

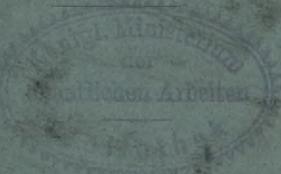
*24*

DER WETTBEWERB  
FÜR EINE  
FESTE RHEINBRÜCKE BEI BONN

VON

TH. LANDSBERG  
PROFESSOR IN DARMSTADT.

*F. No. 10 228*



MIT FÜNFUNDVIERZIG ABBILDUNGEN IM TEXT.

BERLIN 1895  
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN  
(FORM. ERNST & KORN).

*W. E. S.*

*485*

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000303950



III 33740

Seit den sechziger Jahren unseres Jahrhunderts ist eine größere Zahl von Brücken über den Rhein erbaut worden. Sie dienen zum größten Theil dem Eisenbahnverkehr, für den sich naturgemäß das Bedürfnis zuerst als unabweisbar herausstellte. Die Zahl der festen Strafsenbrücken ist gering: Mannheim, Mainz, Köln sind glückliche Besitzer solcher Bauten. Und doch bildet der schöne Strom zeitweise, besonders bei Eisgang, ein arges Verkehrshindernis. Es ist deshalb wohl als sicher anzunehmen, daß die kommenden Jahrzehnte eine Reihe von Strafsenbrücken über den Rhein werden entstehen sehen. Aus diesem Grunde ist der Wettbewerb um die Erbauung einer Rheinbrücke heute ein Ereignis, dessen Tragweite über den gerade vorliegenden Sonderfall hinaus Bedeutung hat; denn die Ergebnisse dieses Wettbewerbes wirken vorbildlich auf die spätere Behandlung der Aufgabe. Kann man doch den Einfluß der beiden großen Brücken-Wettbewerbe für die feste Rheinbrücke bei Mainz (1881) und die Neckarbrücke bei Mannheim (1887) unschwer heute noch erkennen; selbstverständlich wirkte auch der Budapester Wettbewerb (1894) auf die eingelieferten Arbeiten ein.

Allgemeines. Bereits im Jahre 1892 wurde vom Wasserbauinspector Ispording ein Vorentwurf nebst Kostenüberschlag für die Erbauung einer festen Rheinbrücke zwischen Bonn und Beuel ausgearbeitet, welcher den Verhandlungen mit den Behörden zu Grunde gelegt wurde. Am 10. Juli 1894 hat dann die Stadtverwaltung Bonn einen Wettbewerb für Entwürfe zu dieser Brücke ausgeschrieben. Für die Lage waren nur Grenzen angegeben, innerhalb deren die Brücke liegen sollte; es wurde den Bewerbern überlassen, begründete Vorschläge zu machen. Der Sachlage nach konnten nur drei Stellen in Frage kommen, welche in dem Lageplan (Abb. 1) mit I, II, III bezeichnet sind. Es empfiehlt sich, diese Frage hier so gleich zu erledigen, weil dieselbe für die weitere Behandlung des Wettbewerbes in diesem Blatte von geringerer Bedeutung ist. Die mit I bezeichnete Lage ist die am meisten stromaufwärts gelegene; die Brücke würde bei dieser Lage auf der Bonner Seite in die Convictstraße münden, auf der Beueler Seite sehr bald das hochwasserfreie Gelände erreichen. Bei der Lage II läuft die Brücke in den Viereckplatz (nach Beseitigung einiger Bauwerke); dort findet aber der Verkehr nur theils winklige, theils recht enge Strafsen. Bei III bildet die Theaterstraße die Fortsetzung der Brücke auf Bonner Seite; auf der anderen Rheinseite fällt die Brücke weit in das Hochwassergebiet, würde also eine größere Zahl von Fluthöffnungen und damit größere Kosten verursachen.

Die große Mehrzahl der Bewerber hat sich für die Lage bei I oder am „alten Zoll“ ausgesprochen. Maßgebend dafür waren kurz zusammengestellt folgende Gründe:

a) Die Convictstraße mit den daran gelegenen Universitätsbauten bildet bereits heute räumlich und für den Verkehr die Achse der Stadt und wird dies in Zukunft immer mehr werden; nördlich liegt der alte, südlich der neue Stadttheil. Die Erweiterung der Stadt wird hauptsächlich nach Süden zu stattfinden, da eine Erweiterung nach Norden durch die dort befindlichen Kliniken sehr erschwert ist.

b) Die Verbindung der beiden Bahnhöfe Bonn (linksrheinisch) und Beuel (rechtsrheinisch) ist hier auf kürzestem Wege möglich. Die Linie III würde einen weiten Umweg ergeben.

c) Die Convictstraße liegt sehr hoch, sodafs wesentlich kürzere und billigere Rampen möglich sind, als bei anderer Lage der Brücke.

d) Auf der Beueler Seite sind die Hochwasserverhältnisse günstiger, als bei den Linien II oder III.

e) Der Schiffsahrtsbetrieb, welcher unterhalb des alten Zolls, begünstigt durch die tiefe Lage der Strafsen, schon recht lebhaft ist und sich voraussichtlich weiter heben wird, würde durch die Brücke und deren Rampen bei der Lage II oder III beeinträchtigt werden. Eine beim alten Zoll belegene Brücke dagegen würde auch auf die Schiffsahrt nicht ungünstig wirken, da das stromaufwärts gelegene



Abb. 1. Lageplan.

Ufer sehr hoch liegt, sodafs dort kein Schiffsahrtverkehr stattfindet, auch wegen der vornehmen Eigenart dieses Stadttheils sich nicht entwickeln wird. Immerhin ist die Lage der Brücke mit Ausmündung auf den Viereckplatz derjenigen bei III vorzuziehen, weil auf dem rechten Ufer das hochwasserfreie Gelände durch eine kurze, stromaufwärts gebogene Rampe erreicht, die Zahl der Fluthöffnungen somit kleiner werden kann.

Bemerkte sei noch, daß die meisten Wettbewerber ihren Entwurf so eingerichtet haben, daß der Bau in seinen Haupttheilen sowohl für die Lage der Brücke bei der Convictstraße wie am Viereckplatz ausgeführt werden kann, abgesehen von den Rampenanlagen usw., welche an jeder Stelle andere sein müßten.

x  
475

Die Bedingungen, welche für den Bau vorgeschrieben wurden, waren recht schwer: es wurde eine wenigstens 150 m im lichten weite Mittelöffnung verlangt, außerdem jederseits eine Seitenöffnung, in welcher die Constructionunterkante wenigstens auf 60 m Breite 8,8 m über höchstem schiffbaren Wasserstande liegen sollte. Da außerdem ein bedeutender Hochwasser-Querschnitt (4380 qm bei I, 4600 qm bei III) vorgeschrieben war, so ergab sich eine Gesamtlichtweite von rund 400 m.

Als Fahrbahnbreite sollte 8 m zwischen den Hauptträgern angenommen werden; die beiderseitigen Gehwege sollten je 2,5 m breit sein, wenn die Hauptträger unter der Brückenbahn liegen, je 3 m, wenn die Hauptträger zwischen Fahrbahn und Fußwegen liegen. Bei letzterer Anordnung soll ein bequemer Querverkehr möglich sein. Der Baugrund ist gut. Die vorgeschriebenen Belastungsannahmen sind die üblichen:

a) Für die Berechnung der Hauptträger: Belastung von 400 kg auf das Flächen-Meter der Brückenbahn einschließlich der Fußwege.

b) Für die Fahrbahntheile: zwei neben einander fahrende Wagen von 10 000 kg Gewicht, 3 m Radstand, 1,2 m Spur. Ferner Strafenwalze von 13 000 kg und für ein vorzusehendes Gleis ein Zug mit Locomotive von 3,2 t Raddruck.

c) Für die Gehwegtheile 500 kg für das Flächen-Meter.

d) Winddruck: bei belasteter Brücke 150 kg auf die wirkliche Fläche der Träger und Fahrbahn sowie ein 2,5 m hohes Verkehrsband über der Fahrbahn; bei unbelasteter Brücke 250 kg auf das Flächenmeter der vom Winde getroffenen Fläche.

Der Betrieb der Schifffahrt und Flößerei darf durch die Baugerüste nicht gestört werden. — Es ist höchstens eine Bauzeit von 2½ Jahren in Aussicht zu nehmen.

Die Hauptträger. Bei einer jeden Brücke ist die Wahl der Anordnung der Hauptträger entscheidend für den ganzen Bau, um wie viel mehr bei einem so hervorragenden Bauwerk, dessen Mittelöffnung als kleinste Lichtweite das Maß von 150 m aufweisen soll. Dazu kommt die bevorzugte Lage des Bauwerkes, bei der schönen Stadt Bonn. Es bildet gewissermaßen das Eingangsthor zu der romantischen Rheingegend am Siebengebirge und liegt an der von In- und Ausländern alljährlich meist befahrenen und schönsten Straße Deutschlands. So mußte die Rücksicht auf die Schönheit des Baues in allererste Linie rücken. Glücklicherweise sucht man heute die architektonische Wirkung eines Brückenbaues durch die Linienführung der Hauptträger zu erreichen, und das Streben, in solcher Weise der Aufgabe gerecht zu werden, war bei allen besseren Lösungen unverkennbar.

Die Aufgabe, eine sehr weite Mittelöffnung und zwei kleinere Seitenöffnungen zu überspannen, wies auf drei verschiedene Arten Hauptträger hin:

1. Bogenträger, 2. Auslegerträger und 3. Hängeträger. Von den 16 eingegangenen Entwürfen zeigen denn auch:

5 Entwürfe Bogenträger, 6 Entwürfe Auslegerträger und 4 Entwürfe Hängeträger. Außerdem ist ein Entwurf zu einer gewölbten Brücke eingereicht mit drei Oeffnungen von 89, 160 und 89 m Lichtweite. Zur Zeit und wohl auch noch für eine Reihe von Jahren dürfte an die Ausführung nicht gedacht werden können. Von den preisgekrönten Entwürfen zeigen:

I. Preis, „Bonn-Beuel“, Zweigelenkbogen in allen drei Oeffnungen,

II. Preis, „Kabelbrücke“, eine Hängebrücke, versteifte Gufstahlkabelbrücke,

III. Preis, „Tres faciunt collegium“, Dreigelenkbogen über der Fahrbahn, mit aufgehobenem Horizontalschub, in allen drei Oeffnungen,

IV. Preis, „Am Rhein, am Rhein“, Zweigelenkbogen in allen drei Oeffnungen.

Bei der Entscheidung über das zu wählende System der Hauptträger (vgl. hierzu die Abb. 2 bis 6), spielen die Höhenverhältnisse eine wichtige Rolle. Insbesondere ist Rücksicht auf die verfügbare Constructionshöhe zu nehmen, welche einerseits durch die von der Schifffahrt verlangte Lichthöhe unter der Brücke, andererseits durch die zulässigen Steigungen auf der Brücke und den Zufahrtsrampen bestimmt wird. Diejenigen Anordnungen, bei welchen die Hauptträger ganz über der Fahrbahn liegen, erfordern geringste Steigungen, weil bei diesen zu der vorgeschriebenen tiefsten Ordinate der Construction nur die Stärke der eigentlichen Fahrbahn (Quer- und Längsträger, Belag und Fahrbahndecke) hinzugezählt zu werden braucht, um die Fahrbahnordinate zu erhalten. Diese kann dann auf den größten Theil der Brücke wagerecht oder nahezu wagerecht gewählt werden. Größere Steigungen bedingt die Construction der Hauptträger als Bogenträger. Bei diesen kommt zu der als Lichthöhe unter der Brücke vorgeschriebenen Ordinate zunächst noch der Pfeil des 60 m langen Bogenstückes hinzu und dann erst die Dicke

der Fahrbahn. Dieser Pfeil beträgt hier in den Seitenöffnungen etwa 3 m. Es stellte sich durch eine Prüfung heraus, daß die hierdurch bedingte Höhe in den Mitten der Seitenöffnungen und auch in der Mittelöffnung ohne besonders ungünstige Steigungen der Rampen erreicht werden konnte. Die Pfeilhöhen der ganzen Bogen bestimmen sich aber weiter auch aus den Hochwasserordinaten, da die Bogenkämpfer nicht wohl tiefer als in Hochwasserhöhe gelegt werden dürfen. Das für die Seitenbogen erreichbare Pfeilverhältniß wurde nun hier nicht zu gering, sodaß es möglich war, die Seitenbogen ganz unter die Fahrbahn zu legen; bei der Mittelöffnung mit wenigstens 150 m Lichtweite war aber diese günstigste Anordnung nicht gut zu erreichen; man hätte entweder einen sehr flachen Bogen oder steile Rampen anwenden müssen. Um aber dennoch die aus architektonischen Rücksichten empfehlenswerthe Bogenform ausführen zu können, entschieden sich mehrere Wettbewerber dafür, die Bogen der Mittelöffnung in ähnlicher Weise über die Fahrbahn hinauszuführen, wie dies bei der Hochbrücke von Grüenthal (Centralblatt der Bauverwaltung 1891, S. 215) in mustergültiger Weise geschehen ist. Diese Anordnung zeigt der preisgekrönte Entwurf „Am Rhein, am Rhein“ für die Mittelöffnung und der in engerer Wahl gewesene Entwurf „Elastischer Bogen“ für alle drei Oeffnungen. Einen Mißstand dieser Anordnung bei Strafenbrücken bildet aber das Einschneiden der Bogengurtungen in die Brückenbahn. Der mit dem ersten Preise ausgezeichnete Entwurf vermeidet diesen Mißstand sehr glücklich dadurch, daß der obere Bogengurt ganz über die Fahrbahn gelegt ist, während die untere Gurtung des Bogens nach den Kämpfern läuft (Abb. 2). Die obere Bogengurtung stützt sich aber nicht wagerecht gegen die Pfeiler, sodaß der Bogen als Zweigelenkbogen einfach statisch unbestimmt ist.

Der Vortheil der tiefliegenden Fahrbahn konnte in architektonisch befriedigender Weise durch Wahl von Hängeträgern ausgenutzt werden; so ist denn auch der zweite gekrönte Entwurf eine Hängebrücke (Kennwort: „Kabelbrücke“). Auch sonst sind noch einige versteifte Hängeträger eingereicht, nämlich die Arbeiten mit den Kennworten: a) „Bonner Wappen“, ein guter Entwurf, b) „Fest wie die Wacht am Rhein“, wenig durchgearbeitet und c) „Constantia“, ein nicht ernsthaft zu nehmender Entwurf.

Auch die Auslegerträger sind für Aufgaben wie die vorliegende sehr geeignete Constructionen, und nach der Entwicklung des Brückenbaues der letzten zwanzig Jahre in Europa und America konnte man eine größere Zahl derselben erwarten, zumal in der Neckarbrücke bei Mannheim (Centralblatt der Bauverwaltung 1887, S. 459) Gerber, Rieppel und Thiersch eine auch architektonisch befriedigende Lösung gefunden haben.

In der That sind auch sechs solche Entwürfe eingegeben:

a) Kennwort: „Voll dampf voraus“; eine sehr gute reife Arbeit, welche mit in der engeren Wahl war und sich in der Formgebung an die erwähnte Neckarbrücke anschließt, mit folgenden Hauptmaßen: zwei Seitenöffnungen von je 112 m Stützweite, eine Mittelöffnung von 224 m Stützweite; letztere zerfällt in zwei Ausleger und einen eingehängten Mittelträger von je 74,667 m Stützweite.

b) Kennwort: „Stein und Eisen“, ebenfalls eine sehr gute Arbeit, die, wie wir zuverlässig erfahren, vom Obergeringieur Lauter und Ingenieur Luck in Frankfurt a. M. in Gemeinschaft mit dem Geh. Baurath Prof. Dr. Wallot in Dresden verfaßt ist. Stützweiten: 112, 192, 112 m; die Mittelöffnung hat zwei Ausleger von je 76 m und einen eingehängten Mittelträger von 40 m Stützweite. Träger mit drei Gurtungen; die obere Gurtung parabolischer Kettengurt, durch die Neckarbrücke beeinflusst; das ganze statisch bestimmt.

c) Kennwort: „Bonn“. Stützweiten: 130,5, 200, 130,5 m. Mittelöffnung ist zerlegt in zwei Ausleger von je 50,6 m und einen Mittelträger von 98,8 m. Beide Gurtungen gekrümmt, mehrfach gekreuzte Schrägstäbe, nach Art der neuen Weichselbrücken. Fahrbahn mittels Hängepfosten angehängt. Die ganze Form dieser fleißigen Arbeit ist für die landschaftliche Umgebung nicht geeignet.

d) Kennwort: „Oderint dum metuant“. Die Ausleger liegen in den Seitenöffnungen, vom Träger der Mittelöffnung ausgehend. Träger der Hauptöffnung: An Kabeln aufgehängte Bogen. Wegen des wagerechten Schubes des Hängekabels sind noch besondere Haltekabel in den Seitenöffnungen angebracht. Die Construction erscheint nicht klar. Hauptmaße: 115, 200, 115 m. Auslegerlänge: 55 m.

e) Kennwort: „Flick“. Stützweiten: 125, 270, 125 m. Die Mittelöffnung hat zwei Ausleger von je 110 m, einen mittleren Träger von 50 m Stützweite; untere Gurtung gleichlaufend mit der Fahrbahn, obere Gurtung: parabelförmig gekrümmte Kette; der eingehängte Mittelträger ist ein sogenannter Halbparabelträger mit schwach gekrümmtem Obergurt. Eine gute Arbeit.

f) Kennwort: „Travail et progrès“. Stützweiten: 81, 281, 81 m. Mittelöffnung mit zwei Auslegern von je 81 m, einem Mittelträger von 119 m Stützweite. Untere Gurtung geradlinig, obere Gurtung bei den Seitenöffnungen und Auslegern gleichfalls geradlinig, sodaß

sich bei den hier liegenden Hauptträgern Trapezträger mit sehr großen Feldern bilden. Zwischenträger: Halbparabelträger. Das Ganze erinnert an die amerikanischen Auslegerbrücken, bei welchen die architektonische Wirkung ganz außer acht gelassen ist.

Den Vortheil einer tief liegenden Brückenbahn haben die Verfasser des mit dem dritten Preise ausgezeichneten Entwurfes „Tres faciunt collegium“ (Abb. 4) mit den Vorzügen der Bogenconstruction vereinigt. Die Bogen sind ganz über die Fahrbahn gelegt, die Kämpferpunkte haben annähernd gleiche Höhe mit der Fahrbahn erhalten. Der Horizontalschub der Hauptträger ist je durch ein wagerechtes Zugband aufgehoben. Da in dem Scheitel ein Gelenk

Lösung bezeichnet werden; sie vermeidet das unschöne Einschneiden des Bogens in die Brückenbahn und giebt im Verein mit der großartigen Wirkung des gewaltigen Bogens von 195 m Kämpferweite dem Entwurf das ihm eigenartige Gepräge, welches ihm wohl hauptsächlich den ersten Preis erringen half. Bogenbrücken von so großer Stützweite giebt es bislang noch nicht; die weitest gespannte Bogenbrücke hat unseres Wissens der z. Z. in Ausführung begriffene Viaduct bei Müngsten mit 180 m Kämpferweite der oberen Bogengurtung. So wird denn Bonn voraussichtlich die größte Bogenbrücke der Erde erhalten. Die Hauptträger sind in lothrechte Ebenen gelegt ihr Abstand von Mitte zu Mitte beträgt 8,5 m; die Fußwege sind

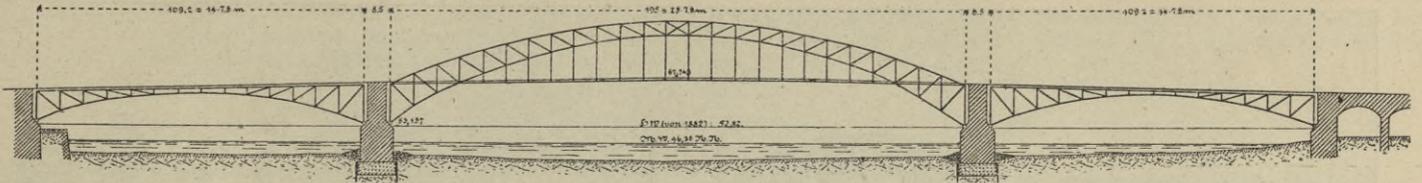


Abb. 2. Entwurf „Bonn-Beuel“ der Gutehoffnungshütte, **Krohn** in Sterkrade, **R. Schneider** u. **Bruno Möhring** in Berlin. I. Preis.

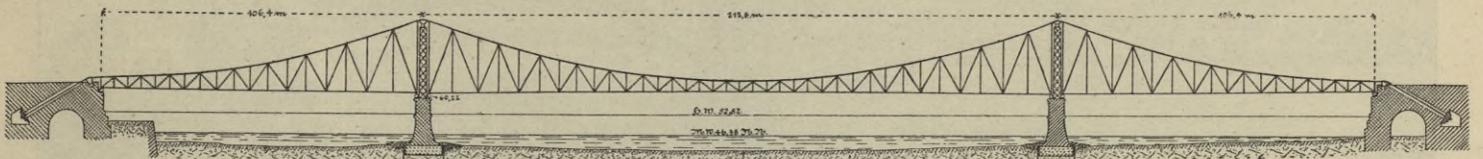


Abb. 3. Entwurf „Kabelbrücke“ der Maschinenfabrik Eßlingen, **Kübler** in Eßlingen, **Eisenlohr** u. **Weigle** in Stuttgart, **Scheidt** in Köln, **Felten** u. **Guillaume** in Deutz. II. Preis.

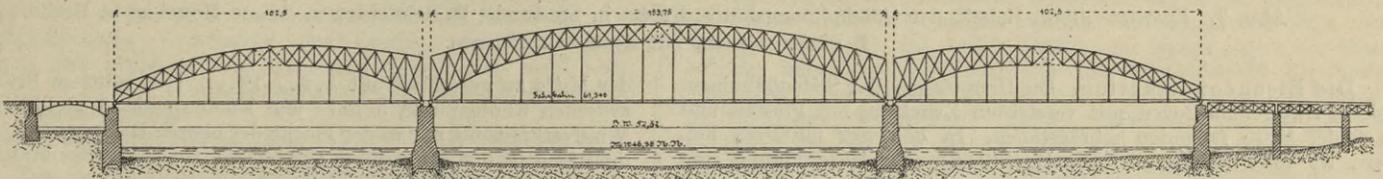


Abb. 4. Entwurf „Tres faciunt collegium“ der Gesellschaft Harkort in Duisburg, **Seifert** u. **Backhaus** in Duisburg, **Frentzen** in Aachen. III. Preis.

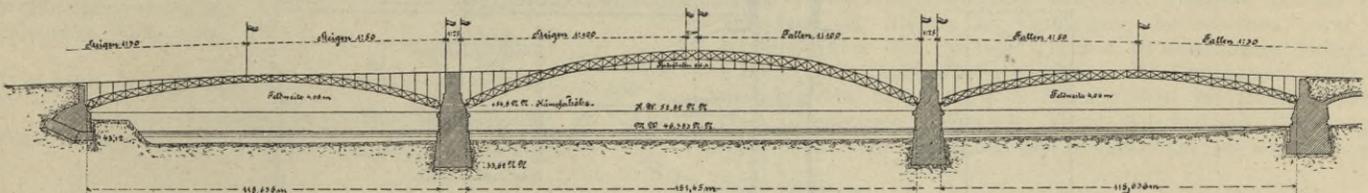


Abb. 5. Entwurf „Am Rhein, am Rhein“ von **Lauter** u. **Haenle** in Frankfurt a. M. IV. Preis.

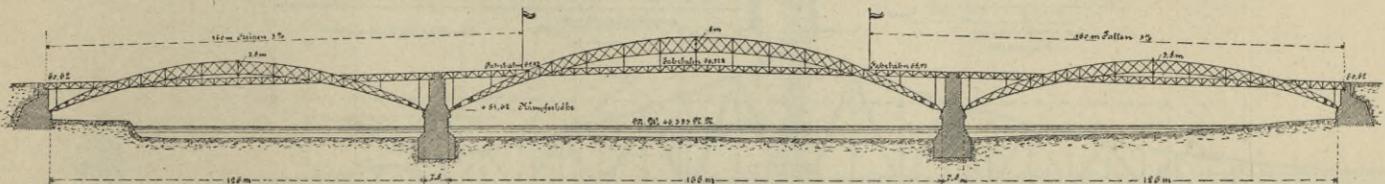


Abb. 6. Entwurf „Elastischer Bogen“ von Director **A. Rieppel** in Nürnberg und Prof. **Fr. Thiersch** in München. Engere Wahl. (Maßstab für Abb. 2—6: 1:2500.)

angeordnet ist, so ist die in Abb. 4 dargestellte Construction statisch bestimmt.

In den Abbildungen 2 bis 6 sind die preisgekrönten Entwürfe und der in engerer Wahl gewesene Entwurf „Elastischer Bogen“, sämtlich in gleichem Maßstabe (1:2500) gezeichnet, zusammengestellt.

#### Die preisgekrönten Entwürfe.

I. Preis. Kennwort: Bonn-Beuel. Verfasser: Prof. Krohn, Director der Gutehoffnungshütte im Verein mit R. Schneider und Architekt Bruno Möhring in Berlin (Abb. 2 und 7 bis 9).

Die Brücke überspannt den Strom mit drei Bogen von 109,2, 195, 109,2 m Kämpferweite; außerdem sind auf der Beueler Seite noch vier Fluthöffnungen von je 15 m Weite vorgesehen. Die Hauptträger der Seitenöffnungen liegen ganz unter der Fahrbahn, diejenigen der großen Mittelöffnung mit dem oberen Bogengurt ganz, mit dem unteren Bogengurt zum großen Theil über der Fahrbahn. Die für den oberen Bogengurt gewählte Lage muß als eine sehr glückliche

ausgekragt. Die Brückenbahn ist im mittleren Theile der großen Öffnung an die Bogen gehängt, nahe den Kämpfern an den Bogenpfosten befestigt. Das Verhältniß der Pfeilhöhen ist derartig gewählt, daß die Mittelkraft der Kämpferdrucke bei voller Belastung die Pfeilergrundfläche nahezu in der Mitte schneidet. Die Pfeilverhältnisse sind für die Mittelöffnung 1:6,1, für die Seitenöffnungen 1:10,9. Die Strompfeiler sind im übrigen so stark, daß sie den einseitigen Schub der Eisenconstruction (ohne Fahrbahn und Gehwegbelag) einer angrenzenden Öffnung ertragen können, da ein gleichzeitiges Ausrüsten aller drei Öffnungen nicht gut möglich ist.

Die Brückenbahn steigt in den Seitenöffnungen nach der Mitte zu mit 1:40, in der Mittelöffnung ist sie nach einer Parabel mit 1272 mm Scheitelhöhe gekrümmt. Die in 7,8 m weiten Abständen angeordneten Querträger sind an den Hängeeisen und Bogenpfosten befestigt. Sie tragen fünf Längsträger II. Ordnung, deren drei mittlere Blechträger, deren beide äußere Gitterträger sind. Diese beiden äußeren, sogenannten Randlängsträger sind besonders kräftig

und eigenartig (s. Abbildung 8) ausgebildet, weil sie zugleich als Gurtungen des Windträgers dienen sollen. Durch Zwischen-Querträger (II. Ordnung) in 1,56 m Entfernung von einander werden vier-eckige Felder geschaffen, die mit verzinkten Buckelplatten geschlossen sind. Darüber liegt Beton und 12 cm hohes Holzpflaster. Für die Fußwege sind an den Querträgerstellen 3,25 m lange Kragstücke angebracht, welche ausßen angehängte kräftige Längsträger (I Nr. 40) aufnehmen; auf diesen und den Randlängsträgern der Fahrbahn ruhen in 1,56 m Entfernung Querträger (I Nr. 18), welche die längslaufenden Belageisen tragen. Die Zwischenräume dieser sind durch Backsteine ausgefüllt, darüber Betonschlag und Asphalt.

derselben verschieblich aufgelagert, sodafs diese Längsträger im mittleren Theile der Hauptöffnung keine Spannungen vom Haupt-system aufnehmen können. Die statische Berechnung des einfach statisch unbestimmten Bogens ist sehr sorgfältig durchgeführt, der Einfluß der Füllungsglieder ist bei Berechnung der elastischen Form-änderungen als verschwindend klein vernachlässigt.

Die gute Anordnung des Windverbandes ist bei so großen Con-structionen sehr schwierig, wenn die Lage der Fahrbahn es nicht gestattet, die Windverkreuzung bis zum Auflager durchzuführen. Diese Aufgabe ist hier folgendermaßen gelöst: der Kämpferpunkt werde jederseits mit Ziffer 0 bezeichnet, die anderen Knotenpunkte nach



Abb. 7. Entwurf „Bonn-Beuel“ der Gutehoffnungshütte, **Krohn** in Sterkrade, **R. Schneider** u. **Bruno Möhring** in Berlin. I. Preis. Lösung mit Renaissanceformen.

Die Eisenconstruction. Die Hauptträger der Seitenöffnungen zeigen Zweigelenk-Bogen mit versteiften Zwickeln, mit Pfosten und nach der Mitte fallenden Schrägstäben. In den vier mittleren Feldern ist volle Blechwand. Die Hauptträger der Mittelöffnung sind

der Mitte zu gerechnet mit 1.2...12... Der mittlere Brückentheil zwischen Knotenpunkt 3 links und Knotenpunkt 3 rechts hat obere Windverkreuzung nur in der Fläche der oberen Bogengurtung. Außerdem sind in den lothrechten Ebenen der Bogenpfosten kräftige Quer-

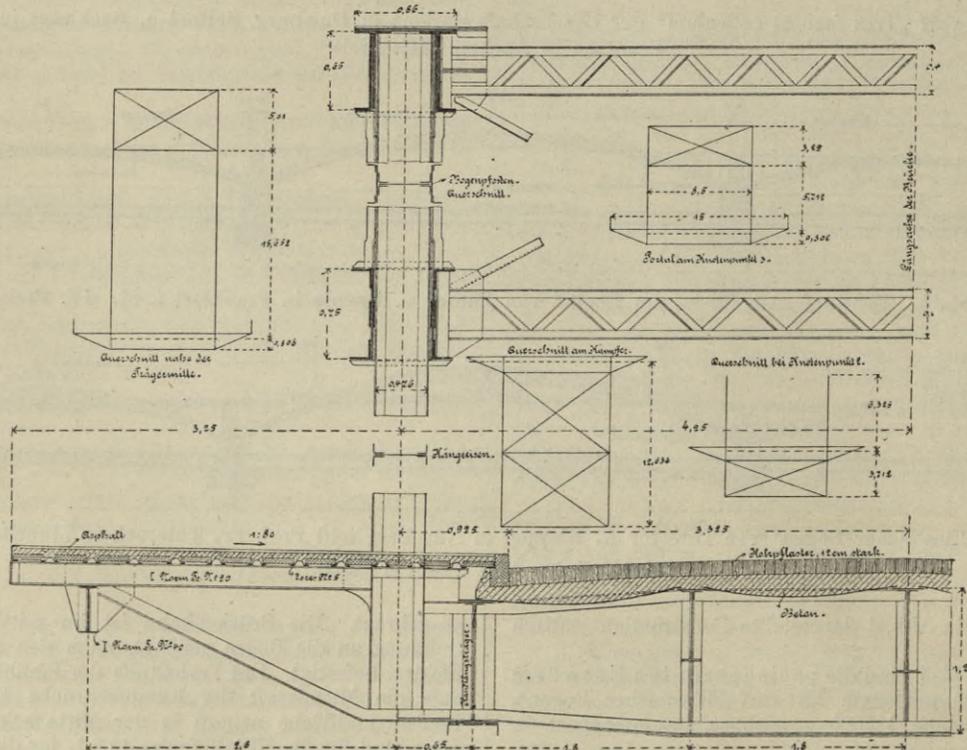


Abb. 8. Querschnitte. Entwurf „Bonn-Beuel“. I. Preis.

ebenfalls Zweigelenkbogen, aber die Bogen sind elastische Gitterbogen mit zwei durchlaufend (continuirlich) gekrümmten Bogen-gurten, Pfosten und einfachen Schrägstäben zwischen den Bogen-gurtungen. Nur das Mittelfeld hat gekreuzte Schrägstäbe. Es liegt hier die Gefahr nahe, dafs der im mittleren Theile des Bogens auf-tretende Horizontalschub durch die Fahrbahnconstruction auf-genommen und die Wirkung der Kräfte eine ganz andere wird, als bei der Berechnung angenommen war. Um dies zu vermeiden, hat man, wo die Fahrbahn den Untergurt durchschneidet, die Längsträger

versteifungen, sodafs die auf den unteren Bogengurt entfallenden Windlasten sicher nach der oberhalb liegenden Windverstrebung befördert werden können. Diese Windverstrebung in der oberen Bogengurtung kann aber nicht weiter reichen, als bis zu Knoten-punkt 3 jederseits, und hier müssen die angesammelten wagerechten Kräfte nach unten geführt werden. In der lothrechten Querschnitts-ebene des Knotenpunktes 3 ist zu diesem Zweck ein sehr kräftiger Ständerahmen (vgl. Abb. 8 im Querschnitt der Brücke) hergestellt, dessen Abmessungen sorgfältigst unter Verwerthung der neuesten

Ergebnisse der Theorie bestimmt sind. Dieser Ständer führt die vom Mittelwindträger erhaltenen wagerechten Kräfte nach der zwischen Knotenpunkt 3 und dem Kämpfer in der Fläche des unteren Bogen Gurts liegenden Windverstrebung, auf welche auch die wagerechten Lasten der Fahrbahn dieser Strecke durch lothrechte Querversteifungen gebracht werden. Für die auf die Fahrbahn im mittleren Brückentheil, zwischen den Knotenpunkten 3 links und 3 rechts wirkenden wagerechten Kräfte ist ein besonderer Windträger hergestellt, welcher in den Knotenpunkten 3 durch den Hauptwindverband gestützt wird. Dieser besondere Fahrbahnwindträger ist zweitheilig: er besteht aus einem oberen und einem unteren Träger. Als Gurtung des oberen dient die obere, als diejenige des unteren die untere Gurtung des Fahrbahnrandträgers (s. Abb. 8). Füllungsglieder des oberen Trägers, welcher nach der Annahme  $\frac{1}{3}$  der Windlasten aufnimmt, sind die Buckelplatten. Für den unteren Träger, welchem

Die Gesamtkosten waren veranschlagt:  
 für den Unterbau mit . . . . . 1 740 000 M  
 für den Ueberbau mit . . . . . 1 073 641 „  
 zusammen zu 2 813 641 M

Die künstlerische und zeichnerische Behandlung des Entwurfs ist vorzüglich. In erster Linie wirkt derselbe ja unbestreitbar durch die großartige Mittelöffnung, welche in kühnem Schwunge den Strom siegessicher überspannt. Aber auch die Pfeileraufbauten und Treppenanlagen nebst Zubehör standen auf der Höhe der Aufgabe. Für die Aufbauten waren zwei Lösungen bearbeitet, die eine (Abb. 7) mit Renaissance-Formen, Obeliskten, die andere (Abb. 9) mit runden Thürmen, in Anlehnung an die mittelalterliche Architektur Bonns. Die erstere Lösung fand größeren Anklang. Der ganze Entwurf ist eine hervorragende Leistung der Brückenbaukunst.

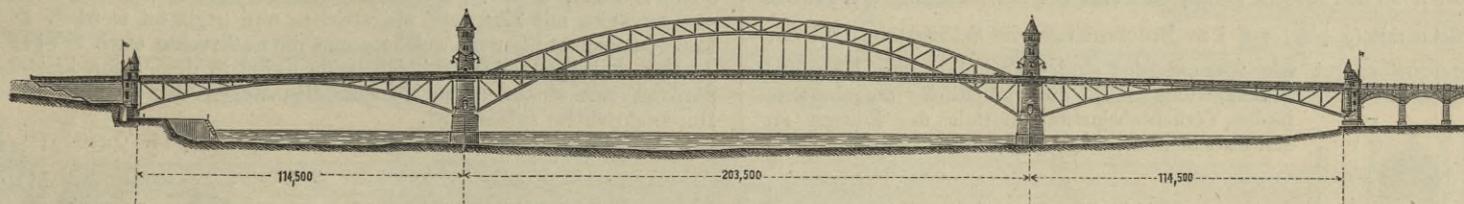


Abb. 9. Ansicht der Brücke. I. Preis. Lösung mit mittelalterlichen runden Thürmen.

$\frac{2}{3}$  der Lasten zugewiesen sind, sind kräftige Schrägstäbe angeordnet; die Pfosten des Windträgers sind die Querträger. Als Baustoff ist basisches Flusseisen in Aussicht genommen.

Bei der Berechnung ist die Annahme gemacht, daß außer der Fahrbahn nur einer der beiden Gehwege belastet sei, welche Belastungsart sich ungünstiger herausstellte, als volle Belastung. Die durch gleichmäßige Krümmung des Bogens erzeugten Nebenspannungen sind ebenfalls berechnet; sie ergaben sich recht hoch, bis zu 25,9 v. H. der Hauptspannungen. Die Aufstellung soll auf festen Rüstungen erfolgen.

Die ermittelten Eisengewichte sind:

Für die Seitenöffnung von 109,2 m Kämpferweite:	
2 Hauptträger . . . . .	392 486 kg
Fahrbahnconstruction . . . . .	205 990 „
Windverband . . . . .	27 672 „
Lothrechte Querversteifung . . . . .	3 490 „
Verschiedenes, Niete usw. . . . .	25 173 „
	654 811 kg

dazu für Auflagertheile usw. . . . . 52 564 „

zusammen Eisengewicht für eine Seitenöffnung 707 375 kg

also für 1 m Brückenlänge 6478 kg.

II. Preis. Kennwort: Kabelbrücke. Verfasser: Oberingenieur Kübler in Efslingen, Architekten Eisenlohr u. Weigle in Stuttgart, Scheidt in Köln, Felten u. Guillaume in Deutz (Abb. 3 auf S. 3 und Abb. 10 bis 14).

Die Brücke, deren Ansicht in Abb. 10 zur Hälfte dargestellt ist, ist eine versteifte Kabelbrücke mit drei Oeffnungen von 106,4, 212,8, 106,4 m Stützweite; die beiden Hälften des Hauptträgers der Mittelöffnung haben gleiche Form mit den Hauptträgern der Seitenöffnungen. Der Entwurf stammt von den Gewinnern des I. Preises im Budapester Wettbewerb (Kübler, Eisenlohr und Weigle, sieh Centralbl. der Bauverwalt. 1894, S. 305 u. f.) und erinnert in vieler Beziehung an diesen. Die Versteifung des Kabelgurtes ist aber hier nicht, wie dort, durch einen besonderen Versteifungsträger, sondern durch ein zwischen Kabel und unterer Gurtung angeordnetes Netz von Schrägstäben erzielt; es ist so ein einfach statisch unbestimmter Hängfachwerkträger gebildet (Abb. 11). Derselbe besteht aus drei Scheiben, vier Stäben zur Verbindung der Scheiben, zwei Knotenpunkten (über den Pylonen). Er hat 10 unbekannte Auflagerkräfte, 4 unbekannte Stabkräfte, also  $10 + 4 = 14$  Unbekannte. Die Gleichgewichtslehre bietet für jede Scheibe drei, für jeden Knotenpunkt zwei Gleichungen, zusammen also  $3 \cdot 3 + 2 \cdot 2 = 13$  Gleichungen, es fehlt somit eine Gleichung, die Construction ist demnach wirklich

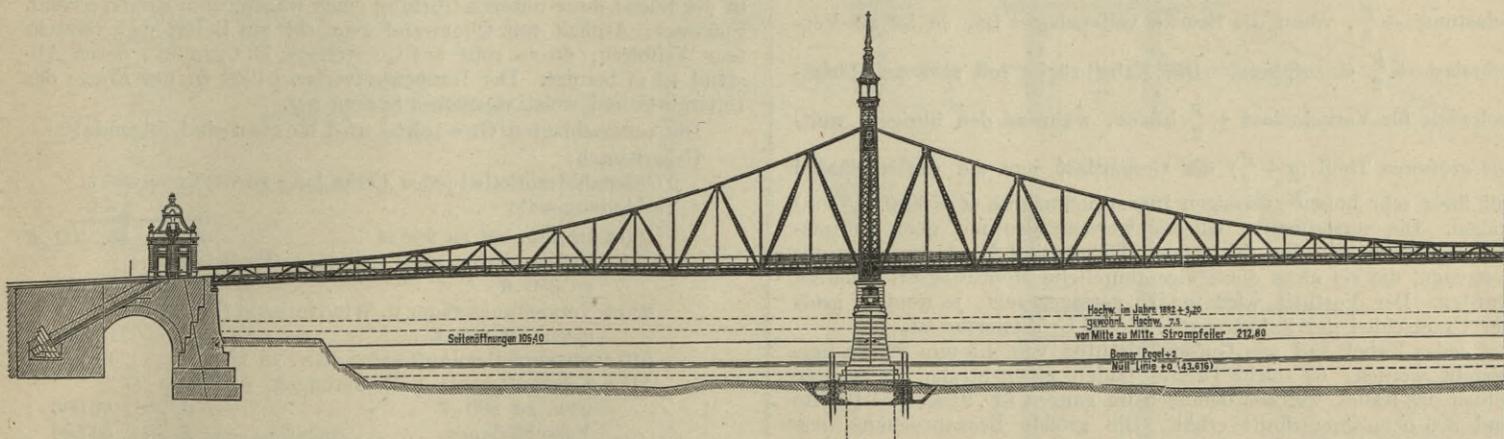


Abb. 10. Entwurf „Kabelbrücke“ der Maschinenfabrik Efslingen, Kübler in Efslingen, Eisenlohr u. Weigle in Stuttgart, Scheidt in Köln, Felten u. Guillaume in Deutz. II. Preis.

Für die Mittelöffnung von 195 m Stützweite:	
2 Hauptträger . . . . .	980 170 kg
Fahrbahnconstruction . . . . .	439 509 „
Hauptwindverband . . . . .	78 415 „
Lothrechte Versteifung . . . . .	13 577 „
für Verschiedenes, Niete usw. . . . .	60 467 „
	1 572 138 kg

dazu Auflagertheile usw. . . . . 63 768 „

zusammen für die Mittelöffnung 1 635 906 kg

also für 1 m Brückenlänge 8389 kg.

einfach statisch unbestimmt. Wäre in der Mitte des Trägers der Mittelöffnung ein Gelenk, so würde der Träger statisch bestimmt sein (4 Scheiben, 2 Knotenpunkte (über den Pylonen), 4 Stäbe, 10 Auflagerunbekannte, 4 unbekannte Stabkräfte, 2 Gelenkunbekannte, d. h.  $10 + 4 + 2 = 16$  Unbekannte,  $4 \cdot 3 + 2 \cdot 2 = 16$  Gleichungen.)

Die unteren Gurtungen der Hängwerkträger sind auf den Mittelpfeilern gesondert aufgelagert; hier können die Auflagerdrücke sowohl positiv, als auch negativ werden, weshalb diese Auflager aus oberen und unteren Theilen bestehen. Die ersteren sind mit dem Mauerwerk verankert. Wegen der Wärmeunterschiede sind die Lager so

angeordnet, daß die betreffenden Untergurtstäbe zwischen ihnen wagrecht hin und her schwingen können.

Die nach der Parabel geformten Obergurte sind aus Gußstahldraht, die Untergurte, Pfosten und Schrägstäbe aus Flußeisen. Die Hängefachwerkträger sollen so montirt werden, daß das gesamte

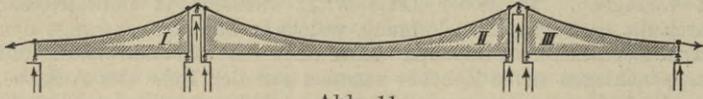


Abb. 11.

Eigengewicht ( $g$  auf 1 m Brückenlänge) und die halbe Verkehrsbelastung der ganzen Brücke ( $\frac{p}{2}$  auf 1 m Länge) nur mittels der Pfosten an den Kabeln hängt, daß also bei der Belastung der ganzen Brücke mit  $(g + \frac{p}{2})$  auf 1 m Brückenlänge die Schrägstäbe und der Untergurt so gut wie spannungslos sind. Erst nachdem das ganze Eigengewicht und die künstlich aufgebraachte halbe Verkehrsbelastung mittels der Pfosten an den Kabeln aufgehängt sind, sollen bei einer mitt-

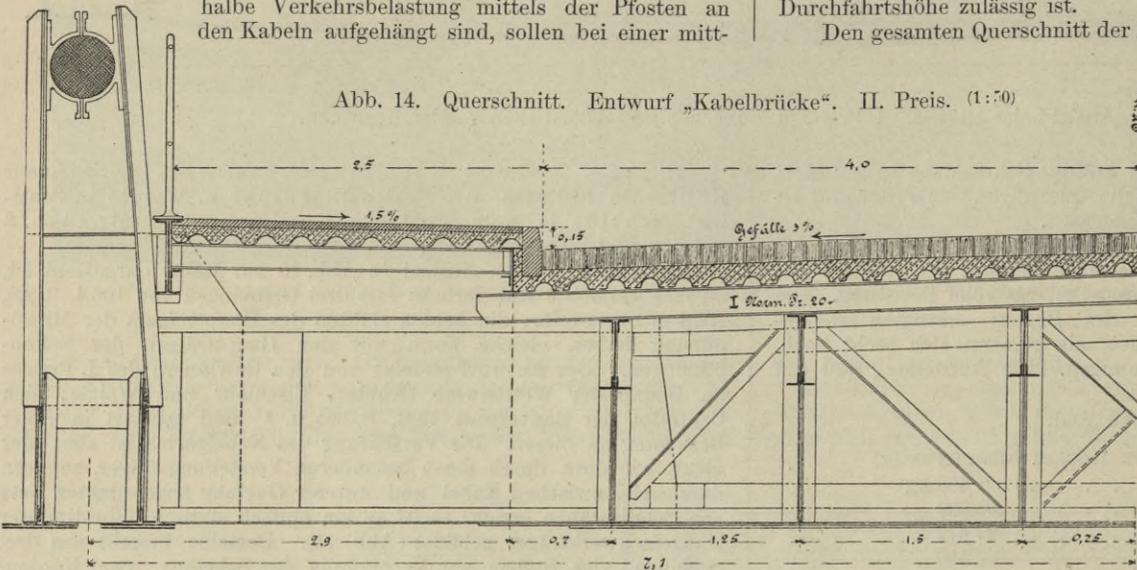


Abb. 14. Querschnitt. Entwurf „Kabelbrücke“. II. Preis. (1:70)

leren Wärme von  $+10^{\circ}C$ . die Schrägstäbe angezogen werden, sodafs erst von diesem Zustande ab die Schrägstäbe und Untergurtstäbe für weitere einseitige Verkehrslast  $\pm \frac{p}{2}$  in Thätigkeit treten. Wenn die Brücke nur ihre Eigenlast zu tragen hat, so ist als Verkehrsbelastung  $-\frac{p}{2}$ , wenn die Brücke voll belastet ist, so ist als Verkehrsbelastung  $+\frac{p}{2}$  einzuführen. Die Kabelbrücke soll also ein Hängefachwerk für Verkehrslast  $\pm \frac{p}{2}$  bilden, während den übrigen, weit-

aus größeren Theil ( $g + \frac{p}{2}$ ) der Gesamtlast nur die Gußstahlkabel mit ihrer sehr hohen zulässigen Inanspruchnahme ( $\sigma = 3000 \text{ kg/qcm}$ ) tragen. Die versteifenden Glieder werden also mit dem arithmetischen Mittelwerth von denjenigen Höchst- und Mindestwerthen angestrengt, die sie ohne diese eigenthümliche Montirungsart erhalten würden. Der Vortheil wird um so geringer sein, je weniger groß der Unterschied der Zahlenwerthe dieser Größtwerthe ist.

Jedes Kabel soll aus Gußstahldrähten von 4,3 mm Stärke hergestellt werden: 61 solche Drähte bilden einen Strang, 91 Stränge bilden das Kabel, welches demnach im ganzen  $61 \cdot 91 = 5551$  Drähte und 806 qcm Querschnitt erhält. Die größte Beanspruchung desselben ist zu 2972 kg/qcm berechnet, zu welcher Spannung auf den Lagern der Strompfeiler noch eine Zusatzspannung von 734 kg hinzukommt.

angepreßt, sodafs starke Reibung entsteht. Den Auflagerstuhl auf den Strompfeilern zeigt Abb. 13. Der Verfasser des Entwurfs führt als besonderen Vorzug des Kabels vor den genieteten Constructionen an, daß auf die ganze Länge des Kabels der gleiche Querschnitt vorhanden sei, daß keine Nietlöcher ungleichmäßige Beanspruchung erzeugen und daß sicher alle Drähte gleichmäßige Anstrengung erleiden, wenn nach der von ihm vorgeschlagenen Weise verfahren werde. Selbst fehlerhafte Stellen in einzelnen Drähten hätten nur geringen Einfluß, da sich infolge der großen Reibung zwischen den Drähten der Zug gleichmäßig über den Querschnitt vertheile und das Zusammentreffen mehrerer fehlerhaften Drähte in demselben Querschnitte bei der Herstellungsweise der Drähte nahezu ausgeschlossen sei. Jeder Draht wird für die hier in Betracht kommende Länge in einem Stück (von etwa 490 m) hergestellt. Gegen Rosten werden die Drähte verzinkt; die fertigen Kabel sollen mit 3 mm starkem, weichem Eisendraht umwickelt, mit warmem Leinöl satt getränkt, mit Zinkweiß abgestrichen und geglättet werden. Die Kabel hängen in Ebenen, welche gegen die Lothrechte etwa um 1:20 geneigt sind; Querseile verbinden beide Kabel in denjenigen Knotenpunkten mit einander, in welchen dies wegen der lichten Durchfahrthöhe zulässig ist.

Den gesamten Querschnitt der Brücke zeigt Abb. 14. Quer-

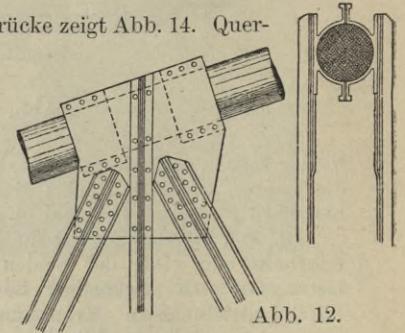


Abb. 12.

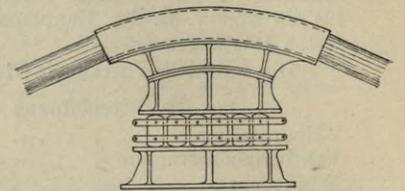


Abb. 13.

träger aus Fachwerk, in 4,4 m Entfernung angeordnet, tragen Längsträger II. Ordnung, über diesen liegen als Querträger II. Ordnung Walzbalken in 1 m Abstand von einander, welche längslaufende Zoreisen aufnehmen. Fahrbahndecke: Holzpflaster auf Beton. Die beiden äußeren Längsträger der Fahrbahn jederseits der Mitte haben in der Ebene ihrer unteren Gurtung einen wagerechten Kreuzverband. Fußwege: Asphalt mit Quarzsand gemischt auf Beton und verzinktem Wellblech; dieses ruht auf Querträgern II. Ordnung, deren Abstand 1,5 m beträgt. Der Hauptwindverband liegt in der Ebene des Untergurts und weist vierfaches System auf.

Die veranschlagten Gewichte und Kosten sind folgende:

Ueberbauten:	
2 Gußstahldrahtkabel jedes 490 m lang zu 700 kg = 686 t	
Verbindungsseile . . . . .	4 t
690 t Drahtkabel zu 960 M . . . . .	662 400 M
1171 t Brückenbahn und Geländer (Flußeisen) zu 350 M . . . . .	409 850 "
890 t Versteifungsträger u. Windverband (Flußeisen) zu 350 M . . . . .	311 500 "
210 t Strompfeiler-Aufbauten usw. zu 350 M . . . . .	73 500 "
115 t Formgußstahl: Verankerungen, Auflager usw. zu 600 M . . . . .	69 000 "
Verschiedenes . . . . .	69 500 "
<b>Summe 3076 t</b>	<b>1 595 750 M</b>
Demnach: Ueberbauten . . . . . 1 595 750 M	
Künstlerische Ausstattung . . . . .	94 250 "
2 Strompfeiler . . . . .	335 399 "
2 Landpfeiler und Widerlager . . . . .	312 723 "
Fluthbrücke und Rampe rechts . . . . .	111 423 "
Rüstungen usw. . . . .	124 686 "
Unvorhergesehenes . . . . .	15 766 "
<b>Gesamtsumme 2 589 997 M</b>	

oder rund 2 600 000 Mark, wie im Anschlage angegeben ist. Das Eisengewicht für 1 Meter Brückenlänge berechnet sich abgerundet zu 7227 kg.

Zum Vergleich möge bemerkt werden, daß die von Köpcke

ausgeführte Hängebrücke über die Elbe bei Loschwitz Stützweiten von 62, 147, 62 m hat (in abgerundeten Zahlen).

III. Preis. Kennwort: „Tres faciunt collegium.“ Verfasser: Obergeringere Seifert u. Backhaus in Duisburg, Prof. Frentzen in Aachen (Abb. 4 auf S. 3 und Abb. 15 bis 26).

Die in Abb. 15 in Ansicht und Grundriß dargestellte Brücke hat im eigentlichen Strom drei Oeffnungen, welche durch Hauptträger von 102,5, 153,75, 102,5 m Stützweite überdeckt sind. Auf Bonner Seite ist noch eine Oeffnung von 22,82 m Stützweite, auf Beueler Seite sind fünf Fluthöffnungen vorgesehen, vier zu 22,8 m und eine zu 14,2 m Stützweite. Die Fahrbahn ist in den drei großen Spannweiten in

so bei der Kostheimer Mainbrücke und der Regnitz-Brücke in Bamberg; doch war dort die Endhöhe der Bogen Null, was ein weniger befriedigendes Bild giebt als die hier vorliegende Lösung. Die Bogen, an denen die Fahrbahn aufgehängt ist, sind Gitterbögen. Der untere Bogengurt läuft naturgemäß nach den Auflager-(Kämpfer-)Punkten; die obere Bogengurtung bildet bei allen drei Oeffnungen einen durchlaufenden Linienzug. Um das zu erreichen, ist auf den Stropfweilen die Auflagerhöhe der Träger für die Seitenöffnungen gleich derjenigen der angrenzenden Träger der Mittelöffnung gewählt, während die Trägerhöhe auf den Landpfeilern so bestimmt ist, wie es die Rücksicht auf die lichte Durchfahrthöhe gestattet. Man erhielt dadurch

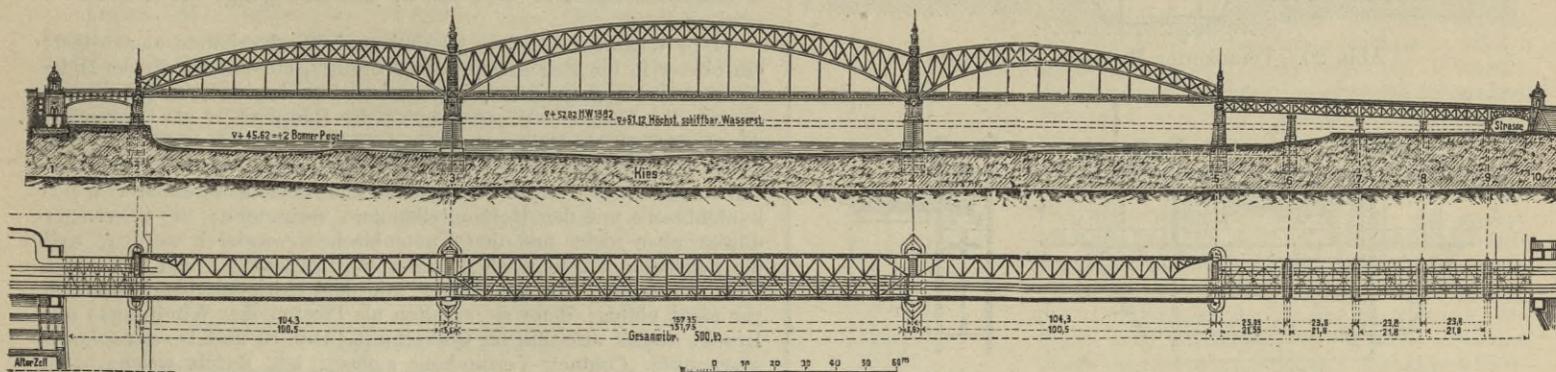


Abb. 15. Entwurf „Tres faciunt collegium“ der Gesellschaft Harkort, Seifert u. Backhaus in Duisburg, Frentzen in Aachen. III. Preis.

der Höhe + 61,35 N.N. wagerecht, die Constructionsunterkante liegt in der Höhe + 59,922 N.N., während + 59,92 N.N. als tiefste Lage zulässig war. Die Fahrbahn ist also möglichst tief gelegt.

Die Hauptträger der drei großen Oeffnungen sind Dreigelenkbogenträger mit aufgehobenem Horizontalschub. Das wagerechte

für die Seitenöffnungen unsymmetrische Träger. Diese Trägerform muhthet zuerst eigenartig, ja fremdartig an; aber der Eindruck der beiden Linienzüge, die in großartigem Schwunge den Strom anmuthig und leicht übersetzen und spielend die Last zu tragen scheinen, befriedigt den Beschauer je länger desto mehr. Sie sollen nach Angabe der Verfasser dem Gesamtbilde der Brücke ein einheitliches Gepräge geben und verhüten, daß das Bauwerk als lose An-

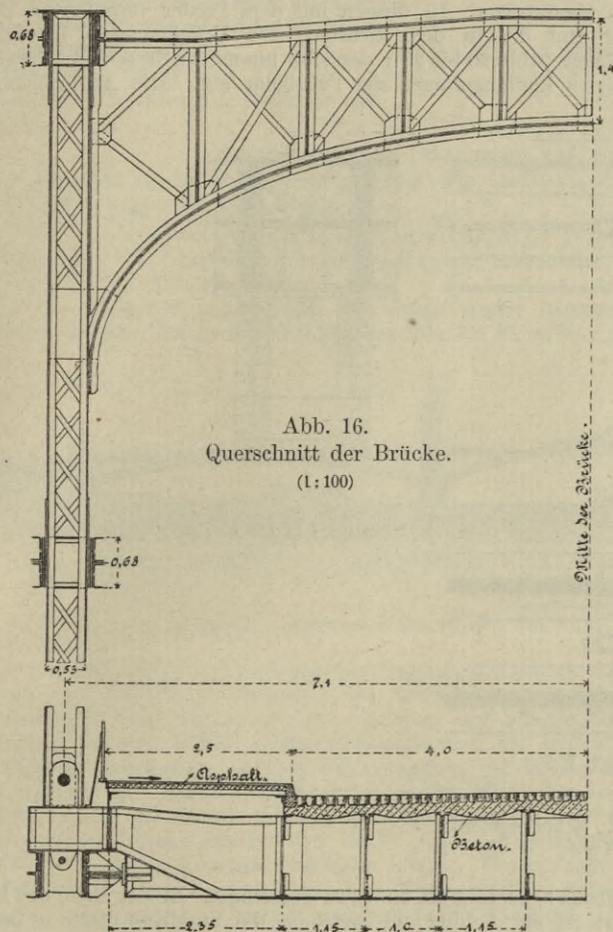


Abb. 16. Querschnitt der Brücke. (1:100)

Zugband, welches die Kämpferpunkte verbindet, ist am Bogen mit Hängeeisen aufgehängt; diese nehmen auch die Querträger auf. So üben die Bogenträger auf die Pfeiler nur lothrechten Druck aus, konnten ganz über die Fahrbahn gelegt werden und gestatteten die Anordnung schwacher Pfeiler. Die Stärke der Mittelpfeiler beträgt nur 5,6 m. Die Hauptträger bilden ein statisch bestimmtes Fachwerk. Diese Construction ist bereits mehrfach in ähnlicher Weise ausgeführt,

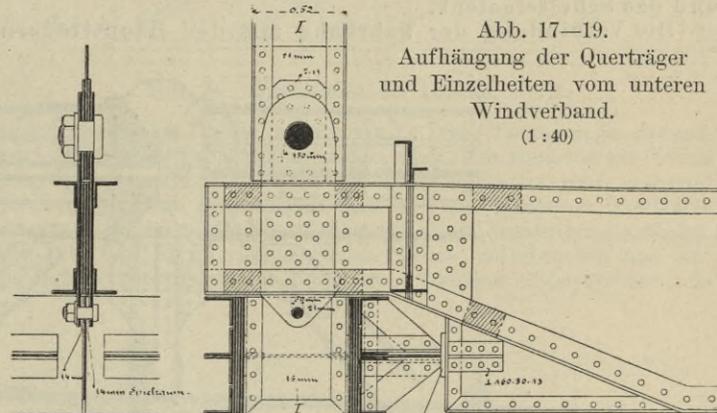


Abb. 17—19. Aufhängung der Querträger und Einzelheiten vom unteren Windverband. (1:40)

Abb. 17. Schnitt II.

Abb. 18. Contact.

Abb. 19. Wagerechter Schnitt durch das Zugband.

einanderreihung dreier Einzelbrücken erscheint. Zu der freien und luftigen Wirkung trägt auch die weite Entfernung der Hängeeisen (10,25 m) bei, welche so beim Begehen der Brücke den ungestörten Genuß der Landschaft gestatten.

Wie aus dem Querschnitt (Abb. 16) hervorgeht, liegen die lothrecht gestellten Hauptträger außerhalb der Brückenbahn, 14,2 m von Mitte zu Mitte entfernt von einander. Die Querträger — Blechträger — tragen Längsträger II. Ordnung, welche wegen der sie durchschneidenden Winddiagonalen als Fachwerkträger construirt sind, und mit ersteren zusammen trogartige Buckelbleche. Darüber ist

Pflaster auf Beton. Die Fußwege haben Asphalt auf Beton über quergelegten Zores-Eisen, die auf Längsträgern II. Ordnung ruhen.

Der Entwurf bietet nicht nur in der Gesamtform der Träger, sondern auch sonst noch beachtenswerthe neue Constructions. Von diesen seien besonders hervorgehoben: die eigenartige Verbindung

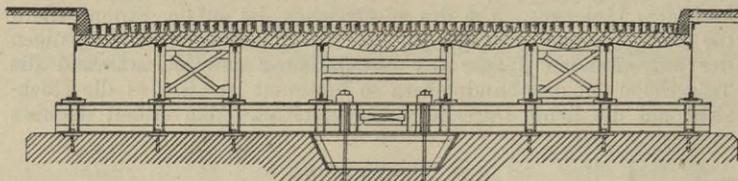


Abb. 20. Verankerter Mauerträger. (1:100)

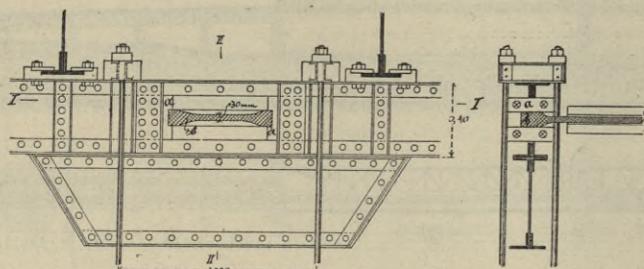


Abb. 21.

Abb. 22.  
Schnitt III.

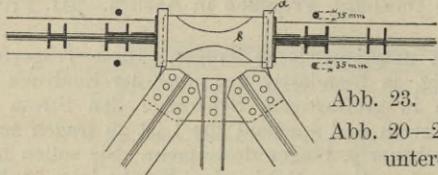


Abb. 23. Schnitt II.

Abb. 20—23. Auflagerung des unteren Windträgers. (1:40)

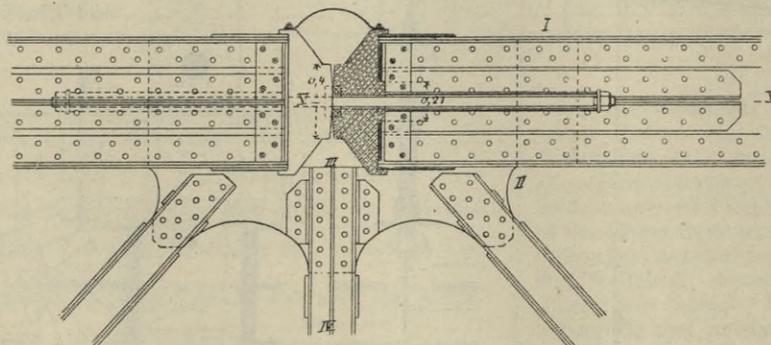
der Fahrbahn mit den Hauptträgern, die Windverstrebung und das Scheitelgelenk.

Die Verbindung der Fahrbahn mit den Hauptträgern

vernietet sind. Diese Hängelaschen sind nach unten verlängert und halten vermittelst eines zweiten (60 mm starken) Gelenkbolzens das wagerechte Zugband des Hauptträgers, jedoch ohne die Verschieblichkeit des Zugbandes zu beeinträchtigen. Dasselbe kann sich in der Längsrichtung der Brücke bewegen, weil zwischen den Hängelaschen und dem Querverbindungsblech des Horizontalbandes ein Spielraum von 28 mm ist. Aber auch Querbeweglichkeit ist dadurch ermöglicht, daß die Löcher für den unteren Gelenkbolzen zur Aufhängung des Horizontalbandes etwas größer sind als die Bolzen, und beim Hängeband nach oben, beim Querverblech des Horizontalbandes entsprechend nach unten versetzt sind. Biegt sich der Querträger durch, so schiebt er das Horizontalband nach außen, eine Bewegung, die anstandslos erfolgen kann.

Die Windverbände. Es sind zwei Windverbände angeordnet: ein oberer in der Bogenfläche des Obergurts, ein unterer in der Höhe der Achse des wagerechten Zugbandes. Für den unteren Windträger dienen die beiden Horizontalbänder der Hauptträger als Gurtungen, die Querträger als Pfosten. Außerdem sind in den 10,25 m weiten, durch die Querträger gebildeten Feldern gekreuzte, wagerechte Schrägstäbe angebracht. Diese Schrägstäbe sind mittels besonderer Windknotenbleche mit den Horizontalbändern verbunden; die Querträger dürfen aber nicht mit den Knotenblechen vernietet werden, weil die Fahrbahn längsbeweglich gegen die Hauptträger sein soll. Eine feste Verbindung der Querträger mit dem Horizontalbande ist auch gar nicht nötig; denn sie erhalten als Pfosten des Windträgers nur Druck, sodass also die im Querschnitt (Abb. 16 und 18) gezeichnete sogenannte „Contact“-Verbindung zulässig ist, durch welche wohl Druck aber kein Zug übertragen werden kann. Die Querträger haben jederseits unter ihrem Untergurt einen durch doppelte Winkeleisen gesäumten Ansatz erhalten, mit dem sie sich gegen die angemessen verstärkten Windknotenbleche lehnen. Die Berührungsflächen sind gehobelt und so bemessen, daß die Inanspruchnahme nicht zu groß wird.

Der untere Windträger findet seine Auflager in zwei Punkten, welche in der Brückenachse gelegen sind, und zwar jederseits in einem Mauerträger. In diesem mit dem Pfeiler verankerten Mauerträger sind die in der Richtung der Brückenachse beweglichen Windlager (Abb. 20 bis 23); derselbe nimmt auch die frei beweglich gelagerten Endlängsträger der Fahrbahn auf. Die Auflagerung des



Ansicht.

Abb. 24.

Längenschnitt.

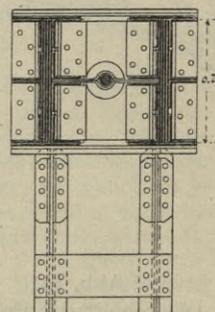
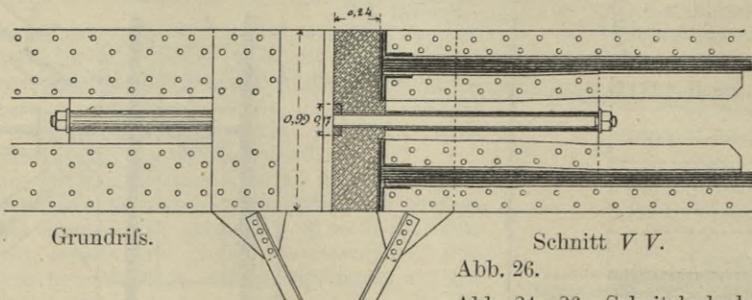


Abb. 25.

Schnitt I III III IV.



Grundrifs.

Schnitt V V.

Abb. 26.

Abb. 24—26. Scheitelgelenk. (1:40)

ist derartig angeordnet, daß sie freie Beweglichkeit der Fahrbahn gegen die Hauptträger — innerhalb der erforderlichen Grenzen — gestattet. Dadurch wird ein Auftreten von Nebenspannungen infolge ungleicher Belastung oder verschiedener Erwärmung beider Hauptträger vermieden. Diese Beweglichkeit wird durch die im Querschnitt (Abb. 16) und in den Einzelheiten (Abb. 17 bis 19) gezeichnete Construction erreicht. Die Querträger sind pendelnd mittels 15 cm starker Gelenkbolzen an die Hängepfosten der Hauptträger aufgehängt. Der im Hängepfosten sitzende Gelenkbolzen nimmt zwei Hängelaschen von je 21 mm Dicke auf, welche mit dem Querträger

Windträgers ist in Abb. 20 bis 23 gezeichnet. In der Mitte des Mauerträgers ist ein Schlitz, in welchem die Stahllagerplatte *a* befestigt ist; in dieser bewegt sich eine Stahlplatte *b*, die als Anschlußblech der Endschrägstäbe dient. Die vom Mauerträger aufgenommene wagerechte Auflagerkraft wird durch das unter dem Träger angeordnete Consol in das Mauerwerk gebracht; wegen des hierbei auftretenden Momentes ist eine Verankerung vorgenommen. Der in der Bogenfläche des Obergurts gelegene zweite Windverband ist ähnlich längsbeweglich über dem Portal gelagert.

Das Scheitelgelenk für die Träger von 153,75 m Stützweite

ist in Abb. 24 bis 26 dargestellt. Dasselbe ist als Wälzgelenk so angeordnet, daß es die Kräfte sicher übertragen kann, thatsächlich wie ein Gelenk wirkt und den gefährlichen Scherkräften gewachsen ist. Die beiden, aus bestem Stahl hergestellten Theile sind je mit einer Trägerhälfte verbunden, in den Stirnen schwach gewölbt und wälzen sich aneinander ab. Gleiten wird durch einen in die Gelenktheile eingelassenen gemeinsamen Dübel verhindert, dessen cylindrische Flanken nach einer Evolvente abgedreht sind; dieser Dübel nimmt auch die Scherkräfte auf. Verdrehung der Gelenkhälften und Verschiebung derselben ist durch übergreifende Leisten und angedrehte Hälse verhindert, welche in die Stirnplatten der oberen Bogengurtung eingreifen.

Damit alle Theile von vornherein zur richtigen Berührung kommen, ist eine wagerechte, kräftige Schraube angeordnet, mittels welcher die beiden Endgurtstücke der Hauptträger fest gegen einander gezogen werden sollen. Die Schraube geht durch den Mittelpunkt des Gelenkes, kann später entfernt, aber auch in dem Gelenk belassen bleiben, da sie bei ihrer großen Länge und Biegsamkeit die geringe Bewegung nicht merklich hindert.

Die veranschlagten Gewichte sind:

Hauptöffnung von 153,75 m Stützweite:	
Fahrbahn . . .	517 154 kg
Hauptträger . . .	987 519 „
Auflager . . .	15 760 „
Portale . . .	94 337 „
zusammen 1 614 770 kg	

oder auf 1 m Brückenlänge 10 502 kg.

Seitenöffnung von 102,5 m Stützweite:	
Fahrbahn . . .	340 965 kg
Hauptträger . . .	365 000 „
Auflager . . .	10 600 „
Portale . . .	82 735 „
zusammen 799 300 kg	

oder auf 1 m Brückenlänge 7798 kg

Die veranschlagten Kosten betragen:

Eiserner Ueberbau (dabei 3695 t Flußeisen usw.) . . .	1 135 009 M
Pfeiler und Widerlager . . . . .	1 066 848 „
Erdarbeiten . . . . .	61 548 „
Stützmauern, Pflasterungen, Geländer usw. . . . .	125 286 „
Insgesamt . . . . .	71 250 „
zusammen 2 459 941 M.	

Der Entwurf ist sowohl in constructiver wie architektonischer Hinsicht eine ausgezeichnete Leistung.

IV. Preis. Kennwort: „Am Rhein, am Rhein“. Verfasser: Ober-Ingenieur J. W. Lauter und Architekt Haenle in Frankfurt a. M. (Abb. 5 auf S. 3 u. Abb. 27 u. 28).

Die drei Hauptöffnungen (Abb. 27) sollen durch Bogenträger überspannt werden: die große Mittelöffnung von 151,45 m Stützweite

Die Hauptträger liegen ganz auferhalb der Brückenbahn, 14 m von Achse zu Achse von einander entfernt (Abb. 28). Die Fahrbahn ist 8 m, jeder Fußweg 2,5 m breit; Gitterwerk-Querträger tragen Längsträger II. Ordnung aus Walzeisen, zwischen welchen Querträger II. Ordnung angeordnet sind. Die so gebildeten rechteckigen Felder werden mit hängenden Buckelplatten geschlossen, worüber Beton und 12 cm starkes Holzpflaster. Die Fußwege haben über den Querträgern jederseits zwei Längsträger II. Ordnung, darüber querlaufende Unterzüge aus C-Eisen; diese nehmen Trägerwellblech auf mit darüber befindlichem Beton und Asphalt.

Die Hauptträger sind lothrecht gestellt. Für die große Mittelöffnung sind hauptsächlich deshalb Dreigelenkbogen gewählt, um die Wärmeänderungen möglichst unschädlich zu machen. Fahrbahn und Bogen überschneiden einander, und es können bei zu- oder abnehmender Wärme ungleiche wagerechte Verschiebungen der Hauptträger-Knoten und der die Bogen schneidenden Fahrbahn auftreten, welche bei der großen Weite bedenklich sind. So ist denn die ganze Tragconstruction durch das Mittelgelenk gewissermaßen in zwei Theile zerlegt. Die Trennung der Hauptträger durch ein Mittelgelenk bedingt auch Trennung der in dem mittleren Theile der Oeffnung am Bogen aufgehängten Fahrbahnconstruction, damit unschädliches Heben

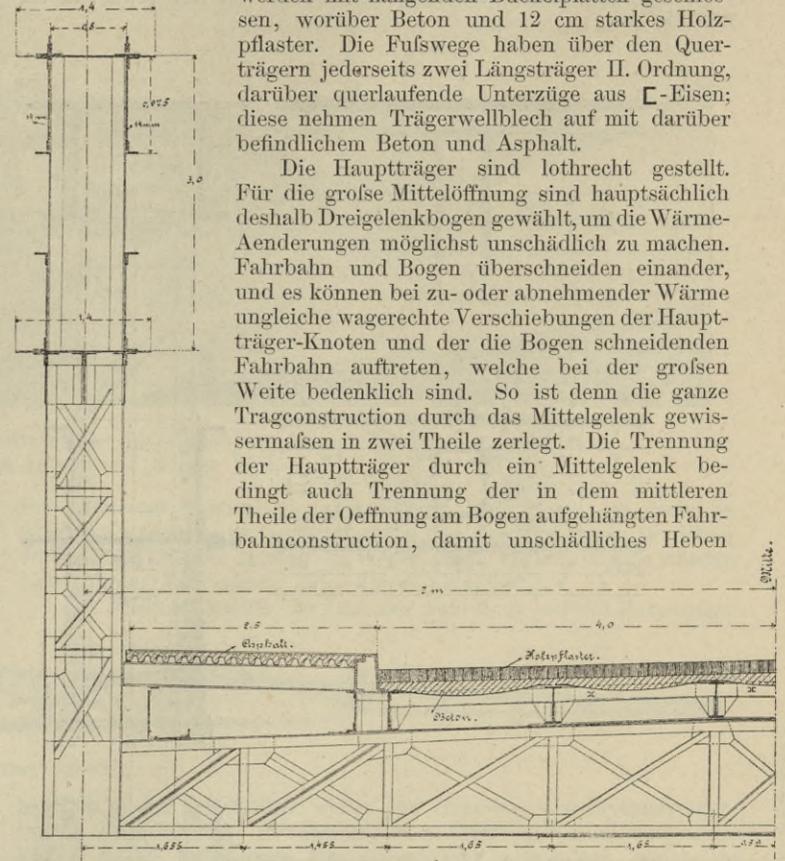


Abb. 28. Querschnitt der Brücke. (1:75)

und Senken jedes Theiles möglich wird. Diese Trennung ist dadurch erreicht, daß die Fahrbahn längsträger über dem zunächst am Gelenk belegenen Querträger einerseits gelenkig aufgelagert sind, während bei dem nächsten symmetrisch zum ersteren gelegenen Querträger eine freie längsverschiebbare Auflagerung der Längsträger stattfindet. Die Fahrbahn ist an diesen beiden Stellen unterbrochen und mit Dehnungsvorrichtungen für die Wärme versehen. Eben solche Aus-

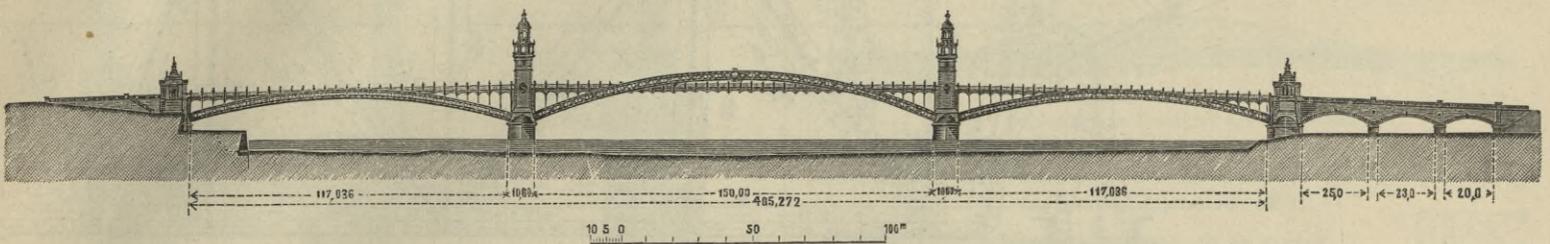


Abb. 27. Entwurf „Am Rhein, am Rhein“ von Lauter u. Haenle in Frankfurt a. M. (IV. Preis).

bei 16,248 m Pfeil mittels eines Dreigelenkbogens, die beiden Seitenöffnungen von 118,636 m Stützweite bei 9,068 m Pfeil vermittelt Zweigelenkbogen; die Mäße der Pfeile beziehen sich auf die Bogenmittellinien. In den beiden Seitenöffnungen sind die Bogen der Hauptträger so tief gelegt, daß sie beim Begehen der Brücke nicht störend wirken; die Geländer laufen etwa in der Mitte der Seitenöffnung berührend (tangential) auf die Bogenoberkante, sodafs der freie Ausblick von der Brücke aus gewahrt bleibt. Bei der Mittelöffnung steigen aber die Bogen über die Fahrbahn hinaus. Dieses theilweise Hinaufsteigen der Bogen wurde von den Verfassern des Entwurfs als unschön empfunden. Um den unangenehmen Eindruck abzuschwächen, hat man die Oberflächen der Bogen mit Winkeleisen und Platten gegliedert (vgl. den Querschnitt Abb. 28) und das Geländer nicht in eine Flucht gesetzt, sondern durch Balcone unterbrochen; auch sollen die Pfeiler Thurmaufbauten erhalten. Das Pfeilverhältnis der Bogen ist in den Seitenöffnungen 1:13, in der Mittelöffnung 1:9,3 (abgerundet); bei den gewählten Stützweiten und Pfeilen heben die infolge des Eigengewichts auf einen Mittelpfeiler übertragenen Horizontalschübe der beiden Nachbarbögen einander auf.

gleich-Vorkehrungen sind auch über den Mittelpfeilern vorhanden. Die Windverbände liegen bei den Seitenöffnungen in der Fläche der unteren Bogengurte; außerdem sind lothrechte Kreuze in den Pfostenebenen der Zwickel angeordnet. In der Mittelöffnung liegt der Windverband soweit möglich, d. h. soweit die Bogen unter der Fahrbahn sind, gleichfalls im Untergurt; im mittleren Theile des Bogens, zwischen den beiden Durchschneidungsstellen von Bogen und Fahrbahn ist er aber in der Ebene der Unterkante des Fahrbahnrandträgers angebracht. Als Gurtung des Windträgers auf dieser Strecke dient jederseits der neben dem Fußwegrandträger liegende wagerechte Blechträger (Abb. 28). In den Zwickeln sind auch hier lothrechte Querversteifungen in den Ebenen der Pfosten; in dem mittleren Theile der Brücke sollen die sehr breiten und steifen Hängesäulen den ganzen auf den Bogen ausgeübten Winddruck in den Fahrbahnwindträger übertragen. Es ist also nur ein Windverband angeordnet, welcher theils in einer zur Fahrbahn gleichlaufenden Fläche, theils in der Fläche der unteren Bogengurte liegt. Für die Berechnung ist jede an der einen Seite der Mitte belegene Hälfte als Consolträger angenommen.

Das Gesamtbild des Entwurfs (Abb. 27) ist ein sehr befriedigendes, die architektonische Durchbildung mit den Thürmen der Strompfeiler und den Einnehmergebäuden der Landpfeiler sehr wohl gelungen. Die Eisenbogen erscheinen etwas schwer, was wohl durch ihre geringe Höhe (im ganzen 3,3 m), bei großer Höhe der Bogengurtungen (rund je 1,15 m) mit einem lichten Zwischenraum von nur etwa 1 m verschuldet ist.

II. Gußeisen:

Auflagerkörper . . . . .	128 400 kg
Fußwegrandkasten . . . . .	49 310 „
Geländer, architektonische Ausbildung usw. . . . .	92 000 „
Im ganzen Gußeisen . . . . .	269,710 t

III. Stahl: Auflagerkörper usw. . . . .

53,600 t
<b>Gesamt-Eisengewicht 3703,724 t</b>

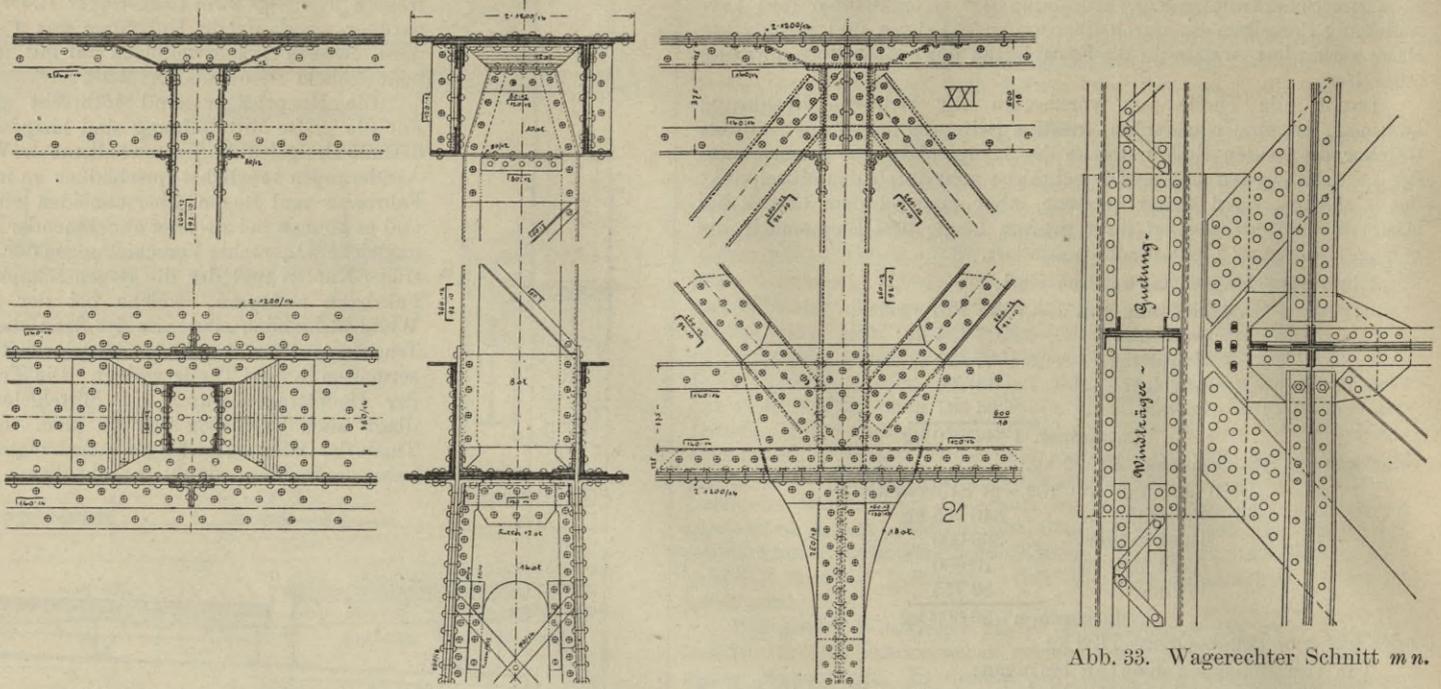


Abb. 33. Wagerechter Schnitt m.n.

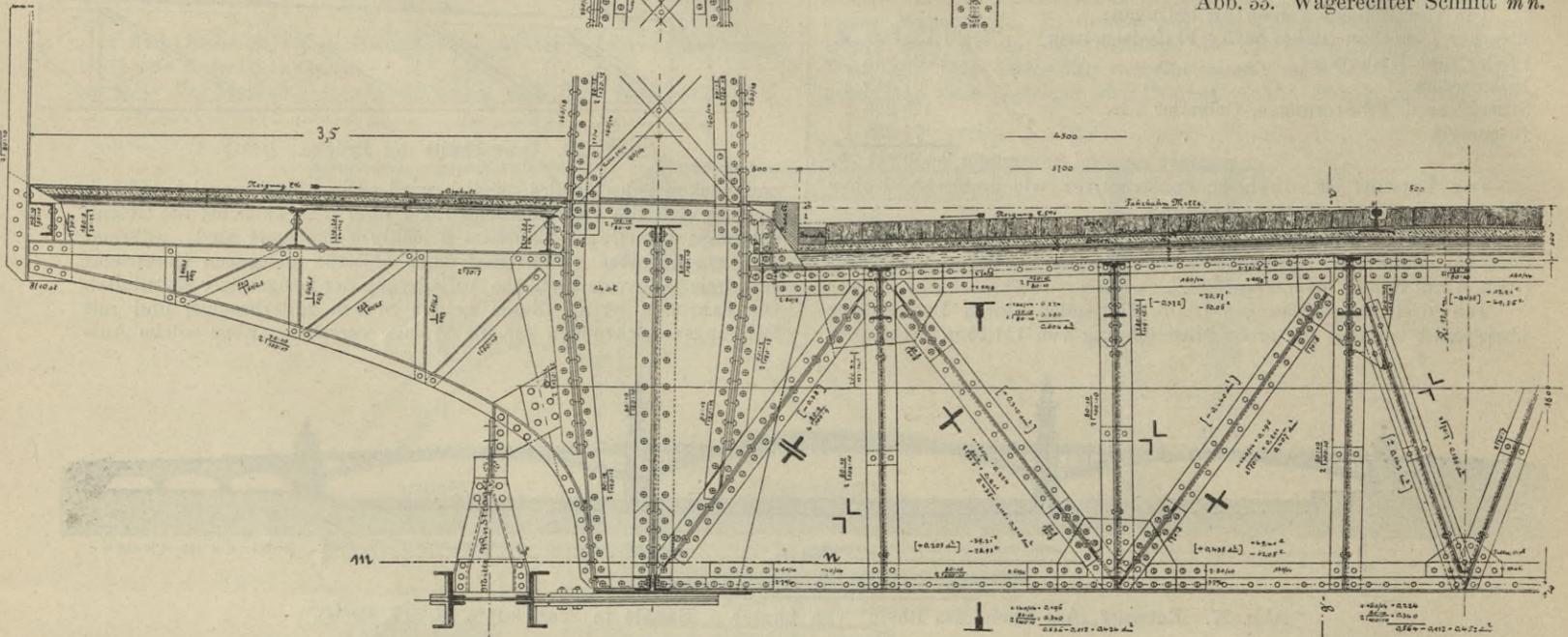


Abb. 32. Querschnitt der Fahrbahn (1:40) beim Entwurf: „Elastischer Bogen“.

Die veranschlagten Gewichte und Kosten sind nachstehend zusammengestellt:

Eisengewichte.

I. Schmiedeeisen: Für die Seitenöffnung von 118,636 m Kämpferweite:

Hauptträger . . . . .	720 672 kg
Fahrbahn . . . . .	304 953 „
zusammen für eine Seitenöffnung	1 025 625 kg
also für 1 m Brückenlänge . . . . .	8 645 kg.

Für die Mittelöffnung von 151,45 m Kämpferweite:

Hauptträger . . . . .	938 744 kg
Fahrbahn . . . . .	390 420 „
zusammen für die Mittelöffnung . . . . .	1 329 164 kg
also für 1 m Brückenlänge . . . . .	8 776 kg.

Im ganzen Schmiedeeisen: 2.1025,625 + 1329,164 t = 3380,414 t

Die Kosten betragen für

1. Unterbau . . . . .	1 520 000 M
2. Pfeileraufbauten . . . . .	200 000 „
3. Eisenconstruction . . . . .	1 221 000 „
4. Fahrbahn . . . . .	86 000 „
5. Linksrheinische Rampe mit Treppen . . . . .	242 000 „
6. Rechte Rampe . . . . .	85 000 „
7. Allgemein . . . . .	146 000 „
Im ganzen	<u>3 500 000 M</u>

**Einige andere Entwürfe.**

Auch die nicht mit Preisen ausgezeichneten Entwürfe zeigten vielfach Lösungen, welche als vortreffliche bezeichnet werden müssen. Leider war es dem Verfasser dieses Berichtes nicht möglich, alle Entwürfe gleichmäßig zu studiren, sodass aus der fehlenden Besprechung einer Arbeit nicht auf deren Minderwerthigkeit geschlossen



Abb. 30. Entwurf „Elastischer Bogen“ von **A. Rieppel**, Director der Maschinenbau-Actiengesellschaft in Nürnberg und Professor **Fr. Thiersch** in München. (Engere Wahl.)

werden darf. Es sollen hier noch einige hervorragende Entwürfe kurz erwähnt werden.

Kennwort: „Elastischer Bogen“. Verfasser: Director **A. Rieppel** in Nürnberg und Prof. **Fr. Thiersch** in München (Abb. 6 auf S. 3 und Abb. 29 bis 34).

tonischen und ornamentalen Einzelheiten und wegen des darin beruhenden angenehmen Gegensatzes zu den starren Formen der Eisenconstruction“. Abb. 31 zeigt die Pfeiler, deren Aufbau als eine würdige Leistung der Meisterhand eines Thiersch erscheint.

Die Pfosten, welche die Last der Fahrbahn auf die Hauptträger

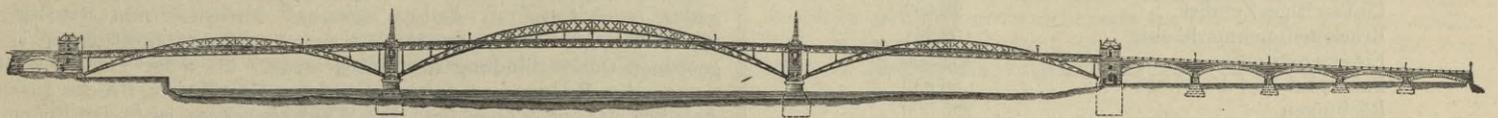


Abb. 29. Gesamt-Ansicht.

Die Systemskizze des Entwurfes ist bereits in Abb. 6 auf S. 3 gegeben, die ganze Ansicht zeigt Abb. 29. Die drei Hauptöffnungen von 126, 166, 126 m Stützweite sind durch Bogenträger überspannt, in welche die Brückenbahn bei allen drei Oeffnungen einschneidet.

bringen, liegen wesentlich weiter von einander, als die Querträger; für die Aufnahme der zwischenliegenden Querträger sind besondere, 12,3 m lange, sogenannte Hauptlängsträger angeordnet, welche je drei Querträger-Feldern entsprechen.

Den Querschnitt der Fahrbahn zeigt Abb. 32. Querverspannung zwischen den Gurten der Bogenträger über der Fahrbahn ist grundsätzlich vermieden, weil dieselbe beim Begehen der Brücke stets einen unangenehmen Eindruck macht. Die Hauptträger sind elastische Sichelbogen mit Kämpfergelenken und doppeltem Strebenwerk. An den Knotenpunkten, in welchen die Fahrbahnpfosten anschließen, sind freilich auch Bogenpfosten; diese sind aber keine Systemglieder, da sie nur an eine Bogengurtung so anschließen, daß sie lothrechte

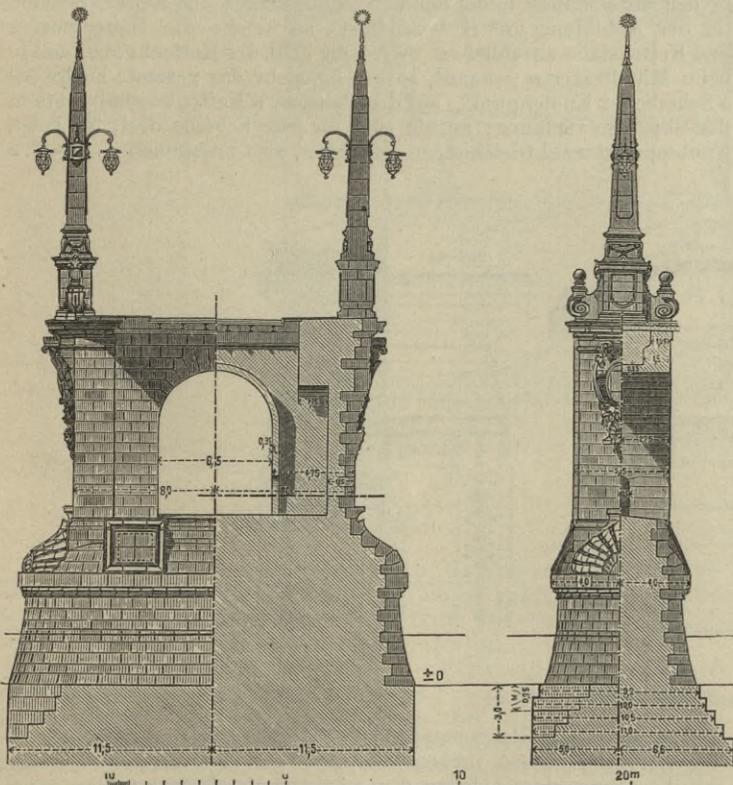


Abb. 31. Stropfpfeiler. Ansichten und Schnitte.

Bogen sind aus architektonischer Rücksicht gewählt; reicherer Architekturschmuck ist nur an den Mittelpfeilern und Landfesten entfaltet. Als Architekturformen sind diejenigen der späteren Renaissance verwandt (Abb. 30) „wegen der Weichheit und Beweglichkeit der architek-

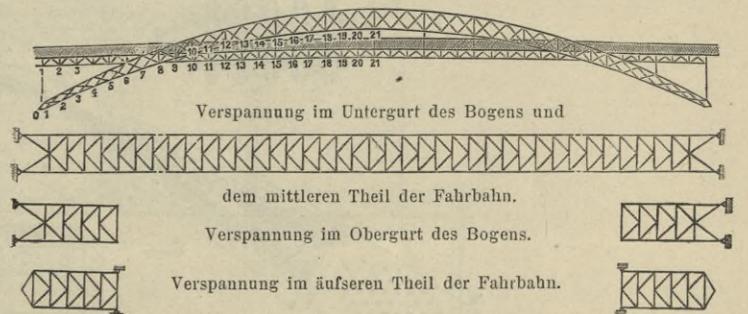


Abb. 34. Windverband der Mittelöffnung.

Kräfte übertragen können. Der Anschluß an die zweite Bogen-gurtung ist mit Federgelenken bewirkt, welche nur wagerechte, aber keine lothrechten Kräfte übertragen können. Abb. 32 zeigt ein solches Federgelenk.

Auch hier mußte dafür gesorgt werden, daß nicht der im Bogen auftretende Horizontalschub durch die angehängten Hauptlängsträger oder die Fahrbahnträger des mittleren Stückes aufgehoben werde. Deshalb ist jeder Hauptlängsträger zunächst nur an einem Auflagerpunkte mit dem Hängepfosten fest verbunden, an dem anderen Auflagerpunkte dagegen beweglich an den Pfosten angeschlossen. Damit ferner Bogen und Fahrbahn sich unabhängig von einander ausdehnen können, sind Straßen- und Fußwegträger im mittleren Theile der Oeffnung so gelagert, daß in jedem Hauptfache Längen-änderungen eintreten können.

Der Windverband ist in jeder Oeffnung aus zwei Ausleger-trägern und einem eingehängten Mittelträger gebildet. Von den

Kämpfern aus gehen in beiden Bogengurten gelegene Windträger (Ausleger); derjenige des unteren Bogengurts reicht bis zum Durchschneidungspunkte mit dem unteren Gurt der Hauptlängsträger. Hier beginnt der eingehängte Mittel-Windträger, welcher, in der Untergurt-Ebene des Hauptlängsträgers belegen, sich in Lagern, die Längsbeweglichkeit gestatten, auf die Auslegerträger im untern Bogengurt stützt.

Ein weiterer Windträger liegt über jedem Bogenzwickel in der Ebene des Längsträger-Untergurts. Er findet sein Auflager einerseits über dem Pfeiler, andererseits im Ende des im oberen Bogengurt gelegenen Ausleger-Windträgers. Querverkreuzungen in den lothrechten Pfosten-Ebenen der Zwickel sind absichtlich vermieden, um die Wirkung der Kräfte klar zu halten; die Windverspannung ist statisch bestimmt und in Abb. 34 dargestellt.

Während für die Auslegertheile des Windträgers als Gurtungen die Bogengurte dienen, sind für den eingehängten, mittleren Theil besondere Windgurte vorgesehen (Abb. 32/33), die außerhalb der Hauptträger liegen. Die Querträger sind die Pfosten des Windträgers; sie dürfen aber nicht fest mit den Windgurten vernietet werden, weil Fahrbahn und Bogen unabhängig vom Windträger sollen Längenänderungen vornehmen können; deshalb ist die Verbindung der Querträger und der Windgurtung mit Hilfe länglicher Schraubenlöcher so bewerkstelligt, daß geringe Längsverschiebungen gegen einander möglich sind (Abb. 33).

Als Baustoff war Thomasflußeisen in Aussicht genommen, und zwar für alle drei Oeffnungen zusammen 3100 t, d. h. für 1 m Brückenlänge 7416 kg. Der Kostenanschlag der Brücke wies auf:

Strompfeiler (mit Druckluftgründung)	521 011 M
Rechtsseitiges Widerlager	209 711 "
Rechtsseitige Zufahrt	188 590 "
Linksseitiges Widerlager	208 532 "
Linksseitige Zufahrt	28 697 "
Brückeneinnehmerhäuser	102 241 "
Eisenconstruction	852 500 "
Fahrbahn und Fußwege	88 839 "
Rüstungen	295 000 "
Insgemein	100 000 "

Zusammen 2 595 121 M

Daß diese constructiv wie architektonisch vortreffliche Arbeit keinen Preis davongetragen hat, dürfte hauptsächlich durch das Einschneiden aller sechs Hauptträger in die Brückenbahn verschuldet sein.

Kennzeichen: „Bonner Wappen“. Verfasser: A. Rieppel, Director der Maschinenbau-Actiengesellschaft Nürnberg und Professor Fr. Thiersch in München (Abb. 35 bis 38). (Dieser Entwurf ist von denselben Verfassern wie der Entwurf mit dem Kennwort: „Elastischer Bogen“.)

Die Brücke ist eine versteifte Kettenbrücke, ähnlich derjenigen des mit dem zweiten Preise gekrönten Entwurfs „Kabelbrücke“

nur geringe Constructionshöhe verfügbar ist und auf gutes Aussehen Werth gelegt wird, dürfte keine Brückenform geeigneter sein, als diejenige der Hängebrücke, wenn man das Bauwerk gegen seitliche Schwan-kungen sicher herstellen kann. Für diese Ansicht spricht auch, daß man bei den Auslegerbrücken die Hängebogenform wählt, wenn auf Schönheit der Brücke Rücksicht genommen wird. Die früheren, unklaren Versteifungen der Ketten durch eine Unzahl von Rückhaltseilen, wie bei der East-River-Brücke in New-York, genügten unseren Ansprüchen an Sicherheit nicht. Neuerdings ist aber die Berechnung der versteiften Ketten — dank den Untersuchungen von Müller-Breslau — nicht mehr schwierig und kann etwa mit derselben Genauigkeit durchgeführt werden, wie diejenige eines Zweigelenkbogenträgers. Die architektonischen Vorzüge der Hängebrücken sind aber bedeutend: wie bei genügender Constructionshöhe, wenn alle Trägertheile unter die Fahrbahn gelegt werden können, die Bogenform, so ist bei ge-



Abb. 36.

ringer Constructionshöhe mit tiefliegender Fahrbahn die Hängebogenform die naturgemäße Lösung.

Die architektonische Wirkung des vorliegenden Entwurfs ist aus Abb. 35 ersichtlich; sie wird hauptsächlich erzielt durch die schönen, großen Linien der Hängeträger, die kräftigen, in mittelalterlichen Formen gehaltenen Thurm-Aufbauten der Landpfeiler und die im wohlthuenden Gegensatz dazu stehenden zierlichen Eisen-Aufbauten der Mittelpfeiler. Günstig wirkt auch das Fehlen langer Schrägstäbe in den Hängeträgern.

Die Hauptträger liegen in lothrechten Ebenen, 14,2 m von einander (von Achse zu Achse) entfernt. Fußwege und Fahrbahn (2,5 + 8 + 2,5 = 13 m breit) sind zwischen den Hauptträgern angeordnet. Querverbindung der Brückenträger über der Fahrbahn ist nur an den Pylonen, so daß man auf der eigentlichen Brücke freien Ausblick auch nach oben hat. Die Windverstrebung ist in den Ebenen der Untergurte der Versteifungsträger angebracht.

Die in beiden Widerlagen verankerten Hängeträger sind einfach statisch unbestimmt. Die Versteifungsträger der Seitenöffnungen bilden mit den Kettenstäben und Pfosten je eine starre Scheibe; dieselben sind in der Abb. 36 schraffirt und mit I und III bezeichnet; sie erinnern an die Seitenträger der neuen Mannheimer Neckarbrücke. In der Mittelöffnung bildet der Versteifungsträger eine weitere Scheibe (in der Abbildung mit II bezeichnet), an welche die Hängepfosten und Kettenstäbe anschließen. Wird die Zahl der Kettenknotenpunkte beim Mittelträger  $n$  genannt, so hat nunmehr das gesamte Fachwerk 3 Scheiben, 2 Knotenpunkte auf den Pylonen,  $n$  Kettenknotenpunkte in der mittleren Oeffnung; mithin sind für jede Scheibe drei, für jeden Knotenpunkt zwei Gleichungen verfügbar, also zusammen  $3 \cdot 3 + 2 \cdot 2$

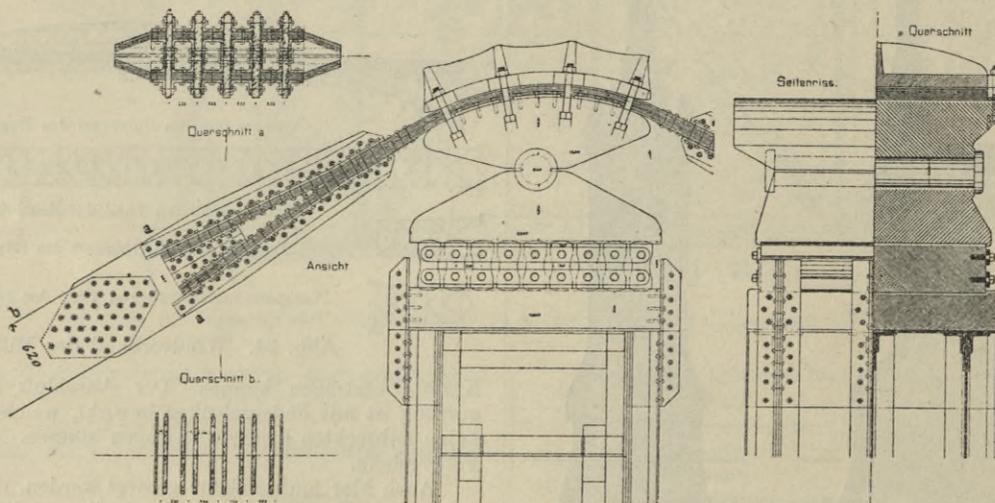


Abb. 38. Auflagerung auf den Pylonen. (1:60)

(vgl. S. 3). Die Gesamtanordnung (Abbildung 35) zeigt eine große Mittelöffnung von 225 m und zwei Seitenöffnungen von je 112,5 m Stützweite, außerdem drei überwölbte Fluthöffnungen. Der Entwurf dürfte das besondere Interesse der Fachmänner in Anspruch nehmen; ebenso wie der Entwurf „Kabelbrücke“ zeigt er, daß man die architektonischen Vorzüge der Hängebrücken bei dem heutigen Stande der Theorie und Praxis im Brückenbau nutzbringend verwerthen kann. Für Straßenbrücken, bei denen es sich um Ueberspannung einer weiten Mittelöffnung und zweier kleineren Seitenöffnungen handelt, wo

+ 2 ·  $n$  =  $2n$  + 13 Gleichungen. Die Pylonenaufleger sind wagrecht verschieblich, ebenso müssen die Auflager der Versteifungsträger mit Ausnahme eines solchen des mittleren Versteifungsträgers wagrecht verschieblich sein; dann erhält man an Unbekannten: 6 lothrechte Auflagerdrücke der Versteifungsträger, 2 Auflagerdrücke der Pylonenaufleger, 1 wagerechten Auflagerdruck am mittleren Versteifungsträger, 2 Ankerspannungen  $Z_1$  und  $Z_2$ , 4 Stabspannungen an den Pylonenauflegern,  $n - 1$  Kettenstabspannungen,  $n$  Hängestabspannungen, d. h. zusammen  $6 + 2 + 1 + 2 + 4 + n - 1 + n = 2n + 14$  Unbe-

kannte. Den  $2n + 13$  Gleichungen stehen also  $2n + 14$  Unbekannte gegenüber; der Hängeträger ist einfach statisch unbestimmt.

Die Feldweite auf der ganzen Brücke ist 5,114 m, der Kettenpfeil in der Mittenöffnung 26,5 m. Der Querschnitt der Brücke ist in Abb. 37, das Pylonenlager in Abb. 38 dargestellt. Die Kettengurte sind aus einer größeren Zahl von lothrecht gestellten Blechen, je 60 cm hoch, 34 bzw. 18 mm stark, gebildet; an diese schliessen die Hängestangen mittels Bolzen von 20 cm Durchmesser an; diese Verbindung ist in Abb. 37 zu ersehen. An den Widerlagern sind die Verankerungen aus wagerechten Blechen zusammengesetzt; zwei fest ver-

Gurte auf, einen Kettengurt und zwei Gurte des Versteifungsträgers. Dadurch konnten lange Schrägstäbe vermieden werden, die Kettenform in Verbindung mit den bogenförmig gestalteten Untergurten, den weit von einander entfernten Hängestäben und der ernst gehaltenen architektonischen Ausbildung der Land- und Mittelpfeiler wirkt sehr günstig. Ganz eigenartig ist, daß der Kettengurt in den Seitenöffnungen seinen Scheitelpunkt nicht am Landpfeiler, sondern bereits 32 m vor demselben hat und von da aus wieder aufwärts geführt ist. Die im Kettengurt am Widerlager hoch angreifende Kraft ist dann durch ein Gegengewicht unschädlich gemacht. Bei der sonst



Abb. 35. Entwurf „Bonner Wappen“ von **A. Rieppel**, Director der Maschinenbau-Actiengesellschaft in Nürnberg, und Professor **Fr. Thiersch** in München.

ankerte Stränge von je vier Blechen, 1,2 m breit und 8 cm stark, vereinigen sich am oberen Auflagerknotenpunkt des Versteifungsträgers. Auch auf den Pylonenlagern sind die Kettengurte aus wagerechten Blechen gebildet; die Ueberführung des lothrecht gestellten Kettengurts in den wagerechten Rechteckquerschnitt zeigt Abb. 38.

üblichen Anordnung vereint sich der Kettengurt am Auflager mit dem Obergurt des Versteifungsträgers; dann kann die wichtige Aufgabe desselben architektonisch nicht recht zur Darstellung gebracht werden. Hier dagegen kennzeichnet sich die Stelle, an welcher die Zugkraft des Kettengurts aufgenommen wird, auch äußerlich als sehr

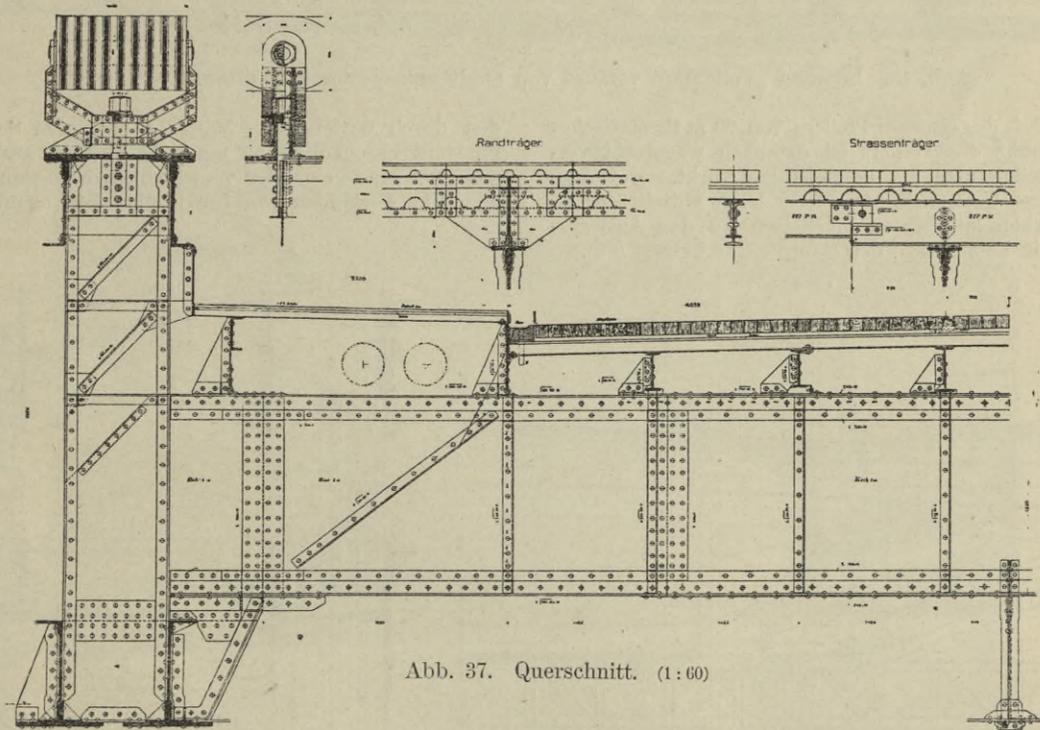


Abb. 37. Querschnitt. (1:60)

Wenn wir auf diese vortreffliche Arbeit etwas näher eingegangen sind, so geschah das hauptsächlich, weil sie im ganzen Aufbau und in den Einzelheiten beachtenswerthe Fortschritte auf einem Gebiete zeigt, das in Deutschland bislang wenig bearbeitet ist.

Kennwort: „Stein und Eisen“. Verfasser: Ober-Ingenieur J. W. Lauter und Ingenieur Luck in Frankfurt a. M., Geheimer Baurath, Professor Dr. Wallot in Dresden (Abb. 39 bis 42 und Abb. 45).

Auch bei diesem in Abb. 39 zur Hälfte dargestellten Entwurf ist die Hängebogenform gewählt, obgleich die Brückenträger keine Hänge-, sondern Auslegerträger bilden. Die Mittelöffnung hat 192 m, jede Seitenöffnung 112 m Stützweite. Die mit den Trägern der Seitenöffnungen verbundenen Ausleger ragen jederseits 76 m in die Mittelöffnung hinein und tragen an ihren Enden einen eingehängten Mittelträger von 40 m Länge.

Die gewählte Form ist für die Aufgabe sehr geeignet; die Hauptträger weisen, abgesehen von dem 40 m langen Mittelstück drei

wichtig und ist durch die burgartige, kraftvolle, man könnte sagen trutzige Ausbildung der Landpfeiler zu kräftigem Ausdruck gekommen. Nach Angabe der Verfasser ist auch durch diese Anordnung in Verbindung mit dem Gegengewicht eine Ersparnis an Eisen erzielt.

Die Hauptträger sind statisch bestimmt. Man kann sie als

aus zwei Scheiben bestehend (I und II, vgl. Abb. 40) ansehen, welche im Punkte B zusammenhängen und nach ihrer Zusammensetzung um einen Knotenpunkt C und die

drei im Punkte C einander treffenden Stäbe vermehrt sind. Das giebt bekanntlich ein statisch bestimmtes Fachwerk. (Auch so: Man hat zwei Scheiben und einen Knotenpunkt, also  $2 \cdot 3 + 2 = 8$  Gleichungen und

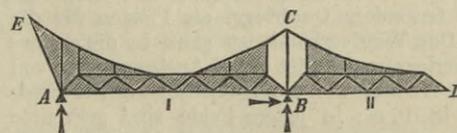


Abb. 40.

chungen. An Unbekannten sind zu bestimmen: eine Auflager-Unbekannte in *A*, zwei in *B*, drei Stabspannungen in *C*, zwei Gelenk-Unbekannte in *B*, d. h. 8 Unbekannte.)

Der Kettengurt ist nach einer Parabel gekrümmt. Der Obergurt des Versteifungsträgers ist annähernd in gleiche Höhe mit den Fußwegen gelegt, sodafs alle Füllungsglieder unter der Fahrbahn sind,

und des Fußweges in Höhe des Querträger-Obergurtes gelegte Dreieckverspannung. Man hat so in jedem Felde besondere Träger gebildet, deren Gurtungen die Randträger sind, welche die Windkräfte nach den Aufhängepunkten der Querträger bringen. Von dort werden sie auf die oben erwähnten Querriegel durch schrägliegende doppelte Winkeleisen geleitet.

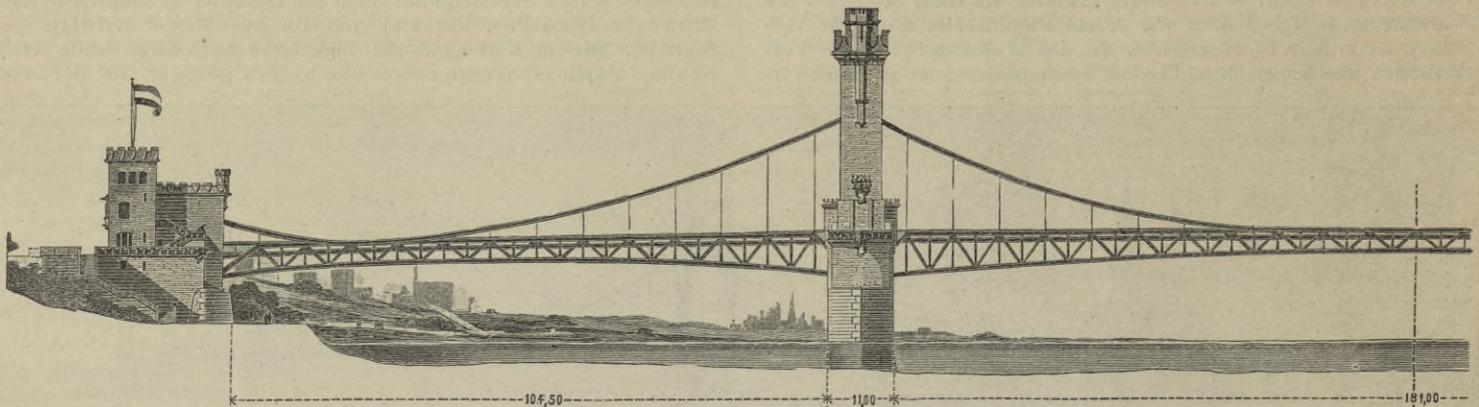


Abb. 39. Entwurf „Stein und Eisen“ von Oberingenieur **Lauter** und Ingenieur **Luck** in Frankfurt a. Main und Geheimen Baurath Professor Dr. **Wallot** in Dresden.

mithin beim Begehen der Brücke nicht stören. Auf den Strompfeilern sind die Untergurte der Versteifungsträger zusammengeführt und gelenkig gelagert. Das gemeinsame feste Auflager nimmt auch den

Die Fahrbahndecke ist Holzpflaster auf dünner Gulsasphaltschicht darunter Beton. Die Fahrbahntafel wird durch Buckelplatten gebildet. Fußwege: Asphalt auf Beton über stehenden Buckelplatten. Um

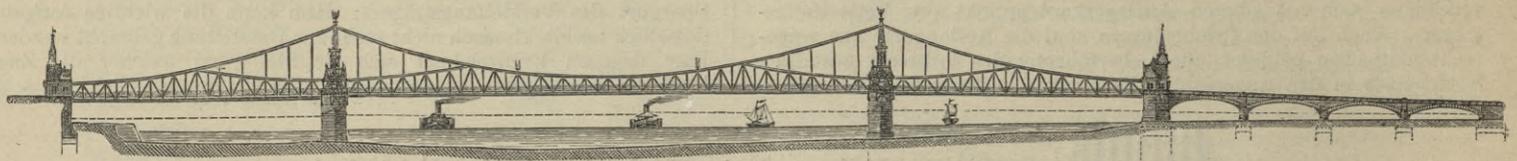


Abb. 43. Entwurf „Vollampf voraus“ von Stadtbauinspector **H. Müller** in Breslau.

gelenkig aufgesetzten Fuß des eisernen Pfeilers von 29 m theoretischer Höhe auf; der Kopfpunkt des Pfeilers ist demnach wagerecht verschieblich, da die Pfeilerstütze als Pendelstütze wirkt. Die Auflager der Endpfeiler sind beweglich. Der 40 m lange Mittelträger ist mittels je zweier starken lothrechten Flacheisen an den Auslegerenden aufgehängt. Die Felderlänge der Hauptträger beträgt 8 m.

den durch Witterungsverhältnisse erzeugten Seitenschub des Holzpflasters unschädlich zu machen, sind die gußeisernen Randkasten aus zwei gegen einander verschieblichen Theilen hergestellt, zwischen denen in Abständen von 1 m Bufferfedern angebracht sind.

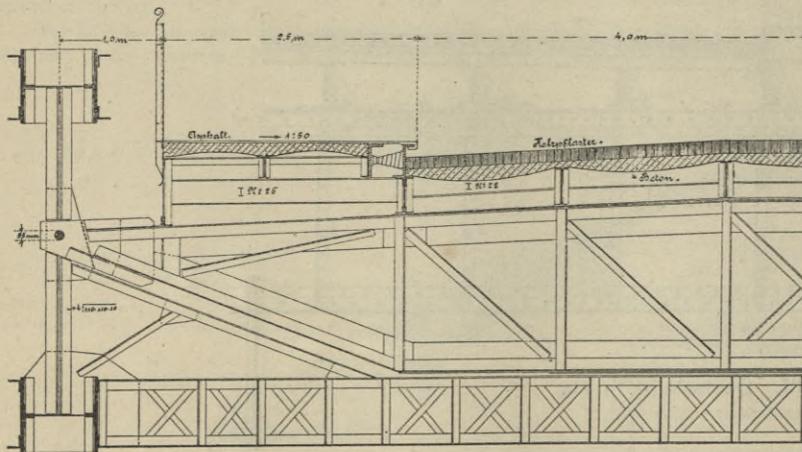


Abb. 41. Querschnitt in der Mitte der Hauptöffnung. (1:75)

Die Hauptträger haben 15 m Abstand von einander, von Achse zu Achse; der Querschnitt in der Mitte der großen Oeffnung ist in Abb. 41 dargestellt. Befestigung der Querträger an den Hauptträgern mittels Bolzen, d. h. gelenkig; unter den Querträgern und ohne Verbindung mit diesen sind besondere Querriegel als Pfosten für die Windträger vorgesehen. Der Windverband ist ganz in die untere Gurtung der Hauptträger verlegt und bildet einen Auslegerträger von gleichen Abmessungen der Weiten, wie die Hauptträger. Die Feldweite dieses Windträgers ist 16 m; in jedem Felde sind gekreuzte Schrägstäbe, welche in ihrem Kreuzungspunkte durch einen weiteren Pfosten unterstützt werden sollen. Die auf die zwischenliegenden Querträger entfallenden Windkräfte werden durch eine Unterconstruction auf die Knotenpunkte des Hauptwindträgers gebracht, nämlich durch eine zwischen die beiden Randträger der Fahrbahn

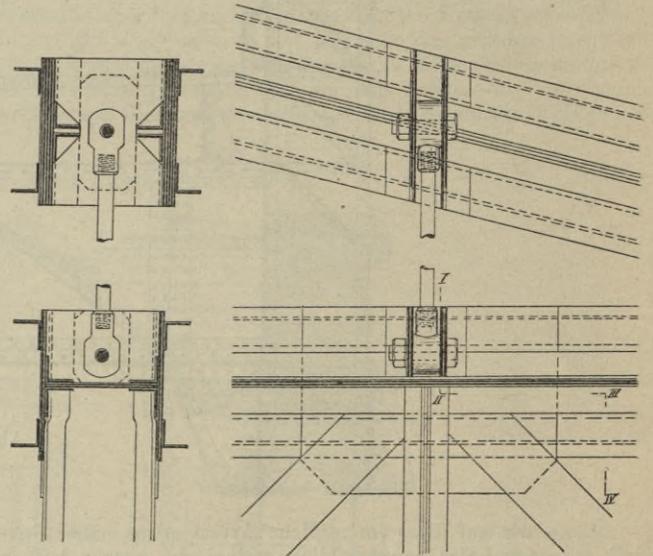


Abb. 42. (1:40)

Abb. 42 zeigt die Verbindung der Hängestäbe der Hauptträger mit Kettengurt und Obergurt des Versteifungsträgers. Diese Stäbe sind aus Stahl mit kreisförmigem Querschnitt von 82 mm Durchmesser, sie haben an beiden Enden Gewinde mit Steigung im entgegengesetzten Sinne, sodafs jederzeit genaue Regelung der Kettenform möglich ist.

Die veranschlagten Gewichte und Kosten sind:

4500 t Fluß- und Schmiedeisen zu 310 Mark . . . . .	1 395 000 Mark
460 t Gußeisen zu 200 Mark . . . . .	92 000 „
135 t Stahl (Auflager usw.) zu 400 Mark . . . . .	54 000 „
5095 t eiserner Ueberbau . . . . .	1 541 000 Mark.

1. Steinbau . . . . .	1 825 000 Mark
2. Eisenbau . . . . .	1 541 000 "
3. Fahr- und Gehbahn . . . . .	80 000 "
4. Abfahrt linksrheinisch . . . . .	26 000 "
5. Abfahrt rechtsrheinisch . . . . .	80 000 "
6. Allgemeine Kosten . . . . .	148 000 "
Zusammen 3 700 000 Mark.	

Kennwort: „Vollampf voraus“. Verfasser: Stadtbauinspector H. Müller in Breslau (Abb. 43 u. 44).

Der Entwurf, welcher mit auf der engeren Wahl stand, ist in Abb. 43 dargestellt. Die Hauptträger sind ebenfalls Auslegerträger in Hängebogenform nach Art der Mannheimer Neckarbrücke. Die Mittelträger haben genau doppelt so große Stützweite, wie die 112 m langen Seitenträger und sind durch die Auflagergelenke des Mittelstücks in drei gleich lange Theile von je 74,667 m Länge zerlegt. Pfeilhöhe des Kettengurtes ist  $\frac{1}{10}$  der Stützweite, 22,4 m, die Knotenpunkte des Hauptsystems liegen 9,333 m von einander entfernt. Geschadet hat wohl diesem guten Entwurf die etwas schwächliche Architektur der Strompfeiler - Pylone; insbesondere scheint der Treffpunkt beider Kettenstäbe über dem Pylonenlager nicht ausgiebig architektonisch betont.

Bemerkenswerth ist die Gelenkbildung für die Befestigung des Mittelstücks von 74,667 m Länge am Ausleger-Ende. An Stelle der sonst üblichen Bolzen sind Gelenklaschen nach Abb. 44 verwendet. Die von A auf B zu übertragende Kraft P wird durch die Niete, welche die drei Bleche abc verbinden, nach der Gelenklasche c, von dieser durch die Bleche d und e nach Träger B gebracht. Die Zwischenbleche b und d sind angebracht, um Durchbiegungen oder Drehungen jedes einzelnen Trägers zu ermöglichen.\*)

Die veranschlagten Gewichte betragen: Hauptträger 3800 t, Pfeiler-

\*) Hierzu schreibt Herr Geh. Finanzrath Köpcke in Dresden: Bei der Besprechung des Bonner Brückenwettbewerbes ist die Verwendung von „Gelenklaschen“ zur Gelenkbildung in dem Rheinbrücken-Entwürfe des Herrn Stadtbauinspectors Müller als bemerkenswerth bezeichnet. Ich darf wohl darauf hinweisen, daß diese Art der Gelenkbildung von mir im Jahrgang 1889 der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover (S. 167) meines Wissens zuerst veröffentlicht worden ist. In größerem Maßstabe ist eine Anwendung solcher Gelenke in der Loschwitz-Blasewitzer Hängebrücke — mit drei Gelenken — erfolgt.“

aufbauen 380 t, Fahrbahn 1200 t, zusammen 5380 t, d. h. auf 1 m Brückenlänge rund 1200 kg. —

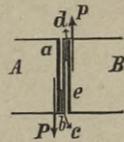


Abb. 44.

Ergänzend möge noch bemerkt werden, daß der Entwurf mit dem Kennwort „Flick“ (s. Seite 2) vom Königlichen Regierungs-Baumeister Nixdorf in Goldberg (Schlesien) angefertigt ist; daß ferner außer den auf Seite 2 mit den Kennworten angeführten Entwürfen zu Bogenbrücken noch ein solcher, mit dem Kennwort: „Bogen“ eingereicht war. Derselbe hatte drei Gelenke in jeder Öffnung, die Construction ganz unter dem Geländer; der mittlere Theil der Bogen reichte bis zum Handläufer des Geländers. Die Kämpferweiten waren 110 m, 161,5 m und 110 m.

Es möge gestattet sein, noch einmal auf die eigenthümliche Montirungsweise zurückzukommen, welche von der Maschinenfabrik Eßlingen für ihre „Kabelbrücke“ in Aussicht genommen war. Wie bereits auf S. 6 angegeben ist, soll zunächst an die Kabel das ganze Eigengewicht ( $g$  auf 1 m Brückenlänge) und die halbe Verkehrslast, ( $\frac{p}{2}$  auf 1 m) durch die Pfosten angehängt, und dann erst sollen die Schrägstäbe des Versteifungsträgers eingezogen werden, so daß erst von diesem Zustande ab die Diagonalen und Untergurttstäbe des Versteifungsträgers für weitere einseitige Verkehrslast  $\pm \frac{p}{2}$  in Thätigkeit treten.

Man kann sich die Wirkungsweise folgendermaßen klar machen: Eine Einzelast wird in irgend einem Stabe des Versteifungsträgers je nach ihrer Lage auf der Brücke Zug oder Druck erzeugen; die Gesamtheit der Punkte, deren Belastung Zug bezw. Druck hervorruft, soll als Zug- bezw. Druckabtheilung bezeichnet werden. Wenn bei gewöhnlicher Montirungsart die ganze Zugabtheilung mit  $p$  auf die Längeneinheit belastet, die Druckabtheilung unbelastet ist, so wird in dem betreffenden Stabe größter Zug entstehen; bei der Belastung nur der Druckabtheilung entsteht größter Druck. Seien diese beiden Stabspannungen  $+S_p$  und  $-S_p'$ . Wenn nun bei der vorgeschlagenen Montirungsart die ganze Brücke oder ein Theil derselben nur mit dem Eigengewicht belastet ist, so wird als Belastung  $-\frac{p}{2}$

einzuführen sein, während bei voller Belastung  $+\frac{p}{2}$  für ein Meter als Berechnungslast einzuführen ist. In dem oben angenommenen Stabe entsteht nun bei Belastung nur der Zugseite und durch diese

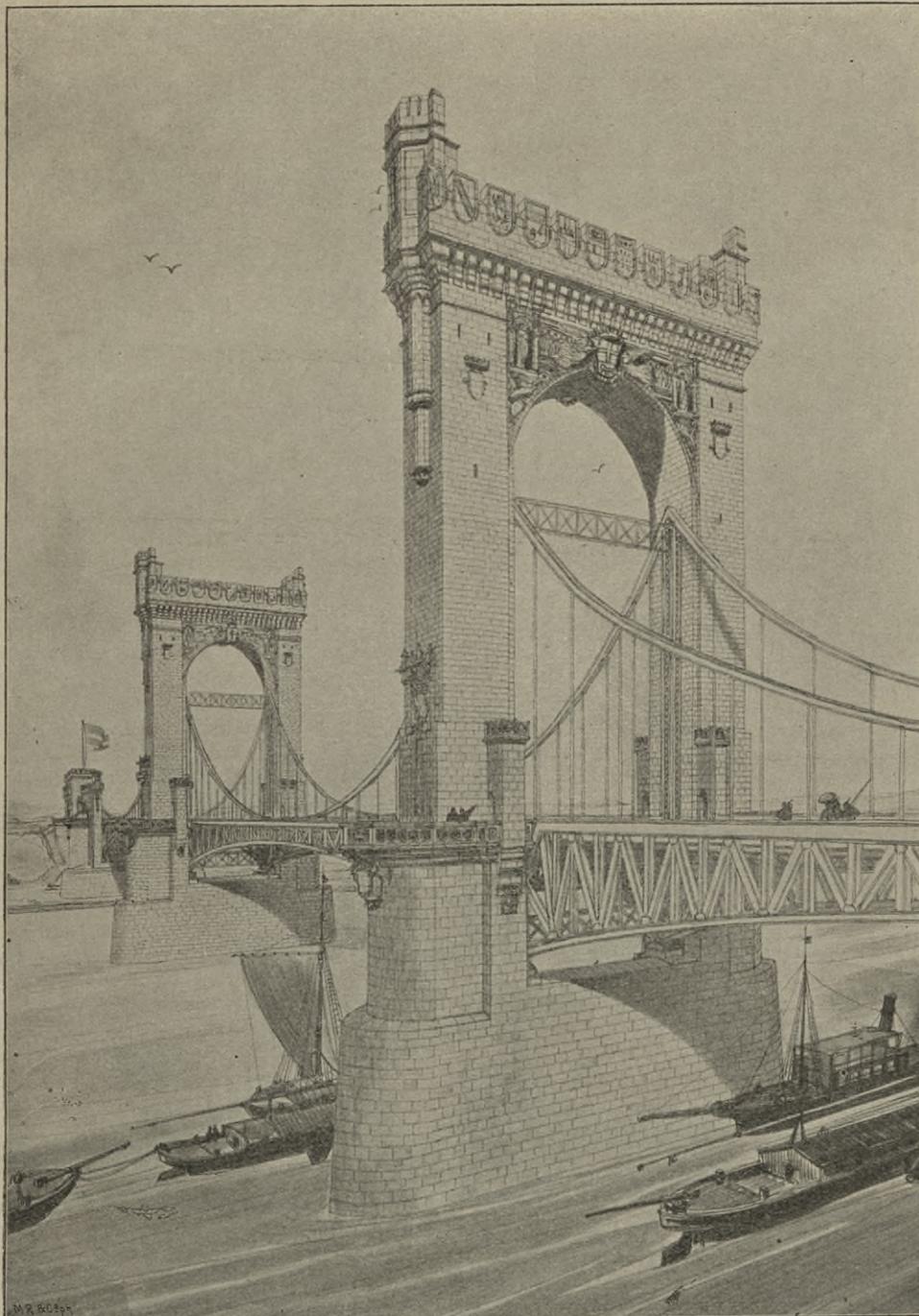


Abb. 45. Entwurf „Stein und Eisen“ von Oberingenieur Lauter u. Ingenieur Luck in Frankfurt a. Main und Geheimen Baurath Professor Dr. Wallot in Dresden.

die Spannung  $+\frac{S_p}{2}$ , und da gleichzeitig die Druckseite nur das Eigengewicht zu tragen hat, also mit  $-\frac{p}{2}$  belastet ist,  $-\left(-\frac{S_p'}{2}\right) = +\frac{S_p'}{2}$ . Die im Stabe auftretende größte Zugspannung durch Verkehrslast ist also  $\frac{S_p + S_p'}{2}$ , d. h. das arithmetische Mittel der bei gewöhnlicher Montirungsweise auftretenden äußersten Spannungen.

Wenn nur die Druckabtheilung mit Verkehrslast besetzt ist, so erhält man gleicherweise als Druckspannung des Stabes  $-\frac{S_p'}{2} + \left(-\frac{S_p}{2}\right) = -\left(\frac{S_p + S_p'}{2}\right)$ ; also beide Grenzspannungen haben, absolut genommen, gleiche Größe. Je größer der Unterschied zwischen  $S_p$  und  $S_p'$  ist, desto größer ist auch der Vortheil dieser Montirungsart.

Es sind Zweifel über die Vortheile der gewählten Montirungsart ausgesprochen worden. Man sagte: für gleichförmig vertheilte Belastung, sei sie Eigenlast  $g$  oder Verkehrslast  $p$ , ganze oder halbe, ist der Versteifungsträger spannungslos, weil die Kette nach einer Parabel gekrümmt ist. Wird also nach der Montirung die gleichmäßig vertheilte Last  $\frac{p}{2}$  entfernt, so bleiben die Versteifungsstäbe spannungslos; ebenso, wenn später volle Belastung  $p$  hinzukommt.

Bei dieser Ueberlegung ist außer acht gelassen, daß die Construction durch Vornahme der Versteifung eine statisch unbestimmte wird, bei welcher sich die Stabspannungen wesentlich beeinflusst durch die elastischen Formänderungen bilden. Nur diejenige Belastung, bei welcher die Versteifung vorgenommen ist, entspricht den genauen Längen der Kettenstäbe, und nur bei dieser Belastung sind die Versteifungsstäbe spannungslos. Jede andere Belastung, volle oder theilweise, positive oder negative, findet einen statisch unbestimmten Träger vor und erzeugt auch in den Versteifungsstäben Spannungen. Eine Untersuchung ergab bei dem vorliegenden Träger zum Theil bedeutende Spannungen in den Versteifungsstäben für volle, gleichmäßig vertheilte Belastung. Wäre das nicht der Fall, wäre die oben angegebene Ansicht richtig, so müßten auch beim parabolisch gekrümmten Bogenfachwerkträger mit zwei Gelenken die Versteifungsstäbe für Belastung durch Eigengewicht spannungslos sein, was sie bekanntlich nicht sind.

Prof. Müller-Breslau sagt über diesen Gegenstand im II. Bande der Graphischen Statik, S. 279\*): Wird nur ein Theil  $g_v$  der ständigen Belastung  $g$  vor Ausführung der Versteifung aufgebracht, der Rest  $g_n$  erst nach Einfügung der Versteifung, so ist die Gestalt der mit  $g_v$  belasteten Kette zu bestimmen; der Einfluß von  $g_n$  muß ebenso, wie derjenige der beweglichen Belastung für die statisch unbestimmte Construction ermittelt werden. — Andererseits könnte man aber auch außer der gesamten ständigen Belastung  $g$  noch eine Belastung  $g'$  auf die unversteifte Brücke bringen und nach Vollendung des Versteifungsbalken wieder entfernen. Es würde dann, bei Untersuchung der nach der Versteifung hinzutretenden Lasten,  $g'$  als eine negative Belastung aufzufassen sein.

#### Schlussbemerkungen.

Das Ergebnis des Wettbewerbes kann als erfreulich und sehr befriedigend bezeichnet werden: zunächst und unzweifelhaft für die Stadtverwaltung Bonn, welche eine große Zahl hervorragender Entwürfe für geringe Kosten erhalten hat, dann aber auch, und in höherem Maße, für die Fachwelt. Der Wettbewerb hat gezeigt, welche hohe Stufe unsere Ingenieurkunst auf dem Gebiete des Brückenbaues erreicht hat, welche großen Fortschritte im letzten Jahrzehnt gemacht sind, und mit welcher hohen praktischen Sachkenntnis und gediegenen Wissenschaftlichkeit in unseren Brückenbauanstalten gearbeitet wird. Wieder einmal ist der Beweis geführt, daß unsere deutsche Brückenbaukunst — trotz Forth-Brücke und East River-Brücke — derjenigen aller anderen Länder, bescheiden ausgedrückt, wenigstens ebenbürtig zur Seite steht, ein Ergebnis, welches der Schreiber des Berichtes

\*) Die angeführten Sätze sind etwas gekürzt, aber dem Sinne nach genau wiedergegeben.

bereits durch das Studium der Weltausstellung in Chicago und den Besuch vieler Brückenbauanstalten in America feststellen konnte. Für den Brückenbau selbst aber und dessen weitere Entwicklung sind noch zwei durch den Wettbewerb klar gestellte Thatsachen besonders hervorzuheben. Erstens das immer kräftigere Hervortreten der Hängebrücken, welches hier sogar in der Preiskrönung einer solchen zum Ausdruck kam. Beim Mainzer Rheinbrücken-Wettbewerb 1881 war nur ein solcher Entwurf vorhanden, in Mannheim 1887 zeigten alle drei mit Preisen ausgezeichneten Entwürfe Hängebrückenform, obgleich die Träger keine Hängewerkträger, sondern Ausleger- oder durchgehende Träger waren. Hier in Bonn wagte sich die Hängebrücke in ihrer wahren Gestalt hervor, und zwar in vier Entwürfen unter sechzehn, darunter zwei hervorragenden — dazu kommen noch vier als Hängeträger ausgebildete Auslegerbrücken. Man kann als sicher annehmen, daß bei zukünftigen Bauten und Wettbewerben die Hängeträger eine immer größere Rolle spielen werden, zumal sie vielfach von der häßlichen, über der Fahrbahn liegenden Windverstrebung, die bei den meisten anderen Trägerarten unentbehrlich ist, freigehalten werden können. Zweitens hat sich gezeigt, daß nun auch in Deutschland der Uebergang vom Schmiede- zum Flußeisen, wenigstens für große Bauten, so gut wie vollzogen ist. Die mit den drei ersten Preisen ausgezeichneten und einige andere von hervorragenden Brückenbauanstalten eingereichte Entwürfe hatten Flußeisen als Baustoff vorgehen.

Wettbewerbe haben unvermeidlich eine große Menge scheinbar nutzlos aufgewandter Arbeit zur Folge, und so kommt es, daß sich manche Stimmen gegen die Wettbewerbe überhaupt erheben. Sie haben aber auch große Vortheile: sie verhüten einen Stillstand in der Entwicklung und bringen die Fortschritte zur allgemeinen Kenntniss. Auch der alltägliche geschäftliche Wettbewerb verhütet bis zu einem gewissen Grade das Erstarren und veranlaßt die Brückenbauanstalten, das Beste zu erdenken und zu schaffen; aber die Ergebnisse kommen nur einem kleinen Theile von Fachleuten zu gute. Bei einem öffentlichen Wettbewerb dagegen werden durch die Berichterstattung die neuen Gedanken den weitesten Kreisen zugänglich gemacht und vielfach später neu verarbeitet. In diesem Sinne haben die Wettbewerbe um die Brücken bei Mainz, Mannheim, Budapest usw. sicher befruchtend gewirkt.

Trotzdem darf man nicht verkennen, daß manches auf dem Gebiete des Wettbewerbes verbesserungsbedürftig ist. Die Opfer, welche den Wettbewerbern heute auferlegt werden, sind zu groß und müssen vermindert werden. Wenn vollständig durchgearbeitete Entwürfe, ebensolche statische Berechnungen und bis ins einzelne gehende Kostenanschläge verlangt werden, so bedingt das eine in höchstem Maße unwirtschaftliche Vergeudung von Arbeitskraft und damit von Nationalvermögen. Infolge solcher Vorschriften ist die Beschickung eines Wettbewerbes so theuer geworden, daß der einzelne Ingenieur und Architekt sich kaum mehr betheiligen kann. Man rechnet die Auslagen im Mittel auf 5000 bis 10000 Mark — ein noch weit höherer Betrag wurde uns als Kostensumme des erstgekrönten Entwurfs genannt. In der That waren auch hauptsächlich die großen Brückenbaufirmen betheiligt: Gutehoffnungshütte, Harkort, Esslingen, Nürnberg, Holzmamm. Aber auch diese Firmen empfinden die große Belastung durch die Wettbewerbe, denen sie sich nicht gut entziehen können, sehr schwer. Man könnte vielleicht dadurch Abhilfe schaffen, daß man nur Entwurfskizzen verlangte, durch welche die Ausführbarkeit zur genüge klar gestellt werden kann, und in denen die Grundgedanken zum Ausdruck gebracht werden müssen. Diesen Skizzen würde ein Kostenüberschlag entsprechen. Auch die Art der Zeichnungen müßte genau vorgeschrieben werden; ein Schaubild oder zwei müßten verlangt werden, aber dem Erdrücken der Mitbewerber durch eine Unzahl von Bildern ist zu steuern. Ein aus Fachmännern zusammengesetztes Preisgericht wird auch aus den Entwurfskizzen die besten ohne Schwierigkeit herausfinden.

Zum Schluß möge noch mit freudiger Genugthuung ausgesprochen werden, daß das schöne Wort Wallots, nach welchem zu den drei Schwesterkünsten: Malerei, Bildhauerkunst und Architektur, neuerdings auch die Ingenieurkunst getreten sei, durch den Bonner Wettbewerb eine volle Bestätigung erhalten hat: Architektur und Ingenieurkunst haben durch ihre berufensten Vertreter einträchtig zusammengewirkt und schöne Ergebnisse erzielt.

Th. Landsberg.





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33740

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000303950