch den Scheitel des Mittelfeldes geführt. Fig. 6 veranschaulicht den Blechbalken des Mittelfeldes an seinem Ende über

dem Pfeilerständer und den Bogenfuss auf dem Pfeiler. Endlich zeichnet sich in Fig. 7 der Verbindungsknoten der Gitterstreben in noch grösserem und deutlichen Massstabe für die Stelle der dreifach übereinander gelegten Zugstreben ab.

Man sieht beim Anblicke der gegenwärtigen Parallele, dass ich, indem ich die Bogenbrücken cultivire, das System der Gitterbalken keinesfalls perhorrescire, sondern es zur Versteifung des mit ihm verbundenen Tragbogens vortheilhaft anwende. Ich bilde mir den Gitterbalken zu dem Zwecke zum Balken von gleichem Widerstande möglichst und dadurch aus, dass ich sowohl die Zug- wie auch die Druckstreben regelrecht an Stärke zunehmen, die Längsbänder eben so nach den Enden hin abnehmen lasse. Ich bewerkstelle dies bezüglich der Streben in jener einfachen Constructionsweise, durch welche weder die Eurythmie der Theile oder die Ebenmässigkeit der Gittermaschen gestört wird, noch aber eine Complicirung der einzelnen Glieder und ihrer Verbindungen oder überhaupt eine Erschwerniss der Herstellung für den Fabrikanten eintritt. Dabei beschaffe ich die Reihe der gepresst werdenden (Druck-) Streben entweder gleich den Zugstreben aus Flachschieben, und gebe ihnen in angezeigten Distanzen verticale, aus Winkeleisen bestehende Strebeständer bei, wodurch sie ihrer sonstigen vollen Pressungsinanspruchnahme zum Theil — etwa zur Hälfte — enthoben werden; oder ich belege directe die Serie der Druckstreben an der äussern Wandseite des Gitters mit steifmachenden mitwirkenden Tau- oder Winkeleisen, wobei dann die verticalen Ständer wegbleiben können, während an der innern Wandseite des Gitters, wo die flachliegenden Zugstreben die Flucht bilden, Platz ist für die Rahmen der Diaphragmenverbindungen.

Durch die Anwendung des Blech- oder Gitterbalkens zur Bogenbrücke erreiche ich das Gute, mit einer sehr mässigen Wandhöhe für den Balken auszukommen, und vermeide so, eine immense Gitterwand construiren zu müssen. Im vorliegenden Constructionsfall genügt eine 3 Fuss hohe Blechwand im Mittelfelde und eine 12 Fuss hohe Gitterwand in den Seitenfeldern, während bei ausschliesslicher Anwendung des Gittersystems eine Trägerwand von 17 bis 18 Fuss Höhe erforderlich wird, und in der ausgeführten Waldshuter Brücke eine solche bei einer zusammenhängenden Länge von 400 Fuss auch wirklich angewendet worden ist.

Ich werde auf das Detail meines Gitterbalkens und auf seine leichteste und öconomischste Ausbildung zum Träger von gleichem Widerstand noch einmal bei Gelegenheit der Darstellung der hängenden Gitterbrücke weiter unten (Parallele zur Britannia-Brücke) zurückkommen.

Festigkeitsberechnung und Querschnittsbemessung. Bei der zufälligen Belastung des Mittelfeldes von $P = 6940$ Ctrn., und der Eigenlast der Construction daselbst von $\alpha P = 4060$ Ctrn., dann bei dem Verhältniss der Stützweite zur Bogenhöhe wie 1:5½ resultirt im Bogen die grösste Tangential-

pressung von 9453 Ctr. Dazu gehört — 130 Ctr. pro Dec.-Zoll gesetzt — ein Querschnitt von 73 □ Zoll theoretisch, von 81 □ Zoll practisch und rücksichtlich der Verschwächungen durch die Nieten. Mit diesem Querschnitte sind die Bögen in allen drei Feldern durchzuführen. Der Blechbalken des Mittelfeldes wird bei einer Wandhöhe von 3 Fuss mit einer Gesamtarea von 126 □ Zollen tragfähig zu beschaffen sein. Die Streckbalken in den Gitterwänden der Seitenfelder bekommen zusammen eine Querschnittsfläche von 48 □ Zollen oben und eine gleiche unten.

Die einfache Zug- und Druckstrebe soll hier eine Einzelfläche von 2 □ Zollen, die zweifache 4, die dreifache 6 □ Zoll erhalten, wodurch nur eine Inanspruchnahme von 70 Ctrn. pro Zoll in dieselben gelegt wird. Ausserdem werden die von 10 zu 10 Fuss Entfernung auftretenden Diaphragmenständer den Druckstreben behufs besserer Versteifung zu Hilfe kommen.

Die Ständer auf den Bögen der Mittelpfeiler, bestehend einzeln aus 4 Winkeleisen, fassen eine Area von 16 Querschnittszollen, die übrigen Ständer auf dem freien Bogen gleichfalls aus Winkeleisen von schwächerem Caliber bestehend, fassen einzeln 8 □ Zoll.

Gewichtsberechnung. Mit den obigen Vorbemessungen ergibt sich das Gewicht des Eisens für die ganze Construction wie folgt:

	Es wiegen:	Ctr.
Die Bögen		1548
Die Blechbalken im Mittelfelde		972
Die Gitterbalken der Seitenfelder in den Längsbändern		972
„ „ „ „ „ „ Diagonalstreben		580
Die sämtlichen Querträger der Fahrbahn		410
Die beiderseitigen Fusswege der Bahn		133
Die Endständer auf den Mittelpfeilern		230
Die sämtlichen Mittelständer		277
Die Querverbindungen zwischen den letzteren		652
Die Diaphragmen an und zwischen den Gitterbalken		273
Die Horizontalkreuze zwischen den Querträgern		115
Die Schienenlangträger		528
Das Schutzgeländer		70
Zusammen Schmiedeisen		5760

in abgerundeter Zahl 6000 Ctr., was pro laufenden Fuss 15 Ctr. beträgt.

Die hier zum Vergleiche dienende Gitterbrücke dürfte wenigstens 8000 Ctr. — 20 Ctr. pro laufenden Fuss — Eisen gekostet haben, denn unter diesem Anschläge ist es unmöglich, ein Gitterwerk für eine hier angenommene 5fache Trag-sicherheit herzustellen, selbst dann nicht, wenn es als Träger von gleichem Widerstande in reiner Form durchgeführt würde.

F.

Parallele zur Szegediner Theissbrücke.

(Mit dem Zeichnungsblatte VIII.)

Die ausgeführte Szegediner Eisenbahnbrücke ist ein berühmtes Bauwerk der neuen Zeit, und ich setze es für die Vergleichung mit meiner Parallelconstruction als bekannt voraus. Ich schliesse mich bei meiner Parallele an die Anlage der bestehenden Brücke möglichst an, indem ich die dort gewählten Oeffnungsweiten der Bögen auf 140 Fuss Stützweite setze und das Verhältniss dieser zum Bogenpfeile mit $\frac{1}{4}$ beibehalte. Auch die gusseisernen Röhrenpfeiler behalte ich bei, nur nehme ich sie von kleinerem Durchmesser, wodurch sie schlanker werden, als die ausgeführten sind, und bringe sie auf das Formverhältniss dorischer Säulen, die ich mir nun in der billigsten und modernsten Weise fundirt denken kann, etwa in den Schlamm-boden des Theissbettes in der Art eingeschraubt, wie es die Engländer bei einigen Bauten im Nil schon gemacht haben. Hier, bei meiner Construction, wo die Bögen gar keinen Schub auf die Pfeiler ausüben und wo keinerlei Widerlager nöthig sind, nachdem aller Bogenschub im Systeme selbst aufgehoben ist, war ich in der Lage, die Pfeiler so schlank wie Säulen zu behandeln und sie als solche zu gestalten.

Ich nenne das hier zum Vergleiche genommene System meiner Bogenbrücke das Wagebalkensystem, wie ich es in der zweiten Auflage meiner „Eisenconstructions,“ wo es auf Seite 26 entwikelte und begründet ist, getauft habe. Dort präsentirt

es sich als Hängwerk und Kettenbrücke, hier — bei der Umkehrung seiner Figur — als Sprengwerk oder Bogenbrücke. Das System ist vollständig mit Einem Wagebalken dieser Art, der in der Mitte seiner Länge aufrucht, constituirte. System an System zusammengestellt, erscheint die Mehrfelderbrücke mit continuirlicher Bogenstellung und mit Oeffnungen von beliebiger Anzahl, wovon die erste und letzte Oeffnung die halbe Weite und halbe Gestalt einer mittleren hat. Am Anfange und am Ende hat die Brücke ihre compendiösen Verticalverankerungen in den Landpfeilern. Acht einzelne Wagebalken, jeder 140 Fuss lang, geben zusammengestellt die sieben Mittelfelder und die zwei Seitenfelder der Parallelbrücke und erfüllen das Programm bezüglich der Gesamtöffnungsweite.

In der Zusammenstellung zweier Wagebalken zur Dreifelderbrücke, habe ich das System in der eben erwähnten Brochure ausführlich behandelt. Auch habe ich es als Dreifelderbrücke in einem eisernen Modelle dargestellt und durch Belastungsversuche practisch erprobt. Es bleibt mir nur übrig, es hier in seiner Zusammenstellung zur Mehrfelderbrücke zu betrachten und seine Tragfähigkeit für diese erweiterte Anwendung zu berechnen. Die Betrachtung wird sich natürlich auch auf das analoge Hängwerk mitbeziehen können und alle Rechnungsschlüsse werden für dieses, wie für die Bogenbrücke Geltung haben. In Fig. 1 des Zeichnungsblattes VIII ist die pa-

rallele Bogenbrücke in ihrer Ansicht dargestellt, in Fig. 5 da selbst ist die Analogie derselben — das Hängwerk — angedeutet. Die Fig. 2, 3 und 4 gehören mit zur Veranschaulichung der Bogenconstruction, und die Fig. 2 repräsentirt zugleich das System in seiner Einheit als Wagebalken.

Ich fasse nun diesen Wagebalken in seinem Zusammenhange mit mehreren seines Gleichen ins Auge. Wenn alle Felder der continuirlichen Bogenbrücke gleichmässig belastet sind, so steht jeder Balken für sich mit seiner Last und Belastung im Gleichgewichte, und man kann sie einzeln und ohne Störung des Gleichgewichts in den Scheiteln geschieden denken. Nun setzen wir aber, dass nur eines der Felder, z. B. das Mittelfeld e (Fig. 1 d. Bl.), zufällig mit der zufälligen Belastung P belegt sei. Wie verhalten sich zunächst die zwei Wagebalken, welche dieses Mittelfeld mit ihren belasteten Armen bilden und wie verhalten sich die andern ledigen Balanciers im Zusammenhange mit jenen?

1. Zur Fig. 2 der Zeichnung zurückkehrend, denke ich diesen Wagebalken zur Hälfte dem belasteten Mittelfelde e angehörend — also auf einer Seite mit $\frac{1}{2}P$ belastet — zur andern Hälfte ledig und in die benachbarlichen Felder greifend. Das belastete Feld will sich im Scheitel einsenken, mit ihm also der belastete Arm des Wagebalkens. In Folge dessen strebt der unbelastete Arm desselben aufwärts und die Verticalkraft $V = \frac{1}{2}P$ wird am Ende d des ledigen Balkens thätig. An dieser selben Stelle niederhält und widersteht der nachbarliche Wagebalken cd durch sein Eigengewicht αP und durch sein Festsitzen auf seinem Pfeilerstützpunkte, wo nöthigenfalls ein Anker im Pfeiler eingreift. Das niederstrebende Scheitelende c ist seinerseits wieder festgehalten durch seine Verbindung mit dem folgenden Balancier bc , dessen Scheitelende b abermal mit dem Zuge $V = \frac{1}{2}P$ in die Höhe strebt, welcher Zug aber in dem Gewichte αP des nachfolgenden Wagebalkens ab , und in seinem Pfeilerhalte das erforderliche Gegengewicht findet. Der Balken ab ist der letzte, in a auf dem gemauerten Landpfeiler der Brücke aufruhende, hier verankerte Theil des Ganzen.

Wird ein anderes Mittelfeld, z. B. das Feld d , zufällig belastet gedacht, so erscheint bei dem Auftreten und Fortschreiten der Scheitelkräfte V schliesslich der Anker im Endpunkte a der Hebelsysteme in Anspruch genommen.

2. Wenn ein Wagebalken von Fig. 2 auf einer Seite mit $\frac{1}{2}P$ gleichförmig belastet ist und am Ende der andern ledigen Seite mit $V = \frac{1}{2}P$ niedergehalten wird, so drückt das Bogenband der ledigen Seite mittelst der angebrachten Verticalständer auf den überliegenden steifen Balken und dieser wird auf Biegung eben so in Anspruch genommen sein, als wenn eine auf seiner Länge gleichvertheilte Belastung $\frac{1}{2}P$ auf ihn senkrecht einwirkte. Beweis dafür ist schon, dass das Auflegen oder Auffahren der besagten Lastgrösse von $\frac{1}{2}P$ auf den ledigen Arm den Widerstand V ersetzt und behebt, so dass nothwendig die Biegungsanspruchnahme des Balkens, die eine Wirkung jenes Zuges ist, verschwindet.

3. Wenn der beiderseits ledig gedachte Wagebalken von Fig. 2 am einen Ende festgehalten, am andern mit der Kraft V vertical aufwärts gedrängt wird, so kann ihn eine Gegenkraft $2V$ in seinem Unterstützungspunkte, dem Pfeiler, wirksam gedacht, niederhalten. Wenn sein Eigengewicht αP grösser ist als $2V = \frac{1}{2}P$, so reicht dieses allein zur Erhaltung des stabilen Gleichgewichts hin; wäre hingegen sein Eigengewicht nur gleich oder geringer, so müsste ausserdem ein Anker im Pfeiler zum

Niederhalte des Balkens angebracht und so die Last des Pfeilers mit verwendet werden. Im vorliegenden speciellen Falle der Construction, wo die Eigenlast eines Wagebalkens $\alpha P = 3000$ Ctr. betragen wird, und die zufällige grösste Belastung auf ihm $P = 5600$ Ctr. sein kann, ist eine Verankerung im Mittelpfeiler nicht nöthig, weil $2V = \frac{1}{2}P = 2800$ und $\alpha P = 3000$, also $\alpha P > \frac{1}{2}P$ ist.

Immer muss der Balken auf seinem Pfeiler — entweder durch sein Eigengewicht allein oder mit Zuhilfenahme einer Verankerung fest liegend genommen werden, und alsdann denke ich ihn so, dass er auf der Mitte festgehalten, an beiden Enden von den Kräften V aufwärts ziehend angegriffen wird. Dieser Vorstellung zu Folge erkennt man sogleich, wie die Biegungsanspruchnahme in die beiden Hebelsarme des Balkens eintritt. Die beiden Bogenbänder ziehen mittelst der angesetzten Verticalständer, den Versteifungsbalken beiderseits der festen Mitte nieder und nehmen ihn in beiden Armen oder Theilen diesseits und jenseits gerade so auf Biegung in Anspruch, als wenn eine gleichförmige Belastung von $\frac{1}{2}P$ auf jedem derselben auflage und aufdrückte. Diess geht ja schon daraus hervor, dass es immer die Last $\frac{1}{2}P$ ist, welche in gleicher Vertheilung auf die benachbarten ledigen Arme des zusammenhängenden Systems aufgelegt, die Verticalkräfte V annullirt, und dass mit dem Verschwinden dieser auch das resultirende Biegemoment verschwinden muss — denn gleiche Ursachen, gleiche Wirkungen.

4. Es steht noch der Fall, dass der ledige Wagebalken an beiden Enden von der Verticalen V niederwärts gezogen wird. Es entsteht beiderseits der festen Mitte eine Bogenpressung einwärts- und eine Balkenbiegung aufwärtsgehend eben so, wie wenn eine Last $\frac{1}{2}P$ in gleicher Vertheilung auf die Versteifungsbalken senkrecht aufdrückte. Immer ist es also die Lastgrösse $\frac{1}{2}P$, welche im Wege des Bogenbandes und der Ständerstützen auf den steifen Theil der Construction, auf den Gradbalken des Systems fällt, und diese das einmal ab-, das anderemal aufwärts biegt. Nun kann und muss der Biegungsbalken dem Biegemomente gemäss widerstandsfähig construirt werden.

Querschnittsbemessungen. Man findet, dass der Versteifungsbalken des vorliegenden Projects bei seiner 70fussigen Armeslänge und bei 3fussiger Wandhöhe, als Blechbalken von der Form des doppelten T construirt, die verglichene Querschnittsarea von 200 dec. □ Zollen annimmt, um der Biegungsanspruchnahme und dem directen Zuge zugleich bei jeder Belastung normalmässig zu widerstehen. Es stellt sich in seinen Kopf- und Fussbändern auf der freien Mitte seiner Länge, wo das statische Kraftmoment am stärksten auftritt, eine grösste Pressung und Spannung von 11166 Ctr. ein — diess bei den Belastungen einzelner Felder. Der grösste Zug in den Gradbalken bei der Belastung der ganzen Brücke (oder bei der Belastung zweier Halbfelder, wie solche den Wagebalken des Systems ausmachen) beträgt 8600 Ctr.; die grösste Pressung im Bogen bei der gleichen Belastung berechnet sich auf 9600 Ctr. Die Bogenbänder fassen demgemäss eine Querschnittsarea von 80 dec. □ Zollen. Die Pfeilerständer wurden bei der vorliegenden Construction mit dem Gesamtquerschnitte von 60 □ Zollen angenommen; die übrigen Ständer mit 24 Zollen bemessen. Bei allen diesen Querschnittsmassnahmen sind die vier Träger der doppelgeleisigen Brücke nach der Brückenbreite zusammengemessen gedacht.

Gewichtsberechnung. Das Gewicht des Schmiede Eisens der ganzen Brücke ergibt sich nun wie folgt:

Die (4) Bogenbänder wiegen	10500 Ctr.
Die (4) Balken	4180 "
Die (264) Querstege zwischen diesen	700 "
Die (352) Stützen der beiderseitigen Gehwege der Brückenbahn	156 "
Die (32) Pfeilerständer	1410 "
Die (576) übrigen mittleren Ständer	870 "
Die Kreuze der Querverbindungen zwischen den Ständern	266 "
Die Horizontalkreuze zwischen den Querstegen unter der Bahn	400 "
Die Anker der Landpfeiler	50 "
Das Schutzgeländer	50 "
Summe des Schmiede Eisens	18582 Ctr.

abgerundet 19000 Ctr.

Davon fallen auf jedes 140fussige Feld der Brücke 2366 Ctr., die mit dem hinzuzurechnenden Gewichte der Brückenbahn selbst und des Geleisoberbaues im Belange von circa 600 Ctr. pro Feld, die oben mit $\alpha P = 3000$ Ctr. in Rechnung gestellte Constructionslast geben.

Mir ist nicht bekannt, wie viel Eisen die ausgeführte Szege dener Brücke gekostet hat, um den Vergleich bezüglich des Materialaufwandes mit meiner Parallele weiter zu führen. Was das Gusseisen der Röhrenpfeiler betrifft, welche beim ausgeführten Originale 3 Meter im Durchmesser haben, während die Säulen meiner Parallele nur 3 Fuss Diameter messen, so können jene vermöge dieser Verhältnisse (gleiche Wandstärke bei beiden vorausgesetzt) ungefähr dreimal so viel wiegen als die meinigen und in Anbetracht, dass diese letztern mit dem Capitale am Bogenfusse abschliessen, ohne bis zur Fahrbahn, gleich wie dort, hinaufzugehen, wird das Gewicht der dortigen Pfeiler auch das vierfache von diesen betragen können.

Das in der gegenwärtigen Parallele zum Vergleiche gestellte Wägebalkensystem als Bogenbrücke (und auch als Hängebücke) in seiner Anwendung und Ausdehnung auf Mehrfelderbrücken ist goldeswerth, sowohl wegen seiner Oeconomie im Material- und Kostenaufwand, als auch wegen seiner Solidität und Constructivität. Man kann es eben in Bezug auf Festigkeit und Tragsicherheit genau beurtheilen, und dem einfachsten Calcul unterziehen, denn es ist frei von allen irritirenden Einflüssen des Temperaturwechsels. Nicht so das in der Theissbrücke zur Ausführung gelangte System, welches vielmehr unter dem Einflusse der wechselnden Temperatur beständig leidet, woran die diagonalen Verbindungsglieder zwischen dem Bogen und Balken des Trägers einerseits und der Mangel an Dilatations-spazien zwischen den Balken der Einzelfelder andererseits schuld sind, wie bei einiger Analyse des Projectes leicht zu erkennen ist.

Ich könnte es wohl — im Interesse der Wissenschaft — riskiren, bei dieser Gelegenheit eine kleine Diversion zu machen, und über den constructiven Werth des bei der Szege dener Brücke zur Ausführung gelangten Systems an sich eine kurze Betrachtung anzustellen, und mich zugleich über das ausgeführte Bauwerk selbst bezüglich des Temperatureinflusses auszusprechen.

Von der Pfeilerfundirung will ich nicht reden, nur über die obere Construction mögen einige critische Bemerkungen gemacht sein.

Zur Beurtheilung der Theissbrücke bei Szege dener.

Die Bogenbänder der Brücke sind mittelst verticaler und diagonalen Strebeglieder mit einem horizontalen Balken verbunden, welcher die ersteren in ihren Scheiteln tangirt und in der Länge von 8 Brückenfeldern continuirlich fortläuft; denn die Längsträger, welche den besagten Horizontalbalken bilden, stossen über den Mittelpfeilern gegeneinander und sind daselbst unter einander verbunden. Die so gebildete Construction ist ein zusammenhängender balken- und bogenförmiger Träger von $362\ 77^m = 1146'$ Länge, welcher zwischen den gemauerten Widerlagern an den äussersten Bogenfüssen so eingeklemmt ist, dass er seine Länge nicht vergrössern kann und seine Länge ist diejenige, welche er bei der grössten Kältetemperatur einnimmt, denn bei dieser sind die Keile zwischen den Widerlagsmauern und den Bogenfüssen an- und nachgetrieben worden, und man glaubte — wie es in der Beschreibung der Theissbrücke in Erbkams Zeitsch. f. Bauwesen, XI, 11 und 12, heisst — dahin gekommen zu sein, die Bögen so stark einzuklemmen, dass ihre Anfänge auch bei der stärksten Kälte sich nicht abheben können.

Folgende Stelle der gedachten Beschreibung diene zum Verständniss der weitern Bemerkungen.

„Bei der Bearbeitung des Projectes hatte man angenommen, dass Temperaturverschiedenheiten dieselben Folgen haben würden, wie bei gewöhnlichen Bogenbrücken, dass nämlich der Gewölbsscheitel sich entweder heben oder senken würde, sobald die Entfernung zwischen den Pfeilern constant und unverändert bleibt, und dass die Spannungen, welche aus den durch Temperaturverschiedenheiten entspringenden Formveränderungen entstehen, bei niedriger Temperatur ihr Maximum in den Längsträgern erreichen würden. Die Verankerung der Längsträger auf den Pfeilern war eine Stabilitätsbedingung für die Pfeiler und man hoffte die Stabilität derselben zu vermehren, indem man die Enden dieser Längsträger an den Widerlagspfeilern befestigte. In der That sind die eisernen Bögen in ihrer Verticalebene so steif, dass sie beim Temperaturwechsel sich wie gerade Balken verändern, indem sie sich selbst ähnlich bleiben. In den ersten Tagen des November 1858 führte der Nordwind plötzlich eine Temperatur von -10° herbei; die ganze Brücke zog sich zusammen und ihre Enden näherten sich der Mitte; die beiden Widerlagspfeiler folgten der Bewegung und zwischen dem Mauerwerk des rechten Widerlagspfeilers und des Viaducts zeigte sich eine Spalte, welche des Morgens sich öffnete und Mittags sich wieder schloss. Diese Bewegung hörte nach der Lösung der Befestigungen am Längsträger auf. Die Anfänge der eisernen Bögen wurden durch Schraubenbolzen in ihren Schuhen festgehalten; nachdem man diese Schraubenbolzen gelöst hatte, blieb das Widerlager zwar unbeweglich, jedoch trennten sich die Bogenanfänge von ihren Schuhen um fast 0.4 Zoll und senkte sich der Scheitel in dem Maasse, wie er beim Richten überhöht worden war. Sechs eiserne Keile, je zwei und zwei vereinigt, wurden nun zwischen die Bogenanfänge und ihre Schuhe geschlagen, und es stützten sich die Bogenenden des Morgens hauptsächlich auf die unteren, und des Mittags vorzugsweise auf die oberen Keile, durch Nachziehen der letztern am Morgen und der ersteren am Mittage glaubte man dahin zu kommen, die Bögen so stark zu spannen, dass ihre Anfänge auch bei der stärksten Kälte sich nicht abheben könnten. In der Ausführung bewiesen die Bögen sich theils wie steife Balken, theils wie biegsame Bögen; so blieb z. B. bei einem Sinken

der Temperatur um 32.5° der vierte Pfeiler unbeweglich, während der erste sich gegen denselben nur um 0.5 Zoll neigte; bei einer Entfernung dieses Pfeilers von 424.5 Fuss von jenem hätte er sich um 2 Zoll nähern müssen; wenn die Bögen sich nicht verändert, sondern nur zusammengezogen hätten, es vertheilte sich daher die Wirkung des Temperaturwechsels auf die Pfeiler und auf die Bögen; erstere nahmen $\frac{26}{100}$ davon auf, letztere den Rest von $\frac{74}{100}$.

Aus diesem Citat fliessen nun die nachfolgenden Bemerkungen. Die eisernen Bögen sind so steif, dass sie beim Temperaturwechsel sich wie grade Balken verändern; sie ziehen sich zusammen und dehnen sich auch wieder aus — wenn sie daran durch keine Widerstandskraft verhindert werden. Nun aber werden sie an der Wiederausdehnung, an der Verlängerung gehindert, sie sind eingekleimt zwischen den constanten Widerlagspfeilern bei der niedrigsten Temperatur. Was geschieht nun, wenn die Temperatur bis zur Sommerwärme von 30 bis 35 Gr. Reaum. steigt?

Ausserdem und abgesehen davon, dass sich die Bogenscheitel heben, indem sich die Bogenbänder verlängern, und dass dabei eine Biegungsanspruchnahme eintritt, die nach aller Berechnung im Scheitel nicht gering ist, tritt eine Pressung im graden Balkenbände ein, weil sich auch dieses verlängern will, und nicht verlängern kann, und durch diese Pressung muss der Balken gleichzeitig um eben so viel gekürzt werden, als er durch die Wärme verlängert wird. Die zurückpressende Kraft liegt im Widerstande der stabilen gemauerten Pfeiler.

Man betrachte ein Brückenfeld für sich, was hier für ein Feld gilt, das gilt für alle Felder einzeln, das gilt für die ganze Brücke in ihrer Gesamtlänge. Ein Brückenfeld misst in seiner Länge $l = 132$ Fuss. Bei 50gradigem Temperaturwechsel verlängert sich ein Eisenstab von obiger Länge um $\Delta l = 0.097515$ Fuss. Die Kraft, welche dazu gehört, einen solchen Eisenstab um $\Delta l = 0.097515$ zusammenzudrücken, damit er auf seine erste Länge $l = 132$ zurückkomme, beträgt $k = 184$ Centner per □ Zoll, denn es ist, mit dem Modul $m = 250,000$

$$k = \frac{0.097515 \times 250,000}{132} = 184.$$

Eine Pressung von 184 Ctr. per □ Zoll auf englisches Eisen (die Brücke ist von englischem Eisen hergestellt) ist meines Erachtens mehr als genug, um die Elasticitäts- oder Sicherheitsgrenze zu überschreiten. Für gutes österreichisches Holzkohleneisen mag man allerdings diese Grenze auf 200 Ctr. setzen dürfen.

Diess die Pressungsanspruchnahme aus dem Wärmeeinflusse allein. Hiezu kommt jetzt noch die Pressung aus der beständigen Eigenlast der Construction, dann die Pressung aus der zufälligen Betriebsbelastung der Brücke, welche Pressungen alle in den Bogenscheiteln zusammenkommen und zusammenwirken, und welche zusammen ohne Zweifel, eine Ueberanspruchung des Brückenmaterials über das normale, zulässige Mass hinaus bewirken können.

Der mittlere Querschnitt der 4 nebeneinander liegenden Brückenlängsträger misst 128 □ Zoll. Die Widerstandskraft, welche die Ausdehnung derselben Träger durch die Wärme parallisiren muss, beträgt

$$K = 128 k = 23552 \text{ Ctr.}$$

Die hinzukommende Pressung aus der Eigenlast der Construction beträgt

$$H_1 = \frac{Pl}{8f} = \frac{4000 \times 132}{8 \times 16.5} = 4000 \text{ Ctr.}$$

Die Pressung aus der Probebelastung im November 1858 betrug

$$H_2 = \frac{Ql}{8f} = \frac{6800 \times 132}{8 \times 16.5} = 6800 \text{ Ctr.}$$

Die Pressung aus der zufälligen Belastung zweier auf der Brücke sich begegnenden Trains vom heutigen Betriebe mag etwas weniger betragen und setzen wir dafür, statt $H_2 = 6800$,

$$H_2 = 5000 \text{ Ctr.}$$

die arithmetische Summe der drei besagten Wirkungen gibt eine Gesammtpressung von

$$K + H_1 + H_2 = 32552 \text{ Ctrn.},$$

von welcher der 320 □ Zoll messende Scheitelquerschnitt betroffen ist, ungerechnet und unberücksichtigt die aus der Scheitelhebung resultirende hier noch hinzukommende Biegungsanspruchnahme. Und es entfallen hier auf den □ Zoll $\frac{32552}{320} =$

102 Ctr. Der Querschnitt des Bogens ausser dem Scheitel nach den Fussenden hin beträgt bei den 4 Trägern 160 □ Zoll; und die Inanspruchnahme hier $\frac{32552}{160} = 204$ Ctr., was von den Querschnitten der Bögenenden im ersten und letzten Felde der Brücke gilt. Das ist eine starke Ziffer und der bei weitem grössere Theil derselben kommt auf Rechnung des Temperatureinflusses, eines Factors, den der Constructeur wohl nicht im Auge gehabt hat.

Welchen Druck hat der Widerlagsquaderstein auszuhalten? Es ist eben der obige Gesammtdruck von 32552 Ctr., welcher auf die Steinfläche von circa 38 □ Fuss fällt, da die Unterlagsplatten der 4 Bogenfüsse zusammen diese Fläche messen, und so kommt auf einen □ Fuss des kalkhaltigen Sandsteines, welcher den Schub der Bogenfüsse aufzunehmen hat, und welcher bei den Probeversuchen 200 Pfund pro □ Centim. getragen haben soll, ein Druck von 900 Ctr., d. i. 9 Ctr. auf den □ Zoll.

In der Anwendung pflegt man bei Steinen und Mauerwerken die 10 bis 20fache Sicherheit zu geben. Ein Druck von 9 Ctr. per □ Zoll kalkartigen Sandsteines von der angewendeten Sorte entspricht eben keiner zehnfachen Sicherheit.

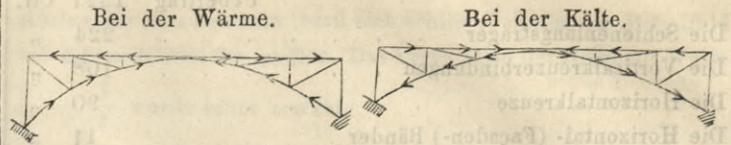
Also nicht sowohl das Metall der Träger, sondern auch der Stein im Widerlager hat bei dem wiederholten Eintritte der ungünstigsten Umstände übermässig viel zu ertragen, seitdem die Keile zwischen den Bogenfüssen und Fussplatten bei der niedrigsten Temperatur ein- und angezogen worden sind.

Durch das Verzichten auf die Keile und auf das weitere Anziehen derselben würde man dem Trägersystem und dem Widerlagsmauerwerk eine bedeutende Erleichterung verschaffen, dagegen freilich auch hinwiederum der Beweglichkeit der Röhrenpfeiler in horizontaler Richtung neuen Spielraum geben.

Was die Röhren- oder Mittelpfeiler betrifft, so erscheint es ausserdem merkwürdig, dass man auf sie, die doch keinen Horizontalschub auszuhalten im Stande sind, die Bogenfüsse der Träger in einer Weise aufgesetzt hat, dass ein Schub auf dieselben fallen muss.

Wir wollen das System im Einzelfelde betrachten, und im Hängwerk wie im Sprengwerk zugleich ansehen, da für beide dasselbe gilt. Der Bogen will sich durch die Wärme ausdehnen und zwar von den Fusspuncten nach dem freien Scheitel

hin. Der Balken will sich durch die Wärme verlängern, u. z. vom Scheitel nach den Balkenenden hin. Beide Bänder also verlängern sich, u. z. nach entgegengesetzten Richtungen hin. Können sie diesem Zuge frei folgen? Sie sind daran durch das System der Strebeglieder verhindert, vollständig oder zum Theile, je nach der Widerstandskraft dieser Glieder. Es tritt aus diesem Anlass eine Spannung im Systeme ein, welche alle Constructionstheile afficirt. Ein gleiches geschieht durch die Kältewirkung. Die Richtungen, in welchen die Verlängerung der beiden Hauptbänder stattfindet, ist in den beistehenden Figuren durch die Pfeilzeichnungen angedeutet:



Die Grösse der diessfälligen Spannungen kann man wohl aus dem Calcul kennen lernen, und dieser zeigt eben, dass die Irritation in einzelnen Theilen des Systems sehr gross werden kann, und dass unter Umständen bei grossen Bogenbrücken dieser Art die letzte Diagonale auch abgerissen oder zerdrückt werden kann.

G.

Parallele zur Eisenbahnbrücke über den Neckar bei Neckarelz.

(Mit dem Zeichnungsblatte VIII.)

Die vor einem Jahre ausgeführte Eisenbahn-Gitterbrücke bei Neckarelz setze ich als bekannt voraus. Sie ist in dem Buche der „ausgeführten Constructionen des Ingenieurs von M. Becker“ im 4. Heft des V. Bandes abgebildet und beschrieben. Meine Parallele schliesst sich in der Anlage des Baues und im Unterbaue der Pfeiler an das Programm des Originals an. Es behält die Landfesten und die Gesamtlichtweite der Brücke von 640 Fuss, so wie die Mittelpfeiler im Untersatze mit etwas versetzter Stellung bezüglich der Einzelöffnungen. Die Parallele bekommt drei gleiche Mittelfelder von 170fussiger Stützweite und zwei Seitenfelder von der Länge eines halben Mittelfeldes. Das auf die schönen zierlichen Pfeiler der Neckarbrücke übertragene Parallelsystem meiner Construction ist die im vorigen Artikel F dargestellte Bogenbrücke in ihrer Anwendung und Berechnung auf mehr als drei Felder, ist das Wagebalkensystem in der Mehrfelderbrücke. Die Träger des Systems, die im untern Theile der Construction bogenförmigen im obern Theile geraden Wagebalken, ruhen auf vier Mittelpfeilern und bilden in ihrem Zusammenhange ein Polygon von Trägern, welche den Fluss im Bogen zu übersetzen haben, da die Eisenbahntrace hier eine ziemlich scharfe Curve bildet. Die Gradseiten des Polygons treffen in den freien verbundenen Scheiteln der Mittelfelder zusammen. Die letzten Ausläufer des Systems sind in den Landfesten durch verticale Anker befestigt.

Nach dem im vorigen Artikel angeführten, bin ich hier jeder weitem Betrachtung des Systems in Bezug auf seine Tragfähigkeit enthoben. Nur habe ich auf Grundlage des Festigkeitscalculs für den speziellen vorliegenden Fall der Construction die Stärke der tragenden Querschnitte zu berechnen, um das erforderliche Gewicht des Eisens für meine Parallele zu eruiren. Ich werde zur Durchführung eines strengen Vergleiches die bewegliche Belastung von 2000 Kil. per laufenden Meter = 11.3 Ctr. per laufenden Fuss eines Geleises und den Sicherheitscoefficienten von 610 Kil. pro □ Centimeter = 109 Ctr. pro □ dez. Zoll in Rechnung setzen, gleich wie es in der Berechnung der Neckar-Gitterbrücke geschehen ist. Ich werde dem-

nach die zufällige Belastung eines Mittelfeldes von $l = 170'$ für zwei Geleise mit $P = 3842$ Ctr., die beständige Constructionslast aber daselbst mit $\alpha P = 1921$ Ctr. annehmen. Der Pfeil des Stützbogens ist $f = 35'$. Hiermit berechnet sich die Tangentialpressung in den drei nebeneinander liegenden, in der Brückenbreite gesehenen, Bögen mit

$$T = \frac{(\alpha + 1) Pl}{8f \cos \varphi} = \frac{5763.170}{8.35.0.925} = 4000 \text{ Ctr.}$$

$\frac{4000}{109} = 36.8$ □ Zoll geben den rechnungsgemässen Bogenquerschnitt, 42 □ Zoll werden mit Rücksicht auf die Verschwächung durch die Nieten und in weiterer Ansehung practischer Zwecke angenommen.

Bei der Belastung eines Feldes tritt die Biegungsanspruchnahme in den Balken mit einer grössten Pressung und Spannung der Streckbänder von $W = 5040$ Ctr. auf, und ein Materialquerschnitt von 75 □ Zollen, auf Grund des obigen Sicherheitscoefficienten von 109 Ctr. berechnet, macht die drei in der Brückenbreite liegenden Balken widerstandsfähig.

Die Landanker nehmen bei ihrem Zuge von 960 Ctr. einen Effectivquerschnitt von 9 □ Zollen an.

Auf die Ständer der Mittelpfeiler fällt eine grösste Pressung von 1920 Ctr. Jeder einzelne der drei in der Brückenbreite liegenden fasst 21 □ Zolle und besteht aus 8 Winkeleisen und einem Zwischenwandblech, wobei eine grosse Stabilität vorhanden ist. Die übrigen Ständer haben nur, immer drei nach der Tiefe gedacht, die Pressung von 400 Ctr. auszuhalten und innehaben, aus 4 Winkeleisen bestehend, den Querschnitt von 8 □ Zollen einzeln.

Gewichtsberechnung. In jedem Felde wiegen:

Die Bögen	353 Ctr.
Die Balken	566 "
Die Pfeilerständer	94 "
Die Mittelständer	148 "
Die Querträger	160 "
Fürtrag	1321 Ctr.

	Uebertrag	1321 Ctr.
Die Schienenlängsträger		224 „
Die Vertikalkreuzerbindungen		108 „
Die Horizontalkreuze		90 „
Die Horizontal- (Façaden-) Bänder		11 „
Die Fusswege der Fahrbahn		72 „
Die Schutzgeländer		28 „
	Zusammen für ein Feld	1854 Ctr.
Für alle Felder		7416 „
Hiezu die Landpfeilerverankerung		44 „
	Summe des Schmiedeisens	7460 Ctr.

pro laufenden Fuss beider Geleise 11 Ctr.

Die Unterlagsplatten auf den Pfeilern und Landwiderlagen wiegen	90 Ctr.
Die Ankerplatten	30 „

Zusammen an Gusseisen 120 Ctr.

für sämtliche Felder.

Bei der ausgeführten Neckarbrücke beträgt die Summe des Schmiedeisengewichts 15875 Ctr. badensisch = 14193 Wiener Ctr. Das Gusseisen der Neckarbrücke wiegt in den Lagerplatten 740 Ctr. badensisch = 660 Wiener Ctr. Die ausgeführte Gitterbrücke hat also — auf gleichen Grundlagen der Vergleichung gerechnet — nahezu zweimal so viel Eisen in Anspruch genommen als meine Parallele an ihrer Statt ausgeführt beanspruchen würde. Dieses zu Gunsten der Bogenbrücke sprechende eclatante Verhältniss von 7460:14193 = 1:2 musste schon darum hier eintreten, weil hier das Verhältniss der Stützhöhen (bei gleichen Stützweiten) in beiden verglichenen Objecten nahezu dasselbe ist, nämlich 1:2'5, denn die Wandhöhe der Gitterbrücke ist 14 Fuss, die Pfeilhöhe der Bogenbrücke 35 Fuss, und es ist im einfachen Grunde der Theorie richtig, dass die 2, 3, n fache Stützhöhe nur das halbe, $\frac{1}{3}$ fache, $\frac{1}{n}$ fache Material in den tragenden Querschnitten erfordert.

Wenn nächstens einmal eine solche Bogenbrücke von gleichem Umfange in die Praxis gelangt, so wird der Bauherr folgende ansehnliche Kostensumme erübrigen können. Im Schmiedeseisen 14193 — 7460 = 6733 Ctr. à 13 fl. Silber — dem hier vorgekommenen Einheitspreise — 87529 fl.
Im Gusseisen 660 — 120 = 540 Ctr. à 10 fl. 5400 „

Fürtrag 92929 fl.

	Uebertrag	92929 fl.
Im Mauerwerk durch den Wegfall der Mittelpfeiler in ihren oberen Theilen (über dem Rundgesimse) 62600 Cub. F. durchschnittlich à 1 fl.		62600 „
Im Holze für den Bahnoberbau, der bei meiner Parallele bei dem Vorhandensein eiserner Geleiseträger statt der hölzernen Lang- und Querschwellen sich zumeist auf die Brückenbedielung reduziert, und im Holze nur 4000 Cub.' beträgt, während dort (für zwei Geleise) 11100 Cub.' nothwendig erscheinen, 11100 — 4000 = 7100 Cub.' à 2 fl.		14200 „
	Zusammen	169729 fl.

abgerundet 170000 fl.

Nachdem der ganze ausgeführte Bau der Neckarbrücke bei Neckarelz 542100 fl. gekostet hat, so würde die Bausumme meiner Parallele nur 372100 betragen und die beiden Summen würden sich verhalten wie 1:1'5, oder die Ersparniss bei der Bogenbrücke gegenüber der Gitterbrücke würde sich auf 31% belaufen.

Wenn ich bei meiner Vergleichsrechnung den per Centner der Gitterbrücke bestandenem Eintrittspreis von 13 fl. usurpire, so thue ich das mit voller Ueberlegung. Eine derartig einfache Bogenbrücke muss mindestens um denselben Preis herzustellen sein, wie eine Gitterbrücke von gleicher Grösse. Die eigentlich bogenförmigen Theile meiner Bogenconstruction — die Tragbögen — betragen nur den fünften Theil des Gesamtgewichts und zu dem beschafft sich der Fabrikant die gebogenen Schienen und Winkeleisen ganz leicht dadurch, dass er sie, wie sie warm und weich aus der Walze kommen, auf eine nach dem betreffenden Radius gebogene Lehre legt, wo sie die richtige Krümmung von selbst annehmen. Oder man wird die Tragbögen auf Polygone, deren Seiten von einem Ständer zum andern gradlinig sind, zurückführen können, zu welchem Ende man die zu verwendenden Schienen und Winkeleisen nur um ein geringes abzubiegen hat. Die Tragbögen polygonartig darzustellen und auf gerade Theile zurückzuführen, das ist eigentlich das theoretisch richtigere: wenn gleichwohl die continuirliche reine Bogenform vorgezogen wird, so entscheidet hier nur der Geschmack und der Sinn für die vermeintlich schönere Krümmungsform. Uebrigens kommt bei dieser Bogenbrücke nicht eine einzige Abkröpfung der Winkeleisen vor, was bei der Construction der Gitterbrücken gar häufig unterläuft und was namentlich auch bei der Neckarbrücke der vorkommende Fall ist.

H.

Parallelen zur Britanniabrücke.

(Mit Zeichnungen auf dem Blatte IX, X, XI.)

Die Britanniabrücke von Stephenson ist ein sehr bekanntes und berühmtes Bauwerk, aber sie trägt — wie Professor Rühlmann sagt — ein Uebel an sich, dessen Grösse selbst für das reiche England äusserst fühlbar ist und bleiben wird: die Brücke ist zu theuer und wird die Rente der über sie

hinwegführenden Eisenbahn immerwährend niederhalten. Sie hat 170,000 Ctr. Eisen gekostet und im Eisen allein circa 4 Millionen Gulden in Anspruch genommen.

Wohlfeilheit mit Sicherheit der Construction bei Brücken von grosser Spannweite in möglichst vollkommenem Masse mit

einander zu verbinden, das ist die Aufgabe, welche auch ich mir gleich manchem andern Constructeur gestellt habe, und welche zu lösen ich durch meine diesfälligen Studien bemüht war.

Ich werde durch die Darstellung einiger Parallelen zur Britanniabrücke zeigen, wie sich meine Constructionen an der Stelle dieses grossen Bauwerks ausnehmen und besonders wie sie sich in Bezug auf Oekonomie zu demselben verhalten.

I. Parallele — Fig. 1 auf Bl. IX und XI. Ich präsentire zuerst das Wagebalkensystem meiner steifen Kettenbrücke und construire mit Beibehaltung der bestehenden Pfeiler und gegebenen Spannweiten. Ich habe somit 480fussige Stützweiten in den zwei Mittelfeldern und 240fussige in den beiden Seitenfeldern. Die Stützhöhe für meine Eisenconstruction nehme ich nach der Zulässigkeit der ausgeführten vorhandenen Hängepfeiler an und bekomme demnach das Constructionsverhältniss zwischen Höhe und Weite wie 1:7.

Ich construire alles von Schmiedeisen und Walzeisen — die Kette und den Gitterbalken, und veranschauliche das Detail der Construction in einem Querschnitte und in einer Ansicht auf dem Zeichnungsbl. XI. Die Kette ist von gewöhnlicher Form. Eigenthümlich ist nur ihre Verbindung mit dem Balken in den Scheiteln. Hier muss die Kette mit dem Balken fest zusammenhalten und der Zug der Kette an das obere Streckband des letzteren übergehen können. Das ist bewerkstelligt durch das Eingreifen der drei untersten Kettenglieder in die Kopfbleche des Streckbalkens, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist.

Der Gitterbalken ist sowohl in den Längbändern als auch in den Strebegliedern als Träger von gleichem Widerstande durchgeführt, indem sowohl die einen wie die andern dieser Theile rechnungsgemäss nach den entsprechenden Richtungen hin an Stärke ab- und zunehmen. Bei den Streckbändern geschieht dies einfach durch die Ab- und Zunahme der Kopfbleche nach ihrer Anzahl, bei den Gitterstreben durch die stufenweise Verdopplung und Verdreifachung ihrer Querschnitte im Auf- und Zulegen ganz gleich abgemessener einfacher Glieder.

Da zur Tragung zweier Eisenbahngleise drei gleiche Kettenstränge angeordnet sind, drei gleich starke Hauptträger nach der Brückenbreite, die zu gleichen Theilen die vorhandene volle Last und Belastung zu tragen bestimmt sind, so musste demgemäss der Querträger für die Gesamtbreite hinreichend steif construirt werden, damit er $\frac{2}{3}$ der Gesamtlast in seiner ganzen, 36fussigen Länge auf sich nehmen könne. Bei der Belastung beider Geleise ist derselbe also in seiner Gesamtlänge thätig und widerstandsfähig, bei der Belastung eines Geleises hat nur sein oberer Constructionstheil — der Balkenthail — zu tragen und zu widerstehen.

Diess das Wesentlichste in den Details und in der Hauptanordnung der Construction. Was die Begründung des Systems und die Festigkeitstheorie desselben betrifft, so bin ich mit dem Hinweis auf das in den vorangehenden Artikeln F und G Vorgebrachte jeder weitem Betrachtung enthoben.

Um das Erforderniss an Eisen zu eruiren, in so weit wende ich den Festigkeitscalcul für den speziellen Fall auf die Parallele an.

Festigkeitsrechnung In Ansehung der grossen, 480 fussigen Spannweite setze ich genügend 30 Ctr. zufälliger Belastung pro laufenden Fuss zweier Geleise und erhalte für das Mittelfeld also $P = 14400$ Ctr. Die Eigenlast der Construction in-

clusive der Brückenbahn wird sich schliesslich für das Mittelfeld auf $\alpha P = 20800$ Ctr. stellen. Das Verhältniss der Höhe zur Weite $\frac{f}{l} = \frac{1}{7}$ wurde schon erwähnt.

Ich finde zunächst den Tangentialzug der Ketten in

$$T = \frac{(\alpha + 1) Pl}{8f \cos \varphi} = \frac{35200 \times 7}{8 \times 0.92} = 33478 \text{ Ctr.},$$

und die Horizontalpressung des Balkens in

$$H = 30800 \text{ Ctr.}$$

Ich finde ferner bei der grössten Biegungsinanspruchnahme des Balkens, wenn die Biegungslast $\frac{1}{2} P = 7200$ Ctr. auf die Balkenhalblänge $\frac{1}{2} l = 240'$ einwirkt, die Pressung in den Längsbändern, bei der Gitterwandhöhe $a = 15 \frac{1}{2}'$,

$$W = \frac{7200 \times 240}{8 \times 15.5} = 13935 \text{ Ctr.},$$

zu welcher die Pressung von 9200 Ctr. aus der beständigen Eigenlast der Construction im obern Bande hinzutritt, so dass die Pressungsinanspruchnahme auf der halben Mitte des Balkens, wo das grösste statische Moment hinfällt, 23135 Ctr. beträgt.

Die vermittelst der Gitterstreben des Balkens an die festen Lager übergehende Last beträgt bei der grössten Biegungsinanspruchnahme desselben lothrecht wirkend $\frac{1}{2} P = 3600$, diagonal in der Strebenrichtung wirkend $\frac{3600}{\cos 45^\circ} = 5092$, wozu noch 3000 aus der Eigenlast resultirend hinzutreten, so dass hier 8092 Ctr. zu setzen kommen.

Auf die Querträger von 36fussiger freier und ganzer Länge und von 4fussiger Höhe fällt $\frac{2}{3} \cdot 1000 = 666$ Ctr., wobei ein Zug von 800 Ctrn. in die Kette des Querträgers tritt, und eine gleiche Pressung auf den Balken desselben kommt.

Die Ankerketten in den Landpfeilern haben die Spannung von 3600 Ctrn. auszuhalten.

Auf die Kettenhängstangen sind 720 Ctr. zu rechnen.

Querschnittsrechnung. Nun kann auf die Querschnittsflächen der tragenden Theile geschlossen werden.

Die (3) Kettenstränge erfordern einen Querschnitt von $\frac{33478}{200} = 168 \square$, indem ich den Zugfestigkeitscoefficienten pro dec. Zoll auf 200 Ctr. (= 140 Ctr. pro duodec. Zoll) bei der Kette setze.

Die (3) Balkenbänder — die obern wie die untern — erheischen, bei der Annahme des Druckfestigkeitscoefficienten von 130 Ctr. pro dec. Zoll für diese Glieder, einen grössten Querschnitt von $\frac{23135}{130} = 178$ Ctr. Dieser wird im obern Bande

zunächst der Pfeiler, im untern zunächst der freien Scheitel rechnungsgemäss viel geringer sein müssen, und also behufs der Gewichtsrechnung ein verglichener Querschnitt gelten. Die (3) Streckbänder sollen zusammen mit Rücksicht auf die Verschwächung durch die Nietten einen grössten Querschnitt von 216 \square Zollen, einen kleinsten von 144 \square Zollen und einen mittleren für die Querschnittsrechnung geltenden von 200 \square Zollen erhalten.

Die Gitterstreben benötigen ein Querschnittsmateriale von $\frac{8092}{90} = 90 \square$ Zoll, wenn der Sicherheitscoefficient nur mit 90 Ctr. angenommen wird. Diess gilt für die stärksten Gitterstreben (zunächst der Stützpunkte). Rücksichtlich der Verschwächung durch die Nietten wird der, für die Gewichtsrechnung

massgebende, Querschnitt von 144 □ Zollen im Maximum, von 48 □ Zollen im Minimum, also von 96 □ Zollen im Mittel genommen werden.

Der Querträger wird in seinem untern (Ketten) Theile, mit 100 auf den Zoll gerechnet, 8 □ Zolle messen. Im obern (Balken) Theile wird er den mittlern Querschnitt von 16 Zollen einnehmen.

Der einzelne Schienenlangträger wird eine Querschnittsfläche von 12 Zollen messen.

Auf die Hängstangen (3 nach der Brückenbreite genommen) fallen 720 Ctr. Last, und sie bekommen, 80 Ctr. pro Zoll gerechnet, 9 □ Zoll Querschnitt.

Die Anker in den Landpfeilern erhalten die Area von $\frac{3600}{100} = 36$ Zollen.

Gewichtsberechnung. Für ein mittleres Brückenfeld wiegen:

	Ctr.
Die Ketten	3732
Die Längsbänder der Balken	8528
Die Gitterstreben derselben	3548
Die Verticalsteifen des Gitters	590
Die Hängstangen	462
Die Querträger	1520
Die Schienenlangträger	1024
Die Horizontalkreuze der Fahrbahn	155
Die Stirnbänder der Querträger	341
Zusammen	Ctr. 19900

was für die ganze Brücke — für alle drei Feldweiten $3 \times 19900 = 59700$ Ctr. ausmacht. Hiezu kommen noch die Anker mit Ctr. 300 zu rechnen, und es ergibt sich die Summe des Schmiedeisens in der runden Zahl von Ctrn. 60,000 = 42 Ctr. pro laufenden Fuss zweier Geleise.

Das Gusseisen der Unterlags- und Ankerplatten wiegt alles in Allem 200 Ctr.

Da die Britannia-Röhrenbrücke 170,000 Ctr. Schmiedeisen gekostet hat, und hier für meine Parallele nur 60,000 Ctr. zum Vorschein kommen, so ist der Vergleich gemacht.

Was die Montirung betrifft, so muss bemerkt werden, dass dieselbe hier bei meiner Parallele auf zweierlei Art vorgenommen werden kann. Es kann entweder das originelle und lokale Verfahren, welches Stephenson zur Aufstellung seiner Röhrenträger angewendet hat, auch hier zum Ziele führen: es kann die steigende Fluth des Meeres benützt und ein Wagebalken nach dem andern, auf Schiffen liegend, auf die Pfeiler gehoben werden. 9 Wagebalken, jeder von 5000 Ctr. Gewicht, wären nach einander zu placiren; wo Stephenson 4 Röhren von je 28,000 Ctrn. und 4 Röhren von je 15,000 Ctrn. gehoben hat. In anderer Art kann die Montirung vollzogen werden, indem man die Arbeit des Zusammensetzens auf den Stütz Pfeilern selbst beginnt, nach beiden Seiten gleichmässig fortsetzt, und mit Zuhilfenahme einiger provisorischer Zugbänder von den Kettenaufhängepunkten aus und mit Anwendung fliegender Gerüste vollendet. Dabei könnte wohl auch in der Nähe der gemauerten Pfeiler, etwa im Abstände von 100—120 Fuss, provisorische Holzjoche vom Grunde aus aufgeführt werden,

deren 6 hier genügen würden, um die vorgeschrittenen Wagebalken so lange auf denselben aufrufen zu lassen, bis die Systeme in den Scheiteln zusammenschliessen.

Was die Einfachheit der Details und die Leichtigkeit ihrer Zusammenfügung betrifft, so reducirt sich die ganze Arbeit auf die Herstellung der Kettenstränge und Gitterbalken, welche von der ebenmässigsten und gewöhnlichsten Form sind.

In dieser Parallele ist die erste, später und nach Vollendung der Hängepfeiler wieder aufgegebene Idee Stephenson's: Die Combinirung der Hängekette mit dem Balken dargestellt. Der Uebelstand, welcher den grossen Constructeur zum Aufgeben dieser Combination bewogen hatte, ist hier glücklich durch die Anwendung des Wagebalkens und die damit zusammenhängende Verticalverankerung des Systems umgangen. Auf diese Weise war die Schwierigkeit allerdings zu beheben und in dieser Art fällt die Construction überdiess, wie oben gezeigt ist, ungemein öconomisch aus.

II. Parallele — Fig. 2 u. 4 auf Bl. IX. Wieder unter Beibehaltung der ausgeführten Spannweiten und der gegebenen Pfeiler der Britannia-Brücke zeichne ich eine Parallele: das vereinigte Häng- und Sprengwerk, welches System schon einmal in diesen Blättern, im Artikel A, als 3. Parallele zur Wiener Donaukanalbrücke zur Anschauung gebracht und im Buche der „Eisenconstructions für Brücken etc.“ theoretisch behandelt worden ist. Nach alldem kann und will ich mich hier kurz fassen. Die Anordnung dreier Hauptträger von gleicher Tragkraft und Stärke und die damit verknüpfte Art der Querträgerconstruction ist auch hier wie bei der vorhergehenden Parallele wieder durchgeführt. Ich rechne sofort, um das Mass der tragenden Querschnitte zu bestimmen und das Eisengewicht zu finden. Ich habe folgende Daten:

Die Stützlänge im Mittelfelde $L = 466'$,
dieselbe in den Seitenfeldern $l = 230'$,

die Stützhöhe des Mittelfeldes, die aus dem Pfeil des Kettenbogens und aus der Wandhöhe des Stembalkens bestehende,

$$a + f = 12 + 30 = 42';$$

die Stützhöhe in den Seitenfeldern

$$a + f' = 12 + 12 = 24';$$

die zufällige Belastung in jedem der beiden Felder, beziehungsweise $P = 14000$ Ctr. und $p = 9200$ Ctr.;

die Eigenlast der Construction ebenso

$$\alpha P = 28000 \text{ und } \beta p = 6000 \text{ Ctr.}$$

Demnach wird der horizontale Kettenzug und die gleiche Stembalkenpressung für die Mittelfeldträger sein

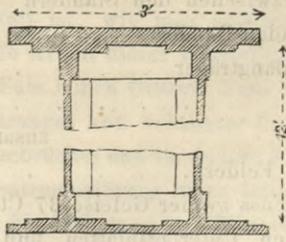
$$H = \frac{(\alpha + 1) PL}{8(a + f)} = 58250 \text{ Ctr.}$$

Der grösste tangentielle Kettenzug folgt hieraus mit

$$T = \frac{H}{\cos \varphi} = \frac{58250}{0.940} = 62000 \text{ Ctr.}$$

Mit dem Einheitszuge von 240 Ctr. pro dec. Zoll (= 170 Ctr. auf den duodec. Zoll) verlangen die Kettenstränge einen Gesamtquerschnitt von 243 □ Zollen. Die obern Streckbänder der Stembalken im Scheitel, die untern zunächst der Widerlager erheischen den Maximalquerschnitt — mit 200 Ctr. Pressung auf den dec. Zoll = 140 Ctr. auf den duodec. Zoll gerechnet — von 310 □ Zollen, und es beschafft sich jeder der

drei Stembalken (Blechröhren mit vollen geschlossenen Wänden nach beistehender Skizze construirt gedacht) mit dem ver-



gleichenen und mittleren Querschnitte von 228, zusammen von $3 \times 228 = 684$ □ Zollen.

Die Verticalständer zwischen Balken und Kette messen einzeln 15.5, zusam. $3 \times 15.5 = 46.5$ □ Zoll. Diess gilt für die Ständer im Mittelfelde.

In den Seitenfeldern berechnet sich der Horizontalzug der Kette und die gleiche Pressung des Balkens mit

$$h = \frac{(\beta + 1) p l}{8 (\alpha + f')} = 18200 \text{ Ctr.};$$

der grösste tangentielle Kettenzug mit

$$A = \frac{h}{\cos \psi} = 19000 \text{ Ctr.}$$

Mit 130 Ctr. Zug pro dec. Zoll bekommen die Ketten der Seitenfelder ein Ausmass von 146 □ Zollen Querschnitt, was die Hälfte des Kettenquerschnittes im Mittelfelde ist.

Die obern Stembalkenbänder im freien Scheitel und die untern zunächst der Widerlager verlangen — bei 130 Ctr. Pressung pro Zoll — einen Querschnitt von 140 □ Zollen. Jeder der drei Stembalken (hier nicht als Blechröhre, sondern als einfacher Blechbalken mit einer Wandung construirt) misst eine verglichene Area von 125 □ Zollen, alle drei von 375 □ Zollen.

Die Ständer messen hier einzeln 12, je 3 zusam. 36 □ Zoll.

Die vorstehenden Berechnungen genügen, um an die Zusammenstellung des Gewichts gehen zu können.

In einem Mittelfelde wiegen:

Die (3) Kettenstränge	5667 Ctr.
Die (3) Blechröhrenbalken	15066 „
Die (3 × 35) Ständer	1552 „
Die (40) Diaphragmen zwischen den Röhrenbalken	736 „
Die (3 × 36) Kettenhängstangen	240 „
Die (36) Querträger der Fahrbahn	1520 „
Die Nebenträger derselben	1024 „
Die Stirnbänder der Querträger	342 „
Die Horizontalkreuze der Fahrbahn	155 „
Die Horizontalkreuze zwischen den Röhrenbalken	283 „
Das Schutzgeländer	75 „
zusammen	26660 Ctr.

Für die zwei gleichen Mittelfelder also das Doppelte, nämlich 53320 Ctr.

In einem Seitenfelde wiegen:

Die Ketten	1694 Ctr.
Die Balken	4000 „
Die Diaphragmen zwischen diesen sammt den Querträgern der Fahrbahn	960 „
Die Horizontalkreuze	240 „
Die Verticalständer	200 „
Die Querkreuzverbindungen der Ständer	10 „
Das Schutzgeländer	36 „
zusammen	7140 Ctr.

Für beide gleichen Seitenfelder 14280 Ctr.
 Für die ganze Brücke recapitulirt und summirt sich das Schmiedeisengewicht: der 2 Mittelfelder mit . . . 53420 „
 der 2 Seitenfelder mit 14280 „
 in dem Totale von 67600 Ctr.,

was pro laufenden Fuss zweier Geleise 47 Ctr. beträgt.

Das Gusseisen der (24) Unterlagsplatten kann fürs Ganze mit 500 Ctr. veranschlagt werden.

Die Aufstellung der Construction der Mittelfelder würde einfach darin bestehen, dass die vorhandenen 6 Hauptträger von je 7500 Ctr. Gewicht — ohne Querträger und Fahrbahn — nach einander bei steigender Wasserfluth auf Pontons in derselben Art emporzuheben und auf die Pfeiler zu setzen wären, wie es mit den gewaltigen, 28000 Ctr. wiegenden Röhren der Britanniabrücke geschehen ist.

III. Parallele — mit Zeichnungen auf Bl. IX und XI. —

Auch die einfache Bogenbrücke meiner Art liefert eine elegante und wohlfeile Parallele zur Britanniabrücke und ich stelle eine solche in der Fig. 3 des Zeichnungsblattes IX dar, indem ich die in den Mittelfeldern des Originals vorhandenen Spannweiten beibehalte. Die beiden kleineren Seitenfelder denke ich mir diessmal mit gemauerten Viaducten ausgefüllt. Ich erspare bei den drei Mittelpfeilern, da ich sie minder hoch aufzuführen brauche, als sie bei der Britanniabrücke wirklich ausgeführt sind, 120,000 Cub.' Stein; auch erübrige ich das bei der genannten Brücke für die beabsichtigt gewesene Kettenverankerung hergestellte Lastmauerwerk — ein höchst ansehnliches Materialquantum. Damit lässt sich recht wohl die gemauerte Bogenstellung meiner Annahme nach in den beiden Seitenfeldern hergestellt denken.

Die Bogenconstruction ist bei der bedeutenden Stützweite von $l = 435'$ hier darum noch ausführbar und öconomisch anwendbar, weil zugleich eine ganz stattliche Pfeilhöhe für den Bogen zu Gebote steht und weil die vorhandenen gegebenen Pfeiler stark genug sind, um den Seitenschub der Bögen, die tief unten auf den Sockeln der Pfeiler aufruhn, auszuhalten. Das Mauerwerk der bis zur Brückenbahn hinaufgeführten Pfeiler liefert durch seine Schwere in dieser Beziehung eine genügende Stabilität und Sicherheit. Dasselbe ist übrigens auch zum Zweck der Montirung der Bogenconstruction beibehalten, die man sich im vorliegenden Falle ohne stabile vom Grunde aufsteigende Nothgerüste vorgenommen und bewerkstelligt denken muss, und zum nicht geringen Vortheil der Ausführung des Systems auch denken kann.

Ich habe für den Stützbogen meines Systems hier die Elipse gewählt, vornehmlich aus dem Grunde, um eine freiere und weitere Passage für die Schifffahrt unter der Brücke zu bekommen. Mit der rasch ansteigenden Elipse im Bogen ist dieselbe frei und weit genug, und die lichte Durchgangshöhe ist die bei der Britanniabrücke vorhandene. Der Pfeiler des Bogens — der in Rechnung zu stellende — beträgt $72 \frac{1}{2}' = f$, und das reichliche Verhältniss desselben zur Stützweite ist $\frac{f}{l} = \frac{1}{6}$.

Um das Eisengewicht der Construction zu berechnen, setze ich wieder, wie oben, für das Mittelfeld die zufällige Belastung $P = 14400$ und nehme die beständige Contractionslast mit $\alpha P = 16600$ Ctrn. inclusive der Fahrbahn an.

Somit hat man die grösste Bogenpressung am Fusse des Bogens genau genug in

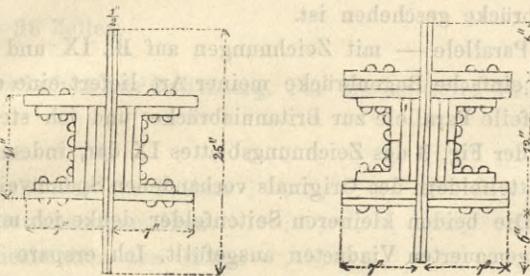
$$T = \frac{(\alpha + 1) P l}{8 f \cos \varphi} = \frac{31000 \times 6}{8 \times 0.666} = 34910,$$

welche Zahl auf 35000 Ctr. abgerundet werden kann. Die kleinste Bogenpressung im Scheitel erscheint in

$$H = \frac{(\alpha + 1) Pl}{8f} = 23250 \text{ Ctrn.}$$

für die grösste Pressung durchgeführt und mit dem Sicherheitscoefficienten von 130 Ctrn. pro dec. Zoll vorgegangen, erheischt der tragende Bogen in seinen drei nach der Brückenbreite angeordneten Bändern einen grössten theoretischen Querschnitt von $\frac{35000}{130} = 269 \square$ Zollen, einen kleinsten von 179 und einen mittleren von 224. Derselbe wird practisch beziehungsweise auf 284, 200 und vergl. auf 242 \square Zolle erhöht genommen, und in die beigezeichnete Form gebracht:

grösster Querschnitt kleinster Querschnitt



eines Bogenbandes.

Der überliegende Versteifungsbalken von 12 Fuss Höhe, als gewöhnlicher voller Blechbalken mit Kopf- und Fussflanschen construiert gedacht, wird in den drei nach der Brückenbreite vorhandenen Trägern einen grössten Querschnitt von 252 \square Zollen, einen kleinsten von 228 und einen mittlern für die Gewichtsbeziehung geltenden von 240 \square Zollen umfassen.

Ein Querträger von 12 Fuss Länge und 2 Fuss Höhe beschafft sich hier mit einer Querschnittsfläche von 14 \square Zollen tragfähig.

Ein Schienenlängsträger von 2 Fuss Höhe und 10 Fuss freier Länge wird eine Querschnittsarea von 10 \square Zollen beanspruchen.

Die verticalen Endständer bestehen, einzeln betrachtet, aus 8 Winkelleisen und einem zwischenliegenden Wandblech und messen so 39, je drei zusammen 117 \square Zoll. Die (3) den Endständern zunächst folgenden Mittelständer, jeder aus 4 Winkelleisen bestehend, messen einzeln 20, die weiter folgenden kürzeren messen 12, die letzten kürzesten 8 \square Zolle.

Die Querkreuze zwischen den Ständern sind aus einzelnen Winkelleisen von 3 und 2 zölligem Caliber bestehend.

Die Horizontalkreuze an den untern Rahmen der Diaphragmen sind von 2 Zoll messenden Flachschienen bestellt gedacht.

Die horizontalen Absteifungen der Fahrbahn an den Quer- und Nebenträgern bestehen aus Winkelschienen von 2 zölligem Querschnitt.

Gewichtsberechnung. Nach obigen Bemessungen wiegen in einem Felde:

Die (3) Bögenbänder	5400 Ctr.
Die (3) Gradbalken	4905 „
Die (2 resp. 6) Endständer	945 „
Alle mittleren Ständer	1226 „
Die (74) Querträger	556 „
Die (74) Diaphragmenkreuze sammt Rahmen	1157 „
Die (72) Horizontalkreuze hierselbst	202 „

Fürtrag 14391 Ctr.

Uebertrag 14391 Ctr.

Die Diagonalabstreifungen der Fahrbahn	200 „
Die Verticalkreuze zwischen den Ständern	533 „
Die Horizontal-Façaden-Bänder	116 „
Die (152) Schienenlangträger	675 „
Das Schutzgeländer	85 „

zusammen 16000 Ctr.

Für beide gleichen Felder 32000 Ctr.

oder pro laufenden Fuss zweier Geleise 37 Ctr.

An gusseisernen Unterlagsplatten und Bogenfusschuhen werden 120 Ctr. benöthigt sein.

Die einfache Bogenbrücke, bei der man den Bogenschub auf die gemauerten Widerlager übergehen lässt, ist das billigste System in Bezug auf den Eisenaufwand für die Construction. Es wird hiebei eben das Mauerwerk zum Zwecke vollständig ausgenutzt und diess hängt mit der Oeconomie im Uebrigen zusammen. Was die letztere im vorliegenden Falle noch besonders befördert, das ist, wie schon erwähnt, die ansehnliche Constructionshöhe.

Zum Behufe der Montirung an Ort und Stelle müssen die horizontalen Bänder, welche durch die Verticalständer laufen, durch die Pfeiler hindurchgeführt und in denselben, zumal in beiden Landpfeilern, mittelst Verankerung festgestellt werden. Auch die Versteifungsbalken oben werden auf den Mittelpfeilern, wo sie wegen der Dilatation getrennt sind, provisorisch und nur zwecks der Montirung der Construction zusammengehalten; über den Landpfeilern werden dieselben in das feste Mauerwerk eben so provisorisch eingekerkert, nämlich für so lange, bis die Montirungsarbeit vollendet und die Bogenscheitel zusammenschliessen. Auf diese Art ist die Montirung ohne stabile Nothgerüste vollziehbar.

Bei der vorstehenden Parallele habe ich den Versteifungsbalken des Bogens als Blechbalken mit voller Wand behandelt. Derselbe kann auch — zierlicher für das Auge und leichter im Gewicht — als Gitterbalken mit durchbrochener Wand construiert werden. Als solcher construiert gedacht, kann er das Detail der Fig. 2 auf dem Zeichnungsblatte XI bekommen. Hier ist er als ein Träger von gleichem Widerstande sowohl bezüglich seiner Streckbänder als auch seiner Gitterstreben mit der constanten Gittermaschenweite von 4 Fuss (in der Diagonale gemessen) durchgeführt. Die Zug- und Druckstreben sind 1fach, 2fach und 3fach übereinander gelegt, und die aufgelegten Theile an die Futterbleche der Verbindungsknoten und zugleich auch, besonders was die drittaufgelegten betrifft, an die Seitenbleche der Streckbänder befestigt, wodurch sie alle zusammenhalten und mit den Streckbalken solid verbunden sind.

An die aushängenden Lappen der Futterbleche sind die lastübertragenden Verticalständer zwischen Bogen und Balken befestigt und angeietet.

Die Streckbänder zeigen ihre ab- und zunehmende Stärke in der Zahl der Kopfbleche, die von einem auf zwei und drei übergehen. Aus der Ansicht und dem Querschnitte (Fig. 2 des angezogenen Blattes) ist das ganze Detail dieser Balkenconstruction sammt den Querverbindungen der Einzelbalken und dem Ständeransatze ersichtlich.

Ich benütze die Gelegenheit, um hier auf das analoge Kettenhängwerk und auf die ganz ähnliche Balkenbehandlung bei diesem hinzuweisen, indem ich in der Fig. 3 desselben Bl. (XI) hievon eine Ansicht und einen Querschnitt (durch den Scheitel und ausser demselben) bringe. An den aushängenden Futterlap-

pen der Strebeknoten des untern Balkenstreckbandes haften hier die Querträger der Fahrbahn, an den übergreifenden Futterblechen des obern Bandes sind die Kettenhängstangen befestigt.

Das ganze Detail ist, wie man erkennt, einfach und klar, und reducirt sich die Arbeit dieser Herstellung auf das Zustandebringen eines 11½ Fuss hohen Gitterbalkens und auf die Formirung eines Kettenstranges von bekannter Construction in einem Falle (bei der Kettenbrücke) und im andern Falle (bei der Bogenbrücke) auf die Zusammennietung eines schlanken Bogenbandes aus 10 Zoll breiten Flachschieben und Winkeleisen mit einem zu innerst liegenden 25 Zoll hohen Wandblech nach der im obigen letzten Holzschnitte angezeichneten Querschnittsform.

IV. Parallele. — Fig 1 und 4 auf Blatt X. Ich komme zur hängenden Gitterbrücke meiner Construction, indem ich den mittelsten Pfeiler der Britanniabrücke aufgebe und dadurch die sehr ansehnliche Spannweite von $l = 960$ Fuss (= 1000 Fuss englisch) gewinne, eine Spannweite, wie sie in der Ausführung nur von der schlappen Kettenbrücke bei Wheling noch übertroffen wird. Der hängende Gitterbalken ist als steifes System für Eisenbahnbrücken bei dieser Spannweite noch immer möglich; aber man muss hier schon alle Kunst zusammennehmen und darf keinen Luxus treiben weder mit der Materialvertheilung, noch mit dem Ausmasse der zufälligen Belastung, für welche construirt werden soll. Auch muss man die Anwendung einer guten Eisensorte voraussetzen dürfen, um den Sicherheitscoefficienten von allenfalls 250 Ctrn. pro dec. Zoll der Zugbänder (von 175 Ctrn. pro duodec. Zoll) in die Rechnung einführen zu können. (Bei der ausgeführten Britanniabrücke und auch bei der Conwaybrücke hat dem Constructeur derselbe Coefficient gegolten und er ist bei Brücken von so grossen Spannweiten und von so überwiegender ruhiger Eigenlast keineswegs zu hoch gegriffen.) Endlich muss man für jedes Geleise besonders construiren und für jede Fahrbahn zwei Träger spendiren, gleichwie Stephenson zwei gesonderte Röhren für seine zwei Bahnen angeordnet hat.

Ich werde also vor Allem nicht, wie man bei Brücken von kleineren Spannweiten thut und thun muss, eine Tonne oder 20 Ctr. beweglicher Last pro laufenden Fuss eines Geleises setzen, sondern ich werde einen Lasttrain von der Ausrüstung des heutigen und wirklichen Betriebes, einen Train von etwa 5000 Ctr. Gewicht nehmen, der eine Länge von circa 350 Fuss messen wird. Das wird für den Fall der einseitigen Belastung der Brücke sein. Für den Fall der beiderseitigen und gleichseitigen Belastung werde ich aber $P = 2 \times 5000 = 10000$ Ctr. in Rechnung setzen.

Die beständige Eigenlast der Construction finde ich in Gemässheit meiner diessfälligen Vorberechnung mit $\alpha P = 30000$ Ctr. für das Mittelfeld anzunehmen. Ich werde somit theoretisch die Gesamtlast von $(\alpha + 1)P = 40000$ Ctr. haben. Die Stützhöhe der im Hängebalken involvirten Kettenlinie beträgt $f = 68$ Fuss, und ist sonach das Verhältniss von $\frac{f}{l} = \frac{1}{14}$ für den Calcul vorhanden.

Was die Begründung der Festigkeitstheorie dieses Systems im Allgemeinen betrifft, so kann ich mich auf das im Buche meiner „Eisenconstructions für Brücken etc.“ Seite 16—18, Vorgetragene beziehen.

Als grösste Spannung im obern Streckbände am Aufhängpunkte resultirt aus der obigen Gesamtlast $(\alpha + 1)P$ der Tau-

gentialzug von 70700 Ctrn.; als grösste Spannung im untern Bände im Hängescheitel resultirt der Horizontalzug v. 70000 Ctrn.

Bei der gleichseitigen Belastung von 10000 Ctrn. und bei der einseitigen Belastung mit 5000 Ctrn. zusammengehalten, stellt sich heraus, wie die Querschnitte der obern Streckbänder nach der freien Mitte hin ab-, jene der untern nach der freien Mitte hin zunehmen müssen, damit sie Medien von gleichem Widerstande werden.

Bei der beiderseitigen Belastung von 10000 Ctrn. resultiren in den Streckbändern — nach den Bestimmungsformeln 66 u. 74 der angezogenen Theorie — vom Hängepfeiler aus gerechnet, in den Abständen von

	0'	120'	240'	360'	480'
im obern Streckbände	70700,	17780,	0,	0,	0,
im untern „	0,	52920,	70700,	70400,	70000.

Bei der zufälligen einseitigen Belastung von 5000 Ctrn. resultiren auf der belasteten Seite der Brücke — nach den Formeln 67 u. 75 derselben Theorie — in den Abständen von

	0,	120,	240,	360,	480,
im obere Streckbände	61862,	8942,	—8838,	—6618,	0,
im untern „	0,	52950,	70700,	54632,	61250.

Aus dem Zusammenhalte dieser Lastwirkungen der beiden Belastungsfälle ergibt sich die allerorts nöthige Stärke der Streckbänder im Mittelfelde und in Berücksichtigung derselben müssen diese als Medien von gleichem Widerstande durchgeführt werden.

Zur Beurtheilung der Streckbalken im Seitenfelde dient die Kenntniss der aus der Belastung der ganzen Brücke hervorgehenden Lastwirkung und zur Construierung derselben die Rücksichtnahme auf diese. Bei dieser stellen sich die Spannungen im Anfang, auf der Mitte und am Ende des Seitenfeldbalkens, wie folgt:

In den Abständen vom Aufhängpfeiler von

	0,	120,	240,
im obern Streckbände	71000,	28333,	0,
im untern „	0,	51666,	71000.

Für die Querschnittsbemessung der Streckbalken im Mittelfelde ergibt sich also rücksichtlich der folgenden Zahlen der Inanspruchnahme in den bezeichneten Abständen von

	0'	120'	240'	360'	480'
im ob. Streckbände	70700,	17780,	—8838,	—6618,	0,
im unt. „	0,	52926,	70700,	70400,	70000.

Dessgleichen für die Streckbänder im Seitenfeldbalken die Rücksicht auf die schon oben hiefür angeschriebenen und geltenden Zahlen.

Die betreffenden Querschnitte der Streckbänder in den bezeichneten Abständen werden sein, u. z.

die theoretischen im Mittelfelde:

	0'	120'	240'	360'	240'
	183,	71,	35,	26,	0 □ "
	0,	212,	283,	282,	280 □ "

die practisch auszuführenden in denselben Abständen wie oben beziehungsweise

	312,	120,	120,	120,	120 □ "
	120,	235,	312,	312,	312 □ "

Im Seitenfelde werden die Querschnitte, die theoretischen, in den Abständen

	0'	120'	240'
sein	284,	73,	0 □ "
	0,	206,	284 □ "

die practisch und für die Ausführung berechneten beziehungsweise
 312, 120, 120 □ "
 120, 235, 312 □ "

Behufs der spätern Gewichtsrechnung werden demnach die folgenden verglichenen Werthe gelten: für beide Streckbänder zusammen

im Mittelfelde 416.5 Quadratzoll,
 im Seitenfelde 403 "

Auf den einfachen Strebenzug würde bei einfacher Anordnung des diagonalen Zickzacks im Balkengitter sowohl bei der beiderseitigen Belastung von 10000, als auch bei der einseitigen von 5000, die grösste Inanspruchnahme von 11303 Ctrn. in der Richtung der Streben selbst fallen.

Dieses Maximum betrifft die letzte Diagonale am Aufhängpunkte des Balkens. Von da nach der Mitte hin nimmt die Inanspruchnahme der Streben ab, u. z. so, dass dieselbe bei der Belastung der ganzen Brücke ist:

0', 80', 160', 240', 320', 400', 480',
 11303, 7535, 3768, 0, 0, 0, 0;
 bei der Belastung auf einer Brückenhälfte in denselben Abständen wie vorher 11303, 7535, 3768, 0, 1256, 2512, 3768.

Diess gilt in den Streben des Mittelfeldes. In dem Zickzackzuge der Seitenfeldstreben liegt die Spannung in den Abständen vom Pfeiler aus gerechnet, von

0', 80', 160', 240'
 11300, 7530, 3760, 0.

Demgemäss erfordert der einfache Diagonalzug der Streben im Mittelfelde — bei der mässigen Annahme von 130 Ctr. pro dec. Zoll für diese Glieder — den theoretischen Querschnitt beziehungsweise in den Abständen

0', 80', 160', 240', 320', 400', 480',
 von 87, 58, 29, 0, 10, 20, 29 □ "
 Im Seitenfelde erfordert derselbe das theoretische Ausmass in den Abständen 0', 80', 160', 240',
 von 87, 58, 29, 0 □ "

Die practisch und mit stufenweiser Abnahme als 3, 2 u. 1fache Streben auszuführenden Querschnitte werden sein:

Im Mittelfelde beziehungsweise
 in 0', 80', 160', 240', 320', 400', 480',
 144, 96, 48, 48, 48, 48, 48 □ "
 im Seitenfelde beziehlich

in den Abständen 0', 80', 160', 240',
 144, 96, 48, 48 □ "

Jetzt kann man auch behufs der Gewichtsrechnung den verglichenen Strebequerschnitt ermitteln. Er wird sein:

im Mittelfelde 72 Quadratzoll,
 im Seitenfelde 96 "

Gewichtsberechnung. Im Mittelfelde wiegen:

Die Streckbänder der Balken	17766 Ctr.
Die Gitterstreben sammt Futterblechen	6000 "
Die Diaphragmen zu den Balken	545 "
Die Hängstangen	583 "
Die Querträger der Fahrbahn	1242 "
Die Schienenlangträger	1428 "
Die Stirnbänder an den Querträgern	900 "
Die Horizontalversteifung der Fahrbahn	120 "
Die Schutzgeländer	46 "
zusammen	28630 Ctr.

In den (2) Seitenfeldern wiegen:

Die Balkenstreckbänder	8954 Ctr.
Die Gitterstreben sammt Futterblechen	3413 "
Die Diaphragmenkreuze	436 "
Die Hängstangen	672 "
Die Querträger à 18 Ctr.	612 "
Die Schienenlangträger	672 "
Die Stirnverkleidung der Querträger	426 "
Die Horizontalversteifung der Fahrbahn	56 "
Das Schutzgeländer	36 "
zusammen	15277 Ctr.

Die Ankerstränge wiegen 6221 "
 Die Ständer d. Balken auf den Aufhängpfeilern 12 "

Das gesammte Schmiedeisen der ganzen eingleisigen Construction stellt sich also zusammen:

im Mittelfelde auf	28630 Ctr.
in den Seitenfeldern auf	15277 "
in den Ankern auf	6221 "
in den Ständern auf	12 "
zusammen auf	50140 Ctr.
abgerundet auf	50000 Ctr.

was pro Currentfuss eines Geleises 35 Ctr. abwirft.

An Gusseisen für Unterlagsplatten, Ankerstühle und Ankerplatten sind noch erforderlich 300 Ctr.

Um parallel zur Britanniabücke zu rechnen, die für zwei Geleise dasteht, sind die doppelten Beträge für zwei Bahnen zum Vergleiche zu setzen; und die Parallele für zwei Geleise berechnet sich schliesslich auf

2 × 50000 = 100000 Ctr. Schmiedeisen und
 2 × 300 = 600 Ctr. Gusseisen.

Also erweist sich auch diese Construction, ungeachtet der auf das Doppelte gebrachten freien Länge des Mittelfeldes, selbst im Eisenaufwand öconomischer, auf ganz gleiche Grundlagen der Inanspruchnahme mit der Britanniabücke gerechnet, als diese. Es muss aber noch dazu bemerkt werden, dass ausser dem Eisen eine Masse Mauerwerk durch den Wegfall des mittelsten Pfeilers erspart ist, eine Masse von circa 300000 Cub.'

Die Montirung. Was man sich an Stelle des hinwegfallenden Pfeilers bei meiner Parallele wird denken müssen, das ist ein provisorischer Gerüstpfeiler von Holz behufs der Aufstellung der Eisenconstruction — der Hängebalken — aufgeführt vom Grunde bis zur Höhe der Fahrbahn auf 100 Fuss; oder noch besser zwei solche provisorische Holzpfeiler, etwa 200 Fuss von einander entfernt, anstatt des gedachten einen.

Zwei Hängebalken sind vorhanden. Jeder wird neben der Brücke auf Pontons in seiner ganzen (1440 fussigen) Länge fertig gestellt und sodann mit der Fluth auf die Lager der Pfeiler und auf die Provisorien gehoben und übertragen. Das Gewicht des nackten Hängeträgers beträgt 18000 Ctr., gegenüber dem Gewichte einer Stephenson'schen Röhre v. 28000 Ctrn. Sind die beiden Hängeträger nach einander gehoben und auf ihre definitiven Lager gebracht, so wird an ihre Verankerung gegangen, indem die Ankerstränge an den Enden der Balken bis zur Wurzel im Lastpfeiler fortgeführt und hier befestigt werden, womit die Montirung des Systems bis auf die Einhängung der Fahrbahn geschlossen ist.

Um das steife System der hängenden Gitterbrücke für die gewählte riesige Mittelfeldweite von 960 Fuss zu ermöglichen, und die Festigkeitsrechnung in der obigen unanfechtbaren Weise

durchzuführen, musste der Constructeur seinen Gitterbalken sorgfältig zum Träger von gleichem Widerstande, sowohl bezüglich der Streckbänder als auch der Gitterstreben ausbilden, und zu dem öconomischsten Princip der Herstellung desselben greifen, nämlich zur Anordnung eines Gitters aus lauter diagonalen Zug- und Druckstreben mit Ausschluss von Verticalstreben. Ich erfasse die Gelegenheit, um über das öconomische Princip eines Gitterbalkens, wie ich es zu dem Zwecke selbstständiger Hängeträger nach Art der gegenwärtigen Parallele oder integrierender Constructionstheile meiner Bogenbrücken, durchführe, einige Worte zu bemerken.

Der Gitterbalken als Träger von gleichem Widerstande in seiner öconomischsten Form.

Indem ich den Gitterbalken entweder in selbstständig hängender Form anwende und so das „Bogenwandssystem mit unmittelbarer Versteifung“ gewinne, oder indem ich ihn mit dem tragenden Bogen einer Bogenbrücke in der Art verbinde, dass dadurch die mehreren Systeme meiner Bogenbrücken zum Vorschein kommen, erziele ich vor Allem den Vortheil, mit dem vierten Theil derjenigen Balkenwandhöhe auszukommen, welche bei der gewöhnlichen Anwendung des geraden Balkens nöthig ist.

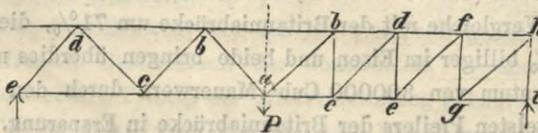
Bei der obigen Parallele zur Britanniabrücke, bei einer Spannung von 960 Fuss, bin ich mit einer Gitterwand von 17 Fuss Höhe ausgekommen, während ich auf dem Verhältniss der Stützhöhe von $4 \times 17 = 68$ Fuss construiren konnte.

Für eine freie Weite von z. B. 180 Fuss, für die man einen geraden Gitterbalken von circa 20 Fuss ausführen müsste, würde in der Hängeform ein Balken von 5 Fuss Höhe ausreichen.

Man weiss, wie viel Material bei Gitterträgern zur seitlichen Versteifung und zur Aufrechthaltung des Standes der Balkenwände aufgeht, und was bei hohen Wänden die Diaphragmen und Verticalabstreifungen kosten, um zu ermessen, dass das durch die Hängeform erzielte Resultat der so bedeutend reducirten Wandhöhe in constructiver und öconomischer und jeder Beziehung ein überaus schätzenswerther Vortheil ist. Beim hängenden Gitterbalken tritt überdiess noch das Gute ein, dass beide Streckbänder, das obere wie das untere, vorzugsweise auf Zug in Anspruch genommen werden, und dass der Schwerpunkt der Last und Belastung bedeutend unter den Auflagerpunct des Systems zu liegen kommt, wodurch eben die lothrechte Stellung der Wände sehr befördert und gesichert wird.

Wo ich den Gitterbalken als Versteifungsmedium zum tragenden Bogen oder zur hängenden Kette füge, da ist es wieder ein Balken von der compendiösesten Wandhöhe, z. B. bei einer Spannweite von 180 Fuss eine 5—6 fussige Wandhöhe. Bei der obigen II. und III. Parallele zur Britanniabrücke, wo eine 435fussige freie Weite gegeben war, hat eine 12fussige Wandhöhe des Versteifungsbalkens genügt.

Ich komme mit einigen Andeutungen auf das öconomischste Princip der Vergitterung oder Versteifung des Balkens zu sprechen, wobei ich nebenstehende Skizze zu Hilfe nehme:



Eine schwebende Last P ist durch das System von Gliedern eines geraden Gitterbalkens auf die festen Widerlager zu übertragen. Diess kann auf zweierlei Art geschehen, entweder im Wege diagonalen Zug und diagonalen Druckstreben von a nach b, c, d, e , oder im Wege diagonalen Zug- und verticalen Druckstreben von a nach b, c, d, e, f, g, h u. i . Welcher Weg der Uebertragung ist der kürzere, billigere, bessere? Um auf dem erstern Wege zum Ziele zu gelangen, braucht der Constructeur — beziehlich der obigen Figur die diagonalen Streben ab, bc, cd u. de — im Allgemeinen n Streben von der Hypothenusenlänge $f\sqrt{2}$, wenn f die Wandhöhe bezeichnen soll; und der ganze Weg dieser Streben — von a bis e — ist allgemein $nf\sqrt{2}$ lang. Auf dem andern Wege gelangt man zum gleichen Ziele vermittelst der Diagonalen ab, cd, ef, gh, \dots von der Länge $nf\sqrt{2}$ und vermittelst der Verticalen $bc, de, fg, hi \dots$ von der Länge nf , zusammen von der Wegeslänge

$$nf(\sqrt{2} + 1) = 2.414 f,$$

und die beiden Wege verhalten sich wie $nf\sqrt{2} : nf(\sqrt{2} + 1) = 1.4 : 2.4 = 1 : 1.7$; im Materialaufwand verhalten sie sich wie $1 : 1.5$.

Da es zugleich rationell ist, in Dingen der Construction öconomisch zu Werke zu gehen, und da der Constructeur bestrebt sein muss, mit den billigsten und einfachsten Mitteln die grössten Ziele und Zwecke zu erreichen, so blieb nichts übrig, als sich für das System der ausschliesslich diagonalen Verstrebung zu entscheiden, obwohl tüchtige Constructeure die Meinung vertreten, dass den im System herrschenden Verticalkräften directe durch Verticalstützen entgegenzuwirken sei. Aber die schwebenden Lasten — diese Verticalkräfte — müssen hauptsächlich übertragen werden, und die Uebertragung derselben nach den Seiten hin, das ist die Hauptsache bei dem Vorhandensein der Verticalkräfte. Und da gibt es keine einfachere, directere, schneller zum Ziele führende Linienanordnung, um die Transmission zu bewirken, als die diagonale Zug- und Druckstrebe im gleichgemessenen Zickzack. Man muss in dieser einfachsten Anordnung und in der daraus entstehenden leichtesten Form des Gitters die vollendete Lösung der Gitterbrückenfrage erkennen.

Bei hohen Gitterwänden ist es alsdann freilich nöthig, den diagonalen Druckstreben ein steifes Profil zu geben, wofern man sie mit ebenso viel Pressung in Anspruch nehmen will, wie die Zugstreben auf Zug.

In den gewöhnlichsten Fällen der Balkenconstruction sind Diaphragmen zur seitlichen Versteifung und Feststellung der Wände nöthig, und die verticalen Rahmen derselben dienen zugleich dazu, als verticale Absteifungen der Gitterwände zu fungiren und den Druckstreben, wenn diese gleich den Zugschienen nur flach profilirt sind, zu Hilfe zu kommen und einen Theil der Pressung abzunehmen, damit sie als Flachschiene sicher bestehen können.

V. Parallele zur Britanniabrücke — Fig. 2, Bl. X. — Angelangt bei der auf das Doppelte vergrösserten Spannweite von 960 Fuss bei dem Mittelfelde der Britanniaparakellen zeichne ich schliesslich noch das System einer halbstifen Kettenbrücke, wie ich dasselbe in meiner Abhandlung der „Eisenconstructionen“ Seite 45—46 dargestellt habe und berechne es für den vorliegenden besondern Fall.

Ich setze einen Lasttrain von 6000 Ctr. auf jedes Geleis der zweigeleisigen Brücke. Derselbe wird und soll auf der Brückenbahn 480 Fuss Länge einnehmen. Ich construire die Bahn mit

drei gleichen Hauptträgern für beide Geleise gemeinschaftlich. Die Eigenlast der Construction einschliesslich der Brückenbahn wird im Mittelfelde 20000 Ctr. betragen.

Der Kettenzug aus der Eigenlast der Construction wird 37800 Ctr., die hinzutretende grösste Kettenspannung aus der zufälligen Belastung, wenn diese auf der freien Mitte steht und die halbe Brückenlänge (den geschmeidigen Theil des Hängewerks) einnimmt, wird 21212 Ctr. betragen.

Die Spannung der Kette im Mitteltheil des Systems, zwischen den hereinragenden Balkenspitzen, wird demnach die Summe von $37800 + 21212 = 59012$ Ctr. betragen, und demgemäss einen Querschnitt von $\frac{59012}{230} = 256$ □ Zoll einnehmen,

wenn mit dem Sicherheitscoefficienten von 230 Ctr. pro □ dec. Zoll (= 160 Ctr. pro duodec. Zoll) gerechnet wird. Von da ab, wo sich die geschmeidige Kette in zwei Theile spaltet und vermittelt der Gitterstreben zum steifen Balken wird, behält der obere Theil bei der ihm zukommenden Spannung von obigen 37800 u. 59012 Ctrn. den Querschnitt von 256 bei, der untere bei seinem Zuge von obigen 21212 Ctrn. nimmt jenen von 92 □ Zollen an.

Die Kettenstränge der Seitenfeldbalken nehmen in der Spannung, und also auch in ihrem Querschnitte nach den Wurzeln hin ab und zu: der obere Strang nimmt theoretisch von 59012 bis 0 Ctr. Spannung ab, der untere nimmt von 21212 bis 59012 Ctr. Spannung zu. Demgemäss werden sie zu construiren und zu bemessen sein, wie folgt: Der obere Strang von 256 bis 92 □ Zoll abnehmend, also mit dem mittlern Querschnitte von 174 Zollen, der untere Strang von 92 bis 256 Zoll zunehmend, also mit dem verglichenen Querschnitt von gleichfalls 174 Zollen.

Die Ankerketten beginnen mit der Stärke von 256 Zollen und enden in den Wurzeln mit der Stärke von 300 Zollen, wonach sie den verglichenen Querschnitt v. 278 Zoll besitzen werden.

Die Gitterstreben der Balken in beiden Feldern weisen eine Inanspruchnahme von 6000 Ctrn. nach und beanspruchen demgemäss einen theoretischen Querschnitt von 50 Quadratrollen im Kreuze — wenn der Coefficient von 120 Ctr. pro dec. Zoll hier in Rechnung genommen wird. Das einzelne Strebeglied wird somit theoretisch $8\frac{1}{2}$, practisch 10 Quadratrollen messen.

Die Quer- und Nebenträger der Fahrbahn werden im Zusammenhange mit der Anordnung dreier gleicher Hauptträger dieselbe Einrichtung und dasselbe Gewicht erhalten, wie sie oben bei den Parallelprojecte I und II erhalten haben.

Die Fahrbahn muss mit Hilfe der Stirnbänder an den Querträgern und mit den Diagonalschliessen querüber zu einem steifen Balken im liegenden Sinne und gegen seitliche Bewegung formirt werden. Sie muss gegen den Anprall des Sturmwindes versteift werden.

Was die Steifigkeit des Feldes im lothrechten Sinne und bezüglich der Ketteneinsenkungen bei der Befahrung der Bahn betrifft, so ist die Unbeweglichkeit eine vollständige bei der ungünstigsten Phase der zufälligen Belastung, nämlich bei jener, wo die Kettenspannung am grössten wird und die beiden fahrenden Trains symmetrisch auf die freie Mitte eintreten, hier den geschmeidigen Theil des Systems von 480 Fuss Länge einnehmend: eine Deformation der Kette tritt in diesem Falle nicht ein.

Bei der einseitigen Trainbelastung beider Geleise auf der Hälfte des Feldes vom Aufhängpfeiler bis zur Scheitelmitte, wird eine Deformirung der Kette im geschmeidigen Theile ihrer Länge eintreten und dieselbe wird bezüglich der Einsenkung sich auf

die Bahnlänge von 240 Fussen erstrecken und auf dieser sich verlaufen. Die grösste Cote der Einsenkung oder Deformirung (Abweichung der Kette von ihrer normalen Lage) wird rechnungsgemäss nur 10 Zolle betragen und das beim ledigen Stande der Brücke vorhandene Gefälle der horizontalgedachten Bahn auf das Verhältniss von 1:120 bringen, was noch ein sehr günstiges und unschädliches Gefälle ist.

Gewichtsberechnung. Im Mittelfelde wiegen:

	Ctr.
Die Ketten	14245
Die Gitterstreben	1066
Die Hängstangen	622
Die Querträger der Fahrbahn	2205
Die Schienenträger derselben	2730
Die Stirnbänder der Querträger	826
Die Horizontalstreben der Fahrbahn	680
Das Schutzgeländer	40
zusammen	12414 Ctr.

In den Seitenfeldern wiegen:

Die Ketten	3751
Die Gitterstreben	1866
Die Hängstangen	366
Die Querträger der Fahrbahn	1050
Die Geleiseträger derselben	1365
Die Stirnbänder an den Querträgern	413
Die Horizontalkreuze der Fahrbahn	340
Das Schutzgeländer	20
zusammen	9171 Ctr.

Die Ständer auf den Hängepfeilern wiegen	264
Die Rollwägen auf denselben	60
Die Ankerketten wiegen	1478
zusammen	1802 Ctr.

womit sich das Gesamtgewicht des Schmiedeisens auf 23387 Ctr. stellt, in abgerundeter Zahl auf 24000 Ctr. was pro laufenden Fuss zweier Geleise 17 Ctr. beträgt.

Das Gusseisen der Lager und Stühle wird ein Gewicht von 300 Ctr. beanspruchen.

Was die Montirung dieser Construction in dem zum Vergleich gestellten speziellen Falle betrifft, so unterliegt es keinem Anstande, dieselbe im Mittelfelde ohne stabile Nothgerüste zu bewerkstelligen. Auf schwimmenden Gerüsten wird man die geschmeidigen Theile der Kette zusammensetzen und während der gehobenen Flut wird man die letzten Bolzen zwischen Kette und Balken einstecken, um beide Theile der Construction — den geschmeidigen und den steifen — zusammenzuhängen. Nach diesem kann die Fahrbahn eingehängt werden.

Das hier dargestellte zwar halbsteife, jedoch für den Locomotivbetrieb vollkommen brauchbare System einer Kettenbrücke von grosser Spannweite ist das billigste unter allen.

Ich komme zu dem Schlusse, dass man bei Construction von Eisenbahnbrücken von grossen Spannweiten, um öconomisch zu sein, entweder eine hängende Gitterbrücke nach der vorhergehenden Art (der Parallele IV) oder eine Kettenbrücke nach der gegenwärtigen Art (der V. Parallele) anwenden wird. Die erstere stellt sich im Vergleiche mit der Britanniabrücke um 71%, die andere um 86% billiger im Eisen und beide bringen überdies noch ein Steinquantum von 300000 Cub' Mauerwerk durch den Wegfall des mittelsten Pfeilers der Britanniabrücke in Ersparung.

I.

Parallele zur Rheinbrücke bei Mainz.

(Mit dem Zeichnungsblatte XII.)

Zu der im vorigen Jahre vollendeten Brücke über den Rhein bei Mainz möchte ich noch eine Parallele ziehen. Sie ist nach Pauli's System erbaut und ein interessantes Bauwerk.

Ich werde zunächst die 4 grossen Oeffnungen der Strombrücke betrachten, und unter Beibehaltung der ausgeführten Lichtweiten und Pfeilerstärken die Bogenstützweite $l=316$ und den Pfeil $f=63$ Fuss haben. Die Bogenfüsse stützen sich über der Hochwasserlinie auf die Pfeiler und diese sind, mit ihrer Nachmauerung versehen, stabil gegen den Schub der Bögen.

Ich nehme zur Berechnung die bei der ausgeführten Brücke in Geltung gewesene Probelast von $P=9000$ Ctr. pro Feld. Das Constructionsgewicht wird mit dem Vorausmaasse von gleichfalls 9000 Ctr. $=\alpha P$ in Rechnung gesetzt. Auf Grund dieser Daten die Festigkeit rechnend findet man das Gewicht des Eisens eines Feldes der Strombrücke:

Die Tragbögen wiegen	1763	Ctr.
Die Gitterbalken sammt Zugehör	1657	„
Die Verticalständer	274	„
Die Querträger sammt Trottoir	325	„
Die Schienenlängsträger	352	„
Die Querstege zwischen den Bögen	34	„
Die Querrahmen zwischen den Balken	182	„
Die Verticalkreuze	24	„
Die Horizontalkreuze	180	„
Das Schutzgeländer	50	„
Die Schrauben und Nieten	59	„
Zusammen Schmiedeisen für ein Feld	4900	Ctr.
Für alle 4 Felder der Strombrücke	19600	„
d. i. pro laufenden Fuss eines Geleises	15½	„
An Gusseisen für die Bogenfusschuhe sind bei allen 4 Feldern erforderlich	200	„

Die ausgeführte Brücke ist in den 4 Stromfeldern mit 24616 W. Ctrn. (= 1357 Tons) Schmiedeisen und mit 1446 W. Ctr. (= 80.8 Tons) Gusseisen berechnet. Im Entgegenhalte zu meiner Parallele zeigt sich also eine Gewichts-differenz von

$$24616 - 19600 = 5016 \text{ Ctr. Schmiedeisen und}$$

$$1446 - 200 = 1246 \text{ „ Gusseisen,}$$

d. i. ein Minderbedarf von 20 pCt. im Schmied- und von 86 pCt. im Gusseisen bei der Construction der 4 Stromfelder.

Die kleineren Fluth- und Seitenöffnungen der Brücke im gleichen Geiste der Parallele behandelnd findet man für die ganze Brücke ein Totalgewicht von 27323 Ctr. Schmied- und 340 Ctr. Gusseisen, zusammen von 27663 Ctr. Eisen, entgegen dem Totalgewicht von 36354 Ctr. bei der ausgeführten Rheinbrücke, was eine 24procentige Gewichts-differenz im Eisen zu Gunsten der Parallele bedeutet.

Die Details meiner Bogenbrücke sind so einfach, dass die Construction um den Einheitspreis einer Gitterbrücke von grösserer Art hergestellt werden kann. Das System besteht eben nur aus einem compacten und simplen Bogenbände von der Form des doppelten T und aus einem Gitterbalken einfachster Gestalt, welche beiden Theile durch Verticale aus Winkeleisen zusammengesetzte Ständer verbunden sind; wogegen die Ausführung des Pauli'schen Systems eingestandenermassen viel grössere Arbeitskosten verursacht als eine gerade Fachwerkbrücke.

Wenn die Rheinbrücke bei Mainz $715000:36300 \doteq 20$ fl. pro W. Ctr. gekostet hat und eine gerade Fachwerkbrücke um 18 fl. pro Ctr. hergestellt wird, und also für die Herstellung meines Systems auch 18 fl. angesetzt werden darf, wornach diese Parallele nur $27663 \times 18 = 497934$ fl. in Anspruch nehmen würde, so finde ich die Kostendifferenz von $715000 - 497934 = 217066$ fl., d. i. 30 pCt. der Kosten beim Eisen.

K.

Die Bogenbrücke im Vergleich zur Gitterbrücke.

(Mit dem Zeichnungsblatte XIII.)

Nun zeichne ich noch eine Bogenbrücke meiner Art zum Vergleiche mit der Gitterbrücke, diese in der öconomischsten und vollendetsten Form eines Trägers von gleichem Widerstande genommen.

Ich setze zum Vergleiche eine Gitterbrücke von 180 Fuss Lichtweite zwischen den Pfeilern und von 20 Fuss Wandhöhe für zwei Geleise construirt.

Der Gitterbalken, den ich bei meiner Bogenbrücke — als integrirenden Bestandtheil der Construction — anwende, sei nach demselben Princip der Gitterversteifung gebaut und in gleicher Weise zum Träger von gleichem Widerstande ausgebildet,

wie bei der verglichenen Gitterbrücke; nur wird er hier die Wandhöhe von 6 Fuss haben, wogegen er dort 20 Fuss hoch ist. Auf dem Zeichnungsblatte XIII erscheint diese Parallelconstruktion abgebildet.

Die zufällige Belastung sei $P=7200$ Ctr., die Constructionslast $\alpha P=3600$ Ctr. für beide Geleise. Somit berechnet sich die grösste Tangentialspannung am Bogenfusse mit

$$T = \frac{(\alpha + 1) Pl}{8f \cos \varphi} = \frac{10800 \times 180}{8 \times 20 \times 0.914} = 13293 \text{ Ctr.}$$

Auf gleiche Grundlagen der Sicherheit, wie bei der Gitterbrücke gerechnet, und mit dem Coefficienten von 125 Ctr. pro Zoll

gleichlängste Dauer construiren; aber was die Oeconomie im Materialaufwande und die Leichtigkeit und Zierlichkeit in der äussern Form betrifft, so sind es hier wie bei den Eisenconstructions wieder die Bogenbrücken, welche den Vorzug verdienen.

Ich will der gegenwärtigen Sammlung von Parallelen zu ausgeführten Brücken meine Bogensysteme für Holz anfügen und

1. provisorische oder Interimsbrücken zeichnen, welche auf hölzernen Jochen oder eingerammten Pfählen ruhen; dann
2. eine definitive Bogenbrücke von Holz auf steinernen Pfeilern setzen, für mässige Spannweiten und niedrige Bauhöhen berechnet; endlich
3. eine definitive Holzbrücke für grosse Spannweiten vorzeichnen, wie sie bei genügendem Bogenpfeil für Spannweiten bis zu 200 — 300 Fuss ausgeführt werden kann. Hieran will ich
4. noch die Darstellung eines Bogengerüsts zur Montirung von Eisenconstructions knüpfen.

I. Provisorische Bogenbrücken und Viaducte von Holz.

(Mit dem Zeichnungsblatte XIV.)

Ich nehme bei dieser Studie für ein Provisorium die geringe Bogenstützweite von $l=60$ Fuss und dazu die Stützhöhe des vollen Bogens, d. i. die Höhe von $f=30$ Fuss.

Indem ich eine zweigeleisige Eisenbahnbrücke denke und vorstelle, habe ich die grösste variable Belastung von $P=2400$ Ctr. und die Constructionslast von $\alpha P=800$ Ctr. auf einem Felde, also die Gesamtlast von $(\alpha+1)P=3200$ Ctr. pro Feld.

Die tangentielle Bogenpressung berechnet sich damit

$$\text{im Bogenscheitel auf } H = \frac{3200 \cdot 60}{8 \cdot 30} = 800,$$

$$\text{am Bogenfusse auf } T = \frac{800}{\cos \varphi} = 2000 \text{ Ctr.},$$

wo ich $t g \varphi = 2$, $\cos \varphi = 0.446$ setze.

Die (4) Bohlenbögen fassen zusammen einen Querschnitt von $4 \square$ Fuss und widerstehen mit $\frac{2000}{4.144} = 3\frac{1}{2}$ Ctr. pro duod. Zoll, was theoretisch eine sehr mässige Inanspruchnahme bezieht.

Die Balkenröste auf den Bögen werden mit $\frac{1}{4} \cdot 2400 = 600$ Ctr. auf der Länge von $\frac{1}{2} l = 30$ Fuss auf Biegung beansprucht, wenn die zufällige Belastung auf einer Hälfte des Brückenfeldes vorhanden ist.

Die (4) Balkenröste messen, bei 12" Breite und 24" Höhe im einen, den Gesamtquerschnitt von 1152 \square duod. Zoll, und es bestehen die Relationen für das Tragvermögen und Tragmoment:

$$600 = \frac{8M}{\frac{1}{2}l} = \frac{M}{45}, M = \frac{at}{\frac{1}{2}h} = \frac{at}{12}, \text{ u. } t = 4.24^3,$$

womit sich die Inanspruchnahme pro Zoll mit $a = 6$ Ctr. herausstellt.

Im gleichen Verhältniss erweisen sich die übrigen Theile der Construction stark construirt und vermöge ihrer starken Bemessung bei geringer Inanspruchnahme auf die längste Dauer berechnet.

Die horizontalen durch die Füsse der Bögen gezogenen, in den Landwiderlagen oder sonst im Seitenlande festgeankerten Schliessen — 4 an der Zahl — haben den obberechneten Horizontalschub von 800 Ctr. aufzunehmen, wenn dieser bei Partialbelastungen der Brücke (bei der Belastung einzelner Felder) ein-

seitig auftritt. Die Schliessen hängen zwischen den Bogenfüssen in einer Kettenlinie von sehr geringem Pfeil. Damit die aus ihrem, 15 Ctr. betragenden Eigengewichte resultirende Spannung dem Zuge von 800 Ctr. gleich sei, hat der Pfeil 1 $\frac{1}{2}$ Zoll zu betragen. Auf dieser Hängeform sind die Schliessen in ihrer freien Mitte durch ein Hängband unterfangen und getragen.

Berechnung des Materialaufwandes an Holz und Eisen für die Construction eines Feldes inclusive der Brückenbahn mit Ausschluss der Bahnschienen.

In einem Brückenfelde messen:

Die (4) Bohlenbögen	360 Cub.'
Die (4) Balkenröste	480 "
Die Verticalständer	480 "
Die Hauptquerträger	270 "
Die Zwischenquerträger	130 "
Die Horizontalkreuze	40 "
Die Verticalkreuze	120 "
Die Schutzgeländer	110 "
Die Horizontalbänder	12 "
Die Schienenlangschwelen	120 "
Die Brückenbedielung	200 "
Zusammen weiches Gehölze	2322 Cub.'

macht im Gewichte ungefähr 774 Ctr. Dieses Gewicht gibt mit Hinzurechnung der Geleisenschienen der Fahrbahn im Betrage von 60 " das Eingangs mit 800 Ctr. angenommene Constructions-gewicht von 834 " wenn hiervon das Gewicht der Ständer auf den Jochen hinweggedacht wird.

Um für ein Brückenfeld fortzurechnen, kommt noch ein Erforderniss an Pilotenholz etwa 1000 C' und an vierkantigen Kappholz 100 C'. Der Bedarf für ein Joch ist indess je nach der Stellung desselben im Wasser oder ausserhalb und besonders je nach der Höhe des Baues verschieden.

Für ein Feld sind noch zu berechnen:

Die Eisenschliessen mit	15 Ctr.
Die Rostschrauben mit	1 "
Nägel	1 "
und beträgt das Eisen für ein Feld	17 Ctr.

Die Dauer der Jochbrücke hängt von der Dauer der Pilotenjoche ab. Mit dem Bestande dieser besteht der übrige Theil der Construction, die obern Theile sind jedenfalls vermöge des mässig angenommenen Festigkeits-Coefficienten auf die längste Dauer berechnet.

2. Definitive auf Steinpfeiler gebaute Bogenbrücken von Holz.

(Mit dem Zeichnungsblatte XV.)

Wenn ich hier eine Brücke von 84fussiger Lichtweite im Felde mit steinernen Pfeilern von der, in der Zeichnung dargestellten, Stärke und Höhe annehme, so habe ich einen Fall der Wirklichkeit vor Augen, nämlich die Berauner Chaussébrücke in ihrem dermaligen Unterbaubestande als Substrat für meine gegenwärtige Parallele — für eine definitiv auf die längste Dauer berechnete Bogenbrücke von Holz.

Bei der Brückenbahnbreite, für welche die Berauner Strassenbrücke angelegt ist, und für welche sie dereinst reconstruirt werden kann, fällt eine zufällige Belastung von $P=1700$ Ctr.

und eine Eigenlast von $\alpha P = 900$ Ctr. auf ein Feld; beide geben die Gesamtlast von $(\alpha + 1) P = 2600$ Ctrn. in die Rechnung. Zur Stützweite von $l = 84'$ kommt der Bogenpfeil von $f = 14'$, womit sich die tangentiale und grösste Pressung im Bogen mit

$$T = \frac{(\alpha + 1) P l}{8 f \cos \varphi} = 2344 \text{ Ctrn.}$$

berechnet. Drei Bogen, jeder von 1 □ Fuss Querschnitt tragen das Feld und widerstehen mit $\frac{2344}{3 \times 144} = 5\frac{1}{2}$ Ctr. pro duod. Zoll, was wohl eine mässige der längsten Brückendauer entsprechende Inanspruchnahme ist, und bei rechtzeitig gefällten Fichten oder Tannen eine 12fache Sicherheit gewährt.

Die Rostbalken auf den Bogen tragen bei einseitiger zufälliger Belastung auf der halben Feldlänge von $\frac{1}{2} l = 42'$ die Last von $\frac{1}{2} P = 425$ Ctr. bei einer grössten Biegungsanspruchnahme von $a = 8\frac{1}{2}$ Ctr. pro Zoll, wie die Rechnung gibt.

Die Querträger der Fahrbahn sind aus Hölzern von 10 und 12" gem Querschnitte stark genug bemessen. Sie tragen das Räderpaar eines 200 Ctr. schweren vierradrigen Wagens mit $a = 6$ Ctr. pro Zoll. Die Längenhölzer sind $\frac{3}{8}$ zöllige und widerstehen der grössten zufälligen Last mit $12\frac{1}{2}$ Ctr. pro Zoll. Diese Hölzer brauchen eben nicht für die längste Dauer bemessen zu sein, denn sie werden während des Bestehens der Brücke von Zeit zu Zeit ausgewechselt werden können. Auch die Dielen sind mit $\frac{3}{8}$ zölligem Querschnitte stark genug bemessen und tragen 12 Ctr. pro Zoll. Mit $\frac{3}{8}$ zölligem Querschnitte tragen sie 10, mit $\frac{3}{8}$ "gem 9 Ctr. pro Zoll.

Berechnung des Holzbedarfs nach Cub. Inhalt und Gewicht für ein Brückenfeld. Es messen:

die (3) Tragbögen	270 Cub'.
die (3) Rostbalken	576 "
die Verticalständer	270 "
die Zwischenkreuze	75 "
die Horizontalkreuze	40 "
die Querträger	427 "
die Längsträger	200 "
die Saumschwellen	192 "
die Schutzgeländer	174 "
die Bedielung	600 "

Zusammen weiches Holz 2824 Cub'.

mit einem Gewicht von circa 950 Ctrn.

An Gusseisen sind für ein Feld zu rechnen:

die (6) Bogenfusssschuhe à $2\frac{1}{2}$ Ctr.	15 Ctr.
die (32) Radabweiser à $\frac{1}{2}$ Ctr.	16 "

Zusammen an Guseisen 31 Ctr.

3. Bogenbrücke für grössere Spannweiten.

(Mit dem Zeichnungsblatte XVI.)

Bei Bogenspannweiten von über 120 Fuss reicht man mit einem Rostbalken aus zwei zusammengelegten verzahnten oder verkeilten Bäumen behufs der Versteifung und Constituirung des Systems nicht mehr aus und man muss einen Versteifungsbalken von grösserer Höhe anwenden. Da leistet nun der Howe'sche Balken, mit dem Bogen in Verbindung gebracht, gute Dienste. Es genügt ein Howe'scher Träger von 6 Fuss Höhe zur Versteifung eines Bogens von 180fussiger Stützweite. Ich präsentire auf dem Zeichnungsblatte Nr. XVI die Abbildung

einer solchen Bogenbrücke für 180 Fuss Weite, mit der Versteifung durch den Howe'schen Balken von 6 Fuss Höhe.

Festigkeits-Rechnung und Material-Bemessung.

Die zufällige Last eines zweigeleisigen Brückenfeldes im Betrage von $P = 7200$ Ctrn. und die Constructions-Last von $\alpha P = 4800$ Ctrn., also die Gesamtlast von $(\alpha + 1) P = 12000$ Ctrn. gibt mit $l = 180'$ und $f = 36'$ die grösste Tangentialpressung im Bogen

$$T = \frac{(\alpha + 1) P}{8 f \cos \varphi} = \frac{12000 \cdot 180}{8 \cdot 36 \cdot 0.78} = 9615 \text{ Ctr.}$$

Die (3) Bögen fassen den Querschnitt von 1440 □ Zollen und widerstehen mit $\frac{9615}{1440} = 7$ Ctrn. pro Zoll (duod.).

Die Gitterbalken in der Länge von $\frac{1}{2} l = 90$ Fuss, von der Last $\frac{1}{2} P = 1800$ Ctr. auf Biegung beansprucht, widerstehen mit $a = 8$ Ctr. pro Zoll. Denn man hat für das Tragvermögen und Tragmoment, dann für das Trägheitsmoment beziehungsweise die Relationen

$$1800 = \frac{8 M}{\frac{1}{2} l} = \frac{M}{135}, \quad M = \frac{at}{\frac{1}{2} h} = \frac{at}{36}, \quad t = \frac{1}{2} F h^2, \quad \text{wo } F = 480 \text{ □" und } h = 72 \text{ "}$$

Bei der gewählten Anordnung von drei gleichen Tragbögen, wo den mittleren zwischen den beiden Eisenbahngleisen liegenden das Doppelte der auf die beiden andern entfallenden Last treffen würde, sind die Querträger für die ganze zweigeleisige Bahnweite tragfähig construirt gedacht, so dass alle drei Bogen und Balken gleichmässig belastet und beansprucht werden müssen. Die ganze Stützweite eines Querträgers ist 30 Fuss, seine Höhe 26 Zoll. Sie bestehen aus einem Rost von drei übereinander gelegten, verschraubten Hölzern. Sie haben einzeln die grösste Last von 500 Ctrn. zu tragen und widerstehen mit $a = 6$ Ctrn. pro Zoll.

Die (3) Gitterbalken haben auf den gemauerten Pfeilern eine Auflage und eine Verankerung; die erstere gegen den Druck von $\frac{1}{2} P = 900$ Ctrn., die andere gegen den gleich grossen, aufwärts gehenden Zug von 900 Ctrn. gerichtet, welche Kräfte bei der zufälligen einseitigen Belastung des (halben) Feldes einerseits und andererseits der Brücke eintreten.

Die (8) Ankerstangen von Eisen erheischen hier einen Querschnitt von $\frac{900}{100} = 9$ □ Zoll, einzeln von 3 □ Zoll, und

müssen demnach von 2zölligem Durchmesser sein.

Die Hängschrauben des Howe'schen Gitters verlangen hier gleichfalls einen 2zölligen Durchmesser, denn es ist dieselbe Last oder Kraft von 900 Ctrn., welche auf je drei derselben bei vorkommender grösster Biegungs-Inanspruchnahme entfällt.

Auf die Gitterstreben von $\frac{7}{8}$ "gem Einzelquerschnitt und von 294 □ Zoll Gesamtquerschnitt (für 6 Strebeglieder nach der Brückenbreite) kommt die Pressung von $\frac{900}{\cos 45^\circ} = 1300$ Ctr. Der Widerstand derselben beträgt demnach auf den Zoll $\frac{1300}{294} = 4\frac{1}{2}$ Ctr.

Die Verticalständer sind mit 156 □ " im Einzelquerschnitt bemessen, von welchen jedoch nur effective 108 Zolle auf die Inangriffnahme der Pressung von 200 Ctrn. zu rechnen sind, so dass circa 2 Ctr. Pressung auf den Zoll entfallen. Der Ueberfluss

an Querschnittsmateriale hier muss bei der schlanken Gestalt der Glieder auf die Rücksicht gegen das Verknicken gesetzt werden. Die horizontal eingelegten Bänder sind hier gleichfalls gegen das Verbiegen der schlanken Ständer gerichtet.

Materialberechnung nach Cubikmass und Gewicht für ein Feld.

Der Holzbedarf ist:

Für die (3) Tragbögen	1980 Cub.'
" " (3) Howe'schen Träger	2888 "
" " (18) Querträger	2178 "
" " (18) Ständer	2700 "
" " Vertikalkreuze	550 "
" " Horizontalkreuze	400 "
" " horizontalen Bänder	198 "
" " (4) Schienenlangschwelen	924 "
" " (12) Dielenschwelen	594 "
" " Dielung	693 "
" " Holznägel in den Bohlenbögen	20 "
Zusammen	13125 Cub.'

Dieses Quantum weichen Holzes hat ein Gewicht von circa 4400 Ctr.

Der Schmiedeeisenbedarf ist:

Für die (162) Hängschrauben der Gitter	93 Ctr.
" " (6) Ankerschrauben	11 "
" " Rostschrauben in den Querträgern (72 Stück zu 28" Länge, 1" Durchmesser)	5 "
" Schrauben in den Schienenlangschwelen, 72 Stück von 40" Länge	7 "
" anderweitige 37" lange Schrauben v. $\frac{1}{4}$ "gem Durchmesser in den Ständerköpfen, 2 x 108 = 216 Stück	5 "
" andere 48" lange, 1" dicke Schrauben durch die Tragbögen und Ständerfüsse, 108 Stück	13 "
An Eisen zusammen	134 Ctr.

Die beiden Gewichtsposten für das Holz und das Eisen im Betrage von 4534 Ctrn. geben das Eingangs für die Festigkeitsrechnung genommene Constructionsgewicht, wenn auch noch das Gewicht der Geleiseschienen der Fahrbahn mit 180 Ctrn. hinzugefügt wird.

Der Gusseisenbedarf ist für die (6) Bogenfusschuhe eines Feldes 40 Ctr.

Vergleich mit der Howe'schen Balkenbrücke gewöhnlicher Construction.

Eine Howe'sche Brücke für 180 Fuss Spannweite im Felde und mit 20 Fuss hoher Tragwand ausgeführt, zweigeleisig und

die Fahrbahn oben liegend angenommen, würde pro Brückenfeld ein Quantum von 18,000 Cub.' Holz und ein Eisengewicht von 250 Ctrn. in Anspruch nehmen; und dieses Erforderniss berechnet sich bei einer Beanspruchung des Holzes mit 16 Ctr. pro □Zoll.

Der Minderbedarf der parallelen Bogenbrücke stellt sich also im Vergleiche mit der Balkenbrücke bedeutend heraus. Er beträgt nämlich beim Holze 30, beim Eisen 45 %.

4. Das Bogengerüst zur Montirung.

(Mit Zeichnung auf Blatt XVI.)

Beim Baue stabiler Brücken über reissende Wässer ist es misslich und ungerathen, Nothgerüste Behufs der Montirung von Eisenconstructions in das Flussbett zu stellen und sie Wochen oder Monate lang darin stehen lassen zu wollen. Die Hochwässer kommen unerwartet und oft und können das Gerüst und die Montirung gefährden.

Ein Gerüst, dessen Aufstellung ungemein schnell und leicht vor sich gehen kann und welches keine Unterstützung durch Piloten oder Böcke im Flusse braucht, ist das Bogengerüst, wovon ich in den Figuren 4 und 5 des Zeichnungsblattes eine Abbildung anschliesse. Zur Aufstellung dieses Bogengerüstes selbst sind allerdings einige Böcke im Flussbette aufzustellen, aber diese Provisorien können in einigen Tagen als weiter nicht benötigt, entfernt werden, denn die Herstellung des Bogengerüstes ist eine Arbeit von einigen Tagen. Einmal aufgestellt, steht es für sich und trägt sich frei, und dient der Eisenconstruction zur Montirung auf Ort und Stelle.

Wenn mit der Montirung der Eisenconstruction auf der freien schwebenden Mitte des Bogengerüstes begonnen und die Arbeit nach beiden Seiten hin gleichmässig fortgesetzt wird, so genügt zur Versteifung des Gerüstbogens der einfache oder doppelte (gekuppelte) Baumstamm über dem Bogen.

Angenommen, es sei eine eiserne zweigeleisige Bogenbrücke von 180füssiger Spannweite zu montiren und das Bogengerüst dazu herzustellen. Die Eisenconstruction solle 3300 Ctr. wiegen, das Gewicht des Gerüstes wird — bei 6500 Cub.' Gehölz für es — 2200 Ctr. betragen und wird die Festigkeitsrechnung für die Gesamtlast von 5500 Ctr. durchzuführen sein. Die grösste Bogenpressung wird sich mit 4400 Ctr. berechnen und die Pressungs-Inanspruchnahme der Bögen, bei 288 □Zoll Querschnitt für beide, wird 15 Ctr. pro Zoll betragen, was eine entsprechende Inanspruchnahme für ein Provisorium ist, welches nur kurze Zeit zu dauern hat.

SCHLUSS.

Ich eile zum Schlusse. Mögen die Männer vom Fache verzeihen, dass ich es war, der es unternommen hat — unverzagt und unverdrossen — den Brückenconstructions-Bau einer umfassenden Revision zu unterziehen und ihn durch die Aufstellung einiger verbesserter Systeme auf eine weitere Stufe der Ausbildung zu stellen. Die Nachwelt wird es mir Dank wissen und Anerkennung dadurch zollen, dass sie die Systeme gern ausführen und anwenden wird.

Ich fordere schliesslich im reinen und gemeinnützigen Interesse der Sache Diejenigen, welche an der Wahrheit meiner Aufstellungen und an der Richtigkeit meiner Rechnungen noch zweifeln, dringend auf, mich zu widerlegen. Wenn Jemand mich überzeugt, dass diese Blätter Irrthümer enthalten, oder die zur Grundlage genommene Theorie meiner Eisenconstructions unhaltbar ist, so werde ich ehrlich und öffentlich es eingestehen. Wenn Jemand geschickte und kluge Scheingründe gegen mich bringt, so werde ich sie widerlegen. —

Ich lasse zum Schlusse noch die Zusammenstellung der bis jetzt in verschiedenen Fachblättern erschienenen Gutachten und Berichte über meine vorgeführten Constructions folgen. Sie lauten alle günstig.

1. Aus dem Centralblatt für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt in Oesterreich, Nr. 22, I. Jahrgang 1862:

Literaturbericht über die „Eisenconstructions für Brücken und Dachstühle

von Josef Langer.“

Unter diesem Titel ist vor Kurzem eine Broschüre, nebst Atlas und Appendix erschienen, welche gleichsam die zweite Auflage zu der von dem Verfasser vor drei Jahren herausgegebenen ersten Broschüre „über die balken- und bogenförmigen Gitterbrücken“ bildet. Ingenieur Langer hat in derselben die seither durch Studien, sodann durch directe Belastungsversuche an einem eisernen Brückenmodell von ansehnlicher Grösse gemachten Erfahrungen niedergelegt und spricht die Ueberzeugung aus, dass seine Systeme nicht nur die nöthigen Eigenschaften der Tragfähigkeit und Tragsicherheit, sondern auch die wünschenswerthen Vorzüge der Oeconomie im Kostenaufwande besitzen; dass sie ganz allgemein für grosse und kleine Spannweiten anwendbar sind; dass einige derselben für grosse Spannweiten sich ganz besonders eignen, und dass alle ohne Ausnahme dem Locomotivbetriebe werden dienen können.

Die gegenwärtige Auflage enthält Langer's Eisenconstructions für Brücken und Dachstühle nach verschiedenen Systemen geordnet, berechnet und abgebildet. Die jedem einzelnen Systeme beigegebene Rechnungstheorie mit den im Atlas angehängten Zeichnungen geben dem vorliegenden Werkchen schon einen practischen Werth und bevorzugen es augenscheinlich vor der ersten Auflage seiner Broschüre, welche dieselben Constructionssysteme vorerst nur in Hauptumrissen der Rechnung und Darstellung, in mehr anregender als ausführender Weise gebracht hat.

Eine Vergleichung dieser zweiten Auflage mit der ersten

wird erkennen lassen, dass die Broschüre besonders durch neu Hinzugekommenes eine gänzliche Umwandlung, Verbesserung und Vervollständigung im besagten practischen Sinne erfahren hat.

Eine Brücke nach Langer's Systeme mit steifem Kettenhängwerk würde bei einer Flussbreite von 600 Fuss einen Metallaufwand von 4000 Ctr. und bei einer Strombreite von 1200 Fuss einen Metallaufwand von 14000 Ctr., für eine Doppelschienenbahn und bei Anwendung einer guten Eisengattung mit einem fünffachen Tragsicherheitscalcul erfordern, wobei nur zwei Mittelpfeiler zunächst der Ufer des Normalbettes nebst zwei Landpfeilern an den Grenzen der Inundationslinie zu fundiren sein würden. Langer berechnet, dass die Kosten für eine solche Brücke sich nicht höher belaufen würden, als jene für die Herstellung einer hölzernen Jochbrücke, im schlimmsten Falle einschliesslich der von Zeit zu Zeit sich bei letzterer wiederholenden Reconstructionen.

Die in Folge des hohen Staatsministerial-Erlasses vom 22. März 1862, Z. 5611—525, abgehaltene commissionelle Belastungsprobe mit dem Brückenmodelle, welches die Direction der gräflich Henckl v. Donnersmarck'schen Güter und Gewerkschaften nach Ingenieur Langer's Systeme anfertigen und im hiesigen k. k. polytechnischen Institute aufstellen liess, hat ein günstiges Resultat geliefert und es wäre nur zu wünschen, dass recht bald eine Brücke nach diesem Systeme im Grossen ausgeführt würde, um dieses System in der practischen Anwendung erproben zu können. Wir glauben vor der Hand die oben bezeichnete Brochure den Fachmännern zur angemessenen Würdigung bestens empfehlen zu können. P.

2. Aus Waldheims Illustrierte Zeitung Nr. 24, 1862, dem dortigen Berichte über die Weltausstellung in London entnommen:

Die Weltausstellung in London.

Das Problem der Anwendbarmachung von Kettenbrücken für den Locomotivbetrieb ist in neuester Zeit mehrfach gelöst. Die natürlichste und beste, weil öconomischste Lösung scheint die vom Ingenieur J. Langer construirte steife Kettenbrücke zu sein, wovon derselbe eine Modellbrücke von 32 Fuss Länge behufs der practischen Erprobung des Systems durch directe Belastung für die Londoner Industrie-Ausstellung hat anfertigen lassen. Eine amtlich-commissionelle Belastungsprobe hat diesfalls stattgefunden, und das Resultat derselben ist, wie der Inhalt des aufgenommenen und uns vorliegenden Protocolls lehrt, befriedigend ausgefallen. Das originellste an diesem System ist in constructiver Beziehung das, dass gewissermassen eine Kettenbrücke ohne Kettenverankerung dasteht. Eine gewöhnliche lang gestreckte Kettenverankerung und ein gewöhnliches damit verbundenes Lastmauerwerk ist nicht vorhanden. Die hier angewendete Verankerung an den Enden der Kette ist eine sehr compendiöse und verticalabsteigende und genügt als Lastmauerwerk zugleich ein einfacher schmaler Landpfeiler. Aber die Hauptsache ist bei dieser Construction die Oeconomie; und darin liegt die grösste Bedeutung für die Zukunft des Systems.

Denn in der Umgehung des kostspieligen Verankerungs-Apparats gewöhnlicher schlapper Kettenbrücken und dann in der Ausnutzung der sogenannten Spannketten der gewöhnlichen Hängwerke durch Einführung von drei Brückenfeldern liegt eine so ausgiebige Material- und Kostenersparniss, dass diese steife für Befahrung mit Dampftrains geeignete Kettenbrücke im strengen Vergleiche — besonders bei grossen Objectsweiten — billiger herzustellen sein wird, als geschmeidige nur für Strassenverkehr anwendbare Kettenbrücken sind, und dass man hierfür dieses neue steife System auch bei Strassenüberbrückungen wird ausführen und anwenden können. Es steht zu erwarten, dass dieses Brückensystem bald die allgemeinste Anwendung finden wird, umso mehr, als das Bedürfniss nach wohlfeilen Brückenbausystemen von grossen Spannweiten beim jetzigen rasch wachsenden Eisenbahnwesen ein allgemein gefühltes ist.

3. Aus der Allgemeinen Bauzeitung von L. Ch. Förster, Literaturblatt, Band VII, Nr. 8, 1862:

Die Eisenconstructions

für Brücken und Dachstühle, von J. Langer, Ingenieur. Zweite gänzlich umgearbeitete und stark vermehrte Auflage. Mit einem Atlas in 15 Blättern nebst Holzschnitten im Texte. Wien 1862, Selbstverlag. Druck von Friedrich Förster.

Unter diesem Titel ist eine Broschüre erschienen, welche dem Zwecke der Ausbildung und Verwohlfeilerung der eisernen Brücken und Dachstühle gewidmet ist, und die Darstellung diesfälliger neuer Constructions-Systeme in Zeichnung und Rechnung zum Inhalte hat.

Hauptsächlich geht diese Schrift dahin, das an sich am wenigsten kostspielige und für grosse Spannweiten am meisten geeignete System der Kettenbrücken durch das Mittel der Versteifung für den Locomotivbetrieb anwendbar zu machen.

Und dieser Zweck ist sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Beziehung, namentlich durch die Aufstellung des Wagebalkensystems Seite 26 u. f. u. Zeichn. Nr. 10 d. Atlas so vollkommen erreicht, dass — wie überzeugend dargethan wird — das modificirte steife System sogar um denselben Kostenpreis herzustellen sein wird, als das bisher nur für Chausséebrücken angewendete schlappe Kettenbrückensystem, und dass man jenes selbst bei gewöhnlichen Strassenbrücken statt des schlappen mit öconomischem Vortheil wird anwenden können.

Die Wichtigkeit seiner Aufgabe schätzend, hat der Verfasser sich nicht mit der Aufstellung der Theorie und mit der Durchführung der Rechnung dieses originellen Kettenbrückensystems allein begnügt, sondern hat dasselbe auch in einem eisernen Modell von 30 Fussiger Länge zur Anschauung gebracht, und dieses behufs der practischen Erprobung des Systems einem rationellen Belastungsverfahren unterzogen, dessen höchst befriedigend lautende Resultate im Anhang der Broschüre zu lesen sind.

Ausser diesem Anhang hat die Broschüre dem Inhalte nach drei Theile. Der erste enthält die balkenförmigen oder geraden Brücken eigener Construction; der zweite entwickelt die bogenförmigen Systeme der Häng- und Sprengwerke eigener Art; der dritte Theil behandelt die balken- und bogenförmigen Dachstühle, welche den vorhergehenden Brückensystemen durch Modificirung entnommen sind.

Da präsentiren sich zuerst die geraden Balken, denen man es ansieht, dass sie — in dieser Weise ausgeführt und behan-

delt — den Uebergang zu den bogenförmigen Häng- und Sprengwerken bilden. Dann kommen die bogenförmigen Träger selbst in einfacher und in combinirter Construction, alle das Princip der Versteifung der natürlichen Stützlinie und Kettenlinie enthaltend und veranschaulichend. Da sind Constructions für alle Spannweiten — für kleine Bogenbrücken und grosse Hängwerke, Systeme für alle practischen Fälle, welche beim Bau einer Eisenbahn oder Chaussée vorkommen können, eine genügende Auswahl für die grosse Praxis, eine Sammlung von zehn Systemen.

Was die Dachstühle betrifft, so sieht man ihnen die Leichtigkeit und Oeconomie und die Anwendbarkeit für grosse Spannweiten — für Reitschulen, Personenhallen, Theater, Magazine, Industriepaläste, Werkstätten u. dgl. — auf den ersten Blick an. Auch lässt sich erkennen, dass diese Dachstühle, zumal die Wagebalkensysteme derselben, für kleinere Spannweiten berechnet und angewendet, eben so leicht als zweckmässig von Holz ausgeführt werden könnten, womit dem Bedürfnisse wohlfeilerer Dachstühle in jenen Gegenden entsprochen wäre, wo Holz noch um die niedrigeren Preise zu haben ist. Nicht minder gut, denken wir, müssten sich einige der im Werkchen dargestellten für Eisen berechneten Bogenbrücken in Holz ausführen lassen. Dahin gehört namentlich die sub Nr. 7 des Atlas veranschaulichte Bogenbrücke, und diese dürfte sich, für kleinere Spannweiten bis etwa zu 120 Fuss gedacht, mit Bohlenbögen ausgeführt, sogar sehr artig ausnehmen und in holzreichen Gegenden eine vorzügliche Aquisition für Eisenbahn- und Strassenbrücken, für Wege- und Stegebrücken sein.

Alles in Allem genommen hat der Verfasser eine sehr verdienstliche zeitgemässe Arbeit für die Ausbildung der Brückentechnik im Allgemeinen und des Eisenbahnbrücken-Wesens im Besonderen geliefert, was in hohem Grade anerkennenswerth ist, und wesshalb auch die Broschüre auf das Wärmste zur Beachtung empfohlen werden kann.

4. Aus der Illustrierten Zeitschrift die „Neuesten Erfindungen“ von Dr. Fernand Stamm, Nr. 8. II. Jahrgang 1863:

Die Eisenconstructions für Brücken und Dachstühle,

von Josef Langer, Ingenieur.

Zweite, gänzlich umgearbeitete und stark vermehrte Auflage mit einem Atlas in 15 Zeichnungsblättern, Wien. 1862.

Als im Jahre 1859 die erste Auflage dieser Broschüre erschien, haben wir sofort in diesen Blättern darauf aufmerksam gemacht, und auf das in dieser Schrift behandelte wichtige Princip der Versteifung der Kettenbrücken hingewiesen, wodurch diese auch für die Benützung der Dampftrains geeignet werden. Nun hat der Verfasser dieses wichtige Princip in der zweiten Auflage seiner Broschüre vollständig ausgeführt und die Vortheile der Anwendung nachgewiesen. Was wir schon damals bei Beurtheilung der ersten Auflage aussprachen, dass nämlich die auf diesem Felde gewonnenen und hier dargebrachten Resultate die Aufmerksamkeit der Bautechnik im höchsten Masse verdienen, wiederholen und unterschreiben wir auch heute.

Wenn wir die zweite vor uns liegende Auflage mit der ersten vergleichen, so finden wir zunächst, dass diese zweite, gänzlich umgearbeitete und stark vermehrte, den practischen Werth einer bis ins Detail gehenden Ausführung und gründlichen Darstellung des Gegenstandes in Rechnung und Bild besitzt,

während jene erste die verschiedenen Constructions-Systeme nur in allgemeinen Umrissen und mehr in anregender als ausführender Weise gebracht hat.

Die schwierige Aufgabe der Anwendbarmachung der Kettenbrücken für den Locomotivbetrieb finden wir in diesem Buche auf die glücklichste, weil öconomischste Art in dem Wagenbalckensystem der Dreifelderkettenbrücke (S. 26) gelöst, welches System der Constructeur eigens in einem eisernen Modelle versinnlicht und practisch erprobt hat. Man muss anerkennen, dass der practische Sinn für Construction mit der theoretischen Gabe der Rechnung eng Hand in Hand gehen musste, um das sichere Resultat der vorliegenden Arbeit des Erfinders und Begründers zu Wege zu bringen. Auch kann man von diesem neuen Standpunkte aus die Wahrnehmung machen, dass sich die Brückenbautechnik auf eine hohe, mit den übrigen Zweigen der Mechanik und Baukunst gleiche Stufe der Ausbildung gehoben hat, und dem Ingenieur Langer gebührt das Verdienst, in dieser Richtung hin eifrig und erfolgreich gewirkt zu haben.

Dem Eisen und Stahl als Baustoff ist für den Brückenbau der Zukunft eine reichliche und würdige Verwendung geboten und der Eisenbrückenbau selbst ist berufen, fortan eine wichtige Rolle zu spielen. Ganz besonders scheinen uns die Langer'schen Systeme steifer Bogen- und Hängebrücken und auch die Constructions seiner Dachstühle berufen, das österreichische Eisen als Baustoff in verdientes Ansehen zu bringen.

5. Aus dem Centralblatt für „Eisenbahnen und Dampfschiffahrt“ in Oesterreich, Nr. 8. II. Jahrgang 1863:

Die Brückenbausysteme,

von Josef Langer, Ingenieur.

Langer's Constructions-Systeme sollen das Princip der natürlichen bogenförmigen Stützlinie gegenüber dem Principe der nur allzusehr in die Mode gekommenen unnatürlichen geraden Stützlinie in den Eisenbrückenbau einführen. Die Versteifung der bogenförmigen Stützlinie ist mit einem viel geringeren Materialaufwande zu bewerkstelligen, als jene der geraden Balkenlinie. Dies ist begreiflich, wenn man bedenkt, dass die natürliche, stets bogenförmige Stützlinie, mathematisch genommen, gar keine Versteifung braucht, da sie eben für die Last, für welche sie construirt ist, im Gleichgewichte steht und die Gleichgewichtslinie selber ist.

Ist sie berechnet und construirt für die gleichmässige (eigene und zufällige) Belastung der ganzen Brücke, so braucht der Constructeur nur mehr für die vorkommenden Fälle der ungleichmässigen, partiellen und zufällig einseitigen Belastung zu versteifen, und das ungünstigste Biegemoment dieser untergeordneten, das Gleichgewicht der vorhandenen Stützcurve störenden, ihre Deformirung anstrebenden Belastungsphasen der beweglichen Last ist bei weiten kleiner, als das Biegemoment der Gesamtlast, welches bei dem geraden Balkenträger auftritt, während ein solches im Gesamtblastungsfalle bei dem Bogenträger noch gar nicht vorhanden ist. Setzen wir z. B.: Eine Brücke wiege an eigener Last 5000 Centner, die grösste zufällige Belastung, die auf sie kommen kann, wiege auch 5000 Centner, also zusammen 10.000 Centner. Bei der geraden Balkenconstruction muss der Constructeur seinen Träger für jedes Pfund der Gesamtlast versteifen, und die Ziffer von 10.000 in die Rechnung stellen, um einen Träger zu schaffen, der auf

die ganze Länge der Brückenstützweite der Biegung normal widersteht.

Beim bogenförmigen Häng- oder Sprengwerk, dessen Tragbogen die natürliche Krümmungcurve für die vorhandene Gesamtlast formirt, wird der Constructeur behufs der Gewinnung eines steifen Systems das Moment der einseitigen und zufälligen Belastung der halben Brücke vor Augen haben und zum Bogen einen Balken fügen, der auf der belasteten Hälfte seiner Länge 1250 Centner — den vierten Theil der grössten zufälligen Belastung — und ebensoviel auf der ledigen Hälfte seiner Länge trägt. 1250 Centner sind hier der achte Theil der ganzen und grössten Gesamtlast, und diese nehmen den Versteifungsbalken, in seiner halben Länge betrachtet, so auf Biegung in Anspruch, dass die belastete Seite abwärts, die unbelastete aufwärts strebt. Der Unterschied der beiden Biegemomente ist enorm, und der öconomische Vortheil betreffs des Material-Aufwandes zur Versteifung bei dem letztern in die Augen springend.

Das ist die erste und vornehmste Ursache der grösseren Billigkeit der Bogenbrücken überhaupt gegenüber den geraden Balkenbrücken, und darin liegt auch ihre grösste Berechtigung für die Zukunft.

Diese primitiv-populäre Betrachtung über die Lastwirkungen muss man anstellen, um auf die einfachste und entsprechendste Form der Bogenconstruction zu kommen. Es ist der an und für sich geschmeidige Tragbogen (in der Hängeform Kette genannt), berechnet für die Gesamtlast und combinirt durch verticale lastübertragende Bänder mit einem geraden steifen Balken, der den vierten Theil der variablen Belastung auf jeder Hälfte seiner Länge tragen kann und hiefür bemessen ist. Das ist nach obiger Betrachtung die einfachste und naturgemässeste Form der Bogenbrücke, und in der gewählten Anwendung dieser liegt ein weiterer Grund der Oeconomie der Bogenbrücke.

Brunel hat mit seinen Hängewerken von Chepstow und Saltagh die Richtung zur Bogenform eingeschlagen. Aber diese Bogenbrücken des berühmten Ingenieurs sind in ihrer Auffassung und Anordnung des Ganzen noch zu sehr für das reiche England berechnet und zu theuer, um auf dem minder reichen Continente Nachahmung zu finden. Die Pauli'schen Bogenbrücken lehnen sich an die Brunel'schen Systeme an und bekunden einen Fortschritt auf dem betretenen Wege bezüglich der Detailanordnung. Aber in der Hauptsache und grotesken Form sind sie dem Urbilde gleich, und geht ihnen noch jene principielle Einfachheit ab, die das klare Ergebniss der Lastwirkungen im Bogensysteme ist.

Die obige populäre Betrachtung führt dahin, den tragenden Bogen für sich schlank, den geraden Balken für sich steif zu construiren und beide Theile miteinander nur durch verticale Medien zu verbinden, wie diess die Langer'schen Systeme thun.

Genau betrachtet, sind die Langer'schen Bogenbrücken nichts Anderes, als eiserne Gewölbe — sie sind einfach die Uebersetzung des Steinbaues in den Eisenbau, für alle Fälle, wo der erstere wegen zu grossen Baukosten oder zu grossen Spannweiten unausführbar wäre. Aber gerade darin liegt die principielle Bedeutung der neuen Systeme und ihre Charakteristik.

Es ist richtig, dass jeder gewölbte Tragbogen, er mag von

Stein oder von Eisen sein, um so leichter, billiger, tragsicherer sich aufbaut, je höher sein Pfeil, je grösser seine Stützhöhe ist, und dass die Bogen-Construction allemal in jeder Beziehung den Vorzug vor gewöhnlichen Balkenbrücken verdienen wird, da man die gegebene Bauhöhe vollständig für die Tragfähigkeit ausnützen kann. Desshalb ist auch verständlich, dass bei der Langer'schen Parallele zur neuen Freiburger Eisenbahnbrücke, welche eine Gitterbalkenbrücke auf hohen Pfeilern ist, während die parallele Construction eine elegante, hoch aufstrebende Bogenbrücke auf niederen Pfeilern vorstellt, eine sehr bedeutende Material-Ersparniss im Eisen zum Vorschein kommt.

Ganz dieselbe Vorstellung von den Lastwirkungen im Bogen liegt der Langer'schen Kettenbrücke zu Grunde. Dabei findet ferner die Eigenthümlichkeit statt, dass die longitudinale Verankerung der Spannketten umgangen und der horizontale Schub der Kette auf die Gitterwände der Brücke übertragen wird.

Im Uebrigen verweisen wir auf das vom Ingenieur Langer erschienene Werk „Eisenconstructions der Brücken und Dachstühle“ (2. Auflage, bei F. Förster in Wien 1862), in welchem seine Systeme einer gründlichen Behandlung unterzogen und theoretisch erörtert sind.

Die Eisenindustriellen Oesterreichs dürfen diesen vaterländischen Fortschritt im Fache des Eisenconstructionsbaues mit Freuden begrüßen, denn solche Ausbildung dieses Zweiges wird zur Hebung der Eisenindustrie mächtig beitragen, sobald sie gebührend gewürdigt wird.

6. Aus der österreichischen Ingenieur-Zeitschrift, III. Heft 1863.

Literaturbericht über die „Eisenconstructions für Brücken und Dachstühle,

von Josef Langer.“

Unter diesem Titel ist eine Broschüre erschienen, welche bereits in mehreren Fachblättern günstig beurtheilt wurde, ohne dass in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereines, welche alle Details der Langer'schen Systeme in ihren Blättern aufnahm, ein Gleiches geschehen wäre.

Um diese Lücke auszufüllen, stehe ich nicht an, das Werkchen in Kürze zu besprechen, und thue es um so unbefangener, als ich dem Gegenstande vom Ursprunge seiner Entwicklung durch den Verfasser mit dem grössten Interesse gefolgt bin.

Das Werkchen enthält in drei Abschnitten die balken- und bogenförmigen Brücken und die Dachstühle eigener Construction.

Vornehmlich ist es das wichtige Princip der Versteifung der Kettenlinie und der Kettenbrücke in der Art, dass die Schwankungen aufgehoben werden und das am wenigsten kostspielige Brückensystem auch für die Benützung der Dampftrains geeignet wird.

Die schwierige Aufgabe der Anwendbarmachung der Kettenbrücke für den Locomotivbetrieb ist in diesem Buche auf mehr als eine Art gelöst. Die öconomischeste Lösung dieses Problems scheint in dem Wagebalkensysteme der Dreifelder-Kettenbrücke (S. 26 d. Br.) zu liegen.

Auch in der Geländerbalkenbrücke (Seite 21) ist die Lösung der Aufgabe gelungen. Die Combinirung des steifen Balkens mit der hängenden Kette, was bei der Britanniabrigde dem Ingenieur Stephenson vorgeschwebt hat, ist hier gut gedacht und sowohl im Hängwerk als im Sprengwerk durchgeführt.

Die umgekehrte Figur lieferte dem Constructeur die auf Seite 21 dargestellte Bogenbrücke, welche sich zur Ueberbrückung der tiefsten Thalschluchten wird anwenden lassen, wenn der Bogenpfeil nur angemessen zur Bauhöhe gewählt wird, so wie sich mit dem analogen Hängwerk der steifen Kettenbrücke die breitesten Flüsse werden übersetzen lassen.

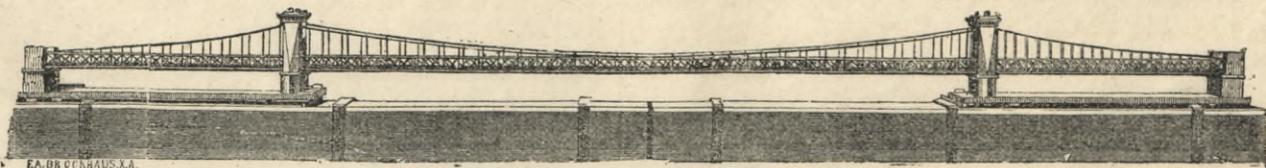
Der Eisenbrückenbau wird fortan eine wichtige Rolle spielen, um so mehr, als es sicher gelingen wird, den einzigen Feind dieses Metalles, den Rost, völlig unschädlich zu machen. In dieser Beziehung ist die neueste Erkenntniss von hoher Wichtigkeit, dass der Rost selber das Eisen schützen müsse, und erscheint die Notiz von Thiraut & Kuhlmann von nicht geringem Interesse, wornach ein Ueberzug von Eisenoxiduloxid das Eisen völlig gegen Zerstörung schützt, und man dieses dadurch erreicht, dass man das Eisen künstlich rosten lässt, indem man die oxidirten Stücke in Wasser von 80—100 Grad Cen. taucht.

Endlich kann das in den Heften IX und X des Oesterr. Ingenieur-Vereines vom Jahre 1862 aufgenommene Protocoll sammt Anhang über die Resultate der Belastungsproben an dem Kettenbrückenmodelle Langer's und dessen widerlegende Erwiderung hier nicht unerwähnt gelassen werden.

In dem Protocollanhang IX. Heft der Vereinszeitschrift wird den unangegriffenen klaren Principien der verschiedenen Systeme, den genial combinirten Constructions, welche bei präciser Ausführung im Grossen befriedigen müssen, gar keine Rechnung getragen, wohl aber für Bemerkungen Raum gefunden, welche geeignet wären, das Verdienst des Erfinders zu schwächen, anstatt demselben einen Erfolg in Aussicht zu stellen.

Aus dieser Ursache glaube ich, als Fachmann, die Bau-techniker und Eisenindustriellen auffordern zu sollen, diesen Systemen ihre volle Aufmerksamkeit zu widmen, und dieselben wo nur möglich zur erspriesslichen Geltung zu bringen, zu welchem Zwecke auch die Langer'schen Schriften über die Parallele zur Freiburger Eisenbahnbrücke und zur Eisenbahnbrücke über den Donaucanal in Wien besondere Beachtung verdienen.

Franz Schneider,
Oberingenieur.



Die schwierigste Aufgabe der Anwendung der Kettenbrücke für den Besondere ist in diesem Buche am mehr als eine Art gelöst. Die besondere Lösung dieses Problems scheint in dem Wegesystem, das Döblich (Kettenbrücke (S. 28 d. B.), zu liegen. ...

Die Kettenbrücke (S. 28 d. B.), zu liegen. ...

Die Kettenbrücke (S. 28 d. B.), zu liegen. ...

Stein aber von Eisen sein, um so leichter billiger, tragbarer sich aufbauend je höher sein soll, je besser seine Stabilität ist und dass die Boden-Construction allgemein im jeder Beziehung den Vorzug vor gewöhnlichen Balkenbrücken vorzuziehen wird. ...

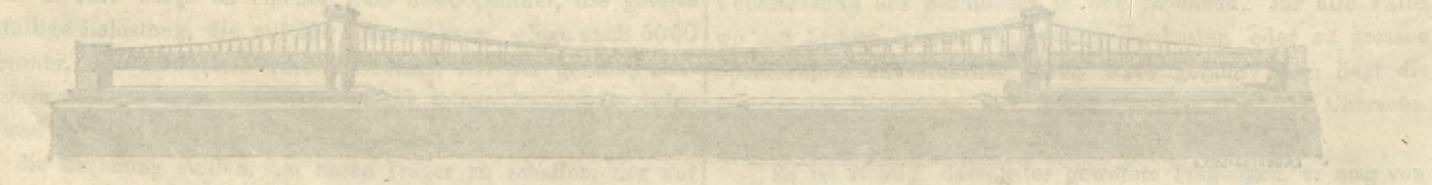
Stein aber von Eisen sein, um so leichter billiger, tragbarer sich aufbauend je höher sein soll, je besser seine Stabilität ist und dass die Boden-Construction allgemein im jeder Beziehung den Vorzug vor gewöhnlichen Balkenbrücken vorzuziehen wird. ...

Endlich kann das in den Heften IX und X des Oesterreichischen-Vorgangs vom Jahre 1882 entnommene Protocoll nammt Anhang über die Heftigkeit der Belastungsproben an dem Kettenbrückenmodell des Kargers und dessen widerstehende Erweiterung hier nicht unerwähnt gelassen werden. ...

Endlich kann das in den Heften IX und X des Oesterreichischen-Vorgangs vom Jahre 1882 entnommene Protocoll nammt Anhang über die Heftigkeit der Belastungsproben an dem Kettenbrückenmodell des Kargers und dessen widerstehende Erweiterung hier nicht unerwähnt gelassen werden. ...

Unter diesem Titel ist eine Broschüre erschienen, welche bereits in mehreren Fachblättern Eingang gefunden wurde, ohne dass in der Kette der österreichischen Ingenieur-Verein, welche alle Details der Kargerschen Systeme in ihrer Blätter enthalten ein Uebersicht gegeben wird. ...

Unter diesem Titel ist eine Broschüre erschienen, welche bereits in mehreren Fachblättern Eingang gefunden wurde, ohne dass in der Kette der österreichischen Ingenieur-Verein, welche alle Details der Kargerschen Systeme in ihrer Blätter enthalten ein Uebersicht gegeben wird. ...



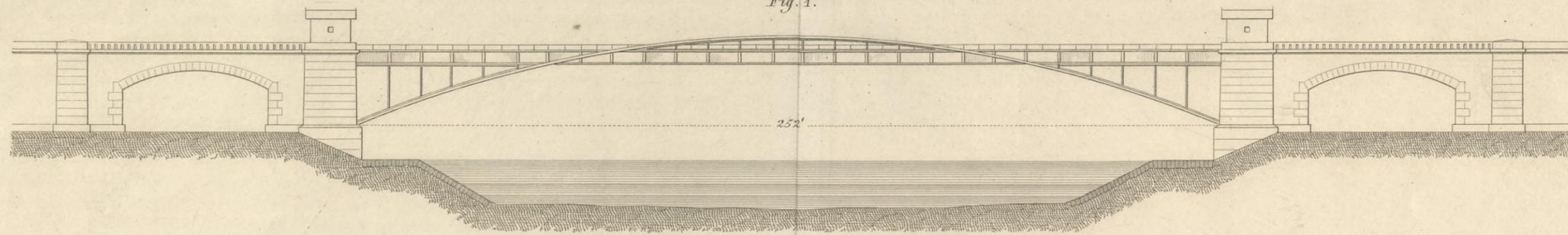
Die Kette der Kargerschen Systeme in ihrer Blätter enthalten ein Uebersicht gegeben wird.

I. Parallele zur Eisenbahnkettenbrücke über den Wiener Donaukanal.

Nº I.

Vom Ingenieur Jos. Langer.

Fig. 1.



6' 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 W' Elaster zu Fig. 1 u. 2.

Fig. 2.

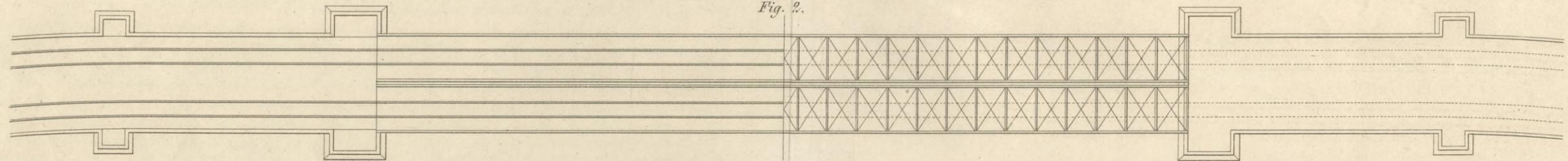


Fig. 3.

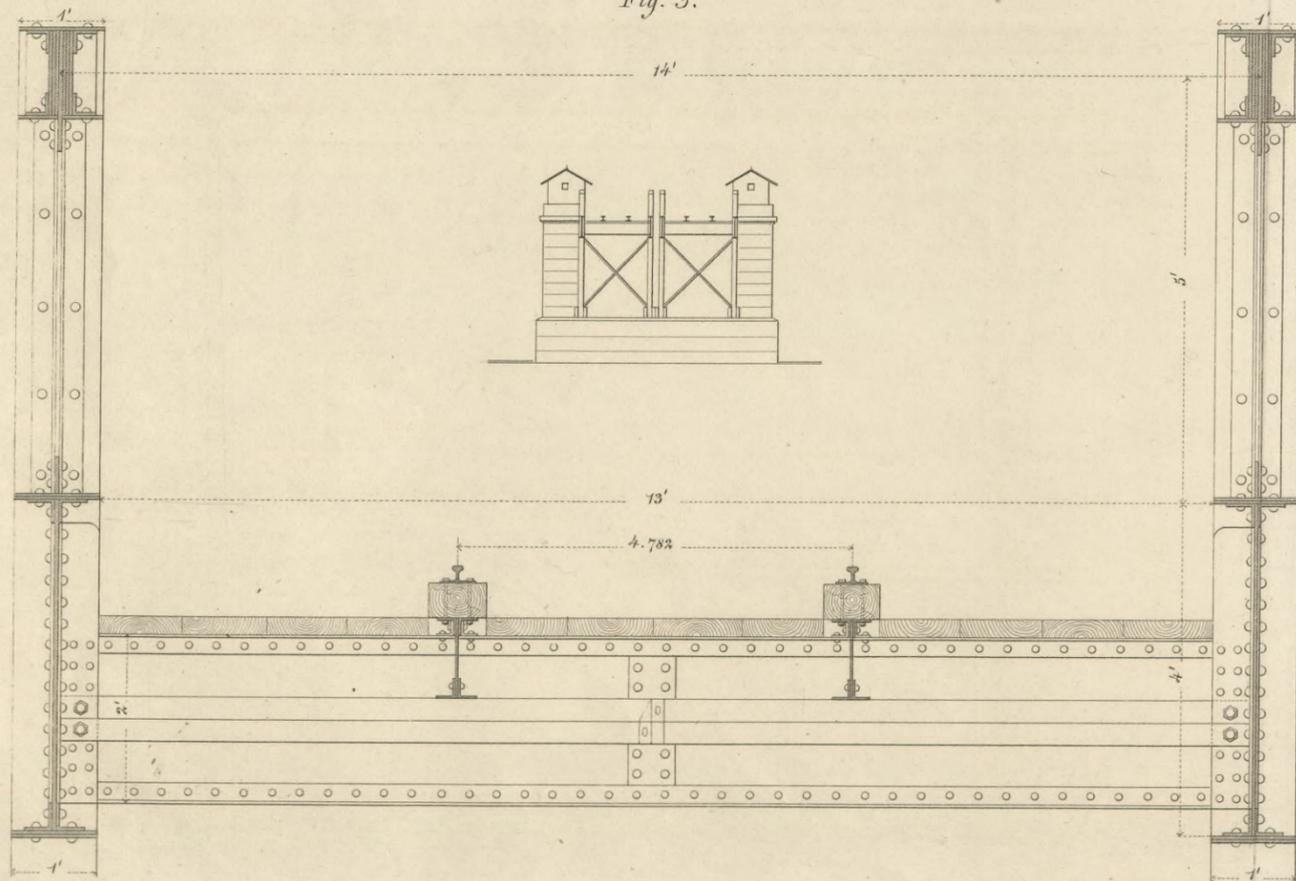
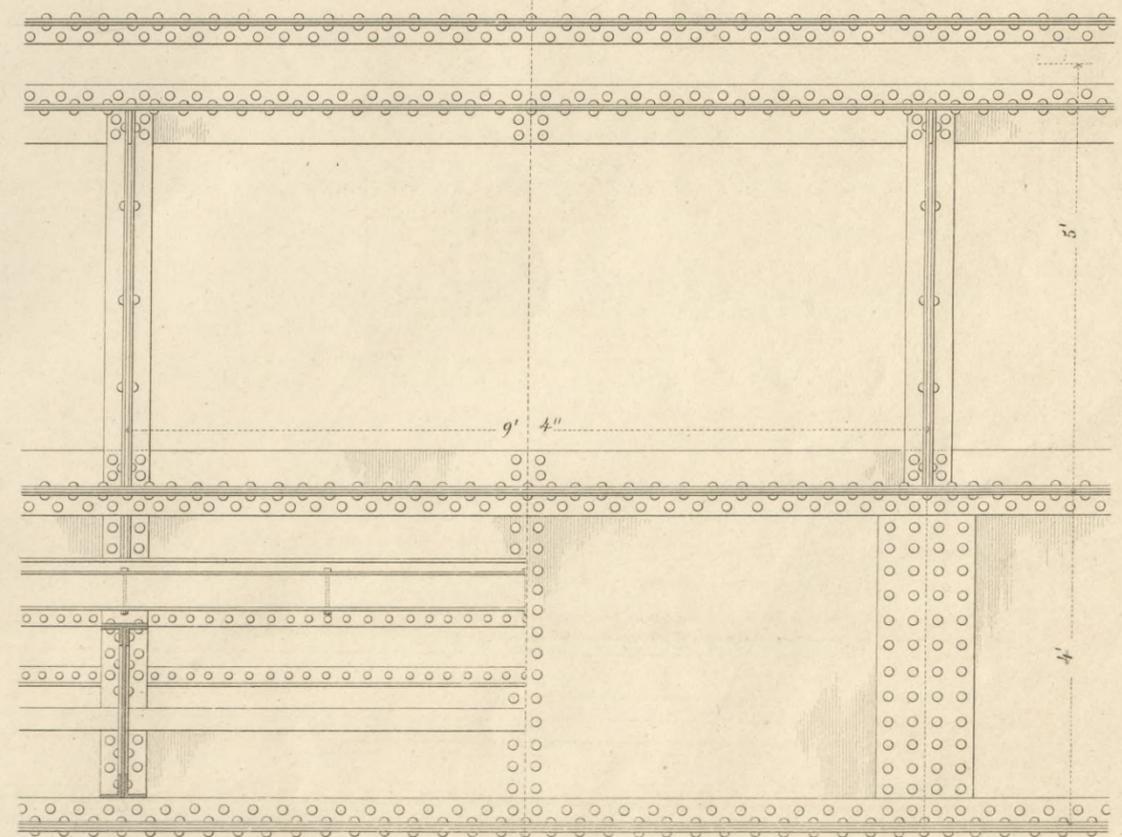


Fig. 4.



12" 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 W' Fuss zu Fig. 3 u. 4.

II. Parallele zur Eisenbahnkettenbrücke des Wiener-Donaukanales.

Vom Jng. J. Langer.

Fig. 1.

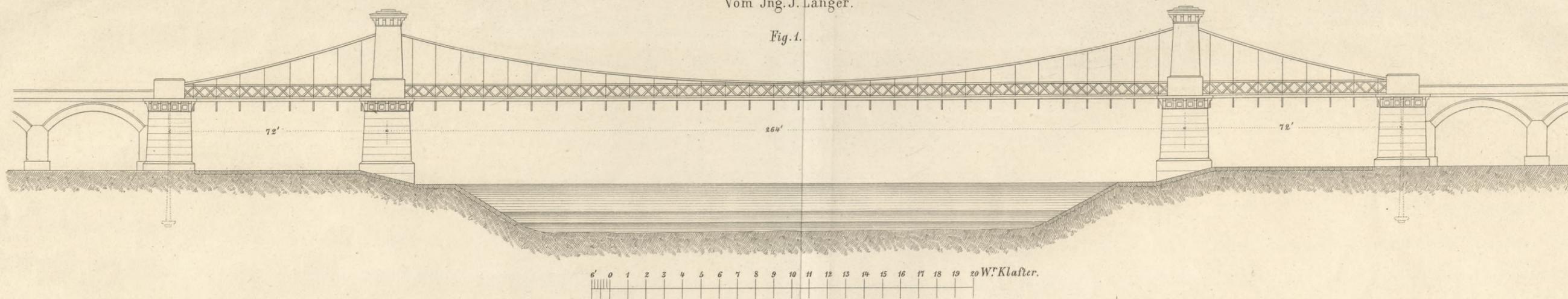


Fig. 2.

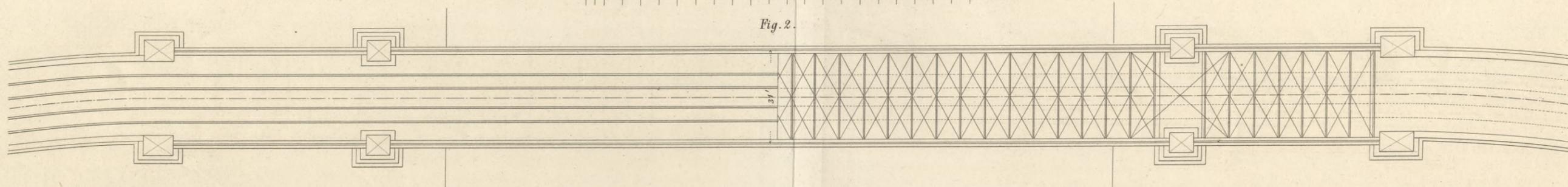


Fig. 3.

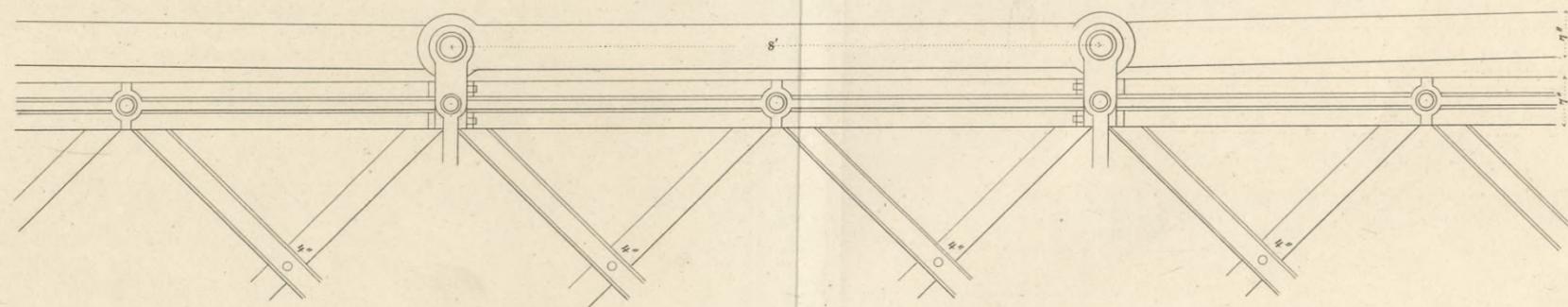
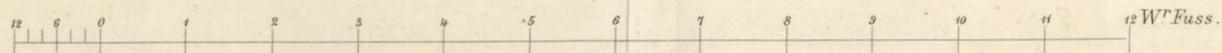
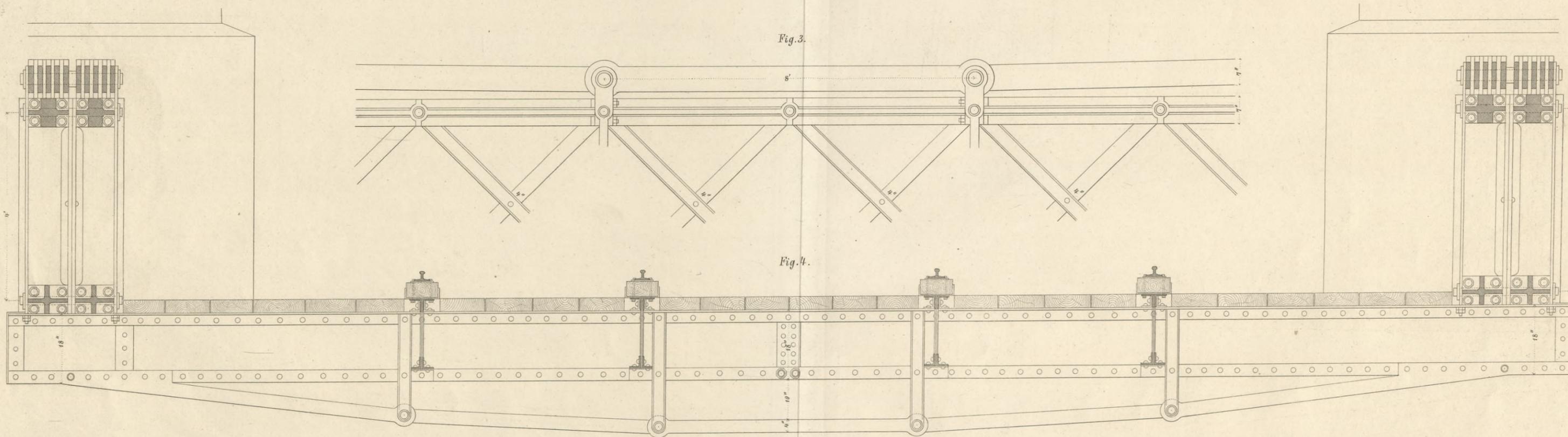


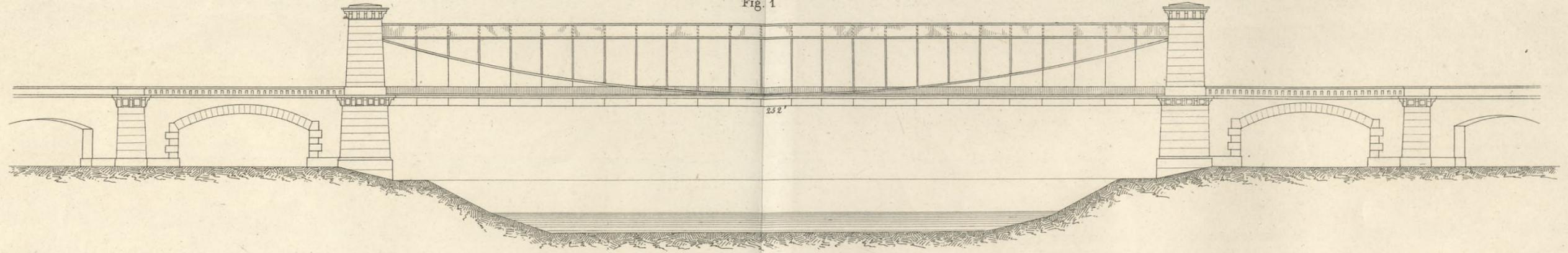
Fig. 4.



III. Parallele zur Donaukanal-Eisenbahn-Kettenbrücke

von J. Langer, Ingenieur.

Fig. 1



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 W' Klft.

Fig. 2

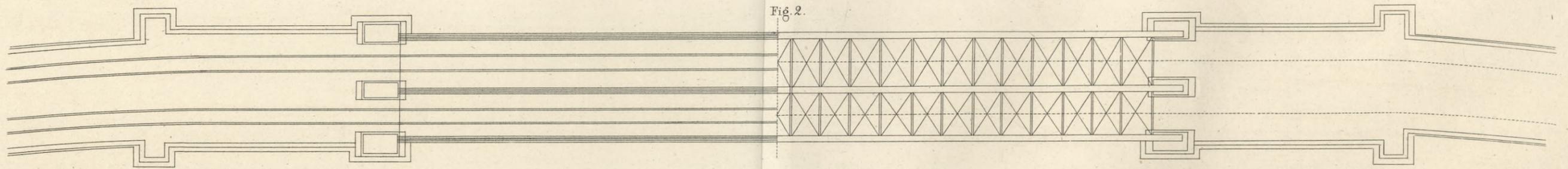


Fig. 3

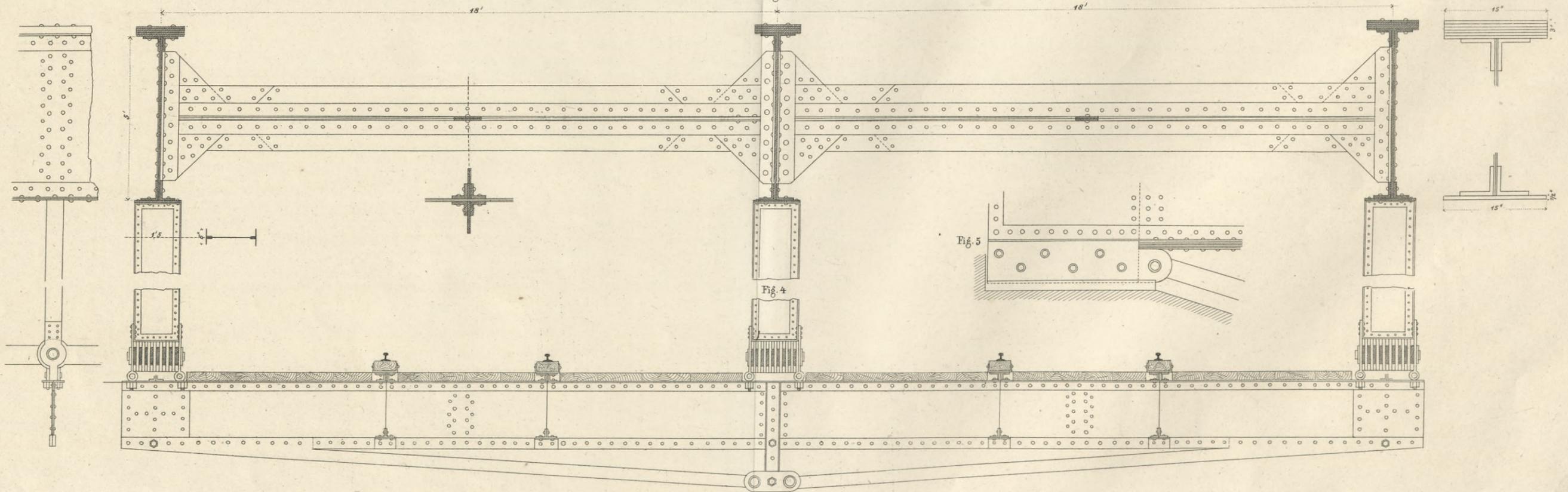


Fig. 5

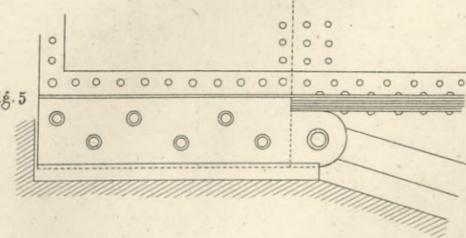
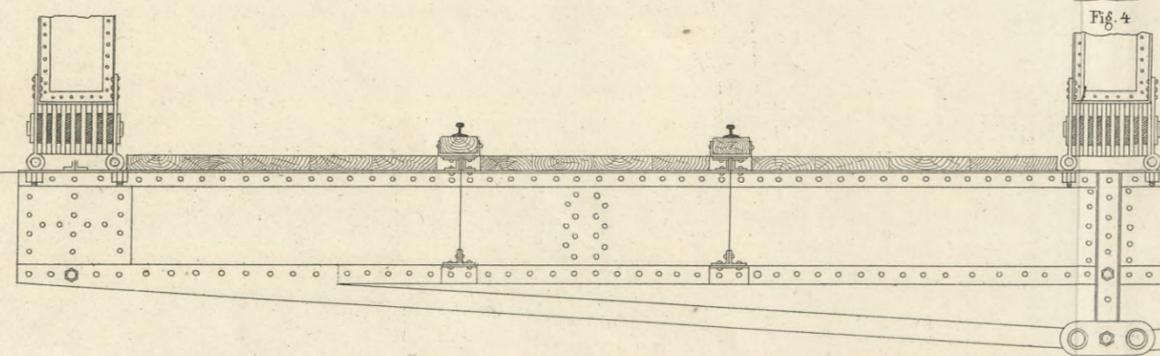


Fig. 4



12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Wiener Fuß.

Parallele zur Freiburger-Brücke

auf der Bahn von Lausanne nach Bern.

Von Josef Langer, Ingenieur.

Fig. 1.

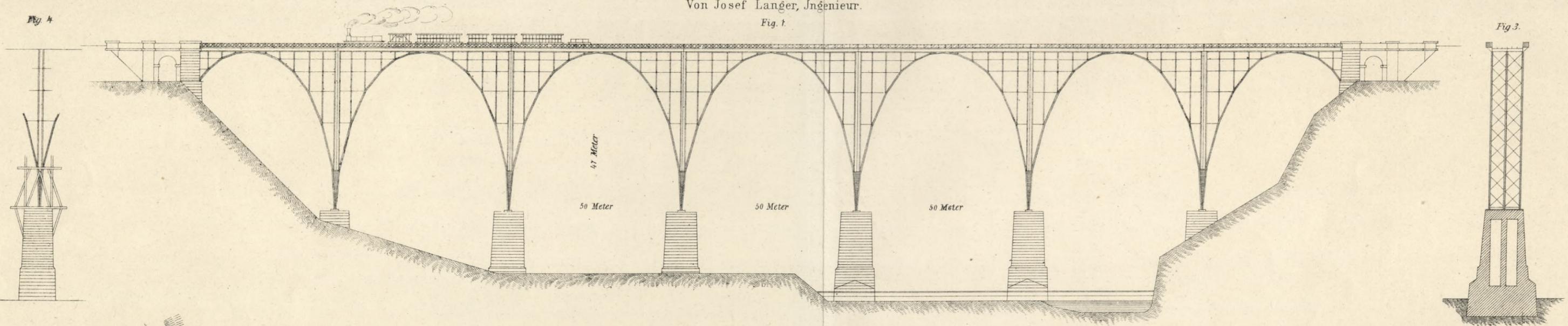


Fig. 2.

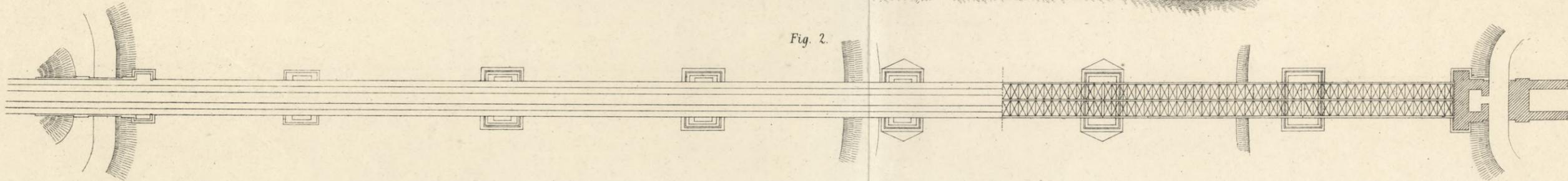


Fig. 6.

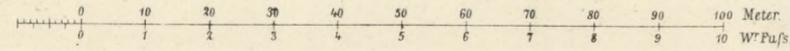
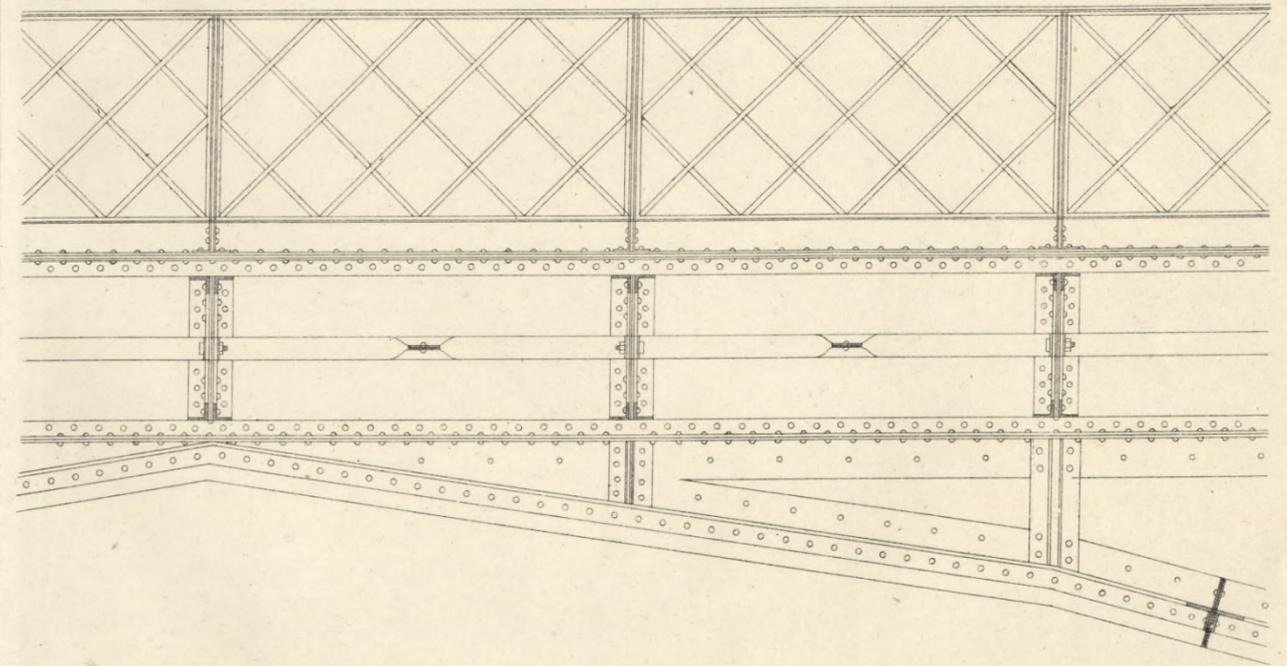


Fig. 5.

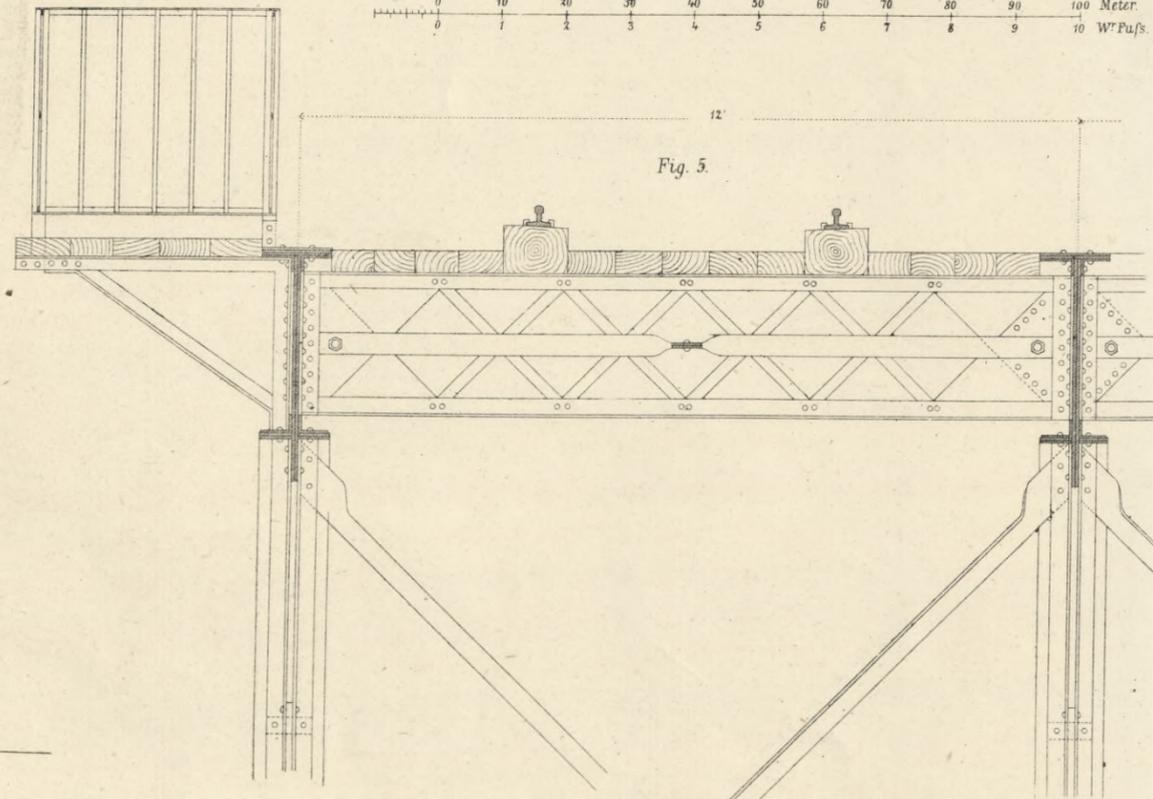
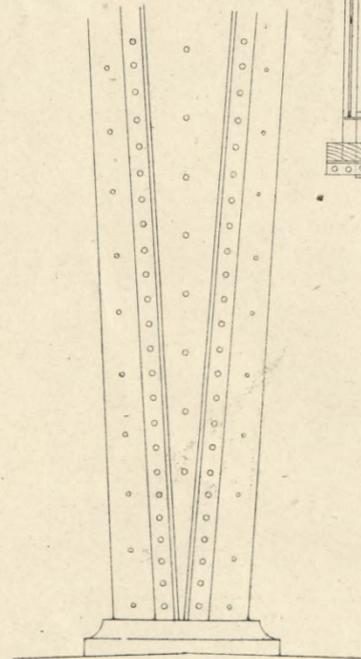


Fig. 7.



Seitenstück zur Parallele der Freiburger-Brücke
von J. Langer.

Fig. 1.

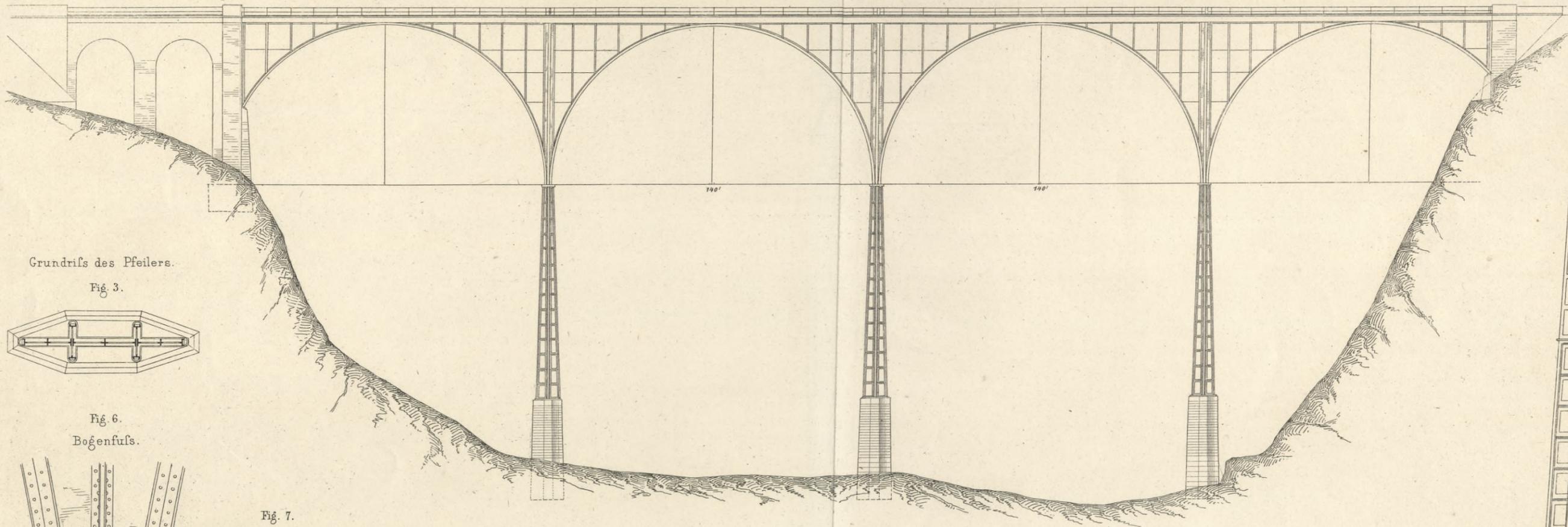
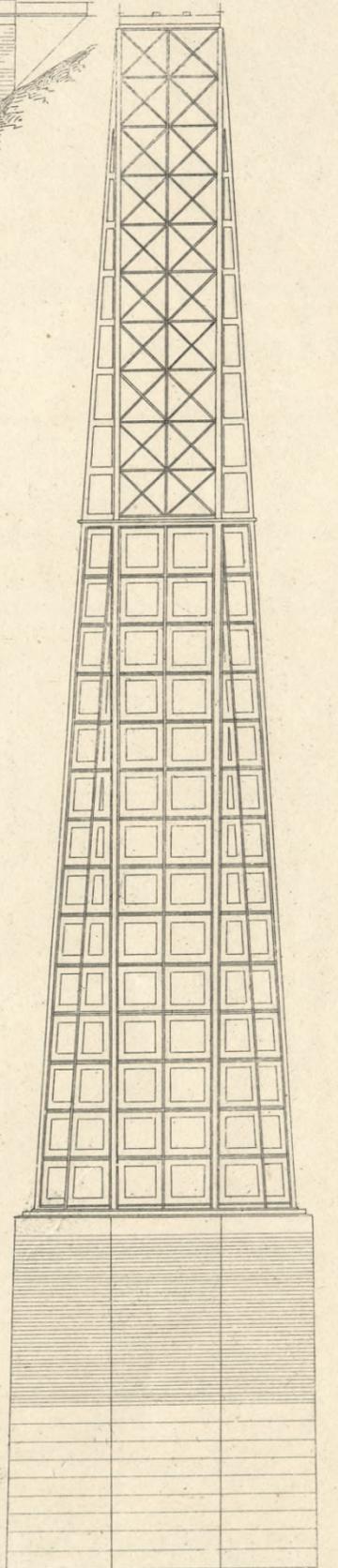


Fig. 2.



Pfeiler.

Grundriss des Pfeilers.

Fig. 3.

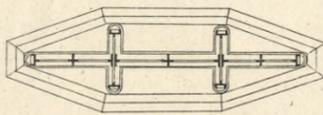


Fig. 6.

Boğenfuß.

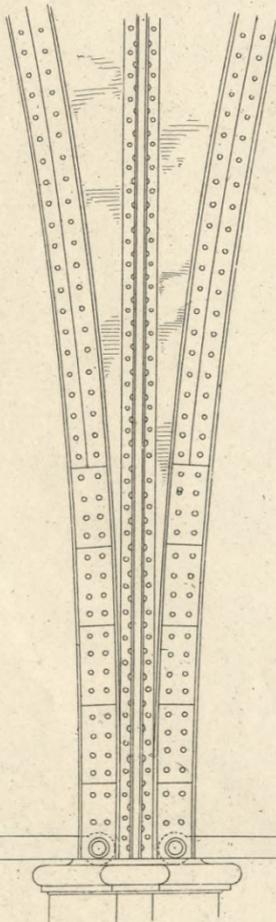


Fig. 7.

Querschnitt des Balkens.

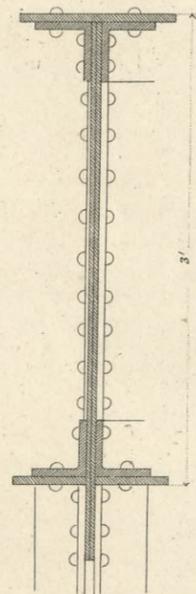


Fig. 4. Querschnitt.

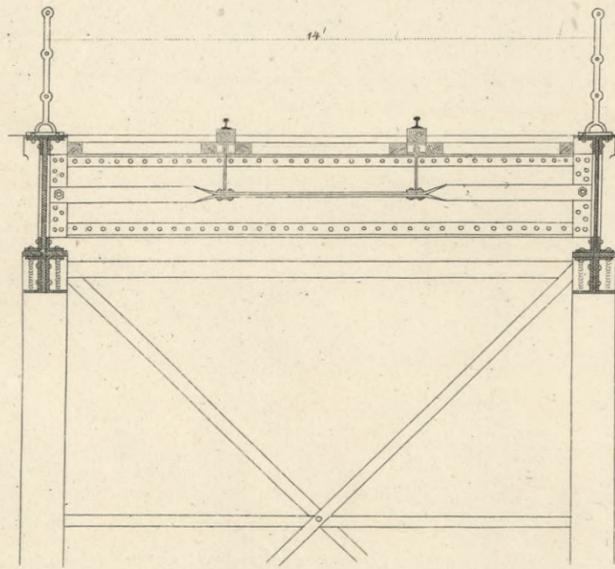


Fig. 5. Längenschnitt.

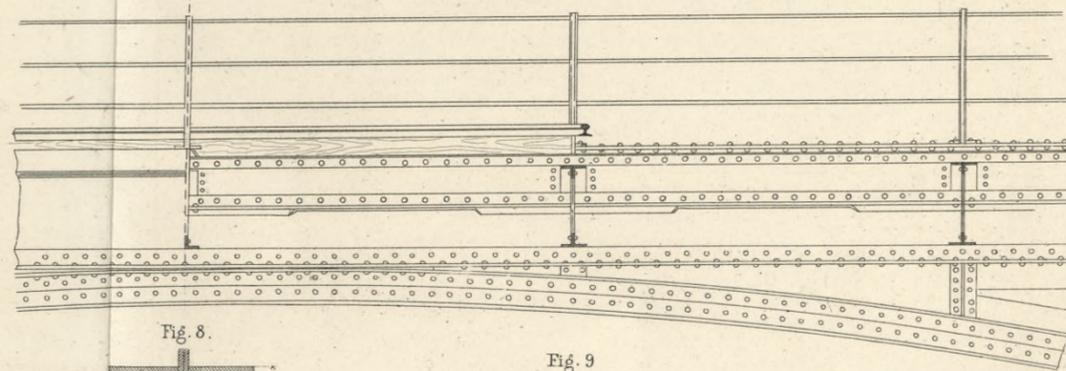


Fig. 8.

Querschnitt des Bogens.

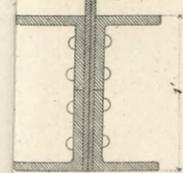
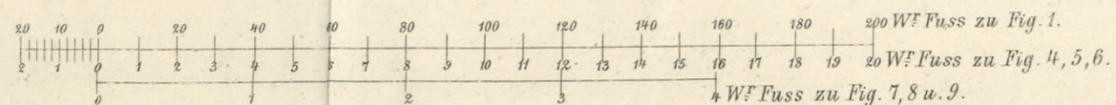
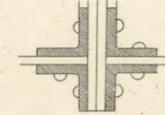


Fig. 9.

Querschnitt der Ständer.



Parallelen zu kleineren Thalübergängen

von Jos. Langer, Ingenieur.

Fig. 1

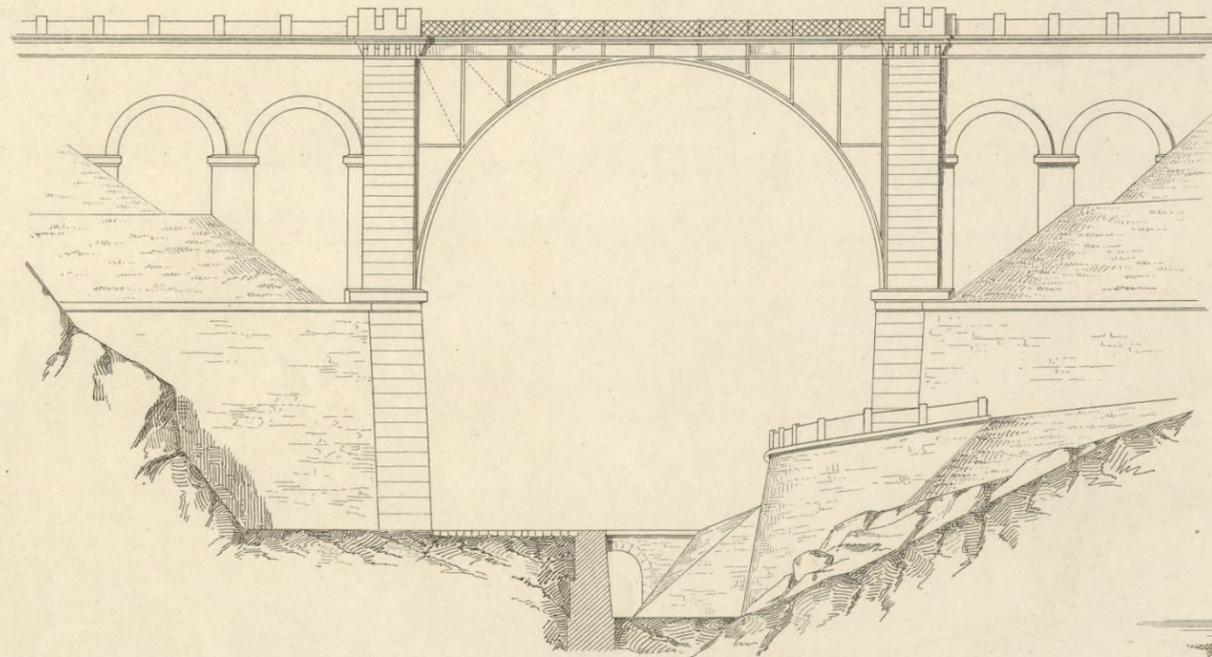


Fig. 2.

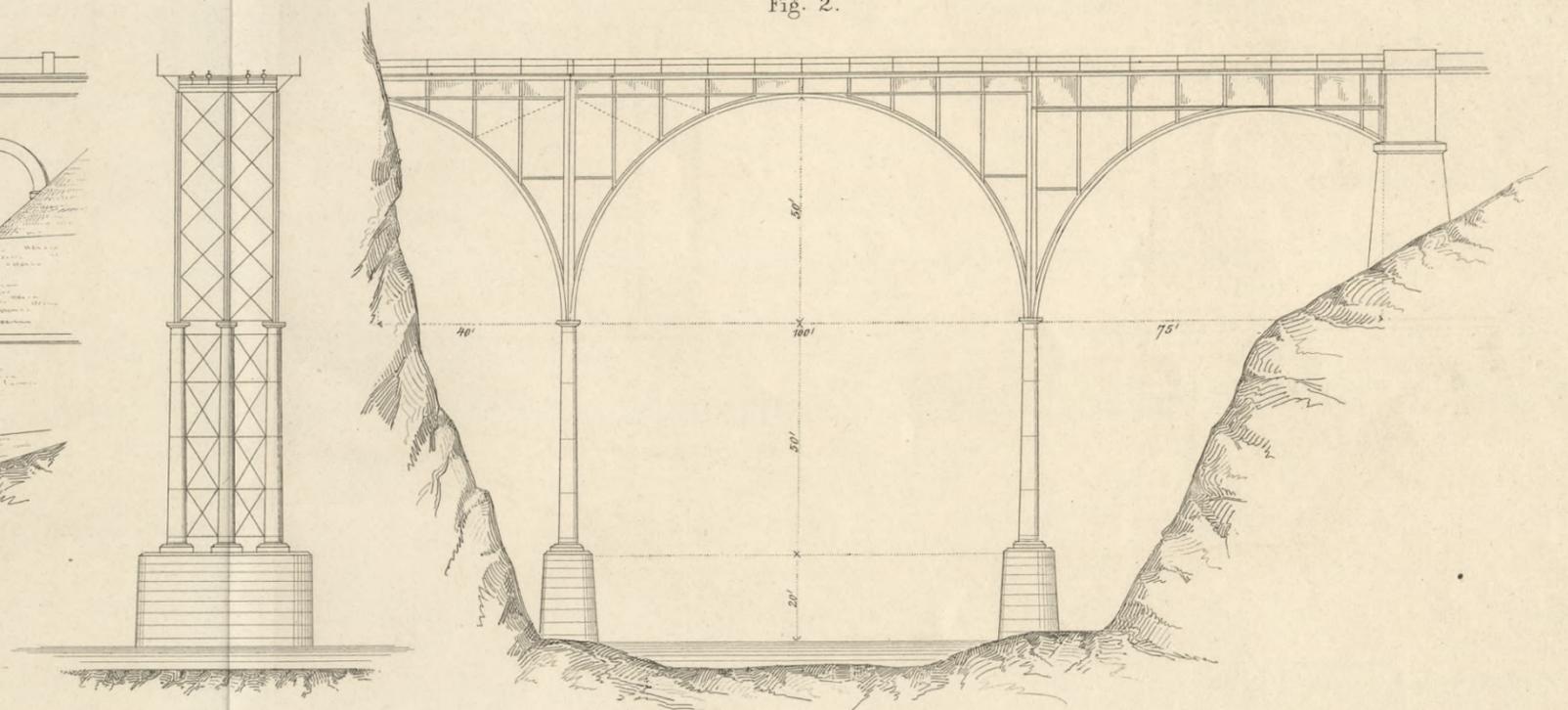
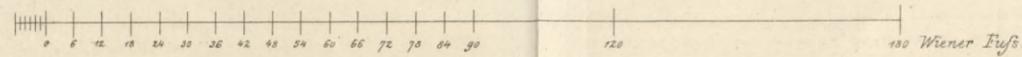
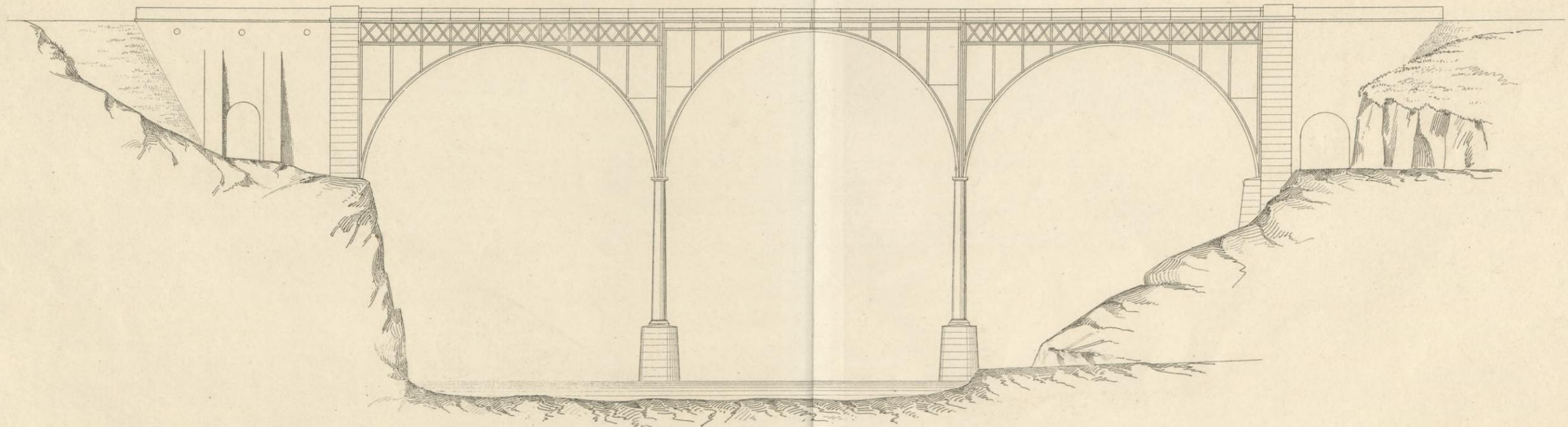


Fig. 3.



Parallele zur Rheinbrücke bei Waldshut.

von J. Langer, Jng.

Fig. 1.

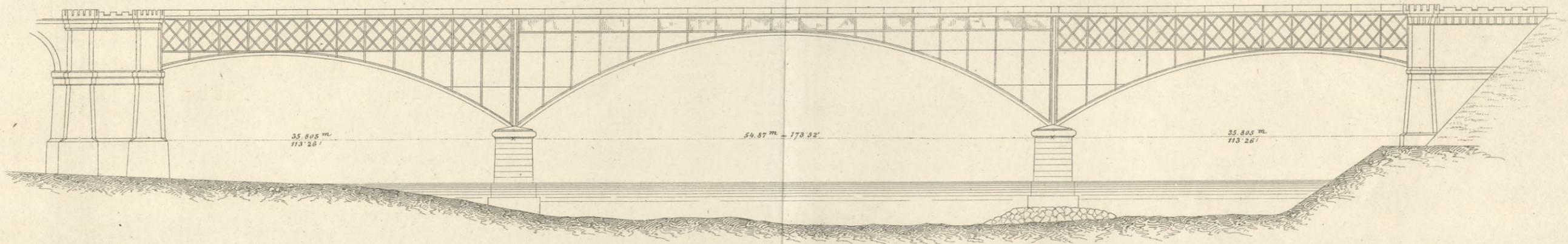


Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 3.

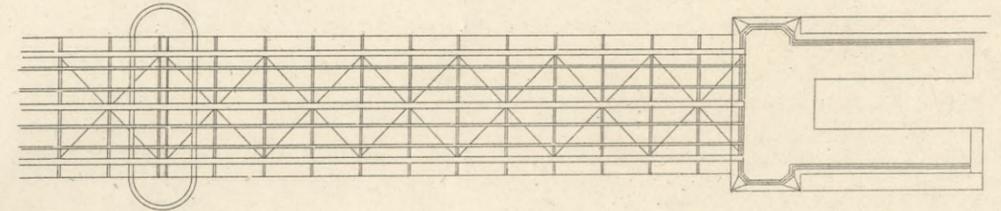
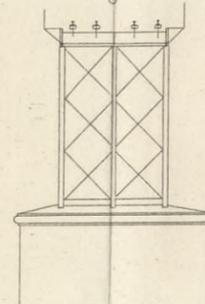
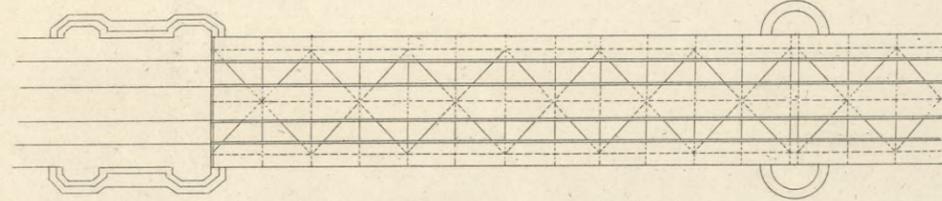


Fig. 5.

Fig. 4.

Fig. 6.

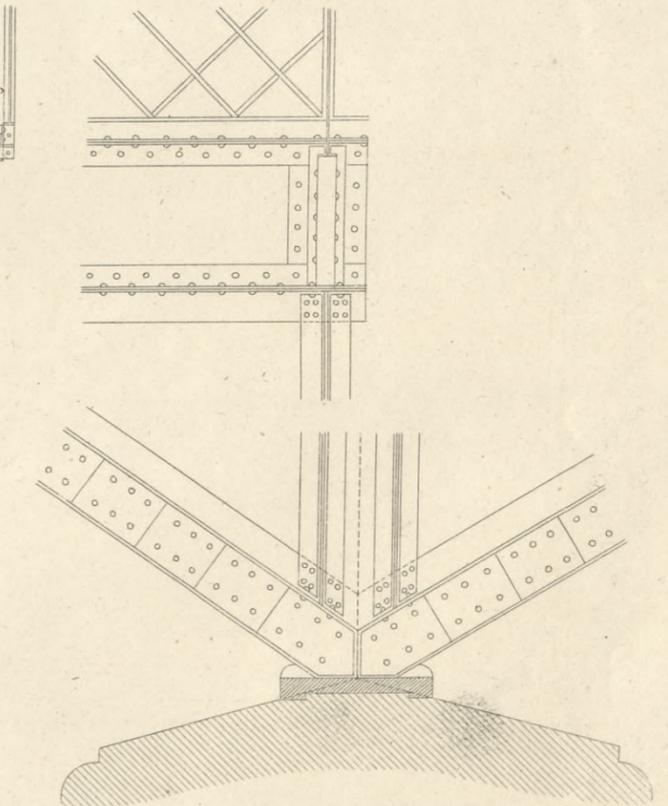
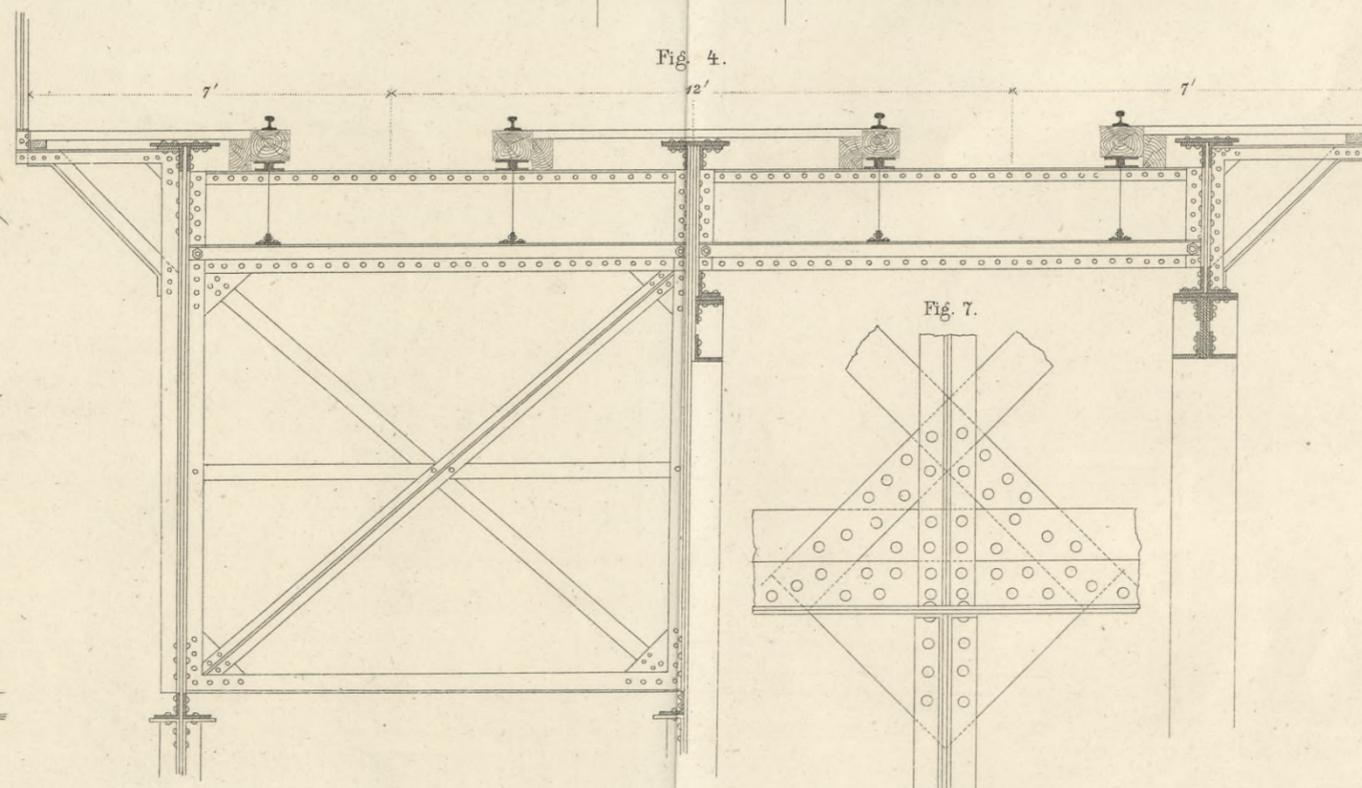
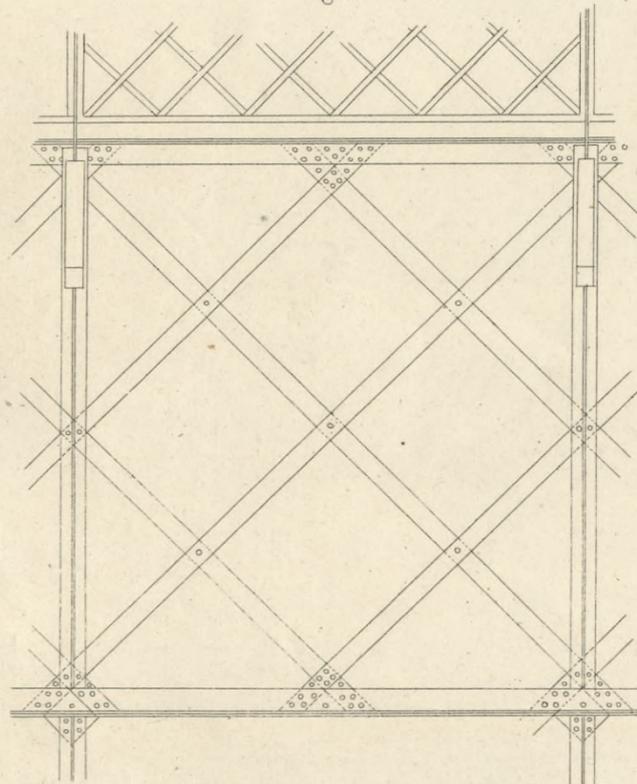
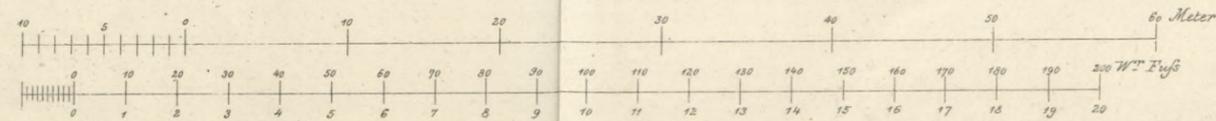
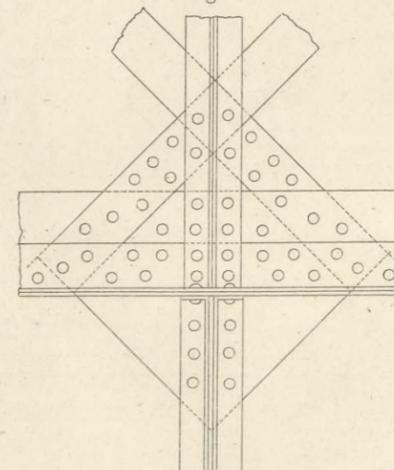


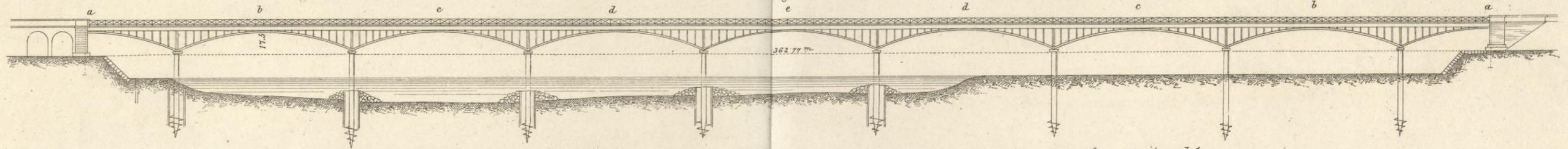
Fig. 7.



Parallele zur Theissbrücke bei Szegedin.

von J. Langer, Ingenieur.

Fig. 1



170 metres ad 1.
85 Wr Fuß ad 2.

Fig. 4

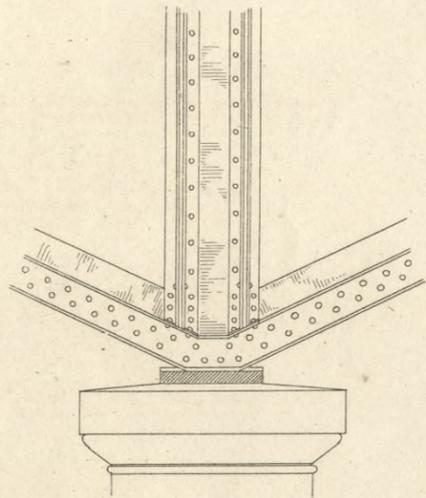


Fig. 2

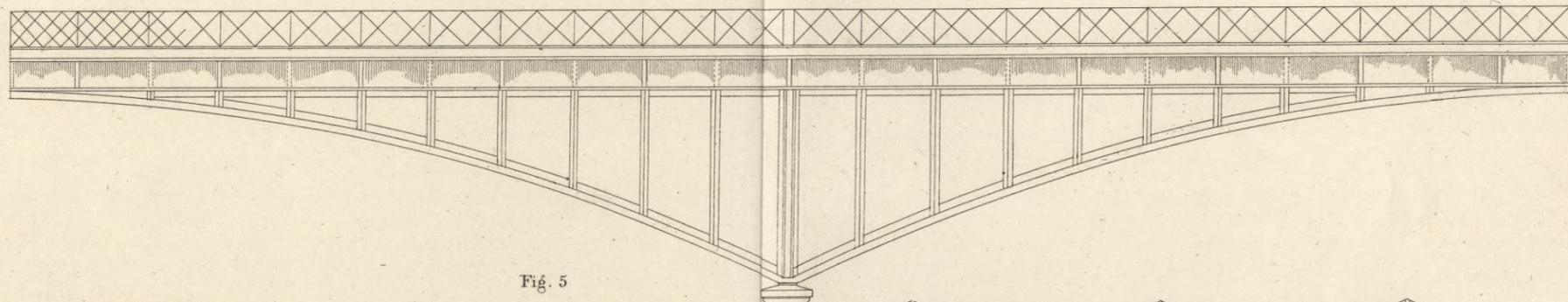


Fig. 3

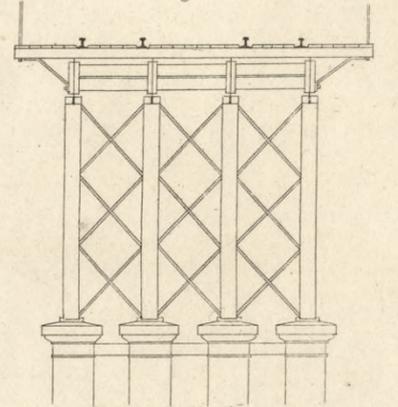
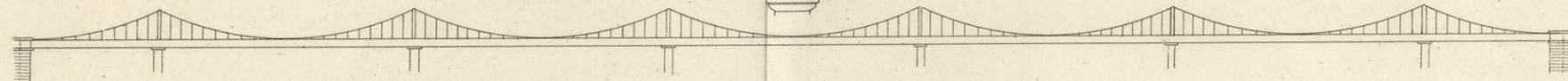


Fig. 5



Parallele zur Eisenbahnbrücke über den Neckar bei Neckarelz.

Fig. 6

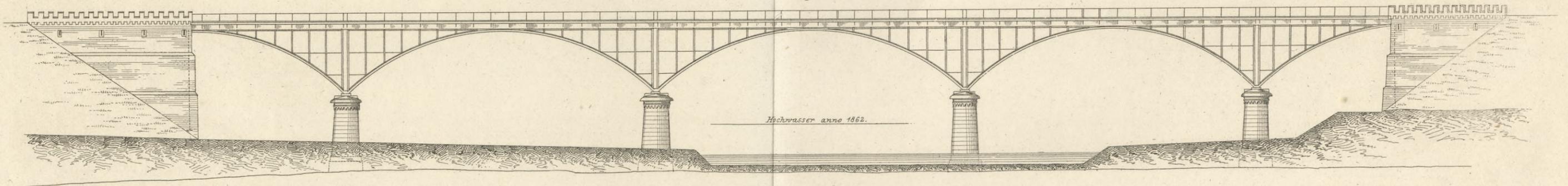


Fig. 7

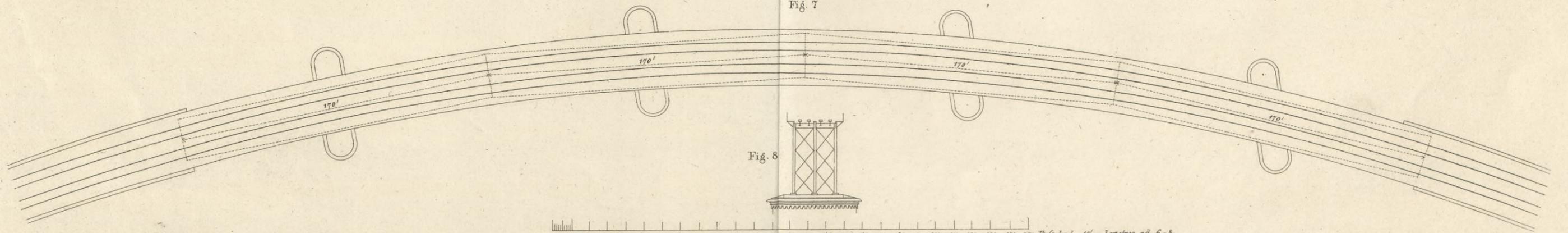
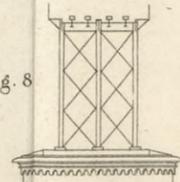
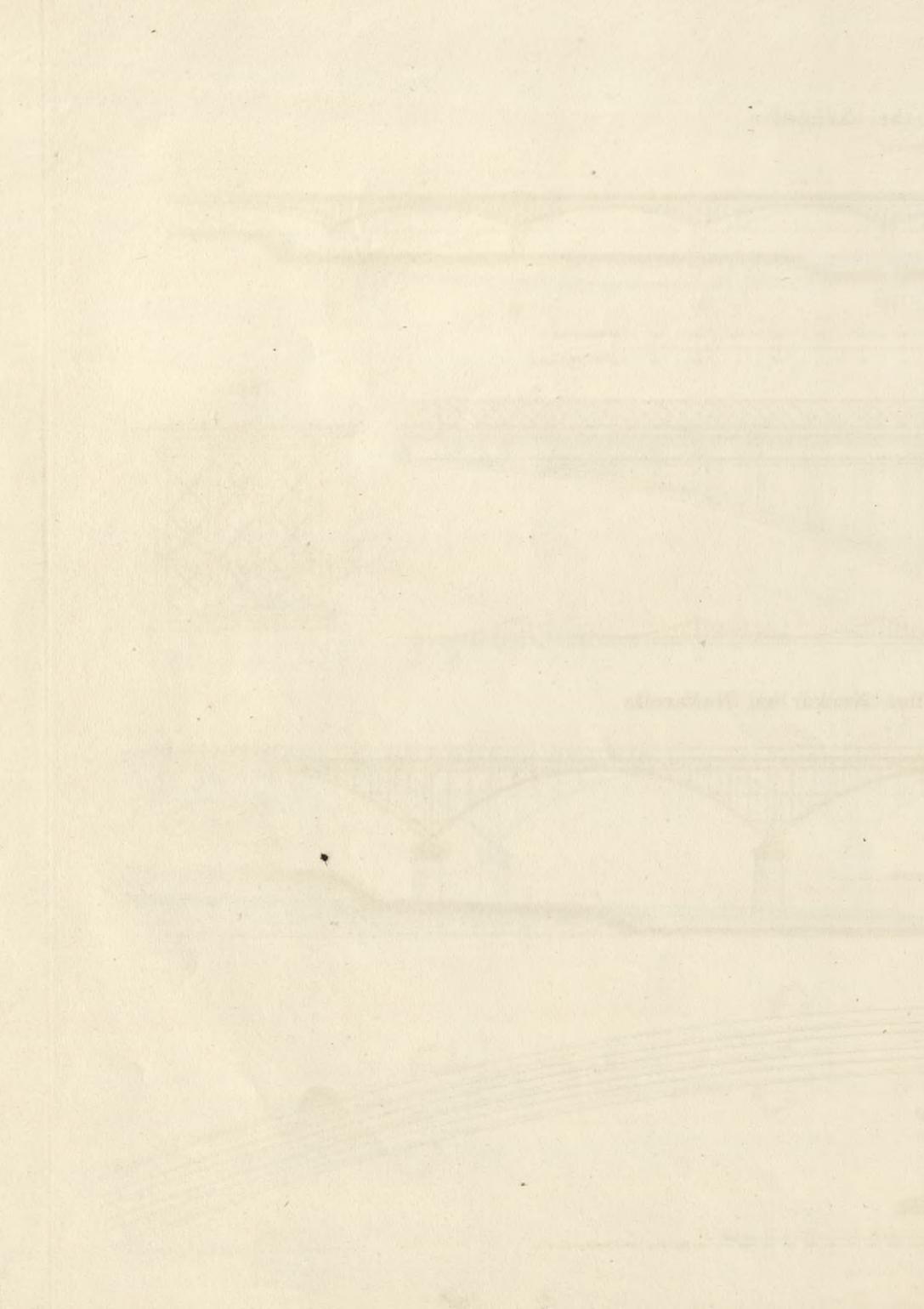


Fig. 8



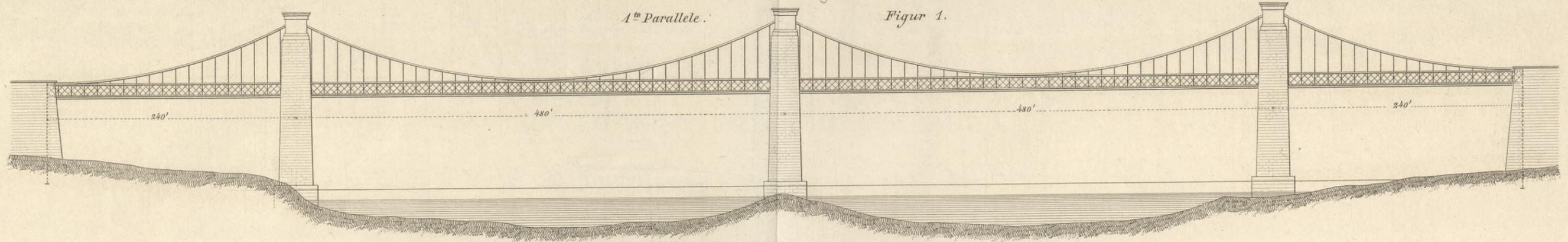
10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 Fuß ad. 10' = 3 metres ad. 6-8



Parallelen zur Britannia - Brücke.
Von Jos. Langer.

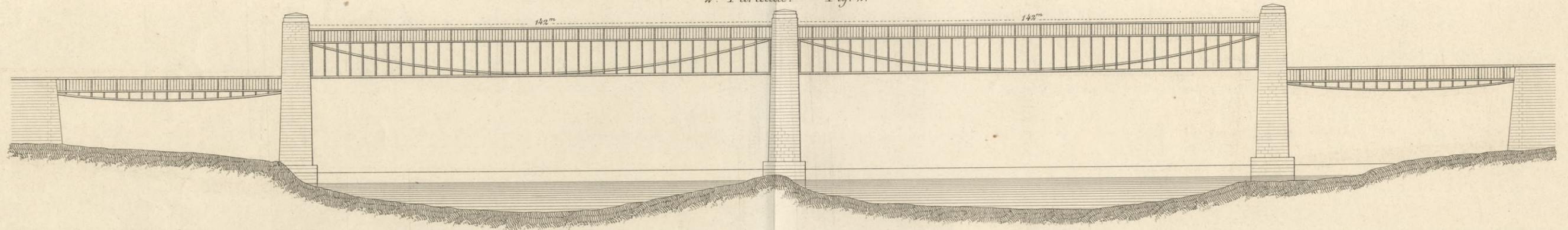
1^{te} Parallele.

Figur 1.

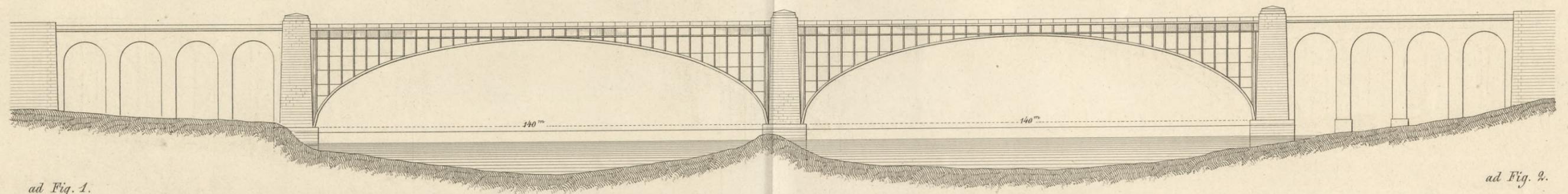


10 5 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 Meter:
12 W^r Fuss zu Fig. 4.

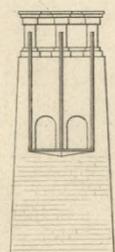
2^{te} Parallele. Figur 2.



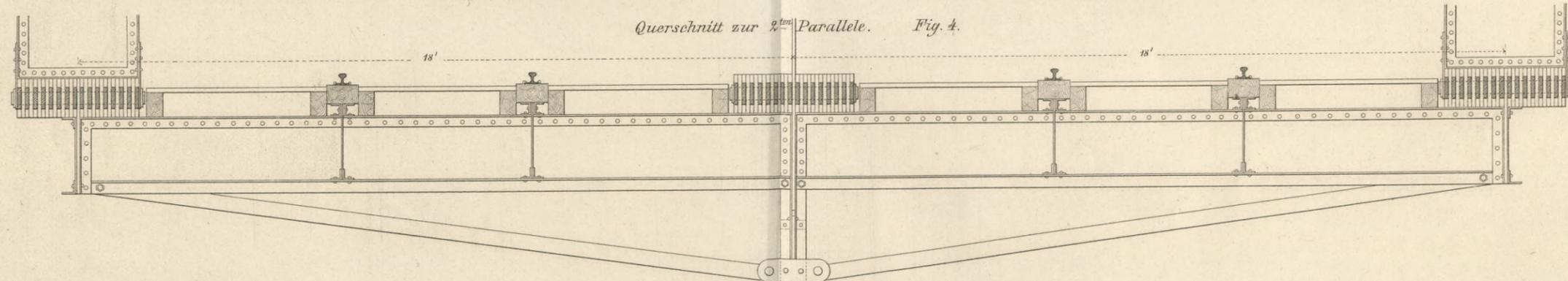
3^{te} Parallele. Figur 3.



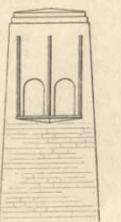
ad Fig. 1.



Querschnitt zur 2^{ten} Parallele. Figur 4.



ad Fig. 2.



Parallelen zur Britannia-Brücke.

von J. Langer.

Fig. 1. 4. Parallele.

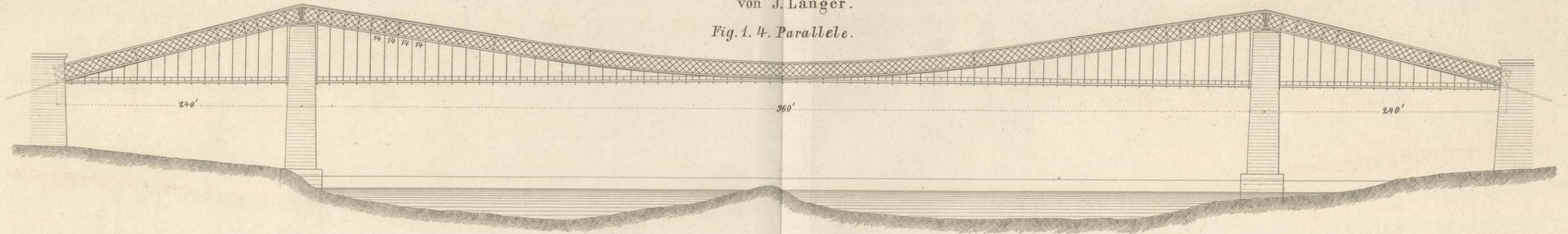


Fig. 2. Querschnitt zu Fig. 1.

Fussknoten mit einfachen Gitterstreben

Fussknoten mit zweifachen Streben. Fussknoten mit dreifachen Streben.

Kopfknoten mit dreifachen Streben. Kopfknoten mit zweif. Streben.

Kopfknoten mit einfachen Streben.

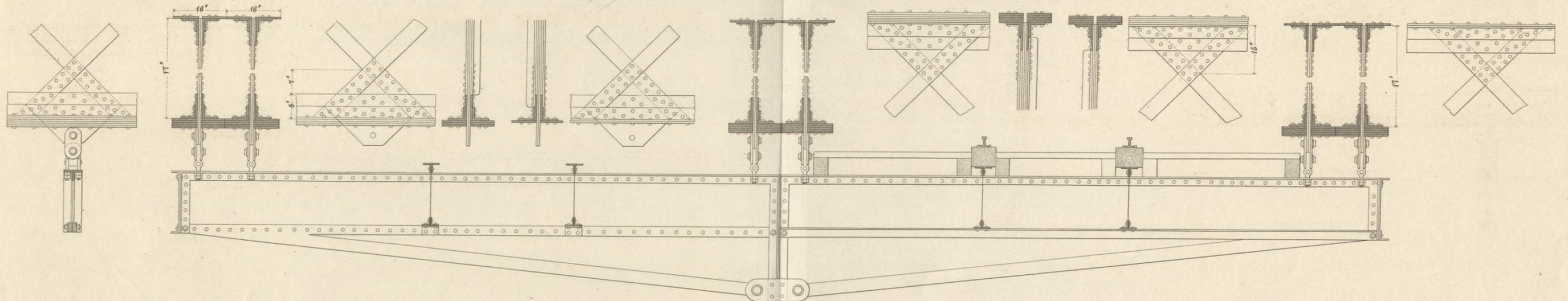
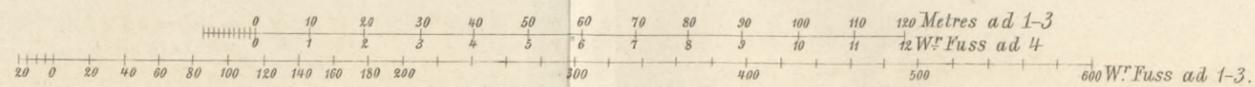
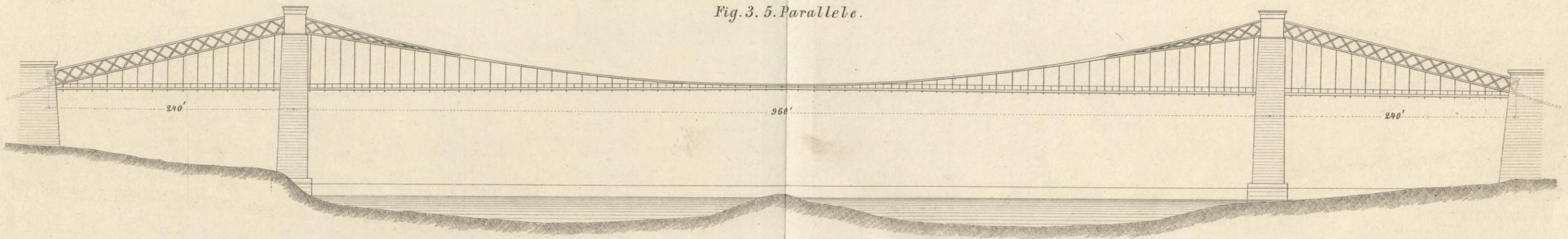


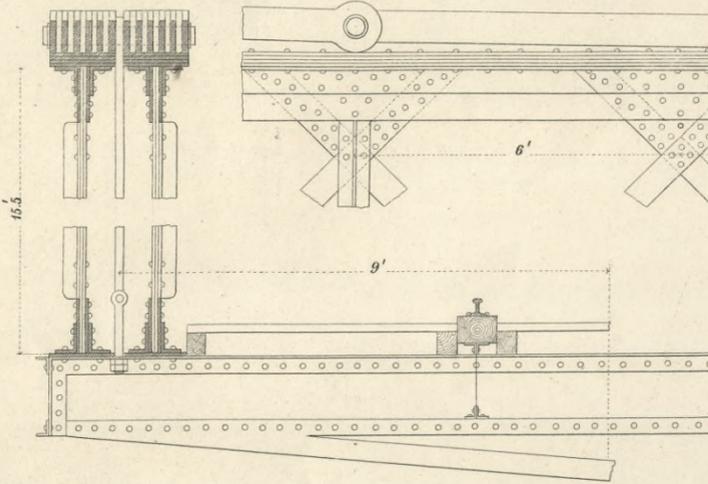
Fig. 3. 5. Parallele.



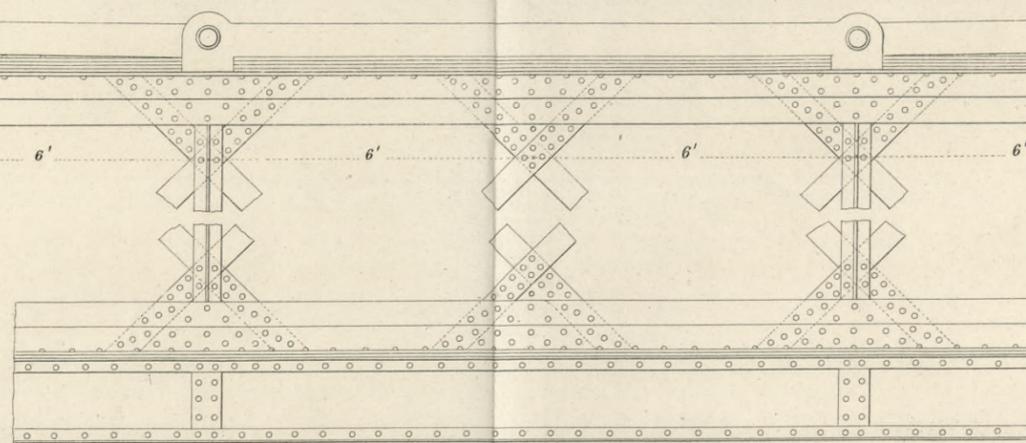
Details zu den Parallelen der Britanniabrücke

von J. Langer, Jng.

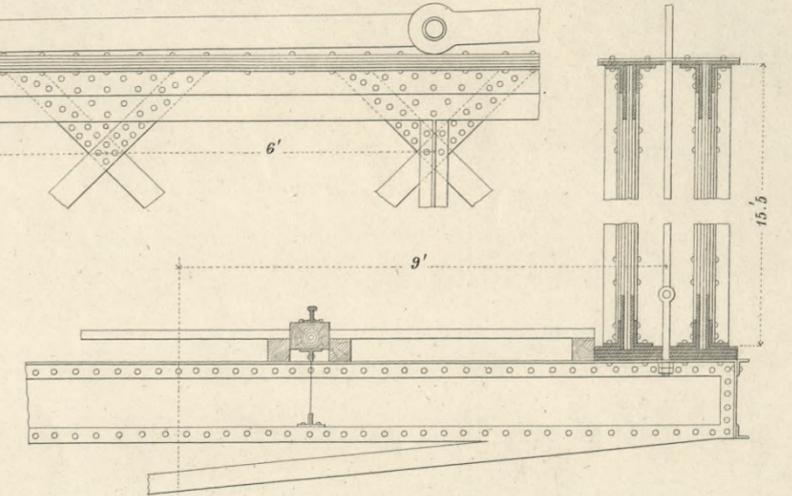
Querschnitt im Scheitel.



Querschnitt und Ansicht zur 1. Parallele. Fig. 1.

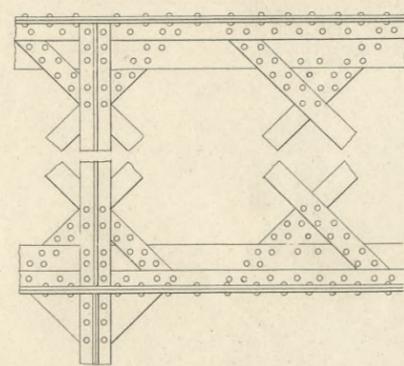


Querschnitt am Pfeiler.

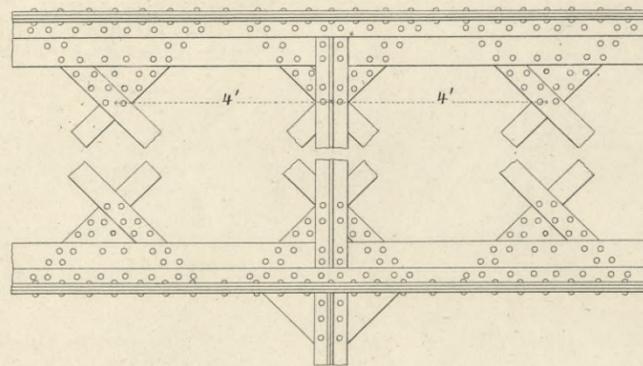


Querschnitt und Ansicht zur 3. Parallele. Fig. 2.

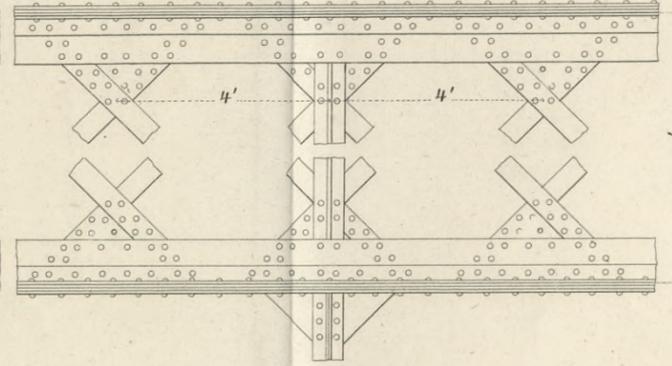
Knoten für dreifache Streben.



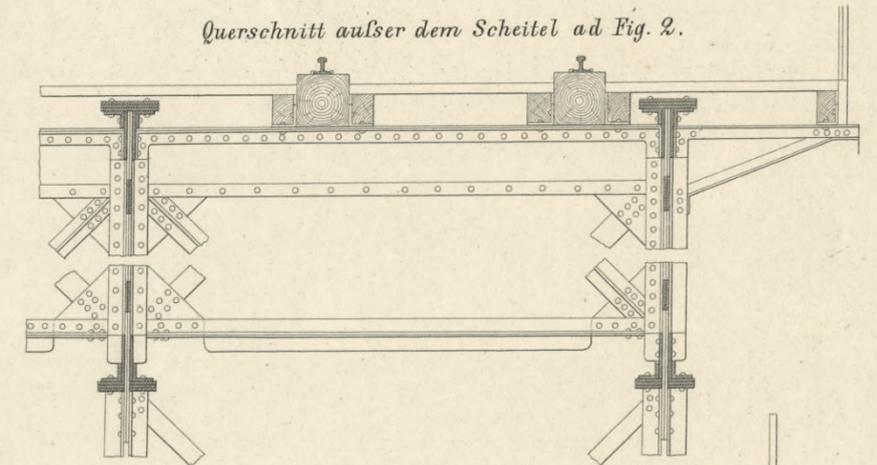
Knoten für zweifache Streben.



Knoten für einfache Streben.

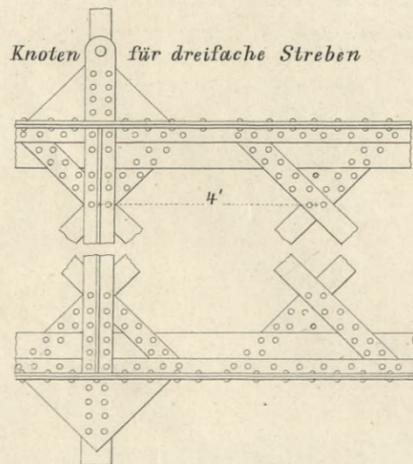


Querschnitt außer dem Scheitel ad Fig. 2.

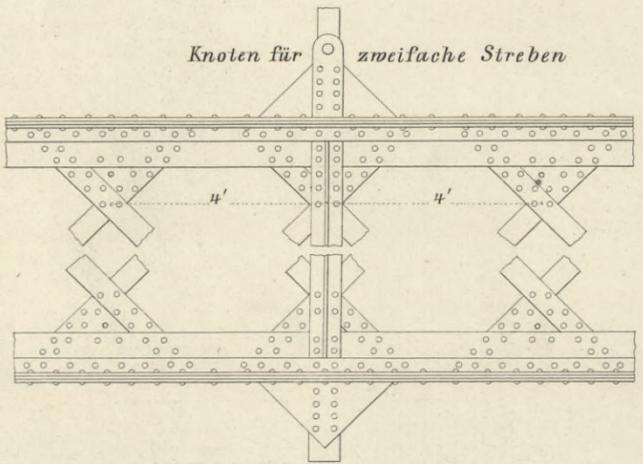


Detail zur Analogie des Hängwerks ad 3. Fig. 3.

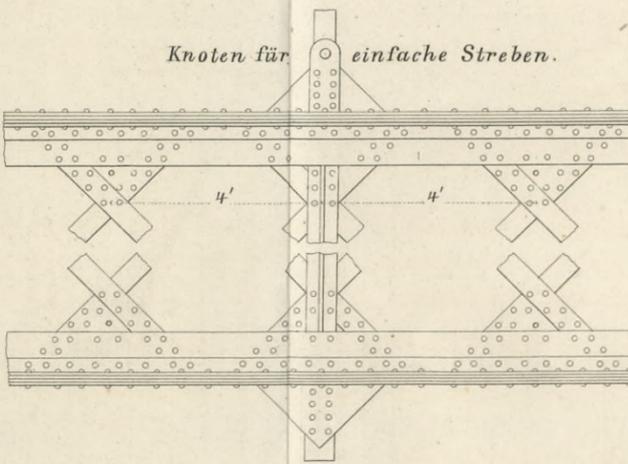
Knoten für dreifache Streben



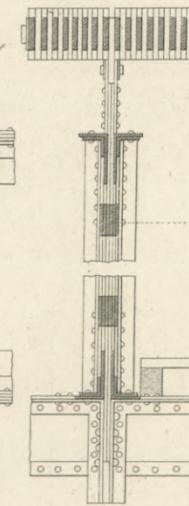
Knoten für zweifache Streben



Knoten für einfache Streben

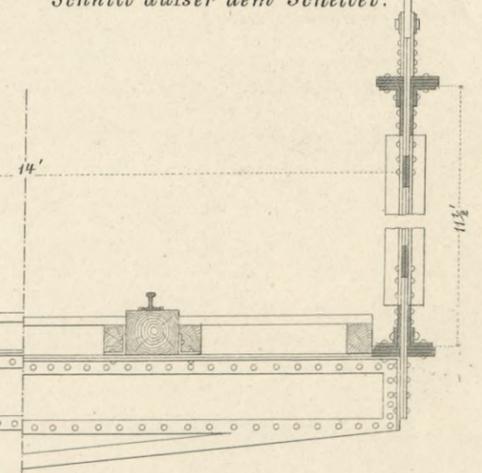


Schnitt im Scheitel

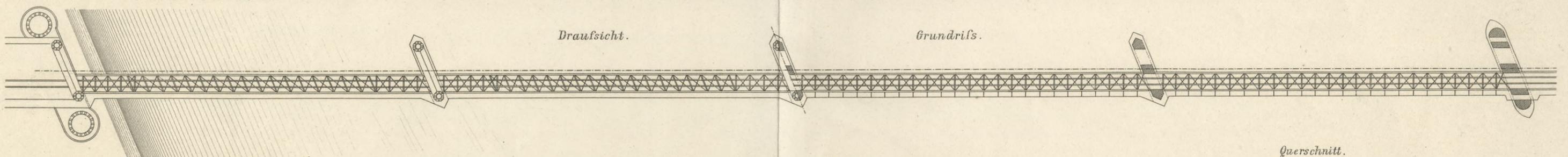
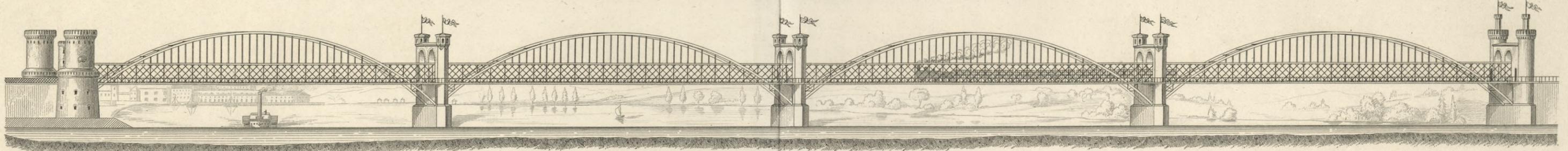


ad Fig. 3.

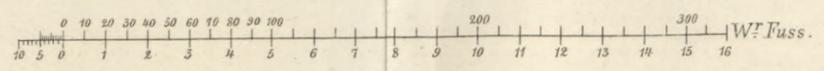
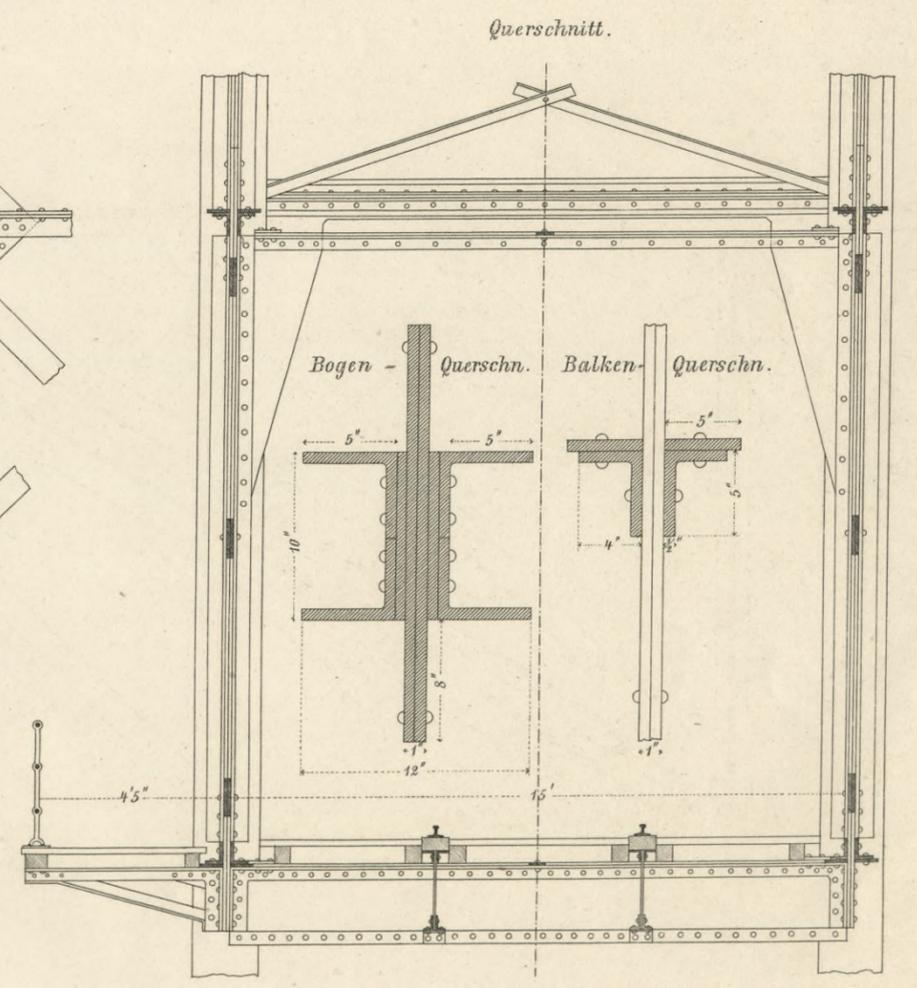
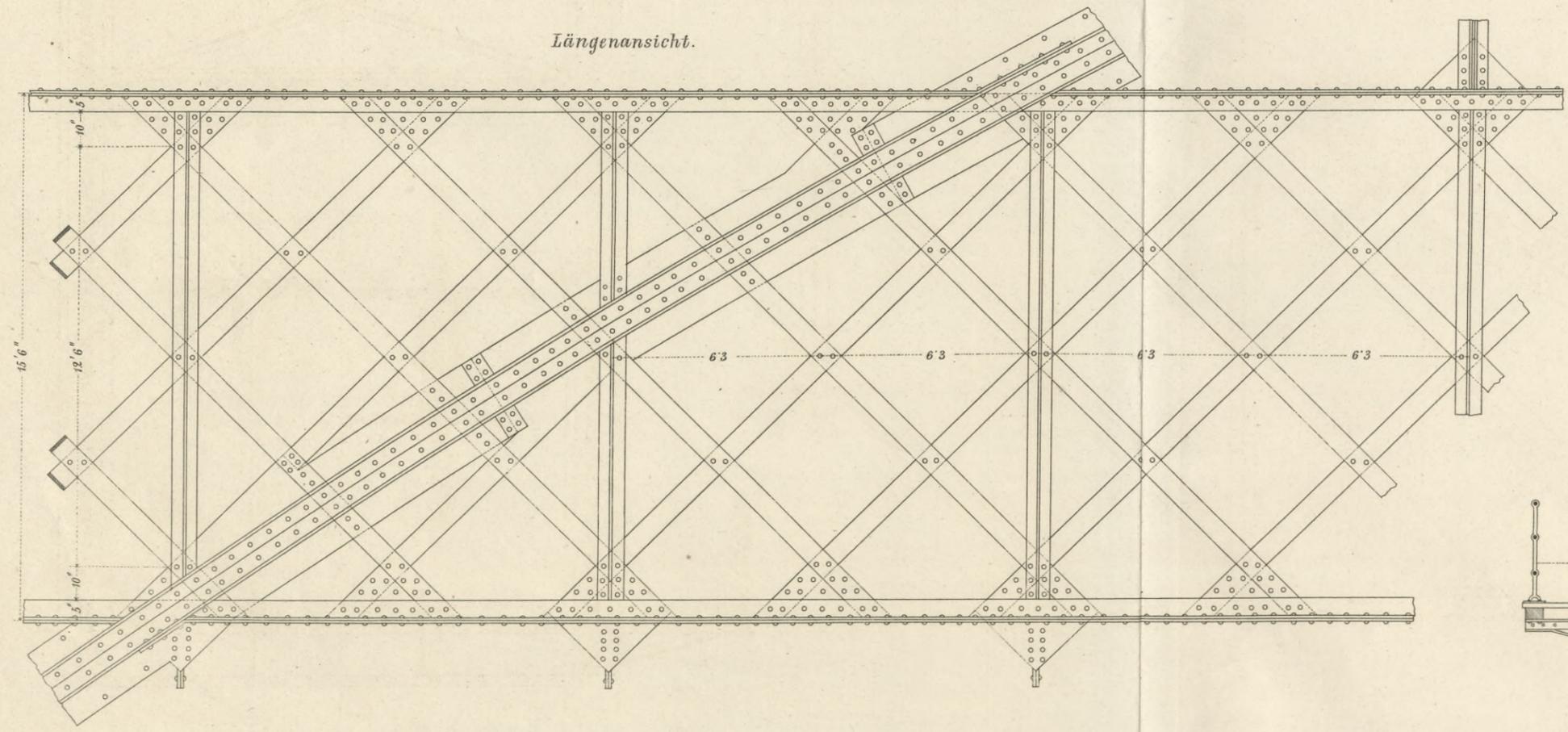
Schnitt außer dem Scheitel.



Parallele zur Rheinbrücke bei Mainz.
von J. Langer.



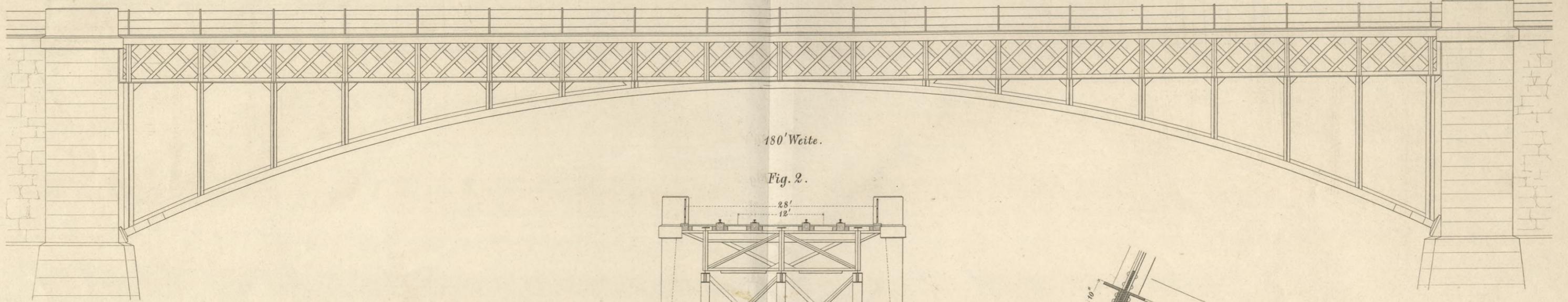
Details der Konstruktion.



Die Bogenbrücke

von J. Langer.

Fig. 1.



180' Weite.

Fig. 2.

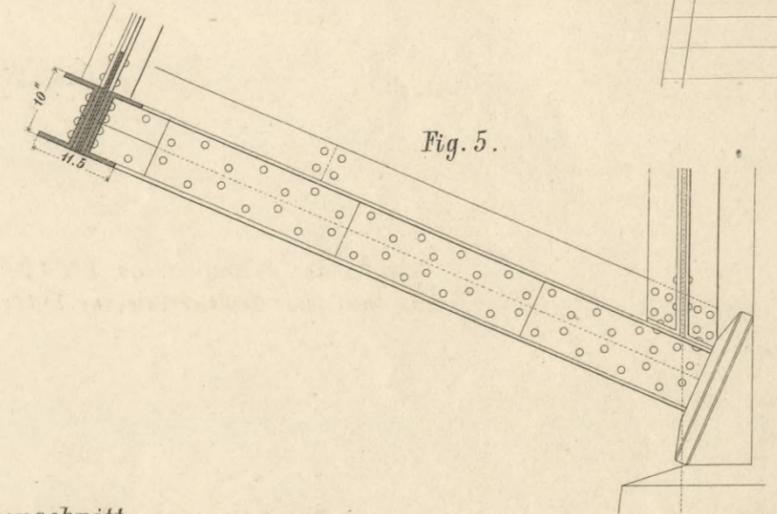
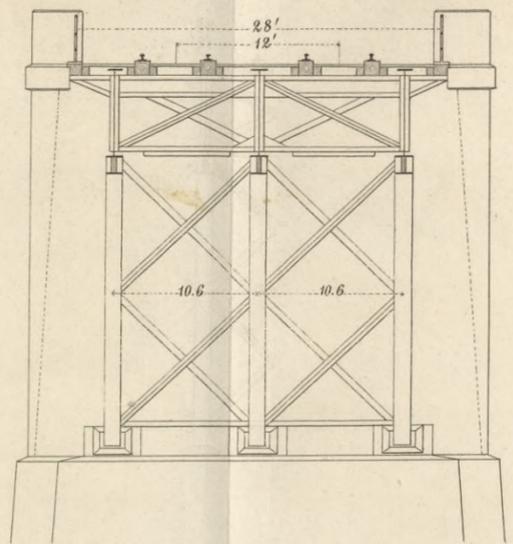


Fig. 5.

Gewicht des Schmiedeisens 2700 Ctr.
pro lauf. Fuss (zweier Geleise) 15 Ctr.

Fig. 3. Querschnitt.

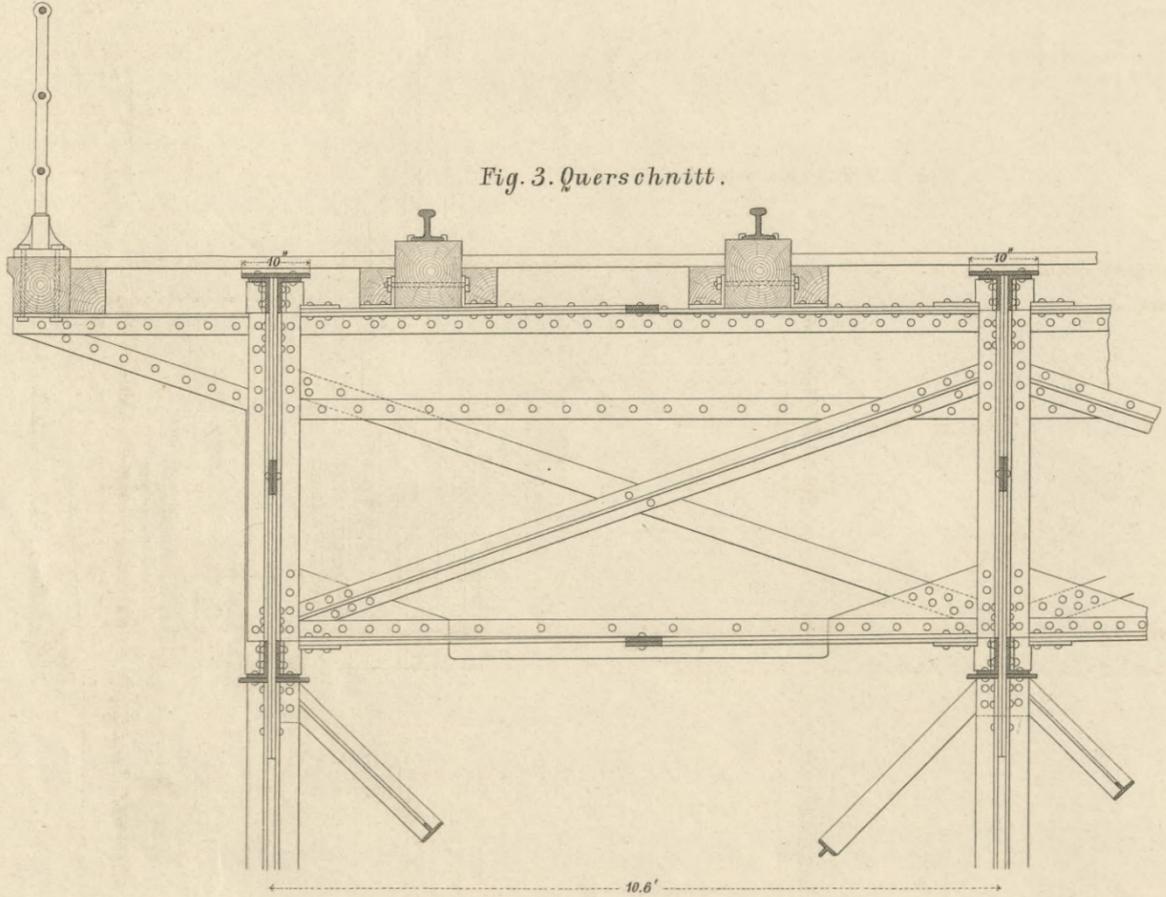
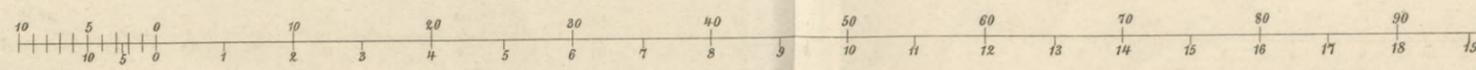
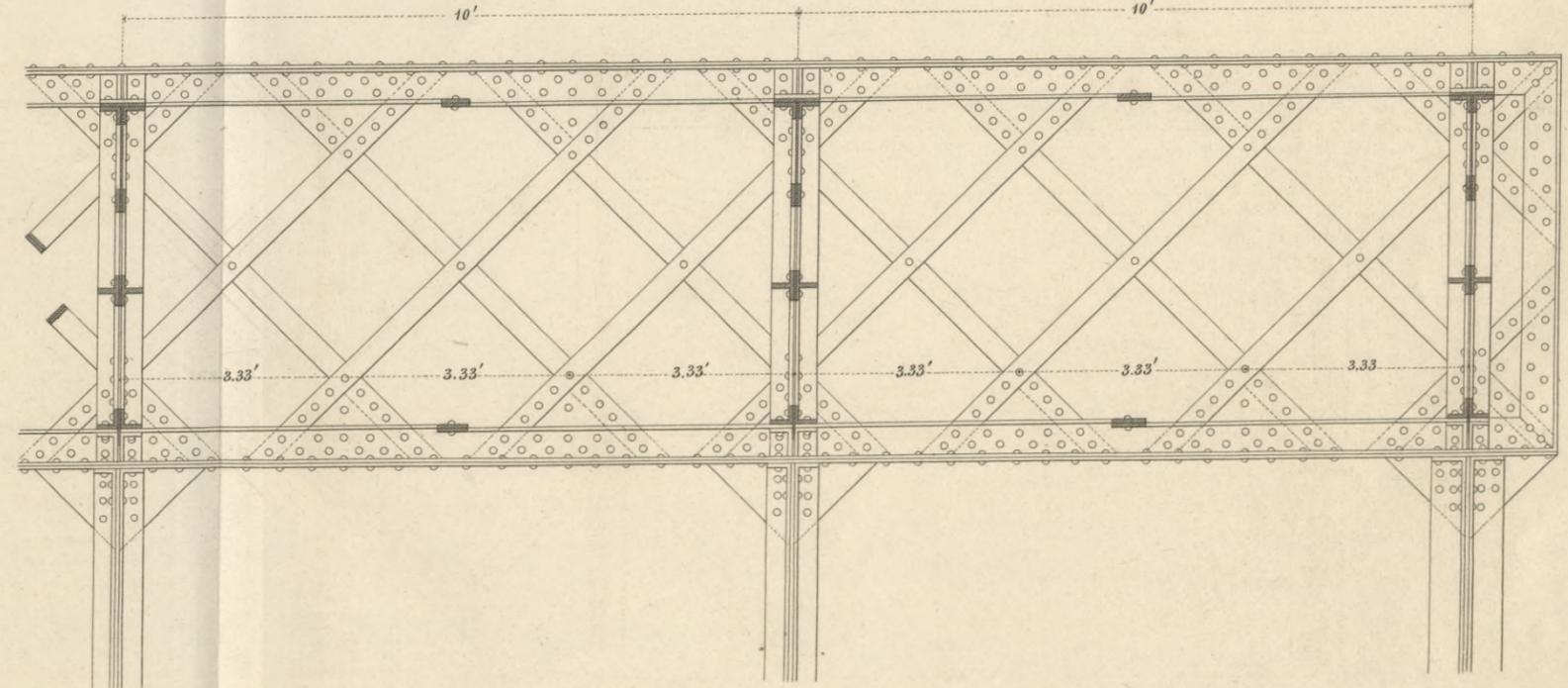


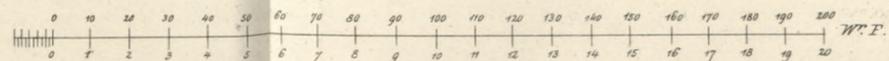
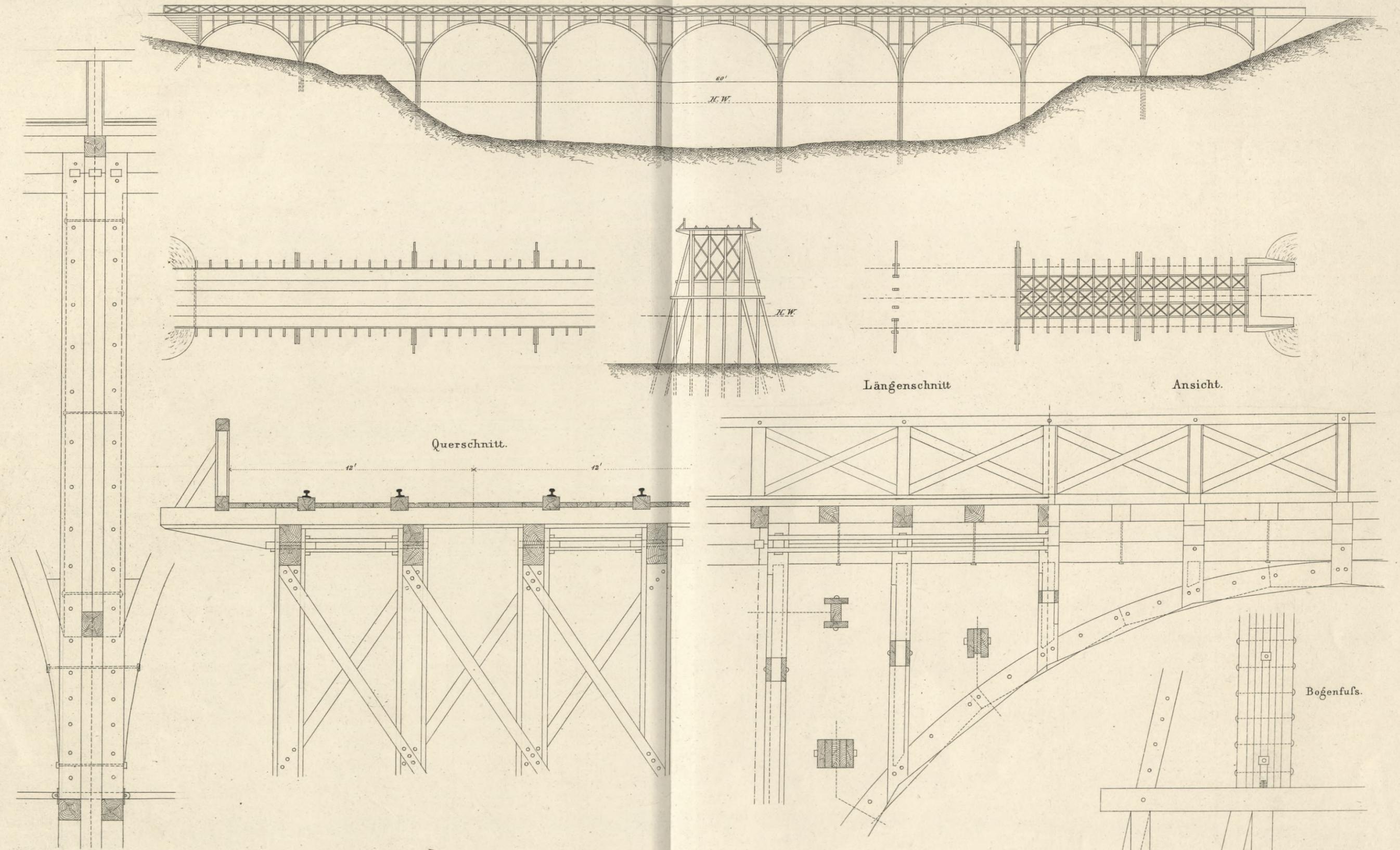
Fig. 4. Längenschnitt.



100 W' Fuss zu Fig. 1 u. 2.
20 W' Fuss zu Fig. 3-5.

Provisorische Bogenbrücken von Holz.

von J. Langer, Ingenieur.



Definitive Bogenbrücken von Holz auf Stein

von J. Langer, Ingenieur

N^o. XV.

Fig. 1.

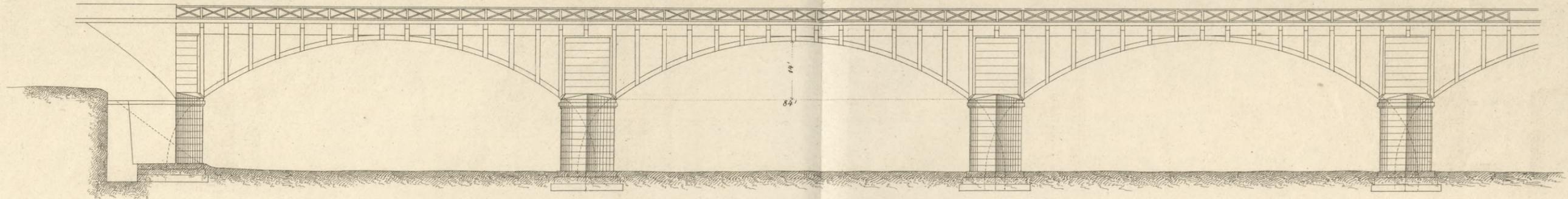


Fig. 2.

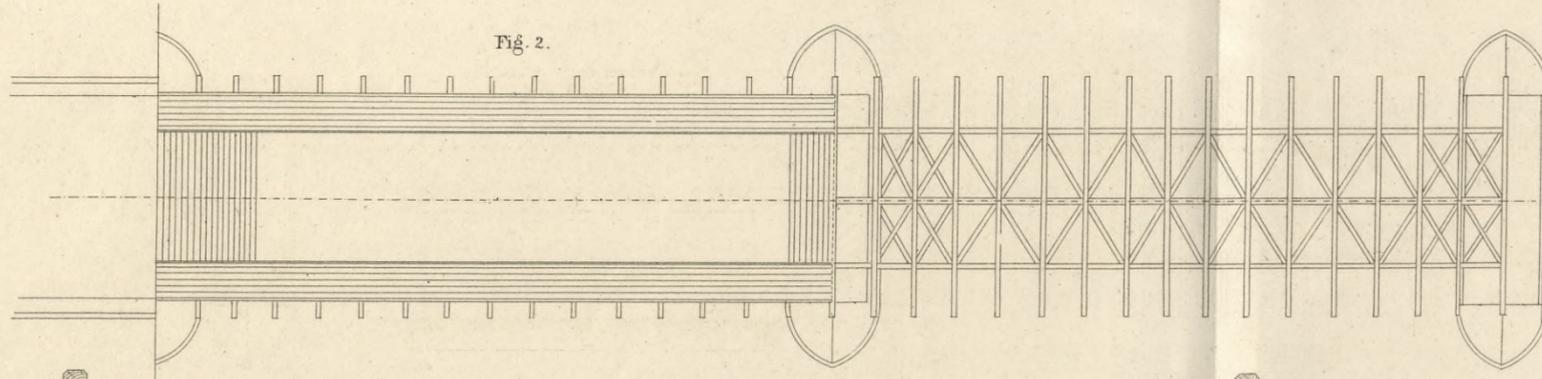
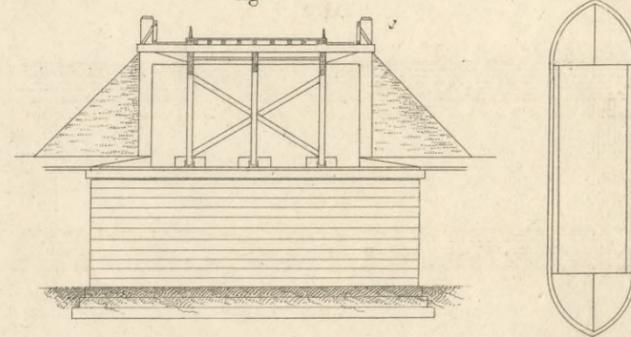
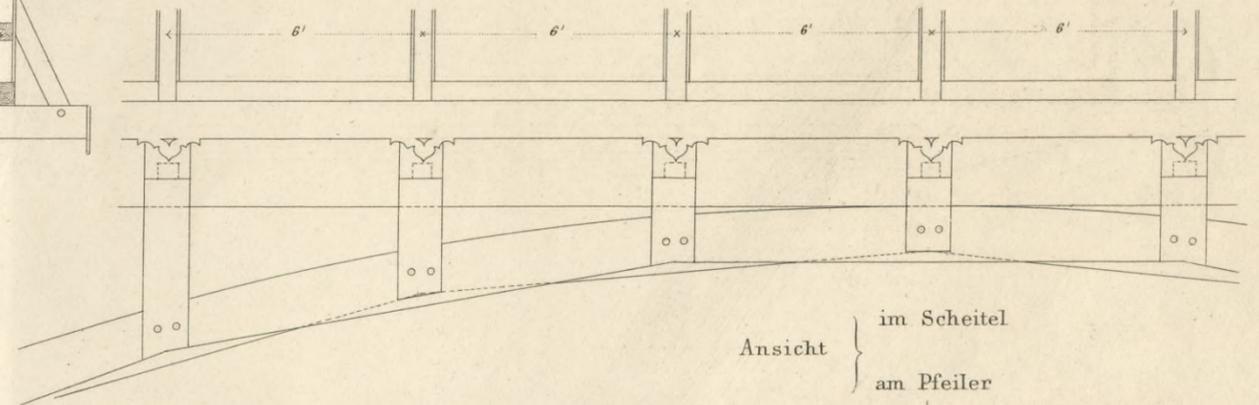
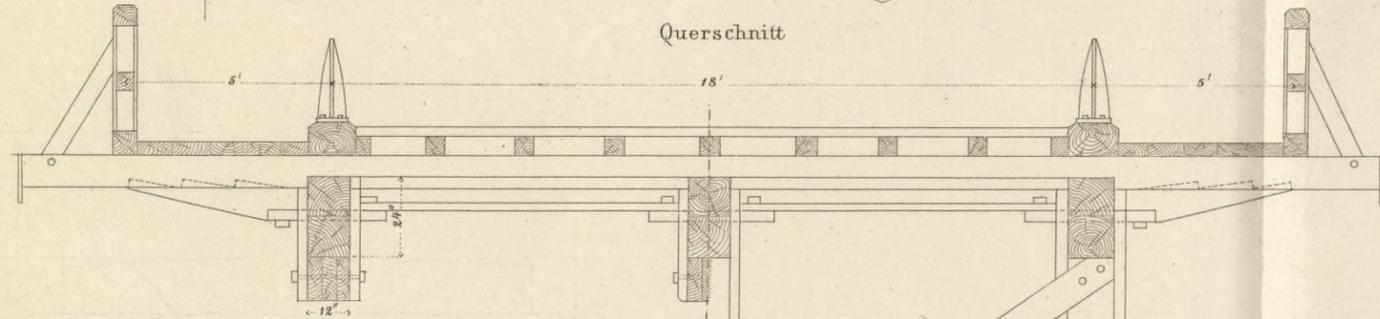


Fig. 3.



Querschnitt



Ansiicht am Bogenfuss.

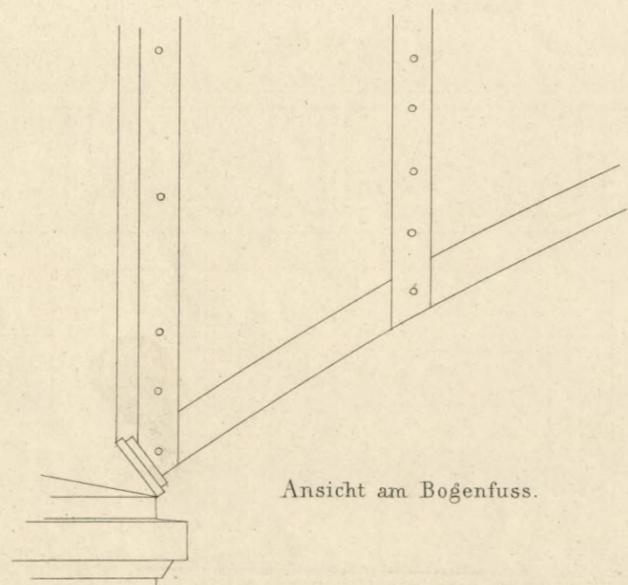


Fig. 1 3. Bogenbrücke von Holz. Fig. 4-5. Bogengerüst zur Montirung.

von J. Langer, Ingenieur.

Fig. 1.

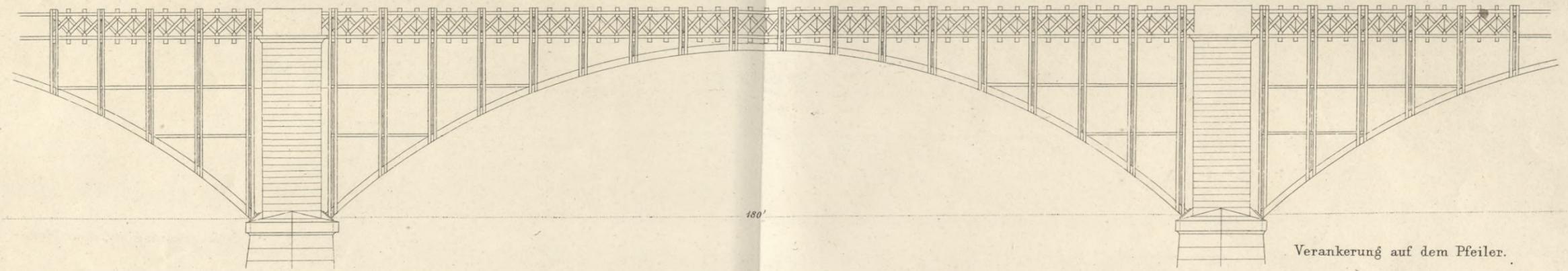


Fig. 2.

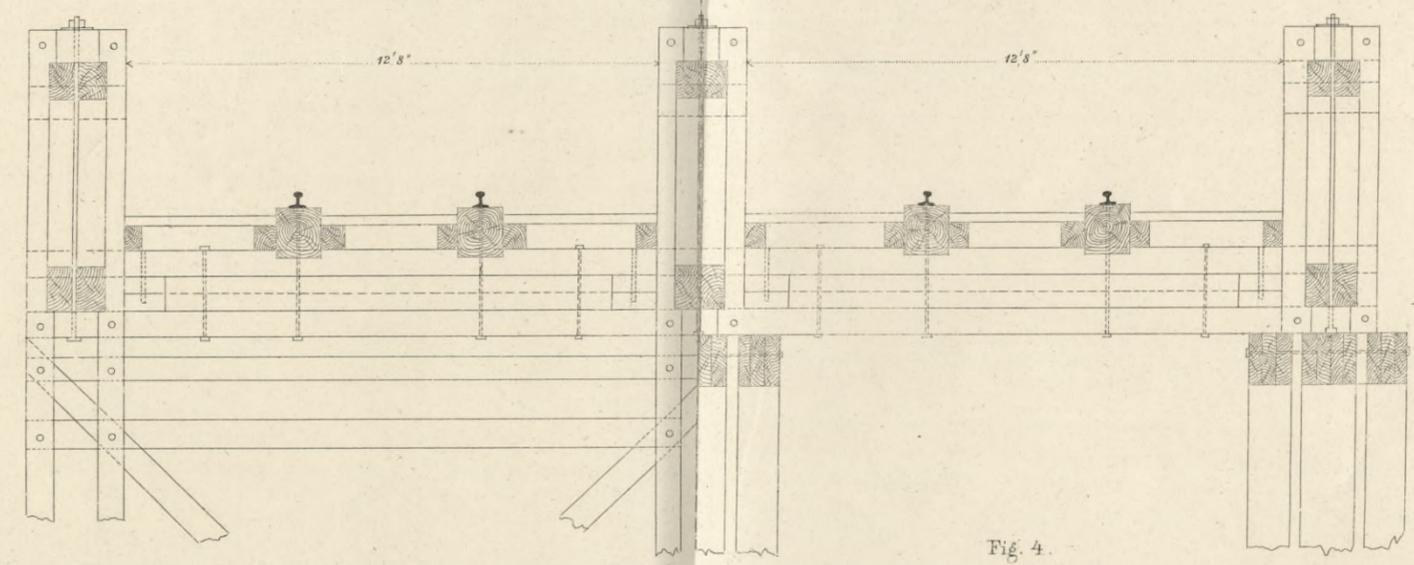


Fig. 3.

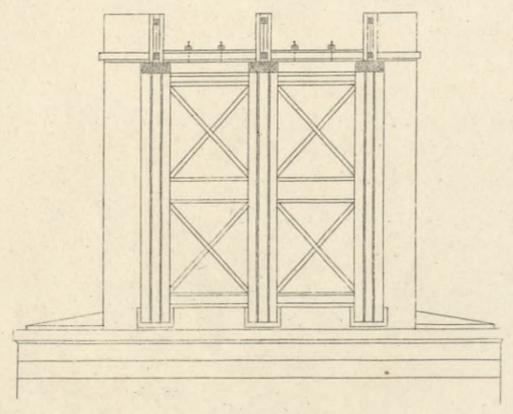
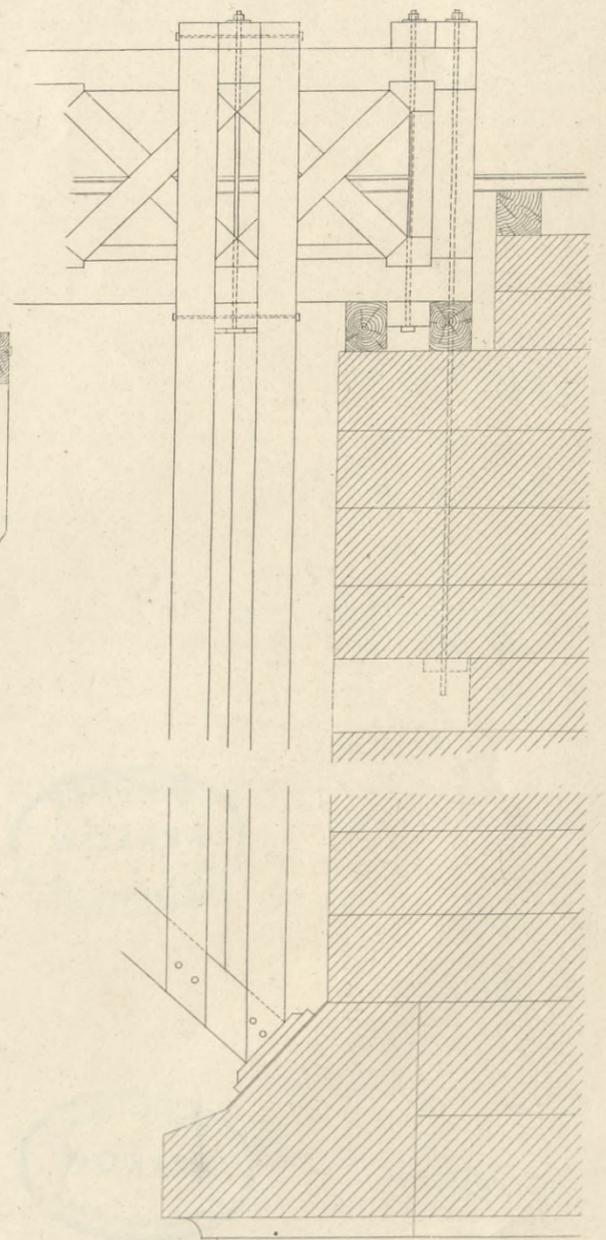
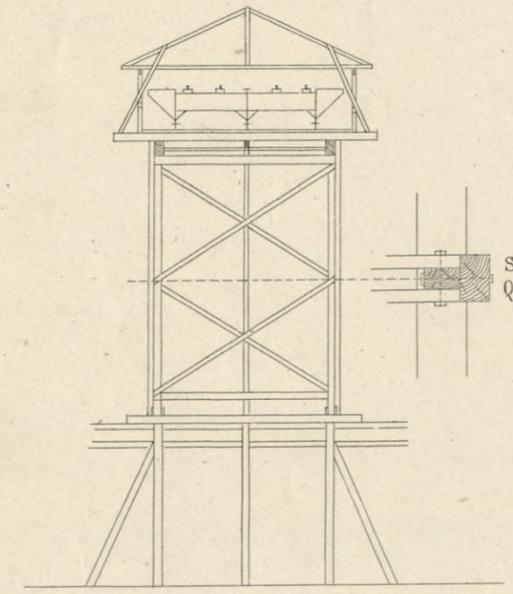
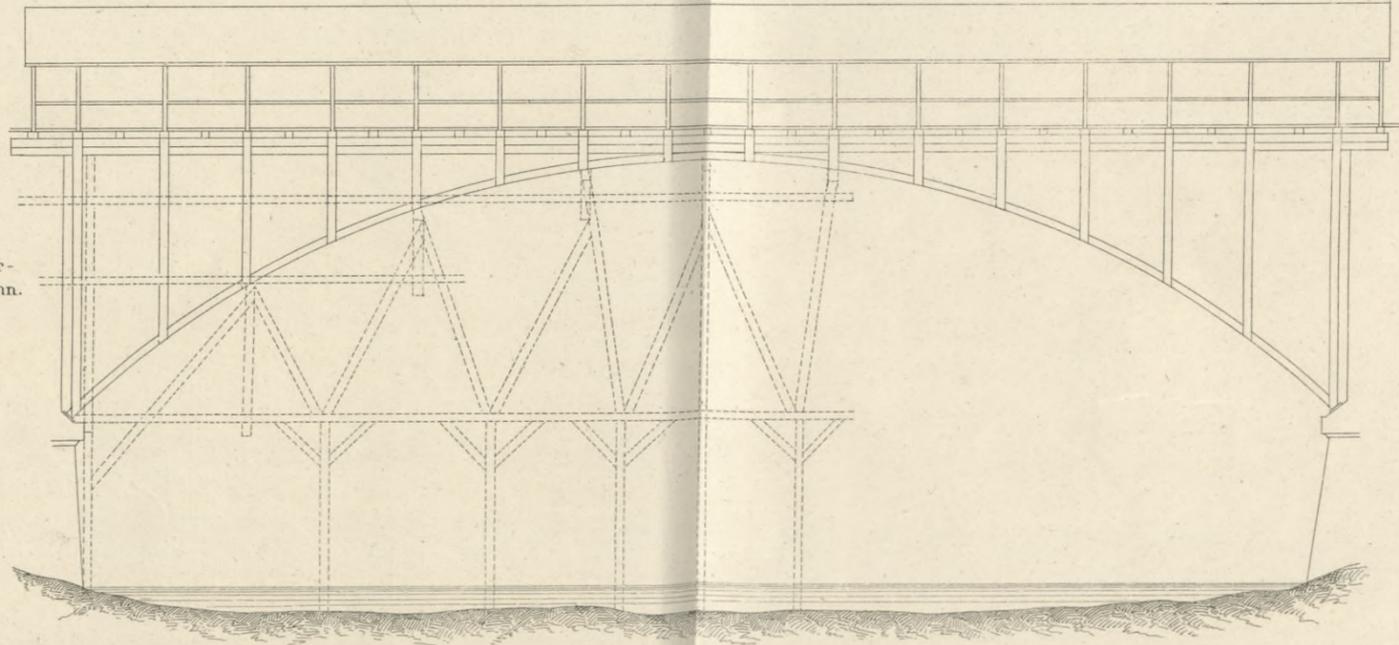


Fig. 4.

Fig. 5.



Ständer-
Querschn.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 W' Klf. zu Fig. 1.4.5
W' Fuß . . . 2. u. 3.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



IV-301103

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300720