

III. Teil.

Die Bonner Rheinbrücke und ihre Erbauung.

§ 15. Vorgeschichte des Brückenbaues.

Seit den sechziger Jahren unseres Jahrhunderts ist eine grössere Zahl von festen Eisenbrücken über den Rhein erbaut worden. Sie dienen aber zum grössten Teile dem Eisenbahnverkehre, für den sich naturgemäss das Bedürfnis zuerst als unabweisbar herausstellte. Die Zahl der festen Strassenbrücken war gering: Mannheim, Mainz, Köln waren bisher glückliche Besitzer solcher Bauten. Und doch bildet der schöne Strom zeitweise besonders bei Eisgang ein bedeutendes Verkehrshindernis. Aber auch Hochwasser, Schiffsverkehr u. s. w. lassen es wünschenswerth erscheinen, überall dort, wo ein reger Landverkehr den Rhein überschreitet, die unsicheren Ueberfahrts-Gelegenheiten als Schiffbrücken, Ponten, Fähren durch feste Brücken zu ersetzen. Deshalb beschäftigte sich in mehreren grösseren Rheinstädten wie Worms, Bonn, Düsseldorf und Köln (wo die Schiffbrücke durch eine zweite feste Brücke ersetzt werden sollte), die öffentliche Meinung seit Jahren mit Brückenprojekten. In Bonn wurde die Gelegenheit zuerst spruchreif.

Der erste Entwurf für eine Bonner Rheinbrücke rührt von Hrn. Wasserbau-Inspektor Isphording her. Er ist ein Vorentwurf mit Kostenüberschlag, welcher als Grundlage für die Verhandlungen mit den Behörden diente. Am 10. Juli 1894 schrieb dann die Stadtverwaltung Bonn einen Wettbewerb für Entwürfe zu dieser Brücke aus und setzte Prämien im Betrage von 8000, 6000, 4000 und 3000 Mark für die vier besten Arbeiten aus. Das Preisgericht bestand aus den Herren:

Oberbürgermeister Spiritus-Bonn, Regierungs- und Baurat Mehrrens-Aachen, Professor Müller-Breslau, Geheimer Baurat Dr. Zimmermann-Berlin, Wasserbau-Inspektor Isphording-Bonn.

Da man schon damals als sicher annehmen konnte, dass andere Rheinstädte dem Beispiele Bonns bald folgen würden und dass früheren Erfahrungen nach die Ergebnisse des Bonner Wettbewerbs auf die spätere Behandlung der entsprechenden Aufgaben einwirken würde, so war dieses Preisausschreiben ein Ereignis, dessen Tragweite über den gerade vorliegenden Fall weit hinaus ging. Diese Einwirkung hat sich fast sofort gezeigt bei dem Wettbewerb um die Strassenbrücke bei Düsseldorf (Fig. 37). Denn diese Brücke, ursprünglich geplant mit drei Oeffnungen zu 100 m, wird jetzt nach dem Beispiele der Bonner Brücke mit zwei Stromöffnungen zu 181 m lichter Weite, die eine Wiederholung des Mittelbogens der Bonner Brücke darstellen, seit Sommer 1897 gebaut. Sie wird voraussichtlich gleichzeitig mit unserer Brücke, Ende 1898, fertig gestellt. Auch bei dem Wettbewerb um die Strassenbrücke bei Worms, ausgeschrieben Juli 1895, lässt sich diese Einwirkung nachweisen, wenn sie hier auch nicht so sehr in die Augen springt.

Auf das Preisausschreiben der Stadt Bonn gingen 16 Entwürfe mit 331 Zeichenblatt ein. Von diesen verwendeten fünf den Bogenträger, sechs den Auslegerträger, den wir von der Forth-Brücke her kennen und den der Laie leicht mit dem Hängeträger verwechselt, und endlich vier den eigentlichen Hängeträger. Ausserdem war ein Entwurf zu einer gewölbten

Steinbrücke mit drei Oeffnungen von 89, 160 und 89 m Lichtweite eingereicht.

Drei von den vier preisgekrönten Entwürfen sind Bogenbrücken [I. und IV. Preis zeigt einen Zweigelenk-, der III. Preis einen Dreigelenkbogen]*) und einer (II. Preis) ist eine Hängebrücke. Des verfügbaren Raumes wegen können wir uns nur mit dem an erster Stelle preisgekrönten Entwurfe beschäftigen, welcher von der Gutehoffnungshütte in Oberhausen, dem Baugeschäft R. Schneider und dem Architekten Bruno Möhring-Berlin herrührt. Dieser Entwurf ist es nämlich, welcher mit geringen Aenderungen zur Ausführung gelangt bzw. gelangen soll.

Ueber die Schwierigkeiten, welche in dem Projekte des Baues der Bonner Brücke lagen, äusserte sich der Direktor der Gutehoffnungshütte Herr Prof. Krohn in einem Vortrage im Verein deutscher Ingenieure folgendermassen: „Das Programm des Wettbewerbs für die Bonner Brücke verlangte eine freie Schifffahrts-Strasse von 150 m Breite und zwar nicht in der Mitte des Stromes, sondern näher dem Bonner Ufer liegend. Durch diese Vorschrift wurden die Bearbeiter der Entwürfe vor die Wahl gestellt, die Brücke in ihrer Pfeilerstellung entweder unsymmetrisch zur Strommitte auszubilden, oder mit der Spannweite der Mittel-Oeffnung über das vorgeschriebene Mass noch ganz wesentlich, nämlich bis auf nahezu 200 m hinauszugehn. Dass eine Rheinbrücke bei Bonn in unmittelbarer Nähe des Siebengebirges ein schöner grossartiger Bau werden müsse und daher, wenn irgend möglich, symmetrisch auszubilden sei, unterlag von vornherein wohl keinem Zweifel.

*) Unter einem Dreigelenkbogen versteht man einen Bogenträger, der an seinen Enden und im Scheitel dadurch beweglich ist, dass seine beiden Hälften sich hier auf runde Eisenwalzen stützen, und sich um diese zur Ausgleichung von Temperatur- und Belastungsspannungen drehen können. Den Zweigelenkbogen fehlt das Scheitelgelenk. (Näheres s. Fig. I, X, XII im Texte und Fig. 32 im Anhange.)

Die Schwierigkeit, eine Mittelöffnung von 200 m Spannweite zu überbrücken, machte sich nach zwei Richtungen hin geltend. In erster Linie kam es natürlich darauf an, die Kosten des eisernen Ueberbaues, die im allgemeinen mit wachsender Spannweite in sehr gesteigertem Masse zunehmen, in solchen Grenzen zu halten, dass die Ausführung nicht durch die erforderlichen Geldmittel in Frage gestellt wurden. Des Ferneren galt es, bei den beschränkten Höhenverhältnissen eine Trägerordnung zu finden, die durch ihre Linienführung einen schönen befriedigenden Eindruck hervorbringen würde, bei der also eine Durchschneidung des Bogens und der Fahrbahnlinie, die immerhin die Wirkung der Bogenform beeinträchtigt, vermieden wird. Die im preisgekrönten Entwurfe gegebene Lösung ist nach beiden Seiten hin wohl als eine glückliche zu bezeichnen. Der Obergurt des Mittelbogens ist vollständig oberhalb der Fahrbahn angeordnet, so dass die Bogenlinie klar und ungebrochen zur Erscheinung kommt. Die durch die Anordnung ermöglichte grosse Pfeilhöhe des Bogens gestattete eine vorteilhafte sparsame Ausbildung des Tragwerkes.“

Die Brücke war im Wettbewerb-Entwurf auf den alten Zoll ausmündend geplant; diese Lage war wegen der Höhenlage der Conviktstrasse und auch wegen der hier geringeren Breite des dem Hochwasser ausgesetzten Beueler Gebietes vom technischen Standpunkte aus zweifellos die günstigste. Rücksichten auf örtliche Verhältnisse führten jedoch zu dem am 3. Mai 1895 mit Einstimmigkeit gefassten Beschluss der Stadtverordneten-Versammlung, die Brücke auf den Vierecksplatz münden zu lassen. Dieser Entscheidung entsprechend wurde der an erster Stelle preisgekrönte Entwurf unter Mitwirkung des von Seiten der Stadtverwaltung mit der Leitung des Brückenbaues betrauten Herrn Regierungs-Baumeisters Frentzen den veränderten Umständen angepasst. Es wurde nämlich in Rücksicht auf den hier, im Gegensatz

zum alten Zoll, erheblichen Werftverkehr zu den geplanten drei Stromöffnungen eine Werftbrücke von 35 m Spannung hinzugefügt, dafür aber die Spannungen der Stromöffnungen auf (rund) 94, 188 und 94 m ermässigt, während sie zu 109, 195, 109 m geplant waren.

Nachdem die für die Ausführung des Baues erforderlichen Genehmigungen der zuständigen Behörden erteilt waren, konnten städtischerseits die mit den Firmen Gutehoffnungshütte und R. Schneider eingeleiteten Verhandlungen zu Ende geführt werden. Danach wurde diesen Firmen die Ausführung des Brückenbaues für die Gesamtsumme von M 2 700 000 (rund) mit der Massgabe übertragen, denselben bis zum Schlusse des Jahres 1898 in allen wesentlichen Teilen zu vollenden. Die Gutehoffnungshütte übernahm die Ausführung des eisernen Ueberbaues, während der Firma Schneider das Übrige, also namentlich der Unterbau (Pfeiler etc.), zugeteilt wurde.

Zur Deckung bezw. Verzinsung der Kosten, welche man, den Grunderwerb eingeschlossen, auf 4 000 000 M veranschlagen muss, übertrug der Staat der Stadtverwaltung Bonn das Recht, einen Brückenzoll zu erheben, nachdem die Stadt der bis dahin die Fährgerechsamkeit ausübenden Gesellschaft ihre Rechte abgekauft hatte.

Es wird nicht ohne Interesse sein, aus einzelnen Projekten der Preisbewerbung die berechneten Kosten für die ganze Brücke, sowie die für den laufenden Meter (in Klammern) anzuführen. Die betreffenden Summen sind:

I. Preis (Zweigelenkbogen)	2813641 M.	(6693)
II. „ (Kabelbrücke)	2589997 „	(6094)
III. „ (Dreigelenkbogen)	2459941 „	(6857)
IV. „ (Zweigelenkbogen)	3500000 „	(9007)
Elastischer Bogen	2595121 „	(6208)
Ausleger-Brücke in Hängeform	3700000 „	(8894)

§ 16. Der Unterbau.

Der Bau der Brücke begann mit der Herstellung der Strompfeiler. Die mittels Bohr-

maschine ausgeführte Untersuchung des Untergrundes des Flussbettes, welche bis auf 17 m Tiefe unter der Sohle sich erstreckte, hatte groben und feinen Kies, gemischt mit wechselnden Mengen Sandes, ergeben. Der Untergrund war also, wenn man tief genug hinabging, der Pfeilergründung günstig. Nachdem dann von einer auf eingerammten Pfählen hergestellten Plattform aus die Pfeilerachse genau bestimmt und festgelegt war, ging man (April 96) an die Herstellung des Fangdammes d. h. eines Dammes, der, wie eine Röhre den Platz des zukünftigen Pfeilers umschliessend, eine Trockenlegung der Baugrube ermöglichen sollte. Zu dem Zwecke wurde zunächst mittels schwimmender Rammn eine feste Rammrüstung d. h. ein die Baustelle umlaufender Schienenstrang oberhalb der Wasseroberfläche hergestellt, auf dem sich die eigentlichen Rammn bewegen sollten. Als äussere Wandung des Fangdammes dienten starke Holzpfähle, welche 2,50 m tief in den Boden eingerammt wurden. Wegen des erheblichen Widerstandes, den der Untergrund ihrem Eindringen entsetzte, hatte man die Enden mit zugespitzten Eisenschuhen versehen. Die innere Spundwand wurde aus eisernen I-Schienen hergestellt, welche 9 m tief in den Boden eingerammt wurden. Beide Fangdämme zeigten einen viereckigen stromaufwärts zugespitzten (horizontalen) Querschnitt; die Länge des Innenraumes betrug 32,5 m. Um auch einen Abschluss der Baugrube nach unten hin zu erzielen und zugleich dem Pfeiler ein tiefreichendes sicheres Fundament zu geben, wurde, bevor der Fangdamm auch flussabwärts geschlossen wurde, mittels Schwimmbagger der Grund bis auf 5 m unter der Flusssohle in dem von den Schienen umschlossenen Innenraume ausgebagert, und dann nach Entfernung des Baggers der Fangdamm geschlossen, und die entstandene Vertiefung bis zur Flusssohle mit Beton d. h. einem im Wasser schnell erhärtendem Gemisch von Kies, Sand, Cement und Trass gefüllt. Jetzt wurde auch noch der Raum

zwischen den beiden Spundwänden mit Kies und Erde ausgefüllt, und auf diese Weise die Baugrube gegen das Eindringen des Wassers von allen Seiten gesichert. Nachdem dann das vorhandene Wasser mittels Centrifugal-Dampfpumpe entfernt war, konnte der Aufbau des Pfeilers beginnen. Derselbe wurde am 15. Oktober mit einer feierlichen Grundsteinlegung eröffnet, zu der sich die Mitglieder des Stadtverordneten-Kollegiums, der städtischen Baukommission, der Bauleitung und Vertreter der Baufirmen an der Baustelle d. h. auf dem Boden des Rheines im Fangdamm des linksseitigen Strompfeilers versammelt hatten.

Die Pfeiler selbst bestehen im Inneren aus Bruchsteinen, aussen aus Haustein-Verblendung. Letztere, an den Seiten zum teil als cyklopisches Mauerwerk ausgeführt, ist meist Basaltlava, im oberen Teil der Vorköpfe aber Sandstein. Die cyklopische Basaltlava-Verblendung war vorher am Lande probeweise aus passend zugehauenen Steinen zusammengesetzt, und die einzelnen Steine in ihrer gegenseitigen Lage durch Ziffern fixiert worden. Ein durch den Pfeiler geführter Horizontalschnitt zeigt als Grundfigur ein längliches Rechteck, dessen Schmalseiten (flussauf- und -abwärts) Halbkreise, die am Scheitel in eine Spitze auslaufen, vorgelagert sind. Die, wie erwähnt, aus Beton hergestellte Fundamentplatte hat eine Breite von 14, eine Länge von 32,5 m und ist begrenzt und gestützt von dem unteren Teile der die innere Spundwand bildenden I-Schienen. Der obere, das Fundament überragende Teil der Schienen wurde nach Vollendung des Pfeilerbaues zunächst mittelst elektrisch betriebener Bohrmaschinen abgebohrt und schliesslich abgebrochen. Die äussere Spundwand konnte durch einfaches Ausziehen der Holzpfähle beseitigt werden.

Der eigentliche Pfeiler besitzt einen 11,8 m hohen Sockel, dessen Breite sich von 10,6 bis 9 m verjüngt (Fig. 35). Der obere Teil hat eine gleich-

mässige Breite von 6 m und wird von zwei im neuromanischen Stile ausgeführten Türmen gekrönt, die portalartig ausgebildet und durch einen Gewölbebogen über der Fahrbahn mit einander verbunden sind. Zwischen dem Sockel und dem oberen Teile des Pfeilers befindet sich die Zone, in der sich die vier Auflager der Bogen befinden. Dieser Teil zeichnet sich durch stärker geneigte, den Pfeiler wie einen Gürtel umziehende Flächen aus und ist an den Vorköpfen mit Wappen aus Basaltstein geziert. Die Höhe des Pfeilers von der Fusssohle bis zur Fahrbahn beträgt ungefähr 25 m.

Die erwähnten Auflager sind aus Eisenguss im Gewichte von ungefähr 11 Tonnen hergestellt. Sie stellen im allgemeinen vierseitige Pyramiden von quadratischer Grundfläche dar; an Stelle der Spitze aber finden wir eine cylindrische Rinne mit wagrechter Achse. Dieselbe Rinne findet sich am Kämpfer (Ende) des Bogens vor. Beide Rinnen schliessen zwischen sich eine kräftige Eisenwalze ein. Da aber von dieser Walze auf jeder Seite ein Streifen von einigen Centimeter Breite zwischen den Rändern der Rinnen frei bleibt, so kann sich der Bogen um die Walze etwas drehen und dadurch die durch Temperatur und Belastung hervorgerufenen Spannungen ausgleichen. Der Bogen wird also nur durch sein eigenes Gewicht und das der Fahrbahn gegen die Walze und weiterhin gegen den Pfeiler gedrückt und ist im übrigen mit dem Pfeiler weder verschraubt noch vernietet. Die ganze Anordnung nennt der Techniker ein Gelenk. Fig. 32 (Anhang) gibt einen schematischen Querschnitt durch ein solches Gelenk nebst Auflager. (Vergl. auch Abbildung I, X, XII im Text). Das Gewicht eines Strompfeilers beträgt rund 10000 Tonnen (die Tonne gleich 1000 kg).

Da man schon der Schifffahrts-Interessen wegen nicht zu gleicher Zeit alle drei Stromöffnungen überbrücken konnte, so überbaute man an erster Stelle die Mittelöffnung, weil

deren Bau nur die Fertigstellung der beiden Strompfeiler erforderte, während der der beiden Seitenöffnungen auch noch die beiden Landpfeiler zur Voraussetzung gehabt hätte. Hierdurch war es aber unvermeidlich, dass die Strompfeiler längere Zeit hindurch einem einseitigen von der Strommitte zum Ufer gerichteten Drucke ausgesetzt waren. Deshalb hat man die Fundamente beider Strompfeiler von vorneherein so angelegt, dass jeder Pfeiler mit seinem Sockel nicht mitten auf der Fundamentplatte steht, sondern um 90 cm der Strommitte näher gerückt ist. Infolgedessen ragt die Fundamentplatte nach dem Lande zu 2,6 m, zur Strommitte aber nur 0,8 m unter dem Sockel hervor. Da nun, wie in § 20 berechnet, die aus Pfeilergewicht und dem Schub und Druck der Mittelöffnung resultierende Kraft die Fundamentsöhle nur 1,5 m von der Mitte entfernt trifft, so ist die Gefahr, dass durch den einseitigen Druck das Fundament nach dem Ufer zu sich senken könnte, sehr gering. — Der Bau der beiden Strompfeiler, dessen Vorbereitung April 96, dessen Ausführung 15. Oktober begann, konnte trotz Eisgang und Winter-Hochwasser, welches den Fangdamm überflutet und die Baugrube gefüllt hatte, Ende April 97 vollendet werden. Die Landpfeiler wurden in entsprechender Weise mit Fangdamm und Betonboden bzw. -Fundament gegründet; ihre Fahrbahn-Oberkante ist aber wegen der zur Strommitte hin stattfindenden Steigung der Fahrbahn ungefähr um 2,50 m niedriger, und ihr Gewicht entsprechend geringer.

An Maschinen waren neben einer stationären Dampfmaschine nebst Dynamo, durch welche die zur Lichterzeugung und zum Betriebe der Arbeitsmaschinen nötige elektrische Kraft erzeugt wurde, gewöhnlich sechs Lokomobilen zum Betriebe der Pumpen, Rammen, Bagger und Krane in Thätigkeit. Um die Baugerüste sowohl, wie auch die durchfahrenden Segelschiffe und Flösse vor Beschädigungen, die bei

der Einengung des Fahrwassers leicht eintreten konnten, zu sichern, waren 3 bis 6 Dampfer als Schlepper eingestellt. Dieselben versahen auch den Schleppdienst bei den Bauarbeiten. Da man nicht nur die Fundamentgrube ausheben, sondern auch die Fahrrinne vertiefen musste, so waren die bewegten Kiesmassen ganz beträchtlich, und man benutzte sie zur Weiterführung der Werftanlagen von der Mehlerschen Fabrik (II. Fährgasse) bis unfern des Wasserwerkes. Ausser den genannten Maschinen und Dampfern war einige Zeit hindurch ein Tauchschacht der Strombauverwaltung thätig, durch den schwierigere Schiffahrts- und Bauhindernisse auf der Sohle des Rheines beseitigt wurden.

§ 17. Die Gestaltung des Überbaues (vergl. Fig. 36 im Anhang).

Während die Strompfeiler ihrer Vollendung entgegengingen und die Landpfeiler in Angriff genommen wurden, begann man schon mit der Herstellung des Gerüsts für den Überbau der Mittelöffnung. Als Fundament des Baugerüsts wurden (Mitte April 97) an drei Stellen und zwar in der Mitte und an den Seiten der Mittelöffnung zahlreiche Pfähle in den Boden des Flusses gerammt, auf denen sich das den ganzen Pfeiler-Zwischenraum erfüllende und überragende Baugerüst erhob. Auf dem obersten Stockwerke desselben, in einer Höhe von 49,5 m über der Flusssohle befanden sich zwei Laufkrane und ein fester Mittelkran, durch die das Baumaterial aufgewunden und an Ort und Stelle gebracht wurde. Für die Zusammensetzung (Montage) der Eisenteile von Bogen und Fahrbahn wurden diesen entsprechende Bahnen aus Holz hergestellt, auf der die Eisenteile zusammengefügt und vernietet wurden; jedoch ruhten die fertig gestellten Stücke mit dem Untergurt nicht unmittelbar auf der Holzbahn, sondern auf kleinen Winden, die an allen Punkten, wo jedesmal ein senkrechter Pfosten den

Untergurt durchschneidet, angebracht waren. Diese Winden gestatteten eine genaue Aufstellung und ermöglichten den fertigen Bogen gleichmässig von seinen bisherigen Stützen zu befreien und somit auf den Pfeiler abzulassen. Während alle übrigen Eisenteile in den aus den Zeichnungen und Berechnungen sich ergebenden Grössen auf der Gutehoffnungshütte hergestellt waren, wurden die Mittelstücke erst nach den am Bau selbst abgenommenen Massen hergestellt, weil hier alle die kleinen, aber doch unvermeidlichen Abweichungen zwischen den berechneten und den hergestellten Grössenverhältnissen der einzelnen Teile zusammenwirken und bei der beträchtlichen Länge des Eisenbaues eine nicht zu vernachlässigende Grösse ergeben mussten. Der Bau von Bogen und Fahrbahn begann, nachdem das Baugerüst Mitte Juni 97 fertig gestellt, gleichzeitig von beiden Strompfeilern aus, und schon am 13. September desselben Jahres konnten die Mittelstücke eingefügt, und damit die Eisenkonstruktion selbständiger und namentlich unabhängiger gemacht werden von der Unterstützung des den Gefahren eines z. Z. herrschenden Hochwassers ausgesetzten Holzgerüsts. Die Verbindungen der einzelnen Eisenteile unter sich sind durch Niete hergestellt. Diese, welche vorläufig nur an einem Ende abgeplattet waren, wurden in kleinen Feldschmieden glühend gemacht und, nachdem sie in die Nietlöcher eingeschoben, auch am glatten Ende durch wuchtige Hammerschläge mit einem zweiten Kopfe versehen. Die Zahl der Niete soll gegen 180 Tausend allein für die Mittelöffnung betragen. Das Gewicht der ganzen Eisenkonstruktion der Mittelöffnung, und damit auch der senkrechte Druck derselben auf die Strompfeiler, beträgt ungefähr 1600 Tonnen, wovon rund 1300 auf die Bogen, 300 auf die Fahrbahn entfallen.

Die bogenförmig gekrümmten Träger der Brücke (Brückenträger) liegen in parallelen Vertikalebene; ein jeder besteht aus einem Ober-

und einem Untergurt und einem Stabwerk, das aus vertikalen Pfosten und nach der Mitte zu fallenden Schrägstäben zusammengesetzt ist. Letztere verbinden immer einen Schnittpunkt des Obergurtes mit dem benachbarten nach der Mitte zu gelegenen des Untergurtes. Die Bogenmitte nimmt ein Pfosten ein. — Die Gurte haben einen kastenartigen Querschnitt von beistehender Gestalt $\square \square$, und ein jeder ist durch zahlreiche Winkeleisen und nach Umständen besonders im Obergurt durch aufgelegte Platten bzw. Gitterstäbe versteift. Die Pfosten und Schrägstäbe sowie die Hängeeisen, durch welche die Fahrbahn an die Bogen gehängt ist, zeigen einen Γ -förmigen Querschnitt. Die vertikale Breite des Bogens im Scheitel beträgt 4,80 m, die lichte Höhe des Untergurtscheitels über der Kämpfer-Verbindungsline 30 und die Spannweite (Entfernung der Kämpfer) 187,2 m; das Pfeilverhältnis mithin 1 : 6,24. Der Obergurt, dessen einzelne Teile gegen die Mitte hin an Stärke und also auch an Schwere zunehmen, stützt sich nicht auf die Pfeiler, sondern überträgt seinen Vertikaldruck und Horizontalschub durch die senkrechten Pfosten (Vertikalen) und die Schrägstäbe auf den Untergurt. Dieser, dessen Teile gegen die Kämpfer hin schwerer werden, stützt sich mit seinen Kämpfern in der früher angegebenen Weise auf die Widerlagerplatten der Pfeiler. Die letzteren empfangen also den ganzen Druck und Schub des Ueberbaues der Stromöffnungen, und namentlich dient, um das gleich hier zu erwähnen, weder die Fahrbahn, noch irgend eine andere Vorkehrung als Zugband zur Beseitigung der Schubkräfte.

Im Gegenteil hat man es sorgfältig vermieden, selbst die durch Temperatur und Verkehrseinflüsse hervorgerufenen Dehnungen und Spannungen von der Fahrbahn aufnehmen zu lassen, und hat zu dem Zwecke dort, wo der Bogenuntergurt letztere durchschneidet, die Fahrbahnkonstruktion unterbrochen und die beiderseitigen Enden lose aufeinander gelagert. Weil

die Fahrbahn in allen ihren Teilen von den Hängeeisen bezw. Pfosten getragen wird, so konnte die Unterbrechung des Zusammenhanges keine Störungen hervorrufen. Da die Vertikalen im Obergurt beginnen, beim Durchschneiden des Untergurtes mit diesem vernietet sind und schliesslich als Hängeeisen am unteren Ende die Brückenbahn tragen, so verteilt sich der Druck des Bogens und der Fahrbahn auf die beiden Gurte und schliesslich auf den Untergurt nach Massgabe der aus der Elasticität des verwendeten Materials resultierenden Kräfte, die in den Vertikalen, den Schrägstäben und den Gurten hervorgerufen werden. In Folge dessen ist der ganze Bogen ein elastischer und damit ein statisch unbestimmter d. h. das Verhältnis der auftretenden Zug- und Druckspannungen lässt sich nicht einfach nach statischen Gesetzen erledigen. Dass der Obergurt ganz, der Untergurt zum grössten Teile über der Fahrbahn liegt, ist schon früher erwähnt.

Jede Brücke bedarf der Versteifung der Träger unter einander gegen seitlichen Druck (Wind). Diese erreicht man fast immer dadurch, dass man die Träger bezw. die unteren Ränder der Fahrbahn-Konstruktion durch senkrechte und schräge Stäbe meist in Form von Rechtecken mit Diagonalen unter einander verbindet. Wir können daher fast immer einen oberen und einen unteren Windverband unterscheiden. Das Gesagte trifft naturgemäss auch bei unserer Brücke zu, aber der obere Windverband, der von der Bogenmitte aus zunächst auf dem Obergurt liegt, musste dort, wo der Obergurt der Fahrbahn näher gekommen ist d. h. an den dritten Vertikalen von den Kämpfern aus, auf den Untergurt übergeführt werden, (der hier schon unter der Fahrbahn liegt,) um den Raum über der Fahrbahn nicht ungebührlich zu beschränken. Diese Ueberführung vom Ober- auf den Untergurt erfolgt mittels eines starken, vertikalen Blechrahmens (vgl. S. 10).

Bei den Seitenöffnungen haben die Träger

auch einen kreisbogenförmigen Untergurt mit zwei Kämpfergelenken, einer Spannweite von 93,6 m und einer lichten Scheitelhöhe von 8 m über der Kämpferlinie (Pfeil-Verh. 1 : 11,7). Der Obergurt dagegen bildet eine gerade Linie. Beide Gurte sind durch Vertikal- und Schrägstäbe mit einander verbunden, so dass der Druck und Schub des Obergurtes auch hier auf den Untergurt und dessen Kämpfer übertragen wird; in den 4 Mittelfeldern ist volle Blechwand. Die Herstellung des Ueberbaues der Seitenöffnungen wird in derselben Weise mittels eines auf dem Boden des Flusses ruhenden Gerüstes erfolgen. Das Eisengewicht beider Seitenöffnungen beträgt ungefähr 12—1300 Tonnen. Entsprechend den Seitenöffnungen ist auch die Werftbrücke gebaut, nur dass dieselbe 4 Bogenträger von 32,4 m Spannweite und annähernd das Pfeilverhältnis 1 : 10 besitzt. Die Rampe besteht auf Bonner Seite aus 2, auf Beueler aus 7 steinernen Gewölbebogen. Interessant ist die Art und Weise, wie die Abrüstung d. h. die Entfernung des den Bogen während des Aufbaues tragenden Lehrgerüstes geschah. Da nämlich ein ungleichmässiges Abrüsten das Gewölbe schädigen konnte, so hatte man die Vertikalstützen des Lehrgerüstes in eiserne Töpfe gestellt, die zum Teil mit trockenem Sande gefüllt waren. Am unteren seitlichen Rande waren die Töpfe mehrfach durchbohrt, die Löcher aber durch Holzpflocke vorläufig geschlossen. Beim Ablassen des Lehrgerüstes wurden nun gleichzeitig alle Holzpflocke entfernt und, während der Sand allenthalben herausran, senkte sich das Gerüst gleichmässig.

Die Fahrbahnbreite beträgt 8,5 m und die Steigung bis zu den Strompfeilern 1 : 30. In der Mittelöffnung geht die Fahrbahn in eine flache Parabel über, deren Scheitelpunkt etwa 1,2 m höher als die Enden liegt. Jedes Hängeeisen-Paar ist am unteren Ende durch einen horizontalen Querträger senkrecht zur Brückenachse verbunden. Der Abstand je zweier

benachbarten die Brückenbahn tragenden horizontalen Querträger sowie der Hängeeisen und Pfosten beträgt 7,8 m. Auf den Querträgern ruhen 5 Längsträger, wovon die drei mittleren volle Blechwand, die beiden seitlichen Fachwerkträger zeigen. Die vier von den fünf Längsträgern begrenzten Flächen werden durch Querträger (II. Ordnung) in lauter rechteckige Felder von 1,56 m Länge geteilt, und diese endlich durch verzinkte Buckelplatten geschlossen. Die so gebildete Fläche ist mit Beton und darüber mit 12 cm starkem Holzpflaster bedeckt. Die Fussgängerwege ruhen seitlich und ausserhalb der Bogenträger bezw. Hängeeisen auf Consolträgern, die mit den Hängeeisen bezw. Vertikalen der Bogen vernietet sind. Die Abbildung (Fig. 33) zeigt die Hälfte eines Querschnittes durch die Mitte des grossen Bogens.

Der Ueberbau ist in seinen Hauptteilen aus einer Eisenart hergestellt, die als Flusseisen bezeichnet wird. Dasselbe ist seit einem Decennium ungefähr in den Brückenbau eingeführt, und ihm verdankt, wie schon erwähnt, dieser Zweig der Technik zum Teil seinen grossartigen Aufschwung. Es verlohnt sich daher wohl, der Herstellung desselben einige Worte zu widmen:

Das im Hohofenprocess aus den Eisenerzen gewonnene und durch seinen hohen Kohlengehalt leicht schmelzbare, aber nicht schmiedbare Roheisen (vergl. § 14) muss von seinen Nebenbestandteilen, Silicium (d. i. Kieselstoff), Mangan, Phosphor und Schwefel, aber namentlich von dem grössten Teile des Kohlenstoffes befreit werden, wenn es in das schwerer schmelzbare aber durch Hammer oder Walze formbare Schmiedeeisen übergeführt werden soll. Im kleinen geschieht dieses meistens durch das Frischen im Frischherde, im Puddelofen oder Siemens-Martin-Ofen. Die genannten Nebenbestandteile werden hier durch überschlagende Flammen im Eisen verbrannt und teils in Gas, teils in Schlacke verwandelt. Das Eisen wird dadurch

reiner und zähflüssiger, und die dünnflüssige Schlacke kann schliesslich mittels des Hammers oder der Quetsche aus dem knetbaren reinen Schmiedeeisen herausgepresst werden, wie Wasser aus einem Schwamme. Im grossen erzielt man dasselbe durch das 1855 von Bessemer erfundene Verfahren, bei dem die Nebenbestandteile mittels eines starken, durch das flüssige Roheisen geblasenen Luftstromes verbrannt werden. Der ganze Bessemer-Process spielt sich in einem eisernen, birnenförmigen, um eine horizontale Achse drehbaren Gefässe ab, dessen Wände mit Quarz- oder Chamottesteinen ausgemauert sind. Das meist sofort aus dem Hohofen flüssig eingeführte Roheisen hat gewöhnlich ein Gewicht von 10—16 Tonnen. Die durch den Luftstrom bewirkte Verbrennung des Siliciums, des Mangans und weiterhin des Kohlenstoffes ruft eine Wärmesteigerung von mehreren hundert Grad hervor, und lässt das Eisen eine Temperatur von ungefähr 2000° erreichen, wobei es trotz seiner Verwandlung aus Roheisen in Schmiedeeisen oder Stahl so flüssig bleibt, dass es bei entsprechender Neigung der Birne ausfliessen kann. — So gross auch der durch diese Methode hervorgerufene Fortschritt war, so vermochte man doch nicht hierdurch aus phosphorhaltigem Eisen (und die deutschen Eisenerze sind fast alle phosphorreich) den Phosphor auszutreiben, weil die im Roheisen und auch in der Ausmauerung der Birne vorhandene Kieselsäure der schon gebildeten Phosphorsäure den Sauerstoff immer wieder entriss und dadurch den Phosphor aufs neue an das Eisen band. Der Phosphorgehalt ist aber so schädlich, dass schon 0,1 bis 0,2% genügt, um Stahl spröde und kaltbrüchig zu machen. Die Entfernung des Phosphors gelang erst durch das von Thomas und Gilchrist (1878) erfundene Verfahren, bei dem Silicium bezw. Kieselsäure dadurch möglichst vermieden wurde, dass die Ausmauerung der Birne an Stelle des Quarzes mit Dolomit (kohlensaurem Kalk und Magnesia) erfolgte.

Jetzt verband sich die Phosphorsäure, wenn der durchgeblasene Luftstrom den Phosphor im glühenden Eisen verbrannt hatte, mit dem Dolomit der Schlacke und der Ausmauerung, lieferte dadurch die für die Landwirthschaft so überaus wichtige Thomasschlacke (Phosphatmehl) und ein phosphorfrees Eisen.

Neuerdings stellt man dasselbe Eisen in den schon erwähnten Siemens-Martin-Oefen her, die mit Dolomit ausgemauert sind und durch vorgewärmte Gase sehr stark erhitzt werden. Die Eisenteile unserer Brücke sind z. B. auch in solchen Oefen hergestellt, die eine genauere Regulierung der Verbrennung ermöglichen und deshalb ein besseres Eisen liefern. — Das auf diese Weise gewonnene Eisen wird Fluss- oder Thomaseisen genannt; es wird zunächst in Form viereckiger Blöcke gegossen und aus diesen durch Walzen oder durch Hämmern zu Flach- Γ - oder \sqcap - etc. Eisen gepresst. Das Flusseisen gehört zum Schmiedeeisen, gestattet aber eine Belastung von 1500 kg gegen 750 kg beim alten Schmiedeeisen auf 1 qm. Durch Verwendung des Flusseisens spart man an Material und besonders auch an Baukosten. Eine schmiedeeiserne Brücke an Stelle der flusseisernen würde etwa 30 bis 40% Mehrkosten verursachen haben. Dass man Eisen und nicht den noch tragfähigeren Stahl verwendet, liegt in dem Mangel an Schmiegsamkeit des letzteren gegenüber den durch Verkehrs-Belastungen und Temperaturänderungen hervorgerufenen Biegungen und Dehnungen; rufen doch die Temperatur-Unterschiede, wenn wir -10° und $+50^{\circ} C$ als Grenzen annehmen, schon allein bei der Fahrbahn der Mittelöffnung eine Längenänderung von 11 cm hervor.

§ 18. Berechnung der Druck- und Schubkräfte in der Mittelöffnung.

Wie schon erwähnt, sind die Hauptträger der Mittelöffnung elastische Bogen und entziehen sich als solche der einfachen sta-

tischen Berechnung. Wollen wir trotzdem dieselben nach statischen Gesetzen behandeln, so müssen wir von den elastischen Kräften absehen und dann den Bogen als ein um die beiden Kämpfergelenke drehbares, aber im übrigen starres Gewölbe betrachten. Denken wir uns dann den Bogen durch einen vertikalen Mittelschnitt in zwei gleiche Hälften geteilt, so können wir nach Beseitigung der einen Bogenhälfte bei der anderen durch eine Horizontalkraft H , die in der Mitte des Scheitelschnittes angreifen möge, das vorher bestandene Gleichgewicht bewahren (s. § 2). Diese Kraft H ist dann bestrebt, den Halbbogen gegen den Kämpfer hin zu schieben, bezw. um denselben aufwärts zu drehen. Ausserdem wirkt auf unseren Halbbögen noch das Eigengewicht und das Gewicht der Fahrbahn, von der wir ein Viertel auf jede Bogenträgerhälfte in Anrechnung zu bringen haben. Bezeichnen wir dieses ganze Gewicht mit V und denken uns dasselbe im Schwerpunkte konzentriert, so ist es bestrebt, den Bogen nach unten zu schieben bezw. um den Kämpfer abwärts zu drehen.

Das Widerlager muss stark genug sein, um der Horizontalkraft H und Vertikalkraft V zu widerstehen, und die Drehmomente von H und V müssen einander gleich aber entgegengesetzt sein, wenn sie sich zur Erhaltung des Gleichgewichts aufheben sollen. Sind nun h und l die Hebelarme von H und V d. h. die Längen der vom Kämpferdrehpunkte auf die Kraftrichtungen gefällten Senkrechten, so sind die statischen oder Drehmomente $H \cdot h$ und $V \cdot l$, und aus deren Gleichung $H \cdot h = V \cdot l$ folgt $H = \frac{Vl}{h}$. Sind V , l und h bekannt, so ist hieraus H zu berechnen.

Die wirkliche Lage des Schwerpunktes des ganzen Halbbogens mathematisch zu bestimmen, würde für uns sowohl wegen der Gestalt als auch der ungleichen Schwere der einzelnen Teile des Bogens sehr mühsam, ja fast unmög-

lich sein. Wären uns die Gewichte und die Lage der Schwerpunkte der einzelnen von zwei benachbarten Pfosten und den zugehörigen Gurtstücken begrenzten trapezförmigen Flächen bekannt, so könnten wir mit Hilfe des Kräfte-dreiecks (Kräftepolygons) nach Art der in § 9 (Fig. 24) angegebenen Methode uns das Seilvieleck oder die Drucklinie verschaffen. Die Horizontalkraft H ergäbe sich dann aus der Bedingung, dass das erste und letzte Stück des Seilvielecks durch den Scheitelmittelpunkt bzw. das Kämpfergelenk gehen müsste und dass die aus V und H als Komponenten am Drehpunkte gebildete Kraft S der Richtung nach mit dem letzten Stück des Seilvielecks bzw. der Tangente der Drucklinie zusammen fielen. Diese Drucklinie würde eine Parabel sein nach dem, was § 8 gesagt ist, wenn der Trägerbogen selbst keine Schwere hätte, sondern nur durch die Brückenbahn mit gleichen Gewichten für gleiche Horizontal-Längen belastet wäre, und sie würde eine sogenannte Kettenlinie sein, wenn wir für gleiche Längen der Drucklinie gleiche Gewichte annehmen dürften. Beide Annahmen treffen hier nicht zu, aber, da es sich für uns doch nur um eine angenäherte Rechnung handelt, so wollen wir uns hier der Anschaulichkeit wegen beider Annahmen nach einander bedienen. Da aber die Kettenlinie ausscheiden muss, wie schon früher angegeben, so werden wir statt ihrer annehmen, die Drucklinie sei ein Kreisbogenstück, gelegt durch die Kämpfergelenke und den Scheitelmittelpunkt und gleiche Bogenlängen desselben hätten gleiche Schwere.

I. Annahme: Die Drucklinie sei eine Parabel. Die aus H und V als Komponenten im Drehpunkte gebildete Kraft S ist Tangente an die Parabel in ihrem Endpunkte (vgl. S. 16).

Denken wir uns nun diese Tangente in A (Fig. 22a) an die Parabel gelegt und bezeichnen ihren Schnittpunkt mit der durch den Scheitelpunkt P_0 gelegten Hauptachse mit M_1 , so ist nach dem, was in § 8 bewiesen wurde, P_0 der

Mittelpunkt von MM_1 und also $MM_1 = 2MP_0 = 2h$. Als Scheitelwinkel sind ferner die von den Kräften S u. H bzw. von AM_1 und AM gebildeten Winkel einander gleich, und deshalb $\operatorname{tg} a_n = \frac{V}{H} = \frac{2h}{w}$;

$H = V \frac{w}{2h}$. Das Gewicht der Mittelöffnung, welches auf den vier Kämpfern lastet, beträgt nun für jeden Kämpfer $V = 546$ Tonnen. Nehmen wir für diese Berechnung als Spannweite die Entfernung der äussersten, Ober- und Untergurt verbindenden Vertikalen $2w = 187,2$, und als Höhe des Scheitelmittelpunktes über der Kämpferlinie $h = 32,4$ m, so ist $H = 546 \cdot \frac{93,6}{64,8} = 789$ Tonnen. Der richtige Wert beträgt 771 Tonnen, und diesen würden wir durch die vorstehende Rechnung fast genau erhalten haben, wenn wir P_0 nicht in die Mitte des Querschnittes, sondern an das obere Ende des mittleren Drittels gelegt und also $h = 33,2$ m gesetzt hätten.

II. Annahme: Die Drucklinie sei ein Kreisbogenstück, bei dem gleiche Bogenlängen gleiche Schwere (Gewicht) haben.

Würden wir auch hier annehmen, die Tangente des Kreisbogenstückes in A fielen mit der Richtung der Kraft S zusammen, wie es sein müsste, wenn die Drucklinie wirklich das durch die Kämpfer und den Scheitelmittelpunkt gelegte Kreisbogenstück AA_1 (s. Fig. 34) wäre, so würde der Fehler der in dieser Annahme steckt, sich sehr stark bemerklich machen und uns den Wert $H = 694$ Tonnen liefern. Diesen Fehler könnten wir dadurch verringern, dass wir statt des Kreisbogens einen Korbbogen annahmen oder noch einfacher, dass wir den Untergurt des Bogens selbst als Kreisbogen-Drucklinie betrachteten. Alsdann ergäbe sich nach einigen Rechnungen $H = 764$ Tonnen. Der Einfluss der Krümmung der gewählten Kurve und damit der in unserer Annahme steckende Fehler macht sich aber viel weniger geltend, wenn

wir die Berechnung von H mit Hilfe der statischen Momente und der Schwerpunktsbestimmung durchzuführen suchen:

Bezeichnet $AP_0 = b$ den halben Kreisbogen, wobei P_0 (Fig. 34) wieder Scheitelmittelpunkt sein soll, so denken wir uns b in sehr viele (n) gleiche Stücke geteilt, deren geringe Länge gestattet, sie trotz ihrer Krümmung als gerade Strecken anzusehen. CD sei ein solches Stück, welches durch eine senkrechte und eine wagrechte Kathete in das rechtwinklige Dreieck CDE gebracht sei. $FI = p$ sei vom Mittelpunkt von CD senkrecht auf MP_0 gefällt, und endlich $OF = r$ gezogen. Dann ist $\varepsilon \cdot p$ das statische Moment von CD in Bezug auf P_0M und, da $\sphericalangle CDE = \sphericalangle OFI$ und $\cos CDE = \frac{DE}{\varepsilon}$, sowie $\cos OFI = \frac{p}{r}$, so ist $\frac{DE}{\varepsilon} = \frac{p}{r}$ oder $p \cdot \varepsilon = r \cdot DE$. Denken wir uns nun die statischen Momente aller einzelnen Strecken ε und die entsprechenden rechtwinkligen Dreiecke CDE gebildet und bezeichnen die Katheten DE mit q_1, q_2, \dots, q_n so ist $p_1 \varepsilon_1 + p_2 \varepsilon_2 + \dots + p_n \varepsilon_n = r q_1 + r q_2 + \dots + r q_n = r(q_1 + q_2 + \dots + q_n)$. Da aber die Summe der Katheten DE gleich der Höhe $P_0M = h$ ist, so ist $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = h$, und die Summe der statischen Momente der einzelnen Bogenstücke und damit das statische Moment des ganzen Bogens in Bezug auf MP_0 gleich $r \cdot h$. Denken wir uns aber den ganzen Bogen $AP_0 = b$ im Schwerpunkte konzentriert und bezeichnen dessen Abstand von P_0M mit x , so ist das statische Moment des ganzen Bogens b auch gleich $b x$, und somit $b x = r \cdot h$; $x = \frac{r h}{b}$. Um b zu berechnen, benutzen wir $\sphericalangle AOP_0 = \varphi$ oder $\sphericalangle MAP_0 = \frac{\varphi}{2}$; es ist nämlich $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{h}{w} = \frac{32,4}{93,6}$ und hieraus $\varphi = 38^\circ 11' 14'' = 38,187$. Nun findet aber (s. math. Einleitung) eine Proportionalität zwischen Bogen und Winkel statt $b : \varphi = 2 r \pi : 360$ $b = r \frac{\pi \varphi}{180} = r \frac{\pi \cdot 38,187}{180} = 0,6665 r = \frac{2}{3} r$. Setzen

wir dieses in $x = \frac{r h}{b}$ ein, so ist $x = \frac{3}{2} h = \frac{3}{2} \cdot 32,4 = 48,6$ m. Mithin ist der Horizontalabstand des Schwerpunktes von P_0M gleich 48,6 m, und somit der Horizontalabstand desselben vom Kämpfer gleich $w - x = 93,6 - 48,6 = 45$ m.

Denken wir uns jetzt in diesem Schwerpunkte das einen jeden Kämpfer belastende Gewicht $V = 546$ Tonnen konzentriert, so ist dessen statisches oder Dreh-Moment in Bezug auf den Kämpfer gleich 546.45. Das entgegengewirkende Dreh-Moment der in P_0 d. h. 32,4 m über dem Kämpfer angreifenden Horizontalkraft H ist dagegen gleich $32,4 \cdot H$. Da Gleichgewicht besteht, so müssen beide Momente gleich sein, $32,4 H = 546 \cdot 45$, und daher $H = 546 \cdot \frac{45}{32,4} = 758$ Tonnen.

Die durch beide Methoden gefundenen Werte 789 und 758 Tonnen kommen dem wahren Werte des Horizontalschubes $H = 771$ näher, als unsere willkürlichen Annahmen eigentlich erwarten liessen.

Da beide Bogen der Mittelöffnung sich mit zwei Kämpfern auf jeden Pfeiler stützen, so wirken sie auf jeden Pfeiler mit den Schub- und Druckkräften $2H$ und $2V$, welche sich nach dem Parallelogramm (Rechteck) der Kräfte zu einer Resultante $2S = \sqrt{(2H)^2 + (2V)^2} = 1890$ Tonnen vereinigen. Hierbei ist der richtige Wert $H = 771$ Tonnen eingesetzt. Lassen wir diese Kräfte $2S$ bzw. $2H$ und $2V$ in der Mitte zwischen beiden Auflagern desselben Pfeilers angreifen und bezeichnen den von $2S$ und $2H$ gebildeten Winkel mit φ_1 , so ist $\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{V}{H}$ und $\varphi_1 = 35^\circ 18' 18''$.

Zum Schlusse dieses Abschnittes wollen wir dann noch untersuchen, wie der Strompfeiler gegen diesen, während eines Teiles der Bauzeit einseitigen Druck des Mittelbaues sich verhält: Stellt Figur 35 einen vertikalen Querschnitt durch die Mitte des Pfeilers dar, so erhalten

wir das Drehmoment der Kraft $2S$ in Bezug auf die durch A gehende untere Fundament-Längskante, wenn wir $2S$ mit AI multiplicieren. AI bezeichnet hierbei die Länge der von A auf die Richtung von $2S$ gefällten Senkrechten. Schneiden sich dann die Verlängerungen von $2S$ und A_1A in T , so ist auch $\sphericalangle PTL = \varphi_1 = 35^\circ 18' 18''$ und $PL = 17,4$ m (rund). Da aber $\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{V}{H} = \frac{PL}{TL}$, so ist $TL = PL \cdot \frac{H}{V} = 17,4 \cdot \frac{771}{546} = 24,6$ m (rund) und, da $AL = 11,9$ m (rund), so ist $AT = 12,7$ m. Ferner ist aber $\sin \varphi = \frac{AI}{AT} = \frac{V}{S}$ und daher $AI = AT \cdot \frac{V}{S}$. Mithin hat $2S$ das Drehmoment $AI \cdot 2S = AT \cdot \frac{V}{S} \cdot 2S = 2AT \cdot V = 13868,4$.

Diesem Dreh- oder Kippmoment wirkt das statische Moment des Pfeilergewichtes, bezogen auf dieselbe durch A gehende Längsachse, entgegen. Dieses 10000 Tonnen (rund) betragende Gewicht lassen wir der Einfachheit wegen in der Mittellinie des Pfeilers und zwar im Schnittpunkte M derselben mit der Richtung von $2S$ angreifen. Dann ist der Hebelarm AM_1 gleich 7,9 m, und daher das statische Moment gleich 79000. Die Standfestigkeit des Pfeilers ist also fast 6 Mal so gross als das Kippmoment, mit dem der Mittelbogen auf den Pfeiler wirkt.

Eine Bestätigung dieses Resultates können wir darin erblicken, dass der in Fahrbahnhöhe gelegene Teil der mittleren Vertikalachse sich nur um 3 mm verschob, als der Mittelbau Mitte Oktober 1897 auf die Pfeiler durch Niederschrauben der Winden abgelassen wurde.

Eine noch bessere Vorstellung von dem Zusammenwirken der Kräfte G und $2S$ bzw. $2H$ und $2V$ erhalten wir dadurch, dass wir $2S$ von seinem Angriffspunkte P nach M verschieben, dort $2V$ mit dem Pfeilergewichte G vereinigen und dann nach dem Parallelogramm (Rechteck) der Kräfte die Resultante von $(G+2V)$

und $2H$ suchen. Hierdurch erhalten wir $R = \sqrt{(G+2V)^2 + (2H)^2} = 11200$ Tonnen. Um den Punkt zu finden, wo diese in M angreifende Kraft R die Fundamentbasis AA_1 trifft, bezeichnen wir den von R und $(G+2V)$ gebildeten Winkel mit β , dann ist $\operatorname{tg} \beta = \frac{2H}{G+2V} = \frac{QM_1}{MM_1}$ oder $QM_1 = MM_1 \cdot \frac{2H}{G+2V} = 14,6 \cdot \frac{2 \cdot 771}{11092} = 2,03$ m. Mithin trifft die aus Bogendruck und -schub und Pfeilergewicht gewonnene Resultante die Fundamentsohle ungefähr 2 m von der mittleren vertikalen Längsebene des Pfeilersockels oder ungefähr 1,10 m von der Fundament-Mittellinie entfernt, da der Pfeiler, wie früher erwähnt, nicht auf der Mitte der Fundamentplatte steht. Das mittlere Drittel der Fundamentsohle würde sich, da ihre Breite 14 m beträgt, bis $2\frac{1}{3}$ m von der Mittellinie erstrecken, somit verläuft auch hier die Drucklinie im mittleren Drittel des Pfeilers, ein Resultat, das hier gerade wie beim Gewölbebau (vergl. § 9) sehr erwünscht ist, weil der Zusammenhang des Pfeilermaterials um so mehr gefährdet ist, je mehr sich die Richtung der Kraft R der Fundament- bzw. Pfeilerkante nähert. Wie wir gesehen, bringt also selbst die einseitige Belastung durch den Überbau der Mittelöffnung den Pfeilern keine Gefahr.

Es würde uns zu weit führen, wollten wir dieselben Rechnungen an den Seitenöffnungen und der Werftbrücke durchführen wie am Mittelbau. Die Verhältnisse liegen bei diesen nur noch günstiger als bei der Mittelöffnung, da den 1600 Tonnen Eisengewicht der letzteren 600—700 Tonnen einer Seitenöffnung gegenüberstehen.

§ 19. Schluss.

Um ein Urteil von berufener Seite über den Bonner Brückenbau anzuführen, wollen wir noch einmal an den Wettbewerb um dieselbe anknüpfen. Hierüber sagt Professor Landsberg-Darmstadt im Centralblatt der Bauverwaltung:

„Das Ergebnis des Wettbewerbs kann als erfreulich und sehr befriedigend bezeichnet werden, zunächst für die Stadtverwaltung Bonn, dann aber auch und in noch höherem Masse für die Fachwelt. Der Wettbewerb hat gezeigt, welche hohe Stufe unsere Ingenieurkunst auf dem Gebiete des Brückenbaues erreicht hat, welcher grosser Fortschritt im letzten Jahrzehnt gemacht ist, 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- und East-River-Brücke derjenigen aller anderen Länder, bescheiden ausgedrückt, mindestens ebenbürtig zur Seite steht, ein Ergebnis, welches schon bei Gelegenheit der Weltausstellung in Amerika festgestellt war.“

Versuchen wir jetzt, uns die Brücke, wie sie nach ihrer Vollendung sich dem schauenden Auge darstellen wird, aus dem schon Vorhandenen mit Hilfe der Zeichnung (Fig. 36) vorzustellen, so werden wir auch an ihr das Wort Wallots, des Erbauers des Reichstags-Palastes, bewahrt finden, dass zu den drei Schwesterkünsten: Malerei, Bildhauerkunst und Architektur, neuerdings auch die Ingenieurkunst getreten ist. Wollen wir aber den richtigen Eindruck von unserer Brücke gewinnen, wie sie gedacht und gebaut, so müssen wir sie von der Seite betrachten, welche uns das Siebengebirge und die benachbarten linksrheinischen Berge zum Hintergrunde giebt. Dieser Hintergrund in Verbindung mit dem Stadtbild von Bonn war ja bestimmend für die gewählte Form der Brücke. Lassen wir daher den Beschauer mit dem Dampfschiffe von Köln her sich Bonn nähern, so erscheint die Brücke als das Thor, welches den Eingang zum herrlichen Rheinpanorama gewährt. Leicht geschwungen, wie die Berge des Hintergrundes, überzieht die Brücke den Strom und gewährt Durchfahrtsöffnungen, welche den Grössenverhältnissen des Hintergrundes an-

gepasst scheinen. Und, wie die Berge auf vorlagerndem Hügel land zur alles überragenden Kuppe sich aufbauen, so erhebt sich auch hier über die niederen Seitenöffnungen der das ganze Bauwerk beherrschende und bestimmende Mittelbogen. Wie wichtig dieser Aufbau zur Mitte hin für das Schönheitsgefühl ist, lehrt ein Vergleich unserer Brücke mit der Düsseldorfer (Fig. 37). Dort wird der Strom mit zwei Öffnungen überspannt, die unserem Mittelbogen entsprechen, aber dem Auge gewährt das Bild nicht die ästhetische Befriedigung wie hier, da dort der Mittelpunkt des Bildes fehlt und die einfache aus Schiffsfahrtsrücksichten gebotene Wiederholung des Hauptbogens mehr praktisch als schön erscheint*). Als ein besonderer Vorzug unserer Brücke ist es zu betrachten, dass trotz der überhöhenden Mittelbrücke dem Auge der einheitliche Charakter des Ganzen dadurch gewahrt bleibt, dass alle Bogen mit ihren Kämpfern in gleicher Höhe an die Strompfeiler ansetzen. War diese Bedingung für die Einheitlichkeit des Bildes, so erwuchs hieraus andererseits die Gefahr, dass die den Mittelbogen in Folge dieser Anordnung durchschneidende Fahrbahn durch Störung der Bogenlinie diesen Eindruck nachträglich wieder verdarb. Das ist durch den, die ganze Fahrbahn überragenden, mittleren Obergurt glücklich vermieden, da dieser die Aufmerksamkeit des Beschauers durch seine imponierende Höhe auf sich lenkend, den Bogencharakter kräftig hervorhebt. Daneben macht die ganze Brücke trotz ihrer grossen Spannung, trotz ihrer gewaltigen Lasten einen leichten und gefälligen Eindruck. An diesem sind nicht am wenigsten die schlank aufstrebenden Pfeiler beteiligt, deren neu-romanische Türme und Portale sich in harmonischer Weise dem Stadtbilde anpassen.

Ist auch unsere Brücke schon jetzt nicht mehr die weitgespannteste Bogenbrücke, da

*) Stahl und Eisen, Neuere deutsche Brückenbauten, Förster-Dresden September 97.

der noch im Bau befindliche Viar-Viadukt im südlichen Frankreich mit 220 m Spannung und 117 m Höhe ihr diesen Ruhm noch vor der Vollendung entrissen, so bedeutet die Bonner Brücke doch eine Stufe in dem Abschnitte des deutschen Brückenbaues, der mit der Levensauer und Grünthaler-Brücke am Kaiser-Wilhelm-Kanal beginnend zur Müngstener, Bonner, Düsseldorf und den beiden Wormser Brücken führt. Für unsere Stadt und ihre Entwicklung aber bedeutet die Vollendung der Brücke einen

neuen Lebensabschnitt, der ihr ermöglichen soll, nicht nur die alten Beziehungen mit dem rechtsrheinischen zu gleicher Zeit durch Kleinbahnen aufgeschlossenen Uferland zu behaupten, sondern auch weiter rückwärts gelegene, schon fast verlorene Gebiete wieder zu gewinnen. So möge denn die Erbauung der Brücke einen Merkstein in der Entwicklung unserer Stadt bilden, der Gegenwart und den kommenden Geschlechtern zu Heil und Segen.

Benutzte Litteratur.

- | | |
|--|--|
| Baumeister-Karlsruhe: Architektonische Formenlehre. | Weisbach-Freiberg: Ingenieur- und Maschinenmechanik. |
| Förster-Dresden: Neuere deutsche Brückenbauten (Zeitschrift: Stahl und Eisen Sept. 97). | Winkler-Berlin: Vorträge über Statik der Baukonstruktionen. |
| Heinzerling-Aachen: 1. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 2. Der Bau eiserner Brücken. 3. Die eisernen Brücken der Gegenwart. | Witzel-Remscheid: Die Kaiser-Wilhelm-Brücke bei Müngsten. |
| Holz Müller-Hagen: 1. Ingenieur-Mathematik. 2. Beziehungen des mathematischen Unterrichts zum Ingenieur-Wesen und zur Ingenieur-Erziehung. | Die dem Texte eingefügten Bilder I, III—V, VII—XII u. XIV sind durch Clichés der Verlags-Buchhandlung Toeche-Berlin und die Nummern II, VI, XIII mit solchen der Firma Brockhaus-Leipzig hergestellt. Von den im Anhange befindlichen Zeichnungen sind Nr. 26, 27 „Baumeister-Formenlehre“, Nr. 28, 29, 30 „Meyers Konversations-Lexikon“ und Nr. 31, 33 u. 37 der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ mit Bewilligung der Verlagsbuchhandlungen entnommen. Nr. 36 verdanke ich der Leitung des Bonner Brückenbaues. Die übrigen Zeichnungen sind für die Zwecke der Abhandlung entworfen. |
| Krohn-Sterkrade: Mittheilungen über neuere Brückenbauten (Centr.-Bl. d. Bauverw. 1896). | |
| Landsberg-Darmstadt: Der Wettbewerb für eine feste Rheinbrücke bei Bonn (Centr.-Bl. d. Bauverw. 1895). | |
| Verein der Eisenhüttenleute: Darstellung des Eisenhüttenwesens. Bagel-Düsseldorf. | |