DIE

KÖNIG KARLS-BRÜCKE

ÜBER DEN NECKAR ZWISCHEN

STUTTGART UND CANNSTATT.

IM AUFTRAG

DES KÖNIGLICHEN MINISTERIUMS DES INNERN

HERAUSGEGEBEN

VON DER KÖNIGLICHEN MINISTERIAL-ABTEILUNG

FÜR DEN STRASSEN- UND WASSERBAU IN WÜRTTEMBERG.

BEARBEITET

VON

PRÄSIDENT K. V. LEIBBRAND.

MIT 50 ABBILDUNGEN IM TEXT EINER TEXTTAFEL UND 9 KUPFERTAFELN.

BERLIN 1895.

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN.

(VORMALS ERNST & KORN.)

DIE

KÖNIG KARLS-BRÜCKE

ÜBER DEN NECKAR ZWISCHEN

STUTTGART UND CANNSTATT.

IM AUFTRAG

DES KÖNIGLICHEN MINISTERIUMS DES INNERN

HERAUSGEGEBEN

VON DER KÖNIGLICHEN MINISTERIAL-ABTEILUNG

FÜR DEN STRASSEN- UND WASSERBAU IN WÜRTTEMBERG.

BEARBEITET

VON

PRÄSIDENT K. V. LEIBBRAND.

MIT 50 ABBILDUNGEN IM TEXT EINER TEXTTAFEL UND 9 KUPFERTAFELN.

BERLIN 1895.

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN.

(VORMALS ERNST & KORN.)

Sonderdruck aus der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1895.

Inhalts-Verzeichnifs.

I. Voruntersuchungen, Vorverhandlungen und Beschlufsfassung über den Brückenbau.

Bestehende Verbindungen zwischen Stuttgart und Cannstatt.

Die durch G. Chr. E. von Etzel in den Jahren 1835 bis 1838 erbaute 133 m lange, 10,88 m breite, aus 5 Steinbögen von je 18,62 m Lichtweite bestehende Wilhelmsbrücke bildete die einzige fahrbare Strafsenverbindung der Stadt Stuttgart und ihrer Vorstadt Berg zunächst mit der Stadt Cannstatt und weiterhin mit dem Remsthal. Ihre Lage war seinerzeit gegeben durch den Verkehr, wie er seit Jahrhunderten von Heilbronn und Ludwigsburg her auf dem Wege nach Gmünd und Nürnberg das alte Cannstatt durchzog, an dem ehemals zunächst der Brücke gelegenen Reichspostamt, dem dortigen Hauptzollamt und dem unterhalb der Brücke gelegenen Hafen für die Neckarschiffahrt vorüber, die Residenzstadt zur Seite lassend. Stuttgart zählte damals nur 40000, Cannstatt 4500 Einwohner.

Seit der Erbauung der Eisenbahn sind aber die Verkehrsverhältnisse ganz andere geworden; in dem Mafse, wie sich die Bahnhöfe zu Verkehrsmittelpunkten ausbildeten und der durchgehende Landstrafsenverkehr an Bedeutung verlor, mit der Zunahme der Bevölkerung von Stuttgart und Cannstatt und insbesondere mit der raschen gewerblichen Entwicklung beider Städte erwies sich die Wilhelmsbrücke mehr und mehr als ungenügend.

Beträgt doch der Umweg über dieselbe vom Schwanen in Berg bis zum Güterbahnhof in Cannstatt gerechnet im Vergleich mit einer direkten Neckarübersetzung nicht weniger als 1350 m und der Umweg für die Fahrt ins Remsthal noch 700 m.

Nach amtlichen Erhebungen gehen über die Wilhelmsbrücke im Durchschnitt täglich 2060 Zugthiere, wovon rund 1500 auf den örtlichen Verkehr zwischen Stuttgart und Cannstatt und der Rest auf den Remsthalverkehr entfallen.

Für den Fufsgängerverkehr zwischen Stuttgart und Cannstatt bestand zwar einige Erleichterung durch den Steg, welcher unter der 1846 vollendeten Eisenbahnbrücke eingehängt war; von 1856 ab jedoch, als der Holzoberbau der letzteren durch eine eiserne Bogenconstruction ersetzt wurde, und der Steg an der Eisenbahnbrücke beseitigt werden mufste, wurde durch den sogenannten „eisernen Gittersteg", welchen die Eisenbahnverwaltung herstellen und unterhalten liefs, Ersatz geschaffen; reichte der nur 2 m breite Gittersteg zu gewöhnlichen Zeiten für den sich über ihn bewegenden Verkehr mit etwa 5000 Personen an Werktagen und mit etwa 15000 Personen an Sonntagen auch einigermafsen zu, so war dies doch nicht mehr der Fall bei besonderen Vorkommnissen, wie zu Zeiten des Volksfestes, wo der Verkehr geradezu lebensgefährlich war und nur mit polizeilicher Hülfe aufrecht erhalten und geregelt werden konnte.

Auch in wasserbautechnischer Beziehung ist die Wilhelmsbrücke nicht unbedenklich. Seit nämlich das alte Bett für Hochwasser im Seelberg in Cannstatt nahezu vollständig überbaut worden ist, drängt fast alles Hochwasser der Wilhelmsbrücke zu. Sie ist zwar weiter angelegt worden als die zuvor bestandene alte Holzbrücke, welche nur 386 qm Hochwasserdurchlassprofil hatte, während der Wilhelmsbrücke 466 qm gegeben werden konnten; allein dies reicht weitaus nicht zu zum Durchgang des gröfsten bekannten Hochwassers von 1824, das 2000 cbm in der Secunde führte; die Brücke vermag vielmehr, auch wenn sie in allen 5 Oeffnungen voll läuft und das Wasser bis an die Fahrbahn aufgestaut ist, nach den bestehenden Flufsverhältnissen nur 1400 cbm durchzulassen. Der Rest mit 600 cbm mufs sich seinen Weg theils durch den Seelberg oberhalb Cannstatt, theils durch die Marktstrafse unmittelbar neben der Brücke erzwingen. Bei dem nur 1200 cbm secundlich abführenden Hochwasser vom December 1882 traten z. B. 370 cm in die niedriger gelegenen Stadtheile von Cannstatt in der Nähe der Wilhelmsbrücke ein.

Für die weitere Entwicklung Stuttgarts war eine neue, den veränderten Verhältnissen Rechnung tragende Verbindung zwischen Stuttgart und Cannstatt nothwendig; für die Entlastung des Stuttgarter Güterbahnhofes mufste eine neue Brücke in hohem Grade wünschenswerth erscheinen; auch militärische Interessen konnten durch ein solches Bauwerk mit Rücksicht auf den neuen grofsen bei Cannstatt gelegenen Exercierplatz wesentlich gefördert werden; besonders aber sollte der Verkehr in den Tagen des Volksfestes, wenn aus allen Theilen des Landes das schwäbische Volk in Cannstatt zusammenströmt, um in Gegenwart seines Königs die Fortschritte der vaterländischen Landwirthschaft zu betrachten und sich während mehrerer Tage mit mancherlei Vergnügungen zu ergötzen, seines bisherigen nicht ungefährlichen Charakters entkleidet und einem längst empfundenen Bedürfnifs entsprechend erleichtert werden.

Anregung des Brückenbaues.

Der Umbau des Bahnhofs in Cannstatt gab den Bürgervereinen Stuttgarts erstmals Veranlassung, in einer an das Königl. Ministerium des Innern gerichteten Eingabe vom 6. Februar 1886 die Erbauung einer zweiten Neckarbrücke zu direkter Verbindung beider Städte auf Staatskosten anzuregen. Etwas später reichte Oberbürgermeister Nast von Cannstatt ein Gesuch ein um Genehmigung der Erbauung einer neuen in die geradlinige Verlängerung der Cannstatter Königsstrafse zu verlegenden Fahrbrücke zwischen Berg und Cannstatt, sowie um Ertheilung der Ermächtigung ein, von den die Brücke passirenden Personen und Fuhrwerken Brückengeld und zwar in der Höhe von 3 ₰ für jeden Fufsgänger und von 5 ₰ für jedes Zugthier erheben zu dürfen; seitens des Gesuchstellers wurde davon ausgegangen, dafs das Brückengeld in einem Zeitraum von 30 Jahren neben der Verzinsung des Anlagekapitals auch die Tilgung desselben ermöglichen werde und dafs nach Ablauf dieser Zeit die Brücke unentgeltlich in das Eigenthum des Staates übergehen könne. Von Plänen, Voranschlägen, Rentabilitäts- und Amortisationsberechnungen war das Gesuch nicht begleitet.

Allgemeine Erhebungen über den Aufwand für eine neue Brücke.

Dessen ungeachtet liefs das Ministerium des Innern die Frage, in welcher Weise und mit welchem Aufwand eine neue Brücke zwischen Berg und Cannstatt hergestellt werden könnte, durch den Oberbaurath v. Martens untersuchen; die im Jahr 1887 unter seiner Leitung ausgearbeiteten allgemeinen Entwürfe ergaben, dafs sich die Kosten einer Steinbrücke mit 288 m Gesamtdurchflufsweite auf —: 1050000 ℳ, einer Brücke mit eisernen Bögen auf —: 1000000 ℳ, und einer eisernen Hängebrücke auf —: 900000 ℳ belaufen würden.

Bei diesen wie bei den späteren Entwürfen wurde von der früher festgehaltenen Ansicht, dafs die Richtung der Brücke in die geradlinige Verlängerung der Königsstrafse in Cannstatt zu fallen habe, deshalb abgegangen, weil bei einer solchen Lage dem Wagen- und Fufsverkehr zwischen den Königl. Anlagen und der Stadt Cannstatt nicht die gebührende Rechnung getragen worden wäre. Zudem würde die Einführung der neuen Strafse beim Schwanenplatz in Berg wegen der bei der neuen Brücke zu überschreitenden Ausmündung des Nesenbachs in den Mühlcanal erheblichen Schwierigkeiten begegnet sein, auch hätte die Berger Poststrafse mit ihrer geringen Breite keinen befriedigenden Ausgangspunkt für eine neue Hauptverkehrsstrafse gebildet. Die Richtung der Brücke wurde vielmehr auf Cannstatter Seite durch den Schnitt der verlängerten Königsstrafse mit der projectirten Dammstrafse, auf Berger Seite durch den Vereinigungspunkt der Anlagenstrafse mit der Staatsstrafse beim Schwanen in Berg bestimmt.

Das Ministerium trug mit vollem Recht Bedenken, eine so wichtige Brücke der Privatspeculation zu überlassen, und dabei die Erhebung von Brückengeld an einer der frequentesten Strafsen des Landes auf einige Jahrzehnte hinaus in einer Zeit zuzulassen, zu welcher im ganzen übrigen Land unter erheblicher finanzieller Mitwirkung des Staats auf Beseitigung dieser lästigen Verkehrsabgaben hingewirkt wird; es wurde daher zunächst versucht, von den beim Bau betheiligten Gemeinden Stuttgart und Cannstatt und den sonstigen Interessenten Beiträge zu einem Neubau zu erhalten. Der Erfolg war nicht befriedigend, da nur —: 170000 Mk. zugesichert wurden. Hieran schien die Sache zu scheitern.

Nachdem indessen Staatsminister v. Schmid das Ministerium des Innern übernommen hatte, erhielt die Frage einen neuen Anstofs. Die fernere Behandlung ihrer technischen Seite ging nach der inzwischen erfolgten Zurruhesetzung des Oberbaurats v. Martens an Oberbaurat Leibbrand über. Derselbe versuchte zunächst den Aufwand für den Brückenbau dadurch zu vermindern, dafs er die Durchflufsweite der Brücke auf 230 m ermäfsigte; es erschien dies um so unbedenklicher als die unterhalb der Brückenbaustelle gelegene, die gröfsten Hochwasser ungehindert durchlassende Eisenbahnbrücke eine wesentlich kleinere, nämlich nur 197 m, Durchflufsweite besitzt.

Da aus den für die allgemeinen Entwürfe vorgenommenen Grunduntersuchungen keine sicheren Schlüsse auf die in Anwendung zu bringende Art der Gründung der Brücke insbesondere deren Tiefe gezogen werden konnten, so waren zunächst weitere und genauere Grunduntersuchungen nicht zu umgehen. In der Zeit vom September 1888 bis October 1889 wurden dieselben mit einem Kostenaufwand von 10730 Mk. ausgeführt und zwar sind drei Schächte am rechten Neckarufer, am linken Mühlcanalufer und neben dem Kleemannschen Garten 5 m, 7,5 m und 8,5 m unter Niederwasser hinabgetrieben worden, an die sich Bohrungen bis zu 16 m Tiefe anschlossen; auch wurde eine Anzahl von Probepfählen eingerammt. In dem mit 1,5 m weiten Blechcylindern abgeteuften Schachte am rechten Neckarufer waren die Arbeiten in Folge aufserordentlich starken Wasserandranges und Auftretens von Kohlensäure aus dem mit Sauerwasserquellen durchzogenen Gebirge mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Auf die den jüngeren Erdbildungen angehörigen 4,2 m mächtigen Sand- und Kiesablagerungen folgten 4,8 m starke Schichten blauen plastischen Lettens der Lettenkohlenformation, unter welcher in der Tiefe von 9 m unter Niederwasser feste Mergel von bedeutender Mächtigkeit anstehend gefunden wurden. Das Ergebnifs der beiden anderen, 2,0 m im Geviert mit Holzeinbau ausgeführten Schachtabteufungen an der Stelle der beiden Endpfeiler der projectirten Brücke war insofern günstiger, als der Wasserandrang daselbst nur 10 bis 20 l in der Secunde betrug und schon in einer Tiefe von etwa 1 m unter Wasser 2,5 m und 1,3 m mächtige Kiesfelsen angetroffen wurden, welche zunächst des Kleemannschen Gartens auf 1,9 m mächtigem festem Kies auflagen. Dieser Kiesfels und Kies überlagert eine 2,0 m bis 2,3 m starke Lettenschicht, die in trockenem Zustande einen mergelartigen Character hat.

Für die Endpfeiler der Brücke, denen eine beliebig breite Grundfläche gegeben, bei welchen daher der Druck auf den Untergrund mäfsig gehalten werden konnte, erschienen die angetroffenen Kiesfelsen genügend sicher.

Bei den früheren allgemeinen Projecten wurde von der Annahme ausgegangen, es können die Zwischenpfeiler in einer Tiefe von nur 1,20 m bis 2,80 m unter dem Niederwasserspiegel auf Beton gegründet werden, weshalb auch für die Gründungsarbeiten in dem Kostenvoranschlage verhältnifsmäfsig kleine Beträge eingestellt worden waren. Nachdem jedoch der erstgenannte Probeschacht gezeigt hatte, dafs der in den beiden anderen Schächten angetroffene Kiesfels keine zusammenhängende Schicht bildet, vielmehr gegen den Neckar rasch an Mächtigkeit abnimmt, so ergab sich für die Gründung der Zwischenpfeiler die Nothwendigkeit und zwar sowohl bei Ausführung einer steinernen als einer eisernen Brücke, die Pfeiler auf die erst 9 m bis 10 m unter dem Niederwasserspiegel anstehenden festen Kalkmergelbänke des unteren Theils der Lettenkohle, deren Mächtigkeit bis zu 4 m angebohrt wurde, thatsächlich aber weit gröfser ist, hinabzuführen.

Die nächstliegende Art der Gründung wäre allerdings eine solche auf Pfähle gewesen; die letzteren hätten nach den an sechs verschiedenen Stellen eingetriebenen Probepfählen auf etwa 8 m unter Niederwasser hinabreichen müssen.

Für eine weit gesprengte Bogenbrücke, welche auf die Pfeiler wechselnde Horizontalschübe ausübt, konnte diese Gründungsart um so weniger als zulässig bezeichnet werden, als die Tannenholzpfähle in dem mit Sauerwasser durchtränkten Untergrunde rascher Vergänglichkeit ausgesetzt gewesen wären; für die unmittelbare Gründung in die genannte Tiefe war vielmehr das Druckluftverfahren angezeigt.

Die schwierigen Gründungsverhältnisse der Zwischenpfeiler zwangen zu thunlichster Beschränkung der Durchflufsweite der Brücke und zu möglichster Verringerung der Zahl der Pfeiler; bei einer Durchflufsweite von 230 m würden Hochwasser von der Stärke des gröfsten bekannten Hochwassers von 1824 mit 2000 cbm in der Secunde einen Aufstau von höchstens 24 cm erfahren.

Für den Oberbau der Brücke erachtete man nur eine Construction als empfehlenswerth, bei welcher die tragenden Theile die Fahrbahn und die Nebenwege nicht trennen, damit nicht der Fufs- und Fuhrverkehr in enge Grenzen eingezwängt ist, sondern die ganze Breite der Brücke völlig ungehindert ausgenützt werden kann, auch ein freier Blick

in die Umgebung möglich ist. Eine Hängebrücke war aufserdem der geringen Höhenverhältnisse zwischen Fahrbahn und Vorland wegen nicht zu empfehlen.

Man hielt es für angezeigt, eine Constructionsweise zu wählen, bei welcher die tragenden Theile ganz unter der Fahrbahn liegen. Da aber Fachwerke unschön und wegen der geringen Constructionshöhe unzweckmäfsig gewesen wären, so wurden nur Bogenconstructionen gewählt und einer Brücke mit Steinbögen eine Bogenbrücke aus Martineisen mit Steinpfeilern gegenüber gestellt.

Die Pfeilerstellung war auf der linken Uferseite durch die Lage des Mühlcanals und der bestehenden Wege auf der Insel, ferner durch die Annahme gegeben, dafs in das Flufsbett des Neckars kein Pfeiler eingestellt werden soll, sowie dafs — aus Schönheits- und wasserbautechnischen Rücksichten — die Mitte des Flusses auch der Mitte der Brücke entsprechen solle. Die Wahl von fünf Oeffnungen ergab sich hierdurch ganz von selbst.

Für die Gestaltung des Längenprofils war die Höhenlage der Staatsstrafse beim Schwanen in Berg, die Annahme, dafs die Hochwasserlinie vom Jahr 1824 die Kämpferlinie der Bögen bilden solle und die Forderung, keine allzukühnen Sprengungen zu erhalten, ferner die Nothwendigkeit, die projectirte Dammstrafse bei Cannstatt über Hochwasser zu legen, sowie die tiefe Lage der Unterführungsstelle für die Strafse unter der Eisenbahn bei Cannstatt mafsgebend. Hierdurch ergab sich von Berg her eine Ansteigung von 1,2 % gegen die Brückenmitte, von hier gegen das Brückenende ein Gefälle von 2 %; von der Durchfahrt unter der Bahn bei Cannstatt bis zur Brücke war leider eine Ansteigung von 3,2 % unvermeidlich.

Die Breite der Brücke war in den bisherigen Entwürfen zu 15,5 m angenommen; um aber auf derselben 2 Pferdebahngleise ohne Belästigung des übrigen Verkehrs unterbringen zu können, wurde eine Breite von 18 m in Vorschlag gebracht, wovon 11 m auf die Fahrbahn und je 3,5 m auf die beiderseitigen Gehwege entfallen sollten.

Entwurf für eine Brücke in Stein.

Blatt 1.

Die Steinbrücke hätte fünf Oeffnungen mit Spannweiten von 44,80 m, 46,80 m, 50,80 m, 46,80 m, 44,80 m, und zwar 50,80 m in der Mittelöffnung über dem Neckar, sowie 1/10 bis 1/11 Pfeilhöhe erhalten.

Die Lage der Kämpfer war in der Höhe des Hochwassers vom Jahre 1824 angenommen, am rechten Treppenpfeiler um 50 cm, am rechten Endpfeiler um 1 m tiefer wegen der gröfseren Steigung der rechten Brückenhälfte gegenüber der linken. Als Fundamente der Endpfeiler waren die bei den Grunduntersuchungen in einer Tiefe von etwa 1 m unter Niederwasser angetroffenen Kiesfelsen in Aussicht genommen worden, mit den vier Zwischenpfeilern wollte man, wie schon oben erwähnt wurde, auf die festen Mergel in 9 m bis 10 m Tiefe unter Niederwasser hinabgehen. Bei Bestimmung der Dimensionen sowie bei der Wahl der Baumaterialien wurde mit der gröfsten Sparsamkeit verfahren. Die sämtlichen Pfeiler sollten mit Ausnahme ihrer äufseren Verkleidung vollständig aus Beton von 1 Theil Cement und 12 Theilen Kies mit Sand oder Kalksteingeschläg bestehen. Für das Verkleidungsmauerwerk der Zwischenpfeiler, soweit es im Boden sich befindet, waren Cannstatter Tuffsteine angenommen worden. Die Sockelschichten in Terrain- bezw. Wasserspiegelhöhe, welche den Witterungseinflüssen, besonders dem Eisgang am meisten ausgesetzt sind, sollten aus Granit bestehen. Für das sichtbare Verkleidungsmauerwerk der sämtlichen Pfeiler mit anschliefsenden Flügeln, die Aufbauten über den Pfeilerköpfen und die Deckschichten wurden Buntsandsteinquader aus der Umgebung von Freudenstadt und Baiersbronn (Kniebis) in Aussicht genommen. Die härtesten dieser Findlingsteine sollten zu dem Gewölbemauerwerk, welches bei einer mittleren Stärke von 80 cm ganz aus Durchbindern zu bestehen gehabt hätte, verwendet werden; ihre Bearbeitung war rauh, die Aufmauerung mit 2 cm weiten Fugen vorgesehen.

In dem mechanisch-technischen Laboratorium der Königl. technischen Hochschule in München wurden unter Leitung von Professor Bauschinger Elasticitätsproben mit Mauerwerkskörpern, welche aus oben genannten Buntsandsteinfindlingen hergestellt waren, ausgeführt, nachdem schon vorher von Professor Bach in Stuttgart mit denselben Steinen Druckversuche angestellt worden waren, welche eine Druckfestigkeit von mindestens 600 at ergaben. Die Elasticitätsproben dienten zur Vorausbestimmung des Mafses der Zusammendrückung des Gewölbemauerwerks unter der Wirkung bestimmter Drücke, um daraus die erforderliche Ueberhöhung der Lehrbögen im Scheitel berechnen zu können. Für eine Hälfte des mittleren Bogens, welche bei einem Druck von 60 at um 0,0012 der ursprünglichen Länge von 26 m, d. h. um 31 mm, zusammengedrückt worden wäre, hätte die dementsprechende Senkung des Scheitels etwa 155 mm betragen.

Der statischen Berechnung wurde ein Menschengedränge von 400 kg auf das Quadratmeter und ein Lastwagen oder eine Dampfwalze von 360 Ctr. Gesamtgewicht oder 4,5 t Raddruck zu Grunde gelegt. Zum Zwecke gröfstmöglicher Materialersparnifs, um die Linien der im Gewölbe auftretenden gröfsten Druckspannungen in möglichst enge Grenzen einzuschliefsen und um die Berechnung der Inanspruchnahmen überhaupt zuverlässig zu machen, wurden je im Scheitel und in den Kämpfern Stahlgelenke angenommen, durch deren Achse die für eine bestimmte Last vollständig gegebenen Druckcurven gehen müfsten. Aehnliche Gelenkeinlagen haben sich bei einer Reihe der in den letzten Jahren von der Königl. Strafsenbauverwaltung nach den Plänen und Entwürfen von Leibbrand ausgeführten Brücken durchaus bewährt. Anschliefsend an einen in Band III der Annales des ponts et chaussées, Jahrgang 1887, von A. Crepin veröffentlichten Aufsatz, wurde auch die Veränderung der Druckcurve in Folge der Bewegung der Verkehrslast näher untersucht, wobei sich aufser der für die unbelastete Brücke auftretenden Druckcurve zwei weitere Grenzlagen derselben unter Einwirkung der ungünstigsten Stellung der Verkehrslast — je nachdem sie sich von links oder von rechts her dem Brückenscheitel nähert — ergaben. Die Mittellinie dieser Grenzlagen, welche mit der Druckcurve für die unbelastete Brücke nahezu übereinstimmt, wurde als Mittellinie des Gewölbes angenommen. Die Bogenform ist deshalb kein Kreisabschnitt, sondern eine korbbogenähnliche Linie. Hiernach wurde die Gewölbestärke so bestimmt, dafs die mehrfach genannten Grenzlagen der Druckcurven innerhalb des mittleren Drittels des Bogens zu liegen kamen und die Druckbeanspruchung des Gewölbematerials den Werth von 60 at nirgends überschritten hätte. Die Verhältnisse lagen am ungünstigsten beim letzten Bogen auf Cannstatter Seite mit 44,80 m Spannweite, 70 cm Scheitel- und 80 cm Kämpferstärke. Die Inanspruchnahme der Scheitelfuge hätte daselbst 37,6 at, in den Kämpferfugen 35,6 at betragen. Zwischen ihnen liegen die sogenannten gefährlichen Fugen, bei denen die Inanspruchnahme bis 60 at gestiegen wäre. Diese hohe Beanspruchung, welche bei der Güte des zur Verwendung kommenden Materials immer noch zehnfache Sicherheit gegen Bruch geboten hätte, träte auch in den den Stahlgelenken zunächst gelegenen Steinschichten auf, indem für die Grund-

platten der ersteren auf 80 cm bis 90 cm Steinlänge nur 60 cm Länge vorgesehen waren. Die Lagerstühle sollten der hohen Kosten wegen nicht wie sonst üblich aus Gufsstahl, sondern aus gewalztem Martinstahl zusammengenietet werden, welcher Beanspruchungen bis zu 1200 at auszuhalten gehabt hätte. Die gufsstählernen Achsen würden mit 2000 at beansprucht worden sein. Die Gelenke wurden nicht in einem Stück auf die ganze Gewölbelänge durchgehend vorgesehen, sie sollten vielmehr nach dem Entwurf bei 17,5 m Gewölbebreite aus 25 einzelnen Stücken von je 60 cm Länge bestehen. Die Gufsstahlachsen von 50 mm Durchmesser sollten die Stützpunkte der Bogen bilden; dieselben ruhen in gufsstählernen Lagerplatten, welche auf je 60 cm langen, 70 cm breiten, 14 cm hohen zellenartig hergestellten Kästen aus Martinstahl angeordnet waren.

Die Fundamentflächen der Landpfeiler sind so grofs entworfen worden, dafs der Baugrund mit höchstens 5 at beansprucht würde; ihre Länge beträgt 15 m, die Breite 17,5 m.

Eine weitere Eigenthümlichkeit des Entwurfs ergab sich aus der Verschiedenheit der Spannweiten, welche selbst bei unbelasteter Brücke ungleiche Kämpferdrücke auf die Zwischenpfeiler verursacht haben würden. Da die Aufmauerungen über den Gewölben möglichst leicht mit Hohlräumen (sogenannten Spandrills) vorgesehen wurden, so war hiermit auch ein Mittel an die Hand gegeben, durch Ausfüllung der Hohlräume mit Beton eine Bogenhälfte gegenüber der anderen um so viel mehr zu belasten, bis die auf einen und denselben Zwischenpfeiler vom Eigengewicht der Brücke herrührenden Kämpferdrücke gleich grofs geworden wären.

Für die ungünstigste Stellung der Verkehrslast wurde die gröfste Beanspruchung des Baugrunds in den Fundamenten der Zwischenpfeiler zu 15 at gefunden, wobei für den im Grundwasser liegenden Theil der Pfeiler, der Auftrieb (spez. Gewicht des Mauerwerks 1,3 statt 2,3), nicht aber ein thatsächlich vorhandener günstig wirkender Erddruck in Rechnung gezogen wurde. In Kämpferhöhe wurde für die Zwischenpfeiler eine Stärke von 4,0 m, in der Fundamentfuge der beiden Flufspfeiler eine Stärke von 6,5 m, bei den Treppenpfeilern eine solche von 6,0 m in Aussicht genommen.

Die Ausführung der einzelnen Gewölbe sollte nicht auf ihre ganze Breite auf einmal erfolgen, es war vielmehr vorgesehen, sie in fünf getrennten, je 3,26 m breiten Gurten in der Weise herzustellen, dafs in sämtlichen fünf Gewölben zunächst die erste, dann der Reihe nach die zweite, dritte, vierte, fünfte Gurte fertiggestellt worden wäre, um nicht auf die ganze Breite der Brücke Lehrgerüste nöthig zu haben, sondern nur für eine Breite von 3,26 m.

Für die Aufmauerung über den Gewölben war im Innern Beton in verschiedenen Mischungsverhältnissen, an den sichtbaren Stirnen Cyklopenmauerwerk aus hellen Tuffsteinen angenommen, auch für die Spannbögen zwischen diesen Mauern und für die Abdeckung zur Unterstützung der Fahrbahn war Beton vorgesehen.

Die eigentliche Fahrbahnunterstützung sollten 26 cm hohe [Eisen mit dazwischenliegender Betontafel bilden, die quer zur Brücke in Abständen von je etwa 1,50 m zu legen gewesen und als freiaufliegende Balken mit 600 at beansprucht worden wären. Für die Fahrbahn ist 10 cm starkes Holzpflaster, für die Gehwege eine 3 cm starke Asphaltlage vorgesehen worden.

Das Geländer war in einer der Bedeutung der Brücke entsprechenden Ausstattung aus geschmiedeten Füllungen mit schmiedeisernen Pfosten und Seitenverstrebungen vorgesehen.

Um die Enden der Brücke auch äufserlich zu kennzeichnen, wurden als weiterer architektonischer Schmuck vier Thürme, welche die Stelle der sonst bei gröfseren Brückenanlagen üblichen Portale vertraten, so angeordnet, dafs sie den freien Verkehr auf der Brücke in keiner Weise beeinträchtigen. Den Achsen dieser Thurmbauten entsprechend sollten an den beiderseitigen Brückenzufahrten neben den Gehwegen Baumreihen gepflanzt werden.

Besondere Treppenzugänge waren von der Brücke aus auf die Berger Insel mit dem Leuzeschen Mineralbad und auf den Cannstatter Wasen nothwendig; zur Anbringung derselben empfahlen sich die beiden symetrisch zur Brückenmitte gelegenen Zwischenpfeiler der ersten und zweiten bezw. vierten und fünften Oeffnung. Die Treppen wurden dreiarmig vorgesehen, mit einer Ruhbank in halber Höhe. Zwei weitere Treppen wurden mit Rücksicht auf den grofsen Verkehr an den Volksfesttagen zur Verbindung des Stadtwasens mit der Stadt und dem Bahnhof Cannstatt zu beiden Seiten des rechten Landpfeilers beigefügt; sie sollten einarmig mit je zwei Ruhbänken und einer nutzbaren Breite von 3,0 m angelegt werden.

Für den Fahrverkehr ist gleichfalls eine Verbindung von der Brücke aus an deren rechtseitigem Ende mit dem Stadtwasen mittelst zweier Rampen von je 3,5 % Gefäll in nordwestlicher und in entgegengesetzter südöstlicher Richtung vorgesehen worden; sie sollten mit der Verlängerung der Cannstatter Königsstrafse vom Eisenbahndurchlafs bis zur projectirten Cannstatter Dammstrafse und im Zusammenhang mit der Brückenbauanlage zur Ausführung gebracht werden.

Die Kosten für die Steinbrücke ohne die Rampen und die verlängerte Königsstrafse waren zu —: 1300000 ℳ veranschlagt, wovon auf die Gründungsarbeiten allein 380000 ℳ entfallen wären.

Entwurf für eine Brücke in Martineisen.

Nachdem Brücken in Martineisen (weichem Flufseisen) in Frankreich schon seit einer Reihe von Jahren in völlig befriedigender Weise zur Ausführung gebracht worden sind und auch in Deutschland begonnen worden ist, dieses Material, das nicht theurer als Schweifseisen, aber wesentlich tragfähiger als dieses ist, und das bei dem heutigen Stande der Hüttentechnik mit genügender Gleichartigkeit hergestellt werden kann, für Brückenbauten zu verwenden, so erschien die Rücksichtnahme auf dasselbe der Kostenersparnifs wegen wohl begründet.

Behufs besserer Ausnützung des Materials hätte für eine eiserne Brücke eine Anlage mit nur drei Oeffnungen von der nämlichen Gesamtdurchflufsweite, wie sie für die Steinbrücke in Rechnung genommen wurde, in Frage kommen können. Wegen der Vermehrung der Steigung und einer unschönen Wirkung infolge des geringen Pfeilverhältnisses, aufserdem wegen des bedeutend gröfseren Horizontalschubs auf die Endpfeiler wurde jedoch hiervon Abstand genommen und die Eisenbrücke sowohl bezüglich des Visiers als der Gesamteintheilung wie die Steinbrücke behandelt. Dadurch dafs aus praktischen Gründen die Felderlänge der Geländer in sämtlichen fünf Brückenöffnungen gleich grofs gemacht und in der

1. und 5.	Oeffnung	16	Felder
2. und 4.	„	18	„
3. mittleren	„	20	„

vorgesehen wurden, erhielt man für die Brückenöffnungen 41,62 m, 46,86 m und 52,10 m, zusammen 229,06 m Lichtweite; ihnen entsprachen Pfeilhöhen von 4,08 m, 4,57 m, 5,10 m, 4,18 m, 2,91 m (1/10 bis 1/14). Von den angenommenen sieben vollwandigen Hauptträgern der Brücke mit I förmigem Querschnitt und 60 cm Höhe lägen die fünf

mittleren in gegenseitiger Entfernung von 2,46 m, die zwei äufseren Hauptträger in 1,8 m Abstand von den nächtliegenden Bögen. Die Gehwege hätten die äufseren Träger um 1 m überragt.

Holzpflaster und Asphaltbelag waren hier auf 1,31 m weit gespannten 5 cm starken Gewölben aus Eisengerippen mit Cementumhüllung vorgesehen.

Der statischen Berechnung der einzelnen Constructionstheile wurde gleichfalls ein Menschengedränge von 400 kg auf das Quadratmeter bezw. ein Lastwagen oder eine Walze von 360 Ctr. Gesamtgewicht (4,5 t Raddruck) zu Grunde gelegt. Die Form der Bogen ist parabolisch, sodafs bei Eigengewicht und Vollbelastung des Trägers die Drucklinie mit der Mittellinie des Bogens nahezu zusammenfällt. Für die Dimensionenbestimmung waren nachstehende zulässige Inanspruchnahmen mafsgebend:

Tigelgufsstahl der Gelenke 2000 at,
Martineisen . . . . . 1000 at,
Schmiedeisen . . . . . 700 at.

Die Höchstinanspruchnahmen in den Fundamentfugen der Pfeiler, von links nach rechts gerechnet, hätten betragen

2,2, 12,6, 11,6, 11,3, 11,8 und 2,0 at.

Die Kosten der Gründungsarbeiten und die Pfeileraufbauten beliefen sich ebenso hoch wie bei der Steinbrücke; der Gesamtaufwand berechnete sich dagegen unter Zugrundelegung der zur Zeit der Entwurfsaufstellung sehr hohen Eisenpreise auf 1400000 ℳ.

Verhandlungen mit den Betheiligten.

Die beiden Entwürfe für eine Stein- und eine Stahlbrücke bildeten nunmehr die Grundlage für die Verhandlungen des Ministeriums mit den Interessenten. Während die Stadt Cannstatt den vorgelegten Entwürfen zustimmte, wurden seitens der Stadt Stuttgart mancherlei Einwendungen erhoben; es wurde der Ausgangspunkt der neuen Strafse beim Schwanenplatz statt neben der Schwanenwirthschaft, möglichst tiefe Lage der Brücke und Ermäfsigung der Steigungen derselben gewünscht, was zu einer vollständig veränderten Gesamtanlage geführt haben würde. Die Brücke hätte als Joch-, Trog- oder Auslegerbrücke in Eisen gebaut werden müssen, und wenn sich hierbei der Aufwand zum Theil auch wesentlich vermindert haben würde, so hätte doch die ungehindert freie Benutzung der Fahrbahntafel ebenso sehr wie das gute Aussehen der Brücke nothgelitten; es wäre kaum zu verantworten gewesen, wenn an der von der Natur so bevorzugten Stelle, auf welche die Brücke zu stehen kommen sollte, inmitten des anmuthigen Neckarthales und der dasselbe einschliefsenden Berge und in unmittelbarer Nähe landwirthschaftlich und architektonisch reizvoller Anlagen ein das Schönheitsgefühl verletzendes Bauwesen errichtet worden wäre.

Beiträge der Betheiligten zum Brückenbau.

Ein am 7. Februar 1891 unter dem Vorsitz des Staatsministers des Innern von Schmid stattgehabter Zusammentritt mit sämtlichen Interessenten führte erfreulicherweise zu einem befriedigenden Ergebnisse. Die Stadt Stuttgart liefs ihre bisherigen Einwendungen gegen die staatlichen Entwürfe fallen, sie sicherte einen Beitrag von 200000 ℳ zu, auch verpflichtete sie sich zur Beleuchtung der Brücke und deren Zufahrten auf Stuttgarter Markung; die Stadt Cannstatt erbot sich zu einem baren Beitrag von 50000 ℳ, zu unentgeltlicher Ueberlassung des für den Brückenbau dauernd und vorübergehend nothwendigen Areals auf ihrer Markung, zur Herstellung und Unterhaltung der Brückenzufahrt auf Cannstatter Seite, sowie zweier Rampen zum Wasen hinab und einer Zufahrt zum Cannstatter Bahnhof, endlich übernahm sie die Beleuchtung der Brücke auf ihrer Markung; die Amtskörperschaft Cannstatt sagte einen Baubeitrag von 20000 ℳ zu, und endlich leistete die Eisenbahnverwaltung als Entgelt für den Wegfall der ihr obliegenden Last der Unterhaltung des Gitterstegs einen Zuschufs von 20000 ℳ, den sie später auf 24000 ℳ erhöhte. Die Militärverwaltung hat keinen Zuschufs gegeben. So waren im ganzen 290000 ℳ Barbeiträge gesichert und staatlicherseits war daher rund noch 1000000 ℳ aufzubringen.

Der von dem Verfasser des Planes angeregte Gedanke, eine neue Strafsenanlage von der Vereinigung der Neckarstrafse mit der Cannstatter Strafse bis zur neuen Brücke ins Auge zu fassen als künftige Hauptzufahrt zu letzterer, fand seitens der Stadt Stuttgart freundliche Aufnahme, nachdem der Ueberlassung der hierzu erforderlichen Bodenfläche der Königl. Anlagen von allerhöchster Stelle die Genehmigung nicht versagt worden war.

Aufstellung einer Etatsforderung für den Brückenbau.

In den Nachtrag zum Finanzgesetz für 1891/93 wurde hierauf seitens der Königl. Regierung unter anderem beantragt, aus dem Vermögen der Restverwaltung als erste hälftige Baurate $^1/_2$ Million Mark für den Bau der Brücke zu bewilligen. In der Sitzung der Kammer der Abgeordneten vom 28. April 1891 vertrat der Staatsminister des Innern v. Schmid die Exigenz, indem er auf die Bedeutung des Brückenbaues für die allgemeinen Landesinteressen und die grofsen finanziellen Leistungen Stuttgarts beim Aufbringen aller Steuern und insbesondere des Landesaufwands für das Strafsenwesen hinwies. Der von einer Seite in der Kammer der Abgeordneten ausgesprochene Gedanke, den betheiligten Gemeinden nur einen Staatsbeitrag zu dem von ihnen selbst auszuführenden Brückenbau zu bewilligen, wurde seitens der Regierung mit dem Hinweis darauf zurückgewiesen, dafs der Staat ein Bauwesen von der Bedeutung des vorliegenden, bei dem ihm selbst die gröfste Leistung zufalle, auch selbst in der Hand behalten müsse; nachdem der Minister Zweifeln gegenüber, ob die berechnete Bausumme auch zureichen werde, auf das Bestimmteste versichert hatte, dafs die exigirte Summe zureichen müsse und werde, genehmigte die Kammer der Abgeordneten $^1/_2$ Million Mark als erste hälftige Baurate nahezu einstimmig; die erste Kammer trat diesem Beschlusse bei und durch Finanzgesetz vom 7. Juni 1891 wurden die Mittel zur Inangriffnahme der Brücke verfügbar.

Genehmigung des Brückenbaues.

Am 21. Juli 1891 genehmigte Seine Majestät der König Karl I. die Inangriffnahme der Bauanlage, dabei wurde gutgeheifsen, dafs das Ergebnifs der Gründungsarbeiten abgewartet werden müsse, ehe darüber Entscheidung getroffen werden könne, ob eine Stein- oder Eisenbrücke auszuführen sei.

II. Geschichte der Bauausführung.

Grunderwerbungen und Beschaffung von Arbeitsplätzen.

Nach Genehmigung des Brückenbaues wurden sofort die zu demselben nöthigen Grunderwerbungen und Grundstückspachtungen vorgenommen.

Im Besitz des gröfsten Theils des in Betracht kommenden Areals auf Stuttgarter Markung diesseit des Mühlcanals stand die K. Staatsfinanzverwaltung, welche der K. Strafsenbauverwaltung die zur Brücke und deren linker Zufahrt bleibend erforderlichen, sowie auch die nur vorübergehend für Bauzwecke nöthigen Flächen gegen Bezahlung des darauf entfallenden Pachtgeldes und gegen Abtretung der nach Herstellung des nördlichen Theils der Dammstrafse zwischen dieser und der neuen Brückenzufahrtsstrafse entbehrlich werdenden Strecke der Canstatter Staatsstrafse zur Verfügung gestellt hat.

Die K. Eisenbahnverwaltung überliefs der Strafsenbauverwaltung zur Herstellung der linken Brückenzufahrt den in ihrem Eigenthum befindlichen, auf Stuttgarter Markung gelegenen Fufsweg samt dem eisernen Gittersteg unentgeltlich.

Auf der Canstatter Markung — jenseit des Flofscanals — handelte es sich in der Hauptsache um Grund und Boden der Stadt Cannstatt selbst. Mit ihr wurde die Vereinbarung getroffen, dafs sie zu den Pfeilern und Treppenanlagen der neuen Brücke den erforderlichen Grund und Boden auf der Berger Insel und dem sogenannten Stadtwasen in das Eigenthum der K. Strafsenbauverwaltung abtrete und derselben das dauernde Recht einräume, das unter der Brücke befindliche, sowie das daran grenzende städtische Areal für die Zwecke der Brücke unentgeltlich betreten und benutzen zu dürfen. Aufserdem hat sich die Stadt verpflichtet, über die Dauer des Brückenbaues die zu Lager- und Werkplätzen nöthigen, in ihrem und im Privatbesitz befindlichen Flächen der Strafsenbauverwaltung unentgeltlich zur Verfügung zu stellen und die zur Herstellung der Verlängerung der Königsstrafse bis zum Ortpfeiler der Brücke, zu den beiden Rampen zum Wasen und zur Zufahrtsstrafse zum Güterbahnhof erforderlichen Flächen sofort zu erwerben, auch deren Benutzung als Werk- und Lagerplätze über die Bauzeit der Bauverwaltung kostenlos einzuräumen.

Für ausgedehnte Arbeitsplätze in zweckmäfsiger Lage war damit in vollauf genügender Weise gesorgt worden; dieselben umfafsten einen Flächenraum von 3,1 ha.

Beschaffung von Steinen für den Brückenbau. Erwerbung eines Steinbruchs im württembergischen Schwarzwald.

Insolange die Herstellung einer gewölbten Steinbrücke in Frage stand, war beabsichtigt, die dem mittleren Buntsandstein angehörigen in grofser Menge vorhandenen Waldfindlinge auf dem Kniebis im sogenannten Buchschollen zu verwenden, welche nach den im Jahre 1891 angestellten Versuchen eine Druckfestigkeit von 680 at. besafsen. Nachdem jedoch die Ausführung einer eisernen Brücke nothwendig geworden war, wurde von den grobkörnigen, im Aeufseren nicht tadellosen Steinen vom Kniebis abgesehen, und den feinkörnigen gleichartig gefärbten oberen Buntsandsteinen vom Aischfeld bei Alpirsbach, welche nahezu vollständig frei von Einsprengungen sind, und eine Druckfestigkeit von nicht unter 630 at. besitzen, der Vorzug gegeben.

Bei einem Bedarf von etwa 1700 cbm schien es zweckmäfsig, einen unmittelbar neben der Staatsstrafse von Obernndorf nach Alpirsbach gelegenen, 8 ar grofsen Steinbruch mit etwa 3 m hoher abbaubarer Felswand um etwa 1400 ℳ zu erwerben.

Unfern davon, in der sogenannten Teufelsküche bei Röthenbach im Kinzigthal, konnte schöner Granit zum Aufbau der Ortpfeiler erhalten werden. Die Buntsandsteine und der Granit kamen in Alpirsbach zur Eisenbahn und wurden auf derselben bis Cannstatt geführt.

Vergebung der Arbeiten in getrennten Gruppen.

Die für die Aufstellung eines Brückenentwurfs vorgenommenen Grunduntersuchungen haben die Ergebnisse älterer Bohrungen auf Sauerwasser im Neckarbecken bei Cannstatt bestätigt, wonach hier eine ungewöhnlich grofse Unregelmäfsigkeit der geognostischen Lagerungsverhältnisse vorhanden ist; befindet man sich doch in der Nähe einer etwa 25 km langen geognostischen Trennungsspalte, die Höhenunterschiede der abgebrochenen Lettenkohlen- und Muschelkalkschichten von etwa 70 m erkennen läfst; man mufste daher darauf gefafst sein, dafs sich auch innerhalb der Baugruben der einzelnen Pfeiler selbst unvorhergesehene Schwierigkeiten und Ueberraschungen ergeben, welche auf die Baukosten von wesentlichem Einflufs werden konnten. Diese Thatsache, sowie der Umstand, dafs eine Ueberschreitung der genehmigten Bausumme unter allen Umständen verhütet werden sollte, liefs es als zweckmäfsig erscheinen, den Bau nicht auf einmal, sondern in getrennten Gruppen zu vergeben. Dementsprechend erfolgte zuerst die Vergebung der Gründungsarbeiten und später, nachdem man über deren Umfang völlige Sicherheit gewonnen hatte, und ihren Kostenaufwand übersehen konnte, ist man zur Verdingung der übrigen Arbeiten geschritten; erst zuletzt, als man sicher war, dafs die verwilligten Gelder zureichen werden, ist an die architektonische und künstlerische Ausschmückung der Brücke herangetreten worden.

Baubeginn und Reihenfolge der Vergebung der Arbeiten.

Am 19. August 1891 sind die Gründungsarbeiten zur Erbauung der neuen Brücke einschliefslich der Gerüste an die Firmen Philipp Holzmann & Cie. in Frankfurt a/M. und Joofs & Cie. in Stuttgart vergeben worden. Die Lieferung des Cementes hatte die Portlandcementfabrik Karlstadt a/M. übernommen. Anfangs October 1891 wurden die Bauarbeiten in Angriff genommen. Infolge des Ergebnisses bei der Gründung der Endpfeiler war man, wie unten des Näheren ausgeführt werden wird, genöthigt, vom Bau einer gewölbten Steinbrücke abzusehen und eine Brücke mit flufseisernem Oberbau auszuführen. Es wurden alsdann vergeben:

- am 28. Januar 1892 der Martineisenoberbau,
- am 27. Juni 1892 die über Wasser liegenden Theile der Pfeiler bis auf Fahrbahnhöhe,
- am 14. December 1892 die Geländeranlagen,
- am 12. Januar 1893 die Pfeileraufbauten (Pylone und Postamente), sowie die Herstellung der Brückentafel und der Brückenzufahrten,
- am 19. Januar 1893 die Bildhauerarbeiten,
- am 10. Juni 1893 der Anstrich des Oberbaues,
- am 15. Juni 1893 die eiserne Verzierung der Brückenstirnen,
- am 19. August 1893 die vorübergehend als Modelle aufgestellten Figuren vor den Pylonen.

Fortgang der Bauausführung.

Der weitaus gröfste Theil der Baumaterialien mufste mit der Bahn herbeigeschafft werden.

Da der Bauplatz in der Nähe des Bahnhofs Cannstatt gelegen war, so gestaltete sich die Beifuhr der Materialien mittels Rollbahn um so zweckmäfsiger, als die Achsfuhrwerke zur Insel und zum Berger Vorplatz den grofsen Umweg über die Wilhelmsbrücke zu nehmen hatten. Die zur Aufnahme zweier Gleise bestimmte Arbeitsbrücke führte vom westlichen Ende des Bahnhofs Cannstatt über die verlängerte Königsstrafse und der neuen Brücke entlang über den Neckar und den Flofscanal zum Berger Brückenvorplatz. Die Höhenlage der Arbeitsbrücke ist derart gewählt worden, dafs der aus den Baugruben der Pfeiler ausgehobene Boden auf der Brücke in die Auffüllungen der linken und rechten Brückenzufahrt abgeführt werden konnten.

Die Verbindung der Rollbahnen der Arbeitsbrücke mit denjenigen der Pfeilergerüste geschah mittels Weichenanlagen. Auf den Lager- und Werkplätzen befanden sich gleichfalls Gleiseanlagen.

Die Arbeits-Brücke mit den Gleiseanlagen gehörte der Bauverwaltung. Dieselbe hat sich dadurch das freie Verfügungsrecht gewahrt und sie konnte die genannten Anlagen den einzelnen Unternehmern bis zum Schlufs des Brückenbaues in Benützung geben. Hiervon ist denn auch in der ausgiebigsten Weise Gebrauch gemacht worden. Von 2500 mit Baumaterialien beladenen Eisenbahnwagen wurde der gröfste Theil auf der Arbeitsbrücke zur Baustelle geschafft.

Nach dem Ergebnifs der Grunduntersuchungen vom Jahre 1888/89 glaubte man an der Stelle der beiden Endpfeiler in einer Tiefe von etwa $1^1/_2$ m unter Niederwasser auf eine Kiesfelsschichte rechnen zu dürfen, welche zur Aufnahme der Endpfeiler, denen eine beliebig breite Grundfläche gegeben, und bei denen daher der Druck auf die Unterlage mäfsig gehalten werden konnte, genügend sicher erschien. Die Tiefe der Fundamentsohle unter dem Niederwasser war zu 2 m geplant. Der linke Endpfeiler konnte fast durchweg 0,7 bis 0,8 m unter Niederwasser auf festem Tuff und darunter liegendem Kiesfels und Kies gegründet werden. Der rechtseitige Endpfeiler dagegen brachte eine leidige Täuschung, indem der daselbst angefahrene Kiesfels sich nur auf die Hälfte der Baugrube erstreckte; in der anderen Hälfte fand er seine Fortsetzung durch schlammigen Kies auf 4 m dickem Letten. Auf solchem Grund konnte ein sicherer Stützpunkt für eine die Fundamentsohle mit 5 at. pressende Steinbrücke nicht gewonnen werden; Pfähle boten keinen genügenden Ersatz für Fels; es wäre daher nur möglich gewesen, auch hier mit Luftdruck 9 bis 10 m tief bis auf die festen Mergel zu gründen, was einen Mehraufwand von etwa 100000 ℳ zur Folge gehabt hätte. Hierzu standen keine Mittel zur Verfügung. Man entschlofs sich defshalb ohne Weiteres zur Ausführung einer Stahl- (Martin-Eisen) Brücke, nachdem die Eisenpreise seit der erstmaligen Aufstellung des Voranschlags um wenigstens 25 % zurückgegangen waren. Eine Stahlbrücke drückt den Baugrund (Kies) des rechten Ortpfeilers nur mit 3 at., und hierfür erschien er tragfähig genug.

Die Reihenfolge für die 9 bis 10 m unter Niederwasser nach dem Luftdruckverfahren auf die festen Mergel der Lettenkohle zu gründenden Zwischenpfeiler ergab sich durch den Betriebsplan für die Aufstellung des Brückenoberbaues. Dementsprechend kamen nacheinander die Fundamente des rechten Treppenpfeilers, der beiden Flufspfeiler und schliefslich des linken Treppenpfeilers zur Ausführung.

Im allgemeinen war der Arbeitsfortgang bei den Treppenpfeilern besser als bei den Flufspfeilern, was theilweise der Entbehrlichkeit der Aufhängevorrichtung bei jenen zuzuschreiben sein wird; von wesentlichem Einflufs waren auch Verbesserungen an den Betriebseinrichtungen, welche sich der Geschäftsleiter der Unternehmer, Ingenieur Wendehorst, angelegen sein liefs; die Arbeiter wurden aufserdem allmälig durch den sicheren Betrieb und den lohnenden Verdienst zu gesteigerter Thätigkeit angespornt. Die höchste Leistung wurde am linken Treppenpfeiler erreicht, obwohl dort die Untergrundsverhältnisse am ungünstigsten lagen und die gesamte Versenkungstiefe diejenige der übrigen Pfeiler übertraf. Die Materialentleerung erfolgte hier nicht auf dem Gerüste in der Höhe der Arbeitsbrücke, sondern in Terrainhöhe, sodafs eine wesentliche Ermäfsigung der Förderhöhe erzielt wurde. Auf einer schiefen Ebene wurden alsdann die Karren mit einer Winde auf die Arbeitsbrücke gezogen und von da in die Auffüllung abgeführt.

Die mit der Senkkastengründung durchfahrenen Schichten bestanden in schlammigem, durch Eisenoxydhydrat der kohlensauren Wasser zum Theil tiefgelb gefärbtem Kies mit Broken von Sauerwasserkalk, in Schlammgrund mit Keuperletten, Muschelkalk- und Lettenkohlendolomit, plastischen blauen Letten (zersetzte Lettenkohlenmergel) und anstehender Lettenkohle. Die oberen weichen Mergelbänke der letzteren wurden ausgegraben, und die Pfeiler erst in den darunter liegenden festen Mergelbänken aufgesetzt, welche, wie die Bohrungen ergeben haben, von grofser Mächtigkeit sind. Die Dicke der Boden- und Gesteins-Schichten war in den einzelnen Pfeilern verschieden; am rechten Ufer traten die plastischen blauen Letten stärker hervor, am linken Ufer dagegen herrschte der zersetzte Lettenkohlendolomit vor; auch machte sich hier infolge der Einwirkung der Sauerwasserquellen auf der Insel eine gröfsere Unregelmäfsigkeit der Schichtenfolge überhaupt bemerkbar.

Dr. Eberhard Fraas in Stuttgart hat die Bauverwaltung bei der Gründung in geognostischer Beziehung in sachverständiger Weise berathen.

In der Fundamentgrube des Treppenpfeilers auf der Insel ist in der Tiefe von $4^1/_2$ m unter der Erdoberfläche eine Anzahl alter eichener dreiseitig zugespitzter Pfähle angetroffen worden, welche nach dem Urteil von Alterthumsforschern von einem Römerbau herstammen.

Das in Württemberg ungewöhnliche Schauspiel der Druckluftgründung hat einer grofsen Zahl von Technikern, Vereinen usw. Veranlassung gegeben, die Baustelle zu besuchen und das Verfahren in Augenschein zu nehmen.

Am 2. April 1892 besichtigte Seine Majestät der König mit Ihrer Majestät der Königin und einer gröfseren Zahl von Gliedern des Königlichen Hauses die Baustelle, als gerade die Luftdruckgründungsarbeit in vollem Gange war und der linksseitige Flufspfeiler-Senkkasten zum Versenken bereitstand.

Wie schon oben angedeutet, sah sich die Bauverwaltung zu ihrem Leidwesen gezwungen, von der Ausführung einer Steinbrücke infolge der am rechten Endpfeiler angetroffenen schlechten Untergrundsverhältnisse abzusehen. Nachdem die Genehmigung zur Erstellung einer Brücke mit Martineisen-Ueberbau ertheilt worden war, sind, um dem Spiel der geistigen Kräfte freien Raum zu geben, acht gröfsere Brückenbau-Firmen zu einem Wettbewerb eingeladen worden, nämlich die Maschinenfabrik Efslingen in Efslingen, die Maschinenfabrik von Wälde, Kade u. Erath in Steinbach OA. Hall, die Maschinenbau-Actiengesellschaft Nürnberg (Filiale Gustavsburg bei Mainz), das Eisenwerk Kaiserslautern, Philipp Holzmann u. Comp. in Frankfurt a. M., die Actiengesellschaft für Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie Union in Dortmund, die Actiengesellschaft Harkort in Duisburg a. Rh. und die Gutehoffnungshütte, Actienverein für Bergbau und Hüttenbetrieb in

Oberhausen i. Rheinland. Die Grundlage für den Wettbewerb gab der Entwurf der Verwaltung für eine Martineisen- oder Stahlbrücke. Als gröfste Belastung war 400 kg/qm in der Fahrbahn, 560 kg/qm auf den Gehwegen, sowie der Uebergang einer Dampfwalze mit 20 t Gewicht vorgeschrieben. Der Winddruck sollte mit 150 kg/qm, der gröfste Temperaturunterschied mit 50° C. in Rechnung genommen werden. Die gröfste Inanspruchnahme auf Zug und Druck war für Schmiedoeisen auf 700, für Martineisen auf 1000, für Tigelgufsstahl auf 2000 at. festgesetzt worden.

Es kamen 6 Entwürfe ein. Die Forderungen bewegten sich zwischen 681000 und 385000 ℳ. Besondere Erwägung beanspruchte ein Entwurf der Maschinenbau-Actiengesellschaft Nürnberg, bei welchem sichelförmige Bogenträger vorgeschlagen waren; ferner der von Oberingenieur Kübler bearbeitete Entwurf mit parabelförmigen Bogenträgern der Maschinenfabrik Efslingen, welcher sich in der Hauptsache an den Entwurf der Verwaltung anschlofs. Nach weiteren Verhandlungen mit beiden Firmen entschied sich das Ministerium für den etwas umzugestaltenden Efslinger Entwurf, besonders deshalb, weil derselbe eine bessere ästhetische Wirkung versprach, als die dem gröfseren Publicum ungewohnten sichelförmigen Träger des Nürnberger Entwurfs. Der Maschinenfabrik Efslingen (Generaldirector Grofs) wurde demgemäfs die Lieferung des eisernen Oberbaues der Brücke in weichem Martineisen im Gewicht von 1322 t um 422000 ℳ übertragen. Der Maschinenfabrik Nürnberg dagegen ist für ihre im übrigen vorzügliche, sehr umfassende Arbeit eine Anerkennung im Betrag von 5000 ℳ zugebilligt worden.

Nachdem der eiserne Ueberbau vergeben und die Gründung der Zwischenpfeiler nahezu zu Ende gebracht war, nachdem sich also die hierfür nöthigen Aufwendungen übersehen liefsen, wurde Ende Juli 1892 zur Vergebung der Arbeiten für den Aufbau sämtlicher Pfeiler geschritten. Im Juli 1892 begannen die Pfeileraufbauten, bis Mitte December wurden der rechtsseitige End- und der Treppenpfeiler bis zur Gesimshöhe, der rechtsufrige Flufspfeiler und der linke Endpfeiler bis zur Auflagerhöhe fertig. Der aufsergewöhnlich kalte Winter 1892/93 erschwerte das Abräumen der 7 m bis 8 m hohen Erdwand über den Felsen im Steinbruch jedoch so sehr, dafs sich die Wiederaufnahme der Steinbrucharbeiten bis zu Anfang April 1893 verzögerte. Von da ab wurde der Betrieb indessen so lebhaft gestaltet, dafs wenigstens der Schlufstermin für die Vollendung aller Arbeiten eingehalten werden konnte.

Die Pfeileraufbauten samt Treppenanlagen führten Joofs & Co. in Stuttgart aus. Die Cementlieferung für den Pfeileraufbau wurde dem württembergischen Portlandcementwerk Lauffen a. N. übertragen. Die Granitstufen lieferten Lauser & Schäfer in Stuttgart aus dem Fichtelgebirgsgranitwerk von Künzel, Schedler & Cie. in Schwarzenbach a. S.

In der mit der Maschinenfabrik Efslingen vereinbarten Summe für die Herstellung des eisernen Ueberbaues war die Ausführung der Aufstellungsgerüste inbegriffen. Bei deren Anordnung mufste auf den ungehinderten Abgang des Eises, den Abflufs der Hochwasser, auf den Verkehr mit Flöfsen im Flofscanal, mit Schiffen auf dem Neckar, sowie auf den Fufsgänger- und Fuhrwerksverkehr auf den Wegen der Insel und des Wasens, insbesondere an Volksfesttagen, Militär-Paraden usw. Rücksicht genommen werden. Diese Gerüste waren der Bauverwaltung zur Benützung bei der Montirung der Verzierungen des Eisenwerks und der Geländer, sowie auch zum Anstrich der Eisenconstruction und zu sonstigen Regiearbeiten aller Art kostenslos zu überlassen. Der Fortgang der Aufstellung des eisernen Ueberbaues wurde so angeordnet, dafs mit den beiden Oeffnungen auf der Cannstatter Seite zu beginnen war; nach diesen kamen die 2 Oeffnungen auf der Stuttgarter Seite und zuletzt erst die Mittelöffnung über den Neckar an die Reihe.

Die Ausführung des Gerüstes hatten Gebrüder Klett, Zimmergeschäft in Cannstatt, übernommen.

Am 27. September 1892 ist mit der Aufstellung des Gerüstes in der 1. Oeffnung auf Cannstatter Seite, am 20. October mit der Aufstellung der Eisenconstruction begonnen worden und in demselben Jahr noch vor Eintritt des Winters wurden die beiden Oeffnungen rechts vom Neckar bis auf den Belag aufgestellt. Mit der Aufstellung der beiden Oeffnungen auf Stuttgarter Seite wurde am 8. Mai 1893 bezw. 8. Juni begonnen, mit der Mittelöffnung (Neckarbogen) am 1. Juli 1893 und am 19. August war der eiserne Ueberbau in allen Theilen fertiggestellt. Sehr förderlich war es, dafs die Vernietungen in der Hauptsache in der Brückenbauwerkstätte in Cannstatt vollzogen werden konnten. Es wurden möglichst grofse Theile auf die Baustelle gefahren, hier mittels Krahne gehoben und mit Rollbahn und Maschinenwagen zur Verwendungstelle gebracht. Das Lösen der Keile unter den eisernen Bögen und das Freilegen der letzteren erfolgte am 5. und 7. August 1893. Ingenieur Baither in Cannstatt hatte die Ausführung des eisernen Ueberbaues für die Fabrik zu leiten.

Der umfangreichen Aufgabe der Prüfung des Entwurfs der Maschinenfabrik Efslingen über den eisernen Ueberbau unterzog sich in dankenswerther Weise Prof. Dr. Weyrauch in Stuttgart mit zwei Ingenieuren der Verwaltung. Die sämtlichen Constructionstheile wurden hierbei auf das Sorgfältigste rechnungsmäfsig geprüft. Infolgedessen erschienen theilweise Verstärkungen einzelner Theile mit einem Mehraufwand von 9600 ℳ rathsam. Als sich später der Gemeinderath von Stuttgart dem Gesuch der Maschinenfabrik von G. Kuhn in Berg anschlofs, das dahinging: die Eisenconstruction so stark auszuführen, dafs mit geladenen Eisenbahnwagen und mit sonstigen Lasten bis zu 40 t auf dem Pferdebahngleise gefahren werden könne und dürfe, mufste eine weitere Verstärkung der Querverbände mit einem Aufwand von 4000 ℳ angeordnet werden und ein besonders schweres Profil der Haarmannschen Schwellenschienen zur Anwendung gelangen. Für den hierdurch erwachsenen Mehraufwand trat die Pferdebahngesellschaft ein.

Der Anstrich des eisernen Oberbaues wurde von Decorationsmaler Chr. Kämmerer und Zimmermaler Karl Brachold in Stuttgart ausgeführt.

Die Pflasterung der Brücke geschah mit Fichtenholzklötzen auf Betonunterlage in französischer Weise durch die Firma Braun & Volz in Stuttgart, welche auch die Gehwege asphaltirt haben.

In der 11 m breiten Fahrbahn befinden sich zwei Pferdebahngleise, deren Anlage und Betrieb auf der Brücke und den im Eigenthum der Strafsenbauverwaltung befindlichen Zufahrten der Gesellschaft der Stuttgarter Strafsenbahnen zum Zweck des Personen- und Güterverkehrs gestattet worden ist, und zwar zunächst für die Dauer der von der Stadt Stuttgart an die Stuttgarter Pferdeeisenbahngesellschaft verliehenen Concession zur Anlage und zum Betrieb der Pferdeeisenbahnlinien zwischen der Vorstadt Berg und Stuttgart, also bis zum 31. December 1919.

Die Pferdebahn-Gesellschaft ist verpflichtet, auf ihre Kosten und Gefahr alle Arbeiten und alle Anschaffungen an Material, soweit diese zum Bau, Betrieb, zur Erneuerung und Unterhaltung der Bahnen, sowie zur Sicherstellung des übrigen Verkehrs auf den betreffenden Strafsen und der Brücke während der ganzen Concessionsdauer erforderlich sind, auszuführen.

Ueber die Anlage der Pferdebahn, die Unterhaltung derselben, sowie der Strafsen- und Brückenfahrbahn, und hinsichtlich des Betriebs, sind seitens der Strafsenbauverwaltung die nothwendigen Bestimmungen getroffen worden.

Die Ausführung der Bahnanlage auf der Brücke und der linken Zufahrt erfolgte gleichzeitig mit den Pflasterungen und der Chaussirung durch die Bauverwaltung auf Kosten der Gesellschaft.

Der Betrieb wurde alsbald nach Eröffnung der Brücke aufgenommen und ohne Anstand aufrecht erhalten. Die Gleise endigen am Cannstatter Endpfeiler; die Fortsetzung der Bahn dürfte aber in Bälde sowohl zur Stadt Cannstatt als auch nach dem Güterbahnhof erfolgen.

Die Witterungs- und Wasserstandsverhältnisse waren während der ganzen Bauzeit aufserordentlich günstig und beständig. Eine gröfsere Unterbrechung fand nur während des Winters 1892/93 statt und zwar von Mitte Dezember 1892 bis Anfangs März 1893. Der höchste während des Baues beobachtete Wasserstand erreichte am 31. December 1891 2 m über Niederwasser. Die Wasserstände vom 27. Januar 1892, 26. October 1892 und 3. Februar 1893 betrugen 0,60 m, 1,20 m und 1,50 m über N. W. Der so bedrohliche Eisgang vom 2. Februar 1893 hat einen nennenswerthen Schaden an der Brücke und den Gerüsten nicht verursacht, weil die besonders gefährdeten Gerüste im Neckar vor Eintritt des Eisschubs abgetragen und hernach wieder aufgestellt wurden.

In die Bauzeit fielen die heifsen Tage des Monats August 1892 und der sehr warme, aufsergewöhnlich trockene Sommer 1893, die die Arbeiten fast zum Erlahmen brachten.

Anfang October 1891 ist mit dem Bau der Brücke begonnen worden. Ende September 1893, also nach zwei Jahren, war sie in allen Theilen vollendet. Auch die Arbeits- und Werkplätze waren auf den Tag der Eröffnung, am 27. September, geräumt und eingeebnet und sämtliche Gerüste entfernt.

Brückeneröffnung.

Die feierliche Eröffnung der Brücke war auf den 27. September 1893 festgesetzt. Die Zubereitung des Festplatzes geschah in einer der Bedeutung des Tages würdigen Weise.

Am Anfang der Zufahrtsstrafse auf Stuttgarter Seite und am oberen Ende der zweitheiligen Zufahrtsstrafse von Cannstatt her waren Ehrenpforten errichtet. Die Ränder der Gehwege der Zufahrten und Rampen, sowie der künftigen mit Tannenreis bedeckten Rasenfläche des Brückenvorplatzes bei Berg waren mit Birken und Fichten besetzt; dazwischen waren Flaggenbäume gestellt. Den vorgesehenen Baulinien entlang standen mit Tannenreis verhängte Zäune. Auf der Brücke selbst waren vierzig Flaggenbäume aufgestellt. Das Königszelt ward an der Brückeneinfahrt auf Stuttgarter Seite errichtet. Für die Damen der zum Feste Geladenen standen auf beiden Seiten der Brücke Tribünen zur Verfügung. Der ganze Festplatz bot ein überaus anmuthiges Bild.

Der Festakt selbst verlief in folgender Weise:

Die Mitglieder des Königlichen Hauses und des Königlichen Hofes und die höchsten Spitzen der Staatsregierung, sowie die sonstigen Geladenen erwarteten Ihre Majestäten auf dem Brückenvorplatz auf Stuttgarter Seite. Nach dem Vortrag der Begrüfsungshymne durch eine Musikcapelle ergriff Seine Excellenz der Herr Staatsminister des Innern v. Schmid das Wort zu folgender Ansprache:

Euere Königlichen Majestäten gestatten mir zuvörderst den Ausdruck innigen Dankes für die hohe Gnade, dafs Euere Majestäten durch höchst Ihr persönliches Erscheinen der heutigen Feier die schönste Weihe geben.

Dieser nunmehr vollendet dastehende, nach der culturellen und technischen Seite monumentale Bau ist entsprungen aus einem echten Königsgedanken, welchen weiland König Karls Majestät mit vorausschauendem Regentenblick gefafst hat; und, nachdem die betheiligten Städte und Körperschaften ihre Interessen entsprechend gewerthet und bethätigt, die Stände des Landes aber durch eine patriotische That die Staatsmittel bereit gestellt hatten, waren es Euer Königliche Majestät, welche dem an einem Wendepunkt angelangten Bau mit weiser Vorsicht und kräftiger Hand feste Richtung und sicheres Ziel gegeben haben.

In diesem Sinne steht ein Königswerk vor unseren Augen. Die neue Brücke bedeutet nicht blos, sondern sie ist die Verbindung der Gegenwart mit der Zukunft in der Entwicklung der Hauptstadt Stuttgart und der Schwesterstadt Cannstatt; sie ist der Wegweiser und die Vermittelung für die mehr und mehr wachsenden wirthschaftlichen Kräfte im Centrum des Landes; sie ist aber auch im höheren Sinn Eigenthum des ganzen württembergischen Volkes. Wer in nicht zu ferner Zeit an dieser Stätte steht, der hört unter dem Zeichen des Verkehrs den Herzschlag des Landes.

So möge denn dieser Monumentalbau noch den spätesten Geschlechtern Zeugnifs ablegen von der weisen Fürsorge unserer erlauchten Regenten, sowie von dem thatkräftigen Zusammenwirken der Königlichen Regierung, der betheiligten Städte und der Stände des Landes.

Hierauf nahm Oberbürgermeister Rümelin von Stuttgart das Wort:

Euer Königliche Majestät!

Durch das grofse Werk, das hier vollendet vor unseren Augen liegt, ist das Herz des württembergischen Landes erschlossen und dem Verkehr von Euer Majestät Residenzstadt die einzig mögliche Bahn gebrochen worden. Die Vertreter der Stadt Stuttgart sind es daher vor allem, die sich erlauben, Euer Majestät den ehrfurchtsvollsten Dank für diese Schöpfung auszusprechen, die sich als ein Werk von hoher cultureller Bedeutung darstellt, das seine Vollendung Euer Majestät segensreicher Regierung verdankt. Stolzer wölbt sich in Deutschlands Gauen über keinen Strom eine Brücke, als dieser schöne, herrliche Bau, der auch nach Jahrhunderten dankbaren Enkeln kündigen wird, welche Werke des Friedens Württembergs Könige in ihrem Lande geschaffen haben.

Nun folgte Oberbürgermeister Nast von Cannstatt mit folgenden Worten:

Wenn je die Gemeinde Cannstatt Grund hatte, von Gefühlen des Dankes beseelt zu sein, so ist's am heutigen Tage der Fall, an welchem dieses grofsartige, herrliche, für unsere Stadt hochbedeutsame Werk vor Beginn des Verkehrs die Weihe durch Euer Majestät erhalten soll, ein Werk, das zweien Königen ein Denkmal für ewige Zeiten bilden wird. Und noch weiter gestaltet sich der heutige Tag für uns als Freudentag; ist's ja doch zum erstenmale, dafs es unserer Gemeindevertretung vergönnt ist, unseren in Ehrfurcht geliebten König mit seiner hohen Gemahlin in unseren Mauern festlich zu empfangen und die Versicherung unverbrüchlicher Treue entgegenbringen zu können. Möchten alle Wünsche, welche aus Königlichem Munde schon vor Vollendung dieser neuen Verbindung zwischen Euer Majestät erster Residenz und unserer im Aufblühen befindlichen kleinen Stadt des Oefteren ausgesprochen worden sind, in Erfüllung gehen.

Sicher aber wird der heutige Tag immerdar dafür Zeugnifs ablegen, dafs unsere gute Stadt Cannstatt Euer

Majestät treue Gesinnungen für alle Zeiten bewahren und nie des Dankes vergessen wird für alle Wohlthaten, die ihr durch Königliche Huld und Gnade in so reichem Mafse zugeflossen sind.

Der Erbauer der Brücke, Präsident v. Leibbrand:

In zweijähriger ernster Arbeit hat die Ministerialabtheilung für den Strafsen- und Wasserbau die Brücke dem ihr gewordenen allerhöchsten Auftrag entsprechend zur Ausführung bringen lassen. Dabei haben sich Euer Königlichen Majestät Ingenieure bemüht, ein Werk zu schaffen, das voll und ganz auf der heutigen Höhe technischen Wissens und Könnens steht. In treuer Mitwirkung erfahrener Unternehmer, tüchtiger Werkstätten und Gewerksmeister, wohlgeschulter Arbeiter, ist auch nur gute Arbeit zuwege gebracht worden.

So hoch die Brücke über dem Spiegel des Neckars liegt, so tief hinab wurden die meisten ihrer Fundamente bis auf den tragfähigen Fels gesenkt, nach einem im Lande bisher nicht geübten Verfahren. Mächtig ragt die Brücke über das Thal, getragen von kräftigen Flufseisenbögen, in allen Theilen wohl geprüft, geschaffen um den anstürmenden Wogen des Hochwassers, wie den mächtigsten Stöfsen des Eisgangs zu widerstehen. Gebaut für die schwersten Lasten, wird die Brücke — dies ist die Ueberzeugung der Bauleute — Jahrhunderte zu überdauern vermögen, wenn nicht die Erde hier in ihren Grundfesten erschüttert wird, wofern nicht die Noth des Krieges zu ihrer Beseitigung zwingt, oder — was Gott verhüten möge — frevelhafte Menschenhand zerstört, was wir geschaffen. Und wenn bei dieser Brücke versucht wurde, nicht nur den Rücksichten der Zweckmäfsigkeit und Tragfähigkeit, sondern auch denen der Schönheit Rechnung zu tragen, wenn selbst der Kunst hier eine Stätte bereitet wurde, so mag dies in der Bedeutung des Bauwesens für Stadt und Land, in der Empfänglichkeit der Söhne Schwabens für das Schöne und darin seine Rechtfertigung finden, dafs es Euer Majestät Beamten trotzdem gelungen ist, mit der ihnen zur Verfügung gestellten Summe auszukommen. Mit dem unterthänigsten Dank an Euer Königliche Majestät dafür, dafs es mir und meinen Mitarbeitern vergönnt war, an einem Werk von ungewöhnlicher Gröfse und Bedeutung unser Wissen und Können einzusetzen, verbinde ich in dieser feierlichen Stunde den Dank gegen Gott dafür, dafs seine Hand gnädig über dem Bau gewaltet hat. Kein Schaden ist dem Bauwesen erwachsen, kein Mensch hat bei den doch viele Gefahren bergenden Arbeiten dauernd Schaden an seiner Gesundheit genommen oder gar sein Leben verloren, keine Klage trübt die heutige Festesfreude.

Und so mögen denn Euer Königliche Majestät die Gnade haben, unseres Geistes und unserer Hände Werk zu besichtigen und das Wort zu sprechen, das die im Festgewand prangende neue Brücke freigiebt für den Verkehr zum Wohle Stuttgarts und Cannstatts, zum Besten unseres theueren Vaterlandes.

Seine Majestät der König geruhten mit folgenden Worten zu erwidern:

Es ist Mir Herzensbedürfnifs, allen denen, welche an dem grofsen Werk des Brückenbaues mitgewirkt, Meinen Königlichen Dank auszusprechen, den Mitgliedern der Regierung, den Ingenieuren und Arbeitern, die ihre Kräfte zur Verfügung gestellt und an diesem schönen Werke mit gearbeitet haben. Ich danke den betheiligten Städten und Körperschaften; Ich danke dem ganzen Lande und den Ständen, welche opferwillig die Mittel zur Verfügung gestellt, Dank denen diese Ader des Verkehrs eröffnet wurde.

Mit besonderem Dank gedenke ich heute aber meines verewigten Oheims Majestät, dessen Gedanke dieser Bau entsprungen und unter dessen segensreicher, friedliebender Regierung derselbe begonnen worden ist. Ich bestimme daher auch, dafs Ihm zum Andenken die Brücke für alle Zeiten Seinen Namen tragen soll. Ich erkläre hiermit die König Karlsbrücke für eröffnet. Möge sie für alle Zeiten dem Nutzen der beiden Städte Stuttgart und Cannstatt und des Vaterlandes dienen.

Nun begann ein Gang über die Brücke. Am Ende derselben, auf Cannstatter Seite, angelangt, liefsen sich Ihre Majestäten der König und die Königin die Bauleute vorstellen. Hierauf traten die Majestäten und Ihre Königliche Hoheit die Prinzessin Pauline zu den unter der Cannstatter Ehrenpforte aufgestellten Festjungfrauen heran, welche Blumensträufse mit poetischer Widmung überreichen durften.

Ihre Majestäten fuhren nun zum Wasen hinab, um von dort die Brücke in ihrer äufseren Gestaltung zu besichtigen und kehrten sodann über die Brücke nach Stuttgart zurück.

Auf der Cannstatter Seite hatten die Schüler und Schülerinnen sämtlicher Lehranstalten der Stadt Aufstellung genommen. Eine viel tausendköpfige Menge wurde durch die Feier angezogen. An dieselbe schlofs sich eine zwanglose Vereinigung bei einem Festmahle im Kursaal in Cannstatt an.

III. Baubeschreibung.

I. Der der Ausführung zu Grunde liegende Entwurf.

(Abb. 1, 10 bis 12, Bl. 2.)

Die Brücke ist als Bogenbrücke mit fünf Oeffnungen, massiven Pfeilern und Martineisen-Ueberbau aus vollwandigen, parabolisch gekrümmten Hauptträgern mit Kämpfergelenken ausgeführt. Ihre Richtung fällt mit der Geraden zusammen, welche von einem Punkt in 14 m Abstand von der nördlichen Ecke des Gasthauses zum Schwanen in Berg durch den Achsenschnitt der verlängerten Cannstatter Königsstrafse und Dammstrafse gezogen wird. Der spitze Winkel zwischen der Brückenachse und der Achse der Königsstrafse beträgt $11^0\,48'\,5''$.

Die Brücke beginnt am linken Ufer des Mühlcanals auf der Markung Stuttgart und endigt an der Cannstatter Dammstrafse, der stadtbauplanmäfsig festgestellten Begrenzung des Baugebietes von Cannstatt gegen das Ueberschwemmungsgebiet des Neckars. Von den vier Zwischenpfeilern stehen zwei an den Ufern des Neckars, die beiden andern auf der sogen. Berger Insel und dem Cannstatter Wasen. Die einzelnen Bogen haben von links nach rechts Spann(Stütz-)weiten von 45,51 m, 48,00 m, 50,48 m, 48,00 m, 45,51 m und Pfeilhöhen von 4,375 m, 4,735 m, 4.855 m, 4,505 m, 3,695 m. Die Kämpfergelenke liegen in der Höhe 220,53 m über Normal-Null, d. i. 23 cm über dem höchsten bekannten Hochwasser v. J. 1824 mit 220,30 m. Die Lichtweiten der einzelnen Oeffnungen betragen in Hochwasserhöhe 45,01 m, 47,50 m, 49,98 m, 47,50 m, 45,01 m und die Gesamtlichtweite 235 m. Zwischen den äufsersten Enden der Brüstungen über den

Flügelmauern der Endpfeiler hat die Brücke eine Länge von 293,4 m.

Das Längenprofil hat sich aus constructiven Gründen gegenüber den ursprünglichen Aufstellungen etwas geändert; die linke Zufahrt steigt von der Staatsstrafse beim Schwanen in Berg mit 1,2 % bis zum linken Endpfeiler der Brücke, wo die Fahrbahnmitte auf 225,79 m über N. N. liegt; von hier steigt die Fahrbahn nach einer Parabel $y^2 = \text{p.}\, x = 20950{,}16 \cdot x$, welche im genannten Punkte die Steigungslinie der Zufahrt mit 1,2 % berührt. Für die Mitte der Brücke ergiebt sich hierdurch die Höhe der Fahrbahnoberkante = 226,54 m. Von da aus fällt die Fahrbahn in einer stetigen Curve bis zum rechten Endpfeiler, der auf 224,92 m liegt. Die Curve berührt im Scheitel die Horizontale und im Endpunkte die Steigungslinie der rechten Zufahrt zwischen der Dammstrafse und der Brücke von 2 %; sie hat die Gleichung

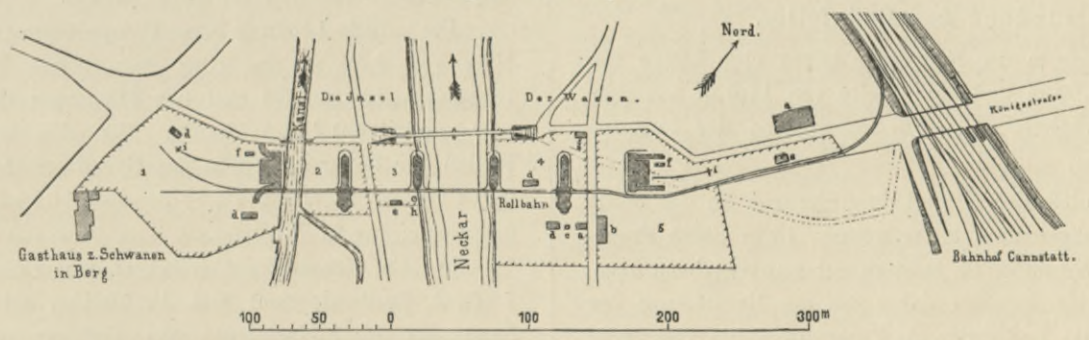
$$y = 2{,}36 \frac{x^2}{l^2} - 0{,}74 \frac{x^3}{l^3},$$

wobei $l = 125{,}35$ m ist. Die rechtsseitige Zufahrt zwischen

König Karls-Brücke über den Neckar zwischen Stuttgart und Cannstatt.

dem Eisenbahndurchlafs und der Dammstrafse hat 3,36 % Ansteigung. Das bogenförmige Längenprofil der Brücke wirkt ästhetisch vollkommen befriedigend. Der höchste Punkt der Brückentafel hat die Höhe 226,58 m, er liegt 10,5 m über Niederwasser und 20,13 m über der tiefsten Fundamentfläche der Pfeiler.

Fig. 1. Betriebsplan.



1—5 Werk- und Lagerplätze. a Baubureaux. b Maschinenhaus. c Schmiede. d Geschirrhütten. e Cementschuppen. f Locomobilschuppen. g Wirthschaft. h Dampfpumpe zum Kieswaschen. i Verladekrähne für den eisernen Ueberbau.

Die lichte Breite der Brücke beträgt 18,0 m, wovon 11 m auf die Fahrbahn und je 3,5 m auf die beiderseitigen Gehwege entfallen. Die Fahrbahn hat 18 cm Wölbung und 4 % Seitengefäll; die Gehwege sind mit 2 % gegen die Brückenfahrbahn geneigt. Das Holzpflaster und der Asphaltbelag ruhen auf Betonunterlagen über einem Zoreseisenbelag.

2. Gründungsarbeiten.

(Abb. 2, 4 bis 6. Bl. 2. Abb. 13 bis 28. Bl. 3.)

Nachdem die in die Brückenbaustelle fallenden Bäume auf der Insel und dem Cannstatter Wasen gefällt und beseitigt und der alte Fufsweg zwischen dem Gittersteg über den Neckar und dem Eisenbahndurchlafs in den Kleemann-

schen Garten verlegt worden waren, umgab man die an die Brücke anstofsenden Lager- und Werkplätze mit einem 2 m hohen Bauzaune aus 17 cm starken, 1 m in den Boden eingerammten Rundpfosten und Fächern von gestreiften Schwarten. Der Zaun war, um bei Hochwasser leicht und rasch entfernt werden zu können, zum Aushängen eingerichtet.

Zur Aufbewahrung von Cement wurde zwischen der Baustelle und dem Bahnhof Cannstatt eine Hütte aus vertäfeltem Fachwerk mit 60 qm Bodenfläche errichtet, in welcher bequem 6 Eisenbahnwagen oder etwa 60 000 kg Cement untergebracht werden konnten. Die Unternehmer der Gründungsarbeiten erbauten für sich ein Bureaugebäude, eine Wirthschaftsbude für die Arbeiter, sowie einen gröfseren Schuppen zur Unterbringung der Luftdruckmaschinen usw. mit anstossenden Magazinräumen.

Zur Herstellung von Rollbahnanlagen zwischen dem Cannstatter Bahnhof und den Arbeitsstätten wurde eine 535 m lange zweispurige Förderbrücke über die verlängerte Königsstrafse hinweg, der neuen Brücke entlang bis zum Lagerplatz auf der Stuttgarter Seite mit durchweg $^1/_4$ % Gefäll ausgeführt in Form einer Jochbrücke mit eingerammten Pfählen, aufgeschraubten Zangen und darübergelegten Streckbalken mit Rollbahnschwellen. Auf letztere waren zwei Gleise mit 60 cm Spurweite in einer Entfernung von 1,70 m in der Geraden, 1,80 m in der Curve gelegt; die Brückentafel wurde mit 6 cm dicken Dielen abgedeckt. Die lichte Breite dieser Brücke betrug 3,20 m bezw. 3,40 m. Die Joche hatten eine Spannweite von 6 bis 8 m; die Oeffnungen über den Neckar und den Flofscanal waren mit Rücksicht auf Hochwasser und Eisgänge 14 m weit und als Sprengwerke angeordnet; im Neckar wurden vor den Jochen noch Eisbrecher aus schräg eingerammten eisernen I-Balken aufgestellt. Die Ueberführung der Arbeitsbrücke über die verlängerte Königsstrafse mit 12 m Weite ist als Hängwerk ausgeführt worden.

Die Jochpfähle wurden mit einem Schlagwerk mit 5 Ctr. Bärgewicht etwa 2 m in den Boden eingetrieben; nur für die Neckarjoche wurden Pfalschuhe verwendet, da man hier die Pfähle bis zum Stillstand einzurammen hatte. Die Joche waren in der Querrichtung sowohl, als auch nach der Längsrichtung gut verbügt. Zu beiden Seiten der Arbeitsbrücke waren durchweg Stangengeländer angebracht.

Zur Beförderung der Baumaterialien wurden eiserne Muldenkipper und Plateauwagen mit 60 Ctr. Tragkraft verwendet. Dem Eisenbahndamm entlang hatte man eine 80 m lange, 2,80 m breite, ein Rollbahngleis tragende Verladebühne angelegt, auf der auch Baumaterialien gelagert werden konnten.

Gründung der Endpfeiler.

Die Fundamente der Endpfeiler haben eine Länge von vgl. 15,0 bis 15,80 m und eine Breite von 17,5 m zwischen den Pylonen erhalten. Die Fundamentfläche der letzteren mifst 5,0/5,90 m.

Die aus Anlafs der Grunduntersuchungen an der Stelle der Endpfeiler abgeteuften 2,5 m weiten, 10 m tiefen Probeschächte sind nicht zugefüllt, sondern nur vorübergehend überdeckt worden; sie konnten daher bei der Herstellung der Baugruben für die Endpfeiler als Pumpenschächte verwendet werden.

Am linken Endpfeiler ist entlang dem Flofscanal und quer dazu an der obern Seite der Baugrube ein Fangdamm hergestellt worden.

In der Entfernung von 1,25 m wurden Spuntwände geschlagen, der Boden dazwischen ausgehoben und bis auf 1,60 m unter Niederwasser ausgebaggert; der Raum zwischen den Spuntwänden wurde alsdann mit reinem Letten bis auf eine Höhe von ca. 70 cm über Niederwasser dicht ausgestampft.

Die 22 cm starken fichtenen Leitpfähle der Spuntwand standen in Entfernungen von je 1,80 m bis 2,00 m voneinander; in Niederwasserhöhe waren 17/20 cm starke Leitzangen an die Pfähle geschraubt. Zur äufseren canalwärts gelegenen Spuntwand wurden 8 cm starke tannene gefügte Dielen von 20 cm bis 25 cm Breite, zur inneren Spuntwand 10 cm starke Dielen mit Keilspuntung verwendet. Zum Einrammen wurde eine Zugramme mit 5 Ctr. Bärgewicht verwendet. Pfähle und Spuntdielen sind mit Schuhen versehen worden. Im oberen, flufsaufwärts gelegenen Theil drangen sie bis zu 3 m ein, im unteren Theil kamen sie schon in einer Tiefe von 70 cm bis 80 cm unter Niederwasser auf dem dort anstehenden Kiesfels und festen Tuff zum Stehen. Nach Fertigstellung des Fundaments ist die äufsere Spuntwand wieder herausgezogen, die innere an den Beton sich anlehnende Wand in Niederwasserhöhe abgeschnitten worden.

Da der Wasserstand des Neckars ein niederer, auch kein allzugrofser Grundwasserandrang zu befürchten war, so wurden die Baugruben nicht, wie vorgesehen, in einzelnen kleineren Abtheilungen nach einander, sondern an beiden Orten sofort in der ganzen Ausdehnung mit $^1/_2$facher Böschungsanlage ausgehoben. In der linksseitigen Baugrube hat man in mäfsiger Tiefe festen Tuff angefahren; 70 cm unter Niederwasser ist auf diesem das Fundament aufgesetzt worden. Nur in der canalaufwärts gelegenen vorderen Ecke der Baugrube mufste eine Schlammschichte durchbrochen werden; dort wurde erst in der Tiefe von 2 m unter Niederwasser Kiesuntergrund erreicht.

Infolge dieser Höhenunterschiede ergab sich eine terrassenförmige Anlage der Fundamentsohle.

Die Baugrube konnte durch zwei mit Locomobilen betriebene Centrifugalpumpen trocken gelegt werden, von denen die eine in den Probeschacht, die andere in die gegenüberliegende Ecke an dem tiefsten Punkt eingesetzt wurde.

Das Fundament des rechten Endpfeilers sitzt grossentheils in der Tiefe von 214,60 m d. i. 1,80 m unter Niederwasser auf Kiesgrund und nur in dem hintern und flufsaufwärts gelegenen Drittel der Baugrube 1 m unter Niederwasser auf Kiesfels auf. Die Wände mufsten hier während der Ausführung vorübergehend abgesprieft werden. Zur Beseitigung des Grund- und Sauerwassers sind an dem Probeschacht zwei Centrifugalpumpen mit je 150 mm Saugrohrweite aufgestellt und mittels eines Vorgeleges durch eine 12pferdige Locomobile betrieben worden.

Die gröfste Leistung einer Pumpe betrug bei einer Hubhöhe von 3,80 m und einer minutlichen Tourenzahl der Riemenscheibe von 80 und des Flügelrads der Pumpe von 660 rund 1900 l pro Minute. Von den tiefer gelegenen Stellen der Baugrube wurde das Grundwasser in Holzrinnen dem Pumpenschacht zugeleitet; dieselben blieben auch während des Betonirens in Wirkung.

Die Fundamentkörper selbst sind mit Stampfbeton aus 1 Theil Portlandcement und 12 Theilen reinem Kies mit Sand und $^1/_3$ Steineinlagen aus Tuffsteinen, Muschelkalksteinen oder Sandsteinbrocken hergestellt worden.

Sie lehnen sich mit Ausnahme der vorderen Wände, welche senkrecht ausgeführt sind, ringsum an die Böschungen der Baugruben an.

Während des Betonirens wurde selbstverständlich ununterbrochen gepumpt und die Wasserhaltung erst aufgegeben, als die Betonschichte in der Höhe des Grundwasserspiegels abgebunden hatte.

Die Pumpenschächte sind bis zur Höhe des Wasserspiegels mit grofsen Steinen ausgefüllt und darüber mit Beton überdeckt worden.

An verschiedenen Stellen der Fundamentoberfläche wurden feste Punkte einnivellirt, um ein etwaiges Treiben des zum Fundamentkörper verwendeten Cementes zu beobachten. Die Höhenaufnahme im Frühjahr 1892 liefs keinerlei Veränderungen erkennen.

Die Herstellung der Fundamente für die Flügelmauern der Endpfeiler bot keine Schwierigkeiten, da dieselben an der tiefsten Stelle nur bis auf Niederwasserhöhe hinabreichen.

Die Wände dieser Baugruben wurden senkrecht angelegt, an aufgeweichten Stellen der Fundamentfläche wurde vor dem Betoniren ein Vorlagepflaster gestellt.

Der Beton ist gleichfalls im Mischungsverhältnifs 1 : 12 in etwa 30 cm hohen Schichten eingestampft worden. Auch hier war die Beigabe von 33 % Kalk-, Sand- oder Tuffsteinen gestattet.

Gründung der Zwischenpfeiler.

Während der Gründungsarbeiten an den beiden Endpfeilern sind die Vorbereitungen für die Druckluftgründung der vier Zwischenpfeiler getroffen, die Maschinen zur Lufterzeugung aufgestellt, die Versenkungsgerüste errichtet und die Senkkasten montirt worden. Für die Unterbringung der Dampfmaschinen und Luftpumpen wurde auf dem Cannstatt zunächst gelegenen Werkplatz eine Hütte von 20 m Länge und 6 m Breite erstellt; der Platz war so gewählt, dafs die Anfuhr der Maschinen und Kohlen auf kürzestem Wege geschehen konnte, dafs er jederzeit und leicht zugänglich war und möglichst nahe bei den Baubureaus sich befand.

Die Maschinen für die Luftbeschaffung mufsten in doppelter Ausrüstung aufgestellt werden. Eine der beiden Luftpumpen hatte 300 mm Cylinderdurchmesser und 500 mm Hub; bei 110 Umdrehungen in der Minute lieferte sie somit 467 cbm Luft in der Stunde. Die zweite, eine Schieberluftmaschine mit angeschraubter Kühlwasserpumpe, lieferte bei 250 mm Cylinderdurchmesser 300 mm Hub und bei 180 Umdrehungen in der Minute 320 cbm Luft in der Stunde. Beide Pumpen waren auf Holzrahmen über eingerammte Pfähle gestellt. Ein Dampfkessel und eine Locomobile mit 35 Pferdestärken dienten zum Betrieb beider Pumpen, von denen anfänglich hauptsächlich die erstgenannte ältere, später die bessere Schieberluftmaschine in Thätigkeit war. Die Locomobile hatte gleichzeitig eine Dynamomaschine zu treiben. Neben den Luftpumpen befand sich ein kleiner Windkessel zur Ausgleichung der Druckschwankungen; von diesem aus wurde die Luft in einer auf die Arbeitsbrücke gelegten 62 mm weiten Leitung aus gufseisernen Muffenröhren mit Kautschukringdichtung nach dem in Betrieb befindlichen Pfeiler geführt, wo sie durch zwei schmiedeeiserne Leitungen und Kautschukröhren mit eingelegter Drahtspirale in den Senkkasten, und durch eine dritte Zweigleitung zu der zum Aufziehen des ausgehobenen Materials bestimmten Luftmaschine in der Arbeitskammer geleitet wurde. Mit Hülfe von Abzweighähnen konnte der Luftzutritt in diese Zweigleitungen geregelt werden; an der Senkkastendecke befanden sich schrägsitzende, mit Lederdichtung versehene Lufteinlafsklappen.

Die Versenkungsgerüste der beiden Flufspfeiler dienten zum Aufhängen der Senkkasten mit dem Fundamentmauerwerk während der Gründungsarbeiten; sie waren für zwölf Aufhängespindeln eingerichtet. Aufserdem hatten sie den Montageboden für die Aufstellung der Senkkasten aufzunehmen. Die Höhe dieser Gerüste stimmte mit der Höhe der Förderbrücke überein. In den beiden Langseiten der Pfeiler sind in einem Abstande von je 2,0 m zwei Reihen tannene Pfähle mit einer Zugramme von 8 Ctr. Bärgewicht auf eine Tiefe von 3 bis 4,5 m unter Niederwasser eingerammt worden. Die Entfernung der Pfähle in der Längsrichtung der Pfeiler betrug 4,04 m, die Pfahlstärke durchschnittlich 30 cm. $1^1/_2$ m über Niederwasser waren die Pfähle durch Längs- und Querzangen, am obern Ende durch Längszangen verbunden und aufserdem durch Büge in der Längs- und Querrichtung versteift. Auf die oberen Längszangen wurden quer zu den Pfahlreihen, der Pfahlstellung entsprechend, in 4,04 m Entfernung je 2 Paare verdübelte 20/50 cm starke Balken gelegt und diese an den Stützpunkten der Spindeln durch Streben unterstützt, welche auf den unteren Gerüstzangen und schräg eingerammten Pfählen aufsafsen. Letztere hatten den Zweck, die Standsicherheit der Gerüste während der Versenkung, bei welcher die Lockerung des die Pfeiler umgebenden Erdreichs unvermeidlich war, zu erhalten. Auf den untern Längszangen lag der Montageboden für die Aufstellung der Senkkasten. Ein starker fahrbarer Bockkrahn diente zum Aufsetzen und Abnehmen der Luftschleuse und Schleusenrohre.

Die Beleuchtung der Baustelle erfolgte elektrisch mittels vier Bogenlampen; in den Senkkasten waren sieben, in der Arbeitskammer darüber zwei Glühlampen angebracht. Die zu diesem Zweck aufgestellte Dynamomaschine hatte 75 Volt Spannung. Beim Beginn der Druckluftgründung befand sich in der Arbeitskammer eine elektrische Aufzugsmaschine; allein die feuchte Luft und der Umstand, dafs dieser Maschine nicht die erforderliche reinliche Behandlung zu Theil werden konnte, führten zu häufigen Unterbrechungen, sodafs man wieder zu der zuvor vorhandenen Luftmaschine greifen mufste. Es wäre ja wohl möglich gewesen, die elektrische Maschine aufsen an der Arbeitskammer anzubringen und sie durch eine Triebwelle mit dem Aufzug in Verbindung zu bringen; allein diese Einrichtung hätte zu viel Zeit in Anspruch genommen und den Fortgang der Arbeiten behindert.

Die Senkkasten der Flufspfeiler haben eine Länge von 26,7 m, eine Breite von 6,8 m und eine Höhe von 3,5 m aufsen, 2,5 m im Lichten innen; ihr Gewicht beträgt bei einem Grundflächenmafs von 171 qm je 50 t; an den Stirnen sind sie halbkreisförmig abgerundet. Die Senkkasten der Treppenpfeiler haben rechteckige Grundrifsform, sie sind 23,9 m lang, 6,0 m breit (Grundfläche 143 qm) und ebenso hoch wie die erstgenannten; ihr Gewicht beträgt je 43 t. Diese Kasten wurden mit doppelten Umfassungswänden aus 6 mm starkem Eisen- oder Stahlblech hergestellt; beide Blechwandungen laufen keilförmig in eine durch einen Gufsklotz und eine 200 mm breite, 12 mm starke Stehplatte gebildete Schneide zusammen. In Entfernungen von 0,808 m sind die Wände durch Winkelverbände und Bleche gegen einander versteift; am obern Ende des äufsern Mantels ist ringsum ein Saumwinkel angenietet. Die Decke besteht aus 6 mm starkem, in der Nähe des Einsteigschachtes aus 10 mm starkem Blech; auf ihr ruhen drei Längsträger und zwar ein 320 mm hoher I Träger und seitlich davon zwei 300 mm hohe [Träger. Im Arbeitsraum selbst befinden sich die Trägerconstructionen, sechs in Abständen von je 4,04 m aus ⌊ Eisen zusammengenietete Fachwerke, auf deren oberer Gurtung die Senkkastendecke aufliegt, und deren untere Gurtung 50 cm über der Schneide sich befindet. Die Vernietungen mufsten so ausgeführt werden, dafs ein luft- und wasserdichter Schlufs sämtlicher Nähte und Fugen erreicht wurde. Ein Senkkasten erforderte bei einer Mannschaft von etwa 30 Mann 15 bis 21 Tage zu seiner Zusammensetzung und kostete 400 ℳ für 1 t.

Zwölf grofse gufseiserne Schraubenmuttern, in welche die Spindeln zum Aufhängen der Senkkasten eingedreht wurden, waren an den äufseren Umfassungswänden derselben in die der Lage der Fachwerke entsprechenden Blechversteifungen eingeschoben und durch aufgenietete Winkel und Bleche gestützt. Die Aufhängestangen selbst waren durch doppelte Laschen und Bolzen unter einander verbunden; das obere Ende war mit Gewinde und Mutter versehen, welch letztere auf einer eisernen Platte und diese auf den verdübelten Gerüstbalken ruhte. Zum Bewegen der Schraubenmuttern dienten starke Schraubenschlüssel. Der innere Durchmesser der Spindeln betrug 8 cm.

In der Mitte der Senkkastendecke befand sich auf dieser ein 50 cm hoher, 90 cm weiter Stutzen, auf welchem die mit einer Steigleiter versehenen cylindrischen Schachtröhren zum Ein- und Aussteigen der Mannschaft und zum Aufziehen des ausgegrabenen Bodens, sowie zum Einbringen des Füllbetons aufgesetzt wurden. Die Röhren wurden zusammengeschraubt und an den Stöfsen mit Kautschukringen gedichtet. Am untern Ende des Stutzens war eine Verschlufsklappe mit Hahn angebracht. Auf dem Steigrohr befand sich eine würfelförmige Arbeitskammer von 1,9 m Weite mit 12 mm dicken gebogenen Blechwandungen und an deren Decke eine kleine $^1/_2$pferdige Luftmaschine zum Heben und Ablassen des Materials. Von der Arbeitskammer führte eine 50 zu 80 cm grofse mit Kautschukdichtung versehene Thüre zu der angebauten, 1,7 m langen, 1,7 m hohen, 0,45 m breiten, Mannschaftsschleuse mit einer ins Freie führenden Thür welche Platz für 3 bis höchstens 4 Mann bot. Auf dem Boden der Arbeitskammer befanden sich zwei Klappen mit 0,35 m Durchmesser, an welche sich die 1,50 m langen, 0,45 m weiten Entleeruugsschleusen anschlossen; an ihrem untern Ende waren die letzteren mit nach aufsen aufschlagenden, 0,3 zu 0,7 m grofsen Thüren versehen, welche durch Riegel und Stecker geschlossen werden konnten. Diese Röhren, „Hosen“ genannt, dienten zum Ausschleusen des ausgegrabenen, in Eimern gehobenen Bodens; jede derselben fafste zwei Eimer mit $^1/_{10}$ cbm. Zum Einbringen des Betons in den Senkkasten wurden die Hosen im Innern der Arbeitskammer an deren Decke angeschraubt. An den Luftpumpen, an dem Windkessel, in der Arbeitskammer und in der Mannschaftsschleuse, sowie aufsen am Ende des Schachtrohrs waren Manometer angebracht; aufserdem waren Einrichtungen für Controlmanometer vorhanden. In dem Plane der Bauverwaltung waren für jeden Senkkasten 2 Luftschleusen mit Einsteig- und Förderschächten vorgesehen gewesen; nur auf Ansuchen der Unternehmer wurde hiervon abgesehen, die Arbeiten der Senkkastenvertiefung gingen dementsprechend auch langsamer von statten.

Nachdem ein Senkkasten aufgestellt, an den Spindeln aufgehängt, der Schacht, die Arbeitskammer und die Schleusen mittels des Krahns aufgesetzt und die Licht- und Luftzuleitungen angebracht und mit Holz umhüllt waren, erfolgte das Ausbetoniren des keilförmigen Umfassungsraums des Senkkastens und seiner Decke; aldann wurde derselbe durch gleichmäfsiges Aufdrehen der Schraubenmuttern auf die Flufssohle abgelassen. Hierzu wurden anfangs 36 Mann verwendet, welche auf Commando gleichmäfsige Drehungen vornahmen, später bediente man sich zu diesem Zweck zweier Bauwinden, welche auf dem Gerüstboden aufgestellt und durch ein Drahtseil oder Ketten mit den Schraubenschlüsseln verbunden waren.

Bei den Grabarbeiten im Senkkasten waren in der Regel 10 bis 15 Mann unter einem Vorarbeiter beschäftigt, alle 8 Stunden fand Schichtwechsel statt und zwar morgens um 5 Uhr, mittags um 1 Uhr und abends um 9 Uhr. Zwei Personen befanden sich in der Arbeitskammer zur Bedienung der Aufzugmaschine und Entleerung der Eimer, eine Person besorgte das Entleeren der Hosen durch die Thüre aufsen. Die Mannschaft hob den Grund, an der Schneide beginnend, aus, warf ihn in die Eimer, führte letztere auf einer kleinen Bahn zum Schacht und liefs sie dann aufziehen. Oben wurde das Material in die sogen. Hosen entleert. Mit den Klappen auf den Entleerungsschleusen waren eiserne Stangen in Verbindung gebracht, derart, dafs deren untere Enden sich über die geschlossenen Thüren aufsen wegschoben, wenn die Klappen geöffnet wurden und in die Höhe gingen beim Schliefsen der Klappen. Die Thüren konnten erst dann geöffnet werden, wenn die Bedienungsmannschaft in der Arbeitskammer nach dem Schliefsen der Klappe eine zweite, die untere Thüre versperrende Stange in die Höhe zog und damit einen Hahn öffnete, durch welchen die Prefsluft aus den Entleerungsschleusen austreten konnte. Aufser dieser Sicherheitsvorkehrung mufste der aufsenstehenden Person noch durch ein Klopfzeichen von innen die Erlaubnis zum Oeffnen der Thür gegeben werden.

War eine Schleuse geleert, die Thüre gereinigt und wieder geschlossen, so wurde die mit dem Hahn in Verbindung stehende Stange herunter gezogen, die Thüre hierdurch gesperrt und gleichzeitig der Eintritt von Prefsluft in die Schleuse bewirkt; alsdann erst konnte die Klappe oben wieder geöffnet werden. In dem Mafse wie der Boden aus dem Senkkasten durch die darin beschäftigten Arbeiter herausgeschafft wurde, senkte sich der Senkkasten mit dem darauf aufgebrachten Mauerwerk beim Nachlassen der Hängeschrauben. Beim Absenken wurden die Aufhängeketten nach Bedarf verlängert. Mufste das Schachtrohr verlängert werden, so wurde die Klappe an dessen unterem Ende geschlossen, der Schleusenkopf, der 7 t wog, mit dem Krahnen abgehoben und ein 2,4 m langes Schachtrohrstück eingefügt. Das Aufhängen des Senkkastens war nur so lange möglich, als die Last die Tragfähigkeit des Gerüstes und der Spindeln nicht überschritt. Nach Abnahme der Aufhängevorrichtung ist der gleichmäfsige Niedergang des Senkkastens durch sorgfältiges gleichmäfsiges Ausgraben an der Schneide und theilweises Einstellen von Stützpfosten im Senkkasten bewirkt worden.

Die Senkkasten der Treppenpfeiler wurden nicht an die Gerüste aufgehängt, sondern, nachdem sie vom Montageboden aus auf die Sohle der bis auf Niederwasserhöhe offen ausgegrabenen Baugrube abgelassen waren, frei wie oben beschrieben, versenkt. Dies hat sich auch anstandslos bewerkstelligen lassen; es war selbstverständlich nur nothwendig, dafs die Grabarbeit unter der Schneide ringsum gleichmäfsig vorwärts schritt, damit einseitige Setzungen vermieden wurden.

Während der Versenkung hat man sich durch Probegruben und Bohrungen an verschiedenen Stellen der Sohle der Baugrube zu überzeugen gesucht, in welcher Tiefe etwa die tragfähigen Schichten zum Aufsetzen der Fundamente erreicht würden. Dies war nöthig, um Anhaltspunkte für die Pfeiler-Aufmauerung zu erhalten, welche nach erfolgter vollständiger Versenkung in gleicher Höhe mit dem Niederwasserspiegel liegen mufste. Diese Probegruben konnten meistens bis zu 80 bis 100 cm Tiefe unter der Schneide des Senkkastens ausgeführt werden, ohne dafs Wasser eingedrungen wäre.

Von den vier Zwischenpfeilern wurde als erster der rechte Flufspfeiler versenkt. Gegen das Ende des Monats Januar 1892 waren alle Vorbereitungen zur Versenkung desselben getroffen. Allein infolge sehr ungünstiger Witterungsverhältnisse und der Unbrauchbarkeit der elektrischen Aufzugmaschine in der Arbeitskammer wurde der Betrieb

gehindert, und es konnte erst am 23. Februar mit der Materialförderung begonnen werden. Von da an wurde trotz der nicht günstigen Witterung ohne Unterbrechung weitergearbeitet, und nach 45 Tagen, am 7. April 1892, war in der Tiefe 207,08 m der feste Untergrund in den harten Kalkmergeln der unteren Lettenkohle erreicht und die Sohle soweit eingeebnet, dafs der Senkkasten mit Beton ausgefüllt werden konnte. Da infolge anhaltenden Frostes in der Druckluftleitung an den Stellen, wo die Leitungen nach dem Senkkasten und nach der Luftmaschine in der Arbeitskammer abzweigten, sich leicht Eis bilden konnte, so mufsten die Abzweighähne und Ventile überdeckt werden, aufserdem erwies sich die Erwärmung derselben durch einen kleinen Ofen als zweckmäfsig.

Nachdem der Senkkasten 7 m unter Wasser versenkt war, mufsten mit Rücksicht auf die allzu grofse Belastung der Gerüste die Aufhängevorrichtungen abgenommen werden. Gleich zu Anfang der Versenkung hatte sich eine kleine Verschiebung des Pfeilers gegen den Neckar bemerklich gemacht; dieselbe ist auf den einseitigen Erddruck, den das Fundament durch das Vorland auszuhalten hatte, zurückzuführen. Beim Schlufs der Versenkung hatte die Verschiebung 20 cm betragen. Bezüglich der ausgehobenen Bodenmasse und des Fortschritts der Versenkung enthält die nachstehende Tabelle für diesen und die andern Pfeiler die nöthigen Angaben.

Tabelle über die Arbeitsleistung bei der Druckluftgründung.

Pfeiler	durchschn. Arbeiterzahl im Senkkasten (in 8 Stundenschicht.)	durchschn. täglicher Arbeitsaufwand.	Aushub unter Druckluft				
			Tiefe	in 24 Stdn.	Dauer	im ganzen	täglich (24 St.)
		Stunden	m	cm	Tage	cbm	cbm
Rechter Flufspfeiler .	10	239	8,92	20	45	1145	25,4
Rechter Treppenpfeiler	10	242	8,53	22½	38	1223	32,2
Linker Flufspfeiler . .	10	242	9,03	20	45	1388	30,8
Linker Treppenpfeiler .	11	254	9,53	26	37	1367	37,0
durchschnittl.	—	244	—	22	—	—	31

Der linke Flufspfeiler konnte in gleicher Tiefe wie der rechtsseitige unter Niederwasser aufgesetzt werden, doch war der Aushub hier des näher gelegenen Ufers wegen um 243 cbm gröfser als am rechten Flufspfeiler; trotzdem wurde die Gründung vom 10. Juni an in derselben Zeit, in 45 Tagen, ausgeführt. Hier wurde das Ablassen des Senkkastens in der Weise bewerkstelligt, dafs man die 6 Schraubenschlüssel auf einer Langseite zusammenkoppelte und alle 6 mittels eines an einer gewöhnlichen Bauwinde befestigten Drahtseiles anzog. Hierzu waren nur 2 bis 3 Arbeiter zum Aufwinden und 2 weitere zum Zurückziehen der Schraubenschlüssel nöthig. Um einer etwaigen Verschiebung des Pfeilers gegen den Neckar Rechnung zu tragen, wurde der Senkkasten 20 cm von seiner richtigen Lage seitlich gegen das Vorland aufgestellt. Wegen eines alten Pfahles jedoch, der hart unter der landeinwärts gelegenen Senkkastenschneide safs und nur stückweise während der Versenkung entfernt werden konnte, war die Verschiebung thatsächlich eine nur unbedeutende. Die Senkkasten der beiden ganz auf dem Vorlande stehenden Treppenpfeiler sind ohne Aufhängevorrichtungen niedergelassen worden. Dieselben wurden über den auf ebener Erde gelegten Montageböden aufgestellt und hernach mittels Ketten auf die Sohle der bis Niederwasserhöhe offen ausgegrabenen Baugruben abgelassen. In der Zeit vom 22. April bis 29. Mai 1892, also in 38 Tagen, war die Versenkung am rechten Treppenpfeiler bis 207,45 m, d. i. 8,53 m unter Niederwasser, und vom 1. August bis 6. September, also in 37 Tagen, die Versenkung des linken Treppenpfeilers auf 206,45 m, d. i. 9,53 m unter Niederwasser, ausgeführt. Bei den Grabarbeiten ist mit der gröfsten Vorsicht verfahren worden, um ein ungleichmäfsiges Setzen der Pfeiler zu verhindern.

Die Gründungsarbeiten dieses letzten Zwischenpfeilers waren durch grofse Hitze erschwert, deren Einwirkung auf den Innenraum durch Ueberdachung der Schleuse und Arbeitskammer und durch fortwährendes Begiefsen derselben mit Wasser zu mindern gesucht wurde.

Wie schon erwähnt wurde, hat sich in keinem der vier Senkkasten freie Kohlensäure gezeigt, wohl nur deshalb, weil sie hier durch die Druckluft zurückgedrängt worden ist. Die Luftzufuhr war fortwährend eine reichliche, und nur beim Ausbetoniren der Senkkasten, während welcher Arbeit die Luft nicht mehr so rasch unter der Schneide des Senkkastens entweichen konnte, pflegte es im Arbeitsraum dumpfer zu werden.

In geognostischer Beziehung hat sich eine Uebereinstimmung der einzelnen Schichten und ihrer Aufeinanderfolge in den vier Pfeilern mit den Ergebnissen in dem ersten Probeschacht am rechten Neckarufer feststellen lassen. Vor allem ist in keiner der vier Fundamentgruben eine zusammenhängende Kiesfelsschicht angetroffen worden; lose Schalen solchen Kiesfelsens waren am rechten Flufspfeiler und am linken Treppenpfeiler vorhanden. Auf 4,2 m bis 5,0 m mächtige schlammige Sand- und Kiesablagerungen mit Brocken von Sauerwasserkalk und Schlammgrund mit viel Keuperletten, Brocken von Muschelkalk, Muschelkalkdolomit und Lettenkohlendolomit folgten starke Schichten blauen Lettens (zersetzten Lettenkohlenmergels) und darunter die anstehende Lettenkohle, deren obere, weiche Mergelbänke durchbrochen wurden, um in den tiefer liegenden, durch ausgelaugte Gipsdrusen characterisirten festeren Mergeln aufzusetzen. Diese Mergelbänke fallen von der Cannstatter gegen die Stuttgarter Seite; am rechten Treppenpfeiler wurden sie schon in der Tiefe von 6,60 m, am linken Treppenpfeiler erst 7,60 m unter Niederwasser angetroffen.

Die Fundamentfläche liegt unter Niederwasser,
am linken Treppenpfeiler in der Tiefe 206,45 m oder 9,65 m „
linken Flufspfeiler „ „ „ 207,07 m „ 9,03 m „
rechten Flufspfeiler „ „ „ 207,08 m „ 9,02 m „
rechten Treppenpfeiler „ „ 207,45 m „ 8,65 m „

Auch auf den festen Mergelschichten sind erst dann die Fundamente aufgesetzt worden, nachdem man sich durch Probegruben und Bohrlöcher von mindestens 2 m Tiefe davon überzeugt hatte, dafs sie zum Tragen grofser Lasten mächtig genug sind. Als die Sohle der Senkkasten verebnet und hergerichtet, und alles Geräth, Maschinen in einzelnen Stücken aus dem luftverdichteten Raume entfernt worden war, erfolgte das Ausfüllen der Senkkasten unter Druckluft mit Beton aus 1 Theil Cement und 8—10 Theilen Kies mit Sand. Der Beton wurde zuerst an der Schneide ringsum und auf dem Boden 60 cm hoch bis an die Träger eingebracht und festgestampft; alsdann wurde von beiden Enden des Senkkastens gegen dessen Mitte staffelförmig einbetonirt und der Beton mit hölzernen Spachteln satt unter die Decke und Seitenwände gestofsen. An den Lufteinlafsklappen ist ein Raum freigelassen, und von hier aus gegen den Schacht hin unter der Decke ein kleiner Canal hergestellt worden, durch welchen die Luft zuströmen konnte. Beim Beginn der Betonirung betrug die Zahl der Arbeiter 20, sie verringerte sich mit dem Fortschreiten der Ausfüllung schliefslich bis auf einen Arbeiter. Von den elektrischen Lampen konnte eine nach der anderen entfernt und so der grofse Vorzug der elektrischen Beleuchtung bis zum Schlusse erhalten werden. Als Beleg für die sorgfältige Ausführung

dieser mühsamen Betonirungsarbeit mag angeführt werden, dafs an keinem der Zwischenpfeiler eine nennenswerthe Senkung nach dem Ablassen der Druckluft eintrat. Nach dem Füllen des Senkkastens wurden die Verbindungsschrauben der Schachtröhre über der Senkkastendecke gelöst, hierauf Schleuse und Schacht mittels des Krahnens weggenommen. Die Senkkasten der beiden Treppenpfeiler mit je 290 cbm Hohlraum sind in je $3^1/_2$ mal 24 Stunden, die Flufspfeilersenkkasten mit vgl. 334 cbm Hohlraum in je 4 mal 24 Stunden gefüllt worden.

Die Aufmauerung über dem Senkkasten erfolgte ohne Schalung aus Beton mit Verkleidungsmauerwerk aus Tuffsteinen, Keupersandsteinen oder Kunststeinen aus Basaltkutter und Cement. Die Mauerung wurde um 15 cm hinter den Senkkastenmantel zurückgesetzt, um den Reibungswiderstand beim Versenken zu verringern. Die Aufmauerung mufste mit dem Gang der Versenkung gleichen Fortschritt halten und stets so weit hergestellt werden, dafs eine genügende Belastung des Senkkastens vorhanden war. Der Einsteigschacht, die Luftzuleitungen und elektrischen Leitungen wurden mit Holzverschalungen umgeben, welche jeweils nach dem Erhärten des Betons in die Höhe gezogen werden konnten. Nach der Herausnahme der genannten Schalungen wurden die Hohlräume unter Wasser ausbetonirt; in dem Schleusenschachte sind hierzu lange Holztrichter verwendet worden. Die Aufmauerung des Granitsockels über Niederwasser erfolgte erst, nachdem die Fundamente vollständig hergestellt und die Luft abgelassen worden war. Die Steinzeugröhren für die Entwässerung der Brückenfahrbahn sind während der Versenkungsarbeit in die Fundamente eingelegt und mit diesen versenkt worden.

Arbeiterfürsorge.

Das Wohl und die Sicherheit der Arbeiter ist stets sorgfältig im Auge behalten worden. Ganz besonders umfassende Vorkehrungen wurden zur Wahrung der Gesundheit der Druckluftarbeiter getroffen. Es wurden besondere gedruckte „Vorschriften über die Sicherheitsvorkehrungen und Vorsichtsmafsregeln für die Arbeiter bei der Druckluftgründung“ erlassen und denselben der Charakter einer ortspolizeilichen Vorschrift gegeben, deren Verkündigung durch Anschlagen an geeigneten Orten des Bauplatzes erfolgte; ein Auszug hiervon wurde jedem Arbeiter eingehändigt.

Die Vorschriften, betreffend die Sicherheitsvorkehrungen und die Vorsichtsmafsregeln für die Arbeiten bei der Druckluftgründung an der neuen Brücke über den Neckar zwischen Berg und Cannstatt lauten folgendermafsen:

„1) Vor Beginn der Arbeiten in der Druckluft sind die sämtlichen Betriebsvorrichtungen einer genauen technischen Untersuchung zu unterwerfen und hat eine Druckprobe der Luftschleuse mit $1^1/_2$ Atmosphären Ueberdruck stattzufinden. Alle Vernietungen, Bleche, Verschraubungen und Verpackungen müssen dicht und fest sein und dürfen keine Mängel und keine Fehler in der Bearbeitung zeigen.

Insbesondere müssen die zu dem Ein- und Austritt des Personals und zur Bewegung der Materialien dienenden Thüren, Klappen und dergleichen so angelegt sein, dafs eine plötzliche Entleerung des Druckluftraumes durch Entweichen der gepreſsten Luft vollständig unmöglich gemacht ist.

2) Zur möglichst richtigen Beurtheilung des Luftdrucks müssen vier Manometer vorhanden sein und zwar das eine im Maschinenhaus in der Nähe der Luftdruckmaschine und in unmittelbarer Verbindung mit der Luftleitung zum Senkkasten; das zweite aufsen an der Luftschleuse, das dritte im oberen Theil der oberen Arbeitskammer, und das vierte in der Schleusenkammer zum Aus- und Einschleusen des Personals.

Gewöhnliche Feder-Manometer und Manometer anderer Constructionsart sind nur dann zulässig, wenn sich über Tage ein oben offenes Quecksilbermanometer oder ein sich selber controllirendes Patent-Doppelmanometer befindet.

3) Um dem revidirenden Beamten Gelegenheit zu geben, sich von der Richtigkeit der Manometer und der zulässigen Luftpressung zu überzeugen, müssen wie an jedem Dampfkessel Stutzen zur Anbringung des amtlichen Controllmanometers angebracht sein.

4) Ueber Tag müssen stets ein Barometer und zwei Thermometer zur Beobachtung des äufseren Luftdrucks und der äufseren Temperatur und zur Bestimmung der relativen Feuchtigkeit vorhanden sein.

In der Schleusenkammer sowohl wie auch in dem Arbeitsraum müssen zwei transportable Thermometer zur Verfügung stehen.

5) Das Sicherheitsventil zur selbstthätigen Entlastung einer zu hohen Spannung ist über dem oberen Deckel der oberen Arbeitskammer anzubringen und mit einem Gewicht zu belasten, welches dem in Aussicht genommenen Luftdruck entspricht. Das Ventil mufs einen annähernd gleich grofsen Querschnitt haben, wie das Luftzuführungsrohr.

6) Die Luftdruckmaschine und die Betriebsdampfmaschine müssen für die Zuführung der erforderlichen Druckluft in den Senkkasten samt Zubehörden vollständig ausreichend sein. Aufser denselben ist eine ebenfalls genügende Reserveluftdruckmaschine mit Betriebsmotor aufzustellen und stets in betriebsfähigem Zustand zu erhalten.

Die Expansionsvorrichtungen der Dampfmaschine sind so zu reguliren, dafs sich ein Steigen des Luftdrucks über das jeweils nothwendige Mafs alsbald im langsameren Gang der Maschine bemerklich macht.

Um den Arbeitern möglichst reine Luft zukommen zu lassen, sind die Luftzuführungen unmittelbar in den unteren Arbeitsraum zu bewerkstelligen und ist hierbei durch Einführung je einer Zuleitung an den beiden Enden des Senkkastens für eine gute Luftcirculation Vorsorge zu treffen.

Zur Abführung der Kohlensäure und etwa auftretender schlechter Gase sind Ausblasevorrichtungen unmittelbar durch die Decke des unteren Arbeitsraumes zu führen.

Behufs der Erkennung des Vorhandenseins von schädlichen Mengen von Kohlensäure sind auf der unteren Flansche der Querversteifungen des Arbeitsraumes brennende Kerzen aufzustellen.

Die Schleuse und die Arbeitsräume des Luftdruckgründungsapparates sind elektrisch zu beleuchten.

7) Es mufs die Einrichtung getroffen sein, in der geschlossenen Schleusenkammer die gepreſste Luft ein- und ausströmen zu lassen.

8) Es mufs ferner die Einrichtung getroffen sein, dafs die in dem Arbeitsraume, in der Schleusenkammer, auf dem Deckel derselben und über Tag befindlichen Mannschaften sich durch Signale sicher mit einander verständigen können.

9) Sämtliche Sicherheitsapparate, namentlich die Manometer, Thermometer, das Sicherheitsventil, die Zu- und Ablafshähne, sowie die Signaleinrichtungen müssen stets in gutem Zustand erhalten werden, und ist dafür seitens der Unternehmung ein zuverlässiger, der Baubehörde namhaft zu machender Beamter verantwortlich zu machen.

10) In jeder Schicht mufs sowohl in dem Arbeitsraume als auch in der Schleusenkammer ein mit der Arbeit vertrauter, gut instruirter Arbeiter anwesend sein, der das Zu- und Ablassen der gepreſsten Luft zu besorgen und die Baro-

meter-, Thermometer- und Kerzenbeobachtungen anzustellen und dementsprechend Vorkehr zu treffen hat.

11) Um eine stete Uebersicht über den Stand der Arbeiter zu haben, ist eine genaue Arbeiterliste zu führen, in welcher aufser dem Namen und Alter der Arbeiter auch die jedesmalige Arbeitszeit in der gepreſsten Luft, Angabe der Arbeit, welche ausgeführt worden ist, Zunahme der Schachttiefe und ferner alle Krankheitserscheinungen, die Manometer-, Thermometer- und Kerzenbeobachtungen und sonstige Bemerkungen von besonderem Interesse zu verzeichnen sind.

Die Liste ist durch das Aufsichtspersonal der Bauverwaltung auf Grund der von den Unternehmern zu liefernden Angaben, mit dem Baujournal zu führen.

12) Die Schleusenkammer, Schleusen- und Arbeitsräume müssen vor dem Einfahren der Arbeiterschichte auf das Vorhandensein von Kohlensäure oder schlechten Gasen durch einen Betriebsbeamten oder zuverlässigen Arbeiter untersucht sein. Zeigen sich solche, so darf das Einfahren erst nach deren vollständigen Beseitigung gestattet werden.

13) Die Zulassung zu der Arbeit in gepreſster Luft darf nur auf Grund einer umsichtigen ärztlichen Untersuchung erfolgen. Personen, bei denen sich Neigung zu Blutungen irgend welcher Art, eine Anlage zu Blutandrang nach dem Gehirn oder anderen wichtigen Organen, oder eine Erkrankung in denselben vorfindet und Personen im Alter von mehr als 45 Jahren müssen von der Arbeit in gepreſster Luft ferngehalten werden.

Dem Aufsichtspersonal und den Arbeitern wird zur Pflicht gemacht, bei Unpäſslichkeit, Magenstörungen, Schnupfen und Katarrh die mit gepreſster Luft gefüllten Räume nicht zu betreten.

14) Die Arbeiter dürfen vor Beginn der Arbeit Speise und Trank nur in geringer Menge genieſsen und blähende Speisen und spirituose Getränke nicht zu sich nehmen.

15) Der dem Arbeiten in gepreſster Luft dienende Apparat muſs eine Vorkammer haben. In der Vorkammer findet das Einschleusen statt, wobei die gepreſste Luft aus der oberen Arbeitskammer so lange in diese Vorkammer einströmt, bis der Luftdruck in ihr und der Arbeitskammer ausgeglichen ist. In derselben Kammer findet das Entschleusen statt, wobei die gepreſste Luft so lange aus dieser Vorkammer in die nicht verdichtete (atmosphärische) Luft ausströmt, bis das Gleichgewicht zwischen der letzteren und der Luft der Vorkammer hergestellt ist.

16) Es ist, damit der Druck der gepreſsten Luft auf die Arbeiter sich nur allmählich steigere, auf das Einschleusen die erforderliche Zeit zu verwenden. Diese Zeit wird um so reichlicher zu bemessen sein, je stärker die Luft in den Arbeitskammern gepreſst ist.

Der am Lufthahne befindliche Arbeiter hat die Einwirkung des Luftdruckwechsels auf jede einzelne Person zu beobachten und danach die Druckausgleichung zu bewerkstelligen.

Im allgemeinen ist folgende Zeit auf das Einschleusen zu verwenden:

bei einem	Ueberdruck	bis	zu	5	m	nicht	unter	5	Minuten,
„	„	„	„	„	10	„	„	8	„
„	„	„	„	„	15	„	„	12	„

17) Wenn der Aufenthalt in der gepreſsten Luft einem Aufsichtsbeamten, Arbeiter oder Besucher erhebliche Schmerzen in den Gehörorganen oder starke Brustbeklemmung verursacht, so darf derselbe in der gepreſsten Luft nicht verweilen. Wenn bei einem nochmaligen Versuche solche Zufälle sich wiederholen, so ist die betreffende Person von den Arbeiten bezw. von dem Eintritt in die gepreſste Luft auszuschlieſsen.

18) Der Arbeiter muſs durch wollene Strümpfe und wasserdichte Stiefel sich gegen den nassen und kalten Boden der Arbeitskammer schützen.

Nach dem Austritt aus der Schleusenkammer muſs dem Arbeiter in einem geschützten, nach Bedürfniſs geheizten und in unmittelbarer Nähe befindlichen Raum Gelegenheit zum Umkleiden gegeben werden. Den Arbeitern wird angerathen, nach dem Entschleusen warme, dicke Kleider anzulegen und Frottirungen, sowie Körperbewegungen vorzunehmen.

19) Die gepreſste Luft muſs vor ihrem Eintritt in die Arbeitskammer so abgekühlt sein, daſs bei ihrem Eintritt ihre Temperatur bei einer Wärme der Auſsenluft unter 18° C annähernd höchstens 18° C beträgt, bei einer höheren Wärme der Auſsenluft annähernd der Temperatur der Auſsenluft entspricht.

20) Es ist, damit der Druck der gepreſsten Luft auf die Arbeiter sich nur allmählich verringere, auch auf das Entschleusen die erforderliche Zeit zu verwenden. Diese Zeit wird um so reichlicher zu bemessen sein, je stärker die Luft der Arbeitskammer gepreſst ist.

Auch hierbei hat der am Lufthahne befindliche Arbeiter die Einwirkung des Luftdruckwechsels auf jede einzelne Person zu beobachten und hiernach die Druckausgleichung zu bewerkstelligen.

Im allgemeinen ist folgende Zeit auf das Entschleusen zu verwenden:

bei einem	Ueberdruck	bis	zu	5	m	nicht	unter	5	Minuten,
„	„	„	„	„	10	„	„	10	„
„	„	„	„	„	15	„	„	15	„

21) Das Unbehagen beim Ein- und Ausschleusen wird durch leeres Schlucken und noch besser dadurch vermindert, daſs man Mund und Nase zuhält und versucht stark auszuathmen bezw. die Luft gegen das Trommelfell zu pressen.

22) Die Schleusenkammer des zur Anwendung kommenden Luftdruckgründungsapparates hat 1,4 cbm Rauminhalt.

Es sollen deshalb in der Regel nur drei bis vier Personen gleichzeitig ein- oder ausgeschleust werden.

Wenn der Luftdruck $^1/_2$ Atmosphäre Ueberdruck übersteigt, ist beim Ausschleusen durch die Zuführung gepreſster Luft in die Schleusenkammer für einen entsprechenden Luftwechsel Sorge zu tragen.

23) Je höher der Luftdruck ist, desto kürzer muſs die Dauer der Arbeit in der gepreſsten Luft sein. Kein Arbeiter, welcher in gepreſster Luft gearbeitet hat, darf dies in dem Verlaufe von 24 Stunden wiederholen.

Die Arbeitsdauer darf mit Einschluſs des Einschleusens und Entschleusens bis zu einer Atmosphäre Ueberdruck acht Stunden, bis zu zwei Atmosphären Ueberdruck sechs Stunden nicht überschreiten.

24) Es muſs Sorge getragen sein, daſs ein Arzt schnell zu erreichen ist, um erkrankten Arbeitern beizustehen.

Bei einer erheblichen Erkrankung nach dem Entschleusen, namentlich Ohnmacht, Lähmung usw., ist der Arbeiter ohne Verzug in den pneumatischen Apparat zurückzubringen und von neuem der Einwirkung der gepreſsten Luft auszusetzen. Nachdem der Arbeiter sich hier erholt hat, entschleuse man und zwar mit ganz besonderer Vorsicht.

25) Der Unternehmer ist gemäſs § 13 der allgemeinen Vertragsbedingungen persönlich dafür verantwortlich, daſs die in Vorstehendem angeordneten Sicherheits-Einrichtungen und Vorkehrungen stets in gutem, brauchbaren Zustande vorhanden sind und unterhalten werden, sowie daſs alle zur Verhütung von Gefahren für Leben und Gesundheit von Menschen hin-

sichtlich der Druckluftgründung erlassenen Vorschriften genau beobachtet werden.

Er haftet hierbei nicht allein für eigene Handlungen und Unterlassungen, sondern auch für diejenigen seiner Bevollmächtigten, Gehülfen und Arbeiter."

Den von acht zu acht Stunden wechselnden Arbeitern wurde während ihrer Arbeitsschicht zweimal Thee mit Brot gereicht. Durch Fernhalten unbetheiligter Personen vom Bauplatze und strengstes Verbot des Betretens der Schleuse ohne Erlaubnifs der Bauleitung ist die Sicherheit des Betriebs vermehrt worden.

Bei der Einleitung der Druckluftgründungsarbeiten hatte ein Unfall gedroht, ohne schlimme Folgen zu haben: am rechten Flufspfeiler wurde die äufsere Thüre einer Entleerungsschleuse geöffnet, ehe die Klappe in der Arbeitskammer ganz geschlossen war, sodass ein Theil der Druckluft nach aussen entweichen konnte. Ein vollständiges Ausströmen der Luft wurde durch alsbaldiges Schliefsen der Klappe verhindert. Um Wiederholungen vorzubeugen, wurde die Stange am Sicherheitsverschlufs aufsen soweit verlängert, dafs ihr unteres Ende genau mit der Thüroberkante abging, wenn die Klappe oben geschlossen war und sich noch über die Thür vorschob, sobald die Klappe nicht ganz geschlossen war.

Unter der Leitung des Medicinalraths Dr. Rembold in Stuttgart wurden die Arbeiter vor dem Beginn der Druckluftarbeiten durch die beiden Assistenzärzte Dr. R. Rembold und Dr. Wolf untersucht und später regelmäfsig beobachtet. Die Beobachtungen waren hauptsächlich auf etwaige Veränderungen der Lunge und des Herzens während der siebenmonatlichen Dauer der Arbeiten gerichtet. Dabei wurde — abgesehen von für ärztliche Kreise interessanten Einzelheiten — im allgemeinen gefunden, dafs Menschen, die dauernd unter höherem Druck arbeiten, zwar einigermafsen Gefahr laufen, sich ein Lungenemphysem zuzuziehen, dafs diese Gefahr übrigens, wie Messungen mit dem Spirometer zeigten, nicht grofs ist; dagegen die mit Sphygmographen gemachten Abnahmen der Pulscurven deutlich erkennen lassen, dafs die Arbeit unter hohem Druck dem Herzen eine stärkere Anstrengung zumuthet und mehr als andere Arbeiten zur Entwicklung der Arbeitshypertrophie Veranlassung giebt.

Der Bauleiter und ein Aufseher erhielten beim Einschleusen Risse im Trommelfell, die jedoch ohne nachtheilige Folgen blieben. Auch beim Aufbau der Brücke haben sich keine nennenswerthen Unfälle ereignet, infolge deren Personen ernstlichen oder bleibenden Schaden an ihrer Gesundheit genommen hätten.

Fig. 2. Pulscurve eines Arbeiters im Freien,

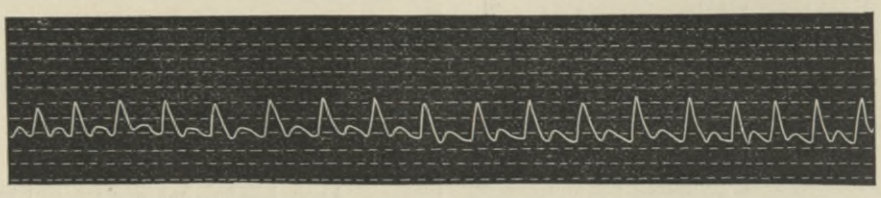


Fig. 3. im Senkkasten $^1/_4$ Stunde nach Eintritt.

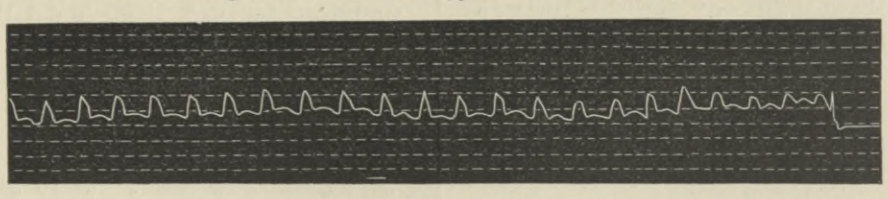


Fig. 4. Pulscurve eines Arbeiters mit Herzhypertrophie.

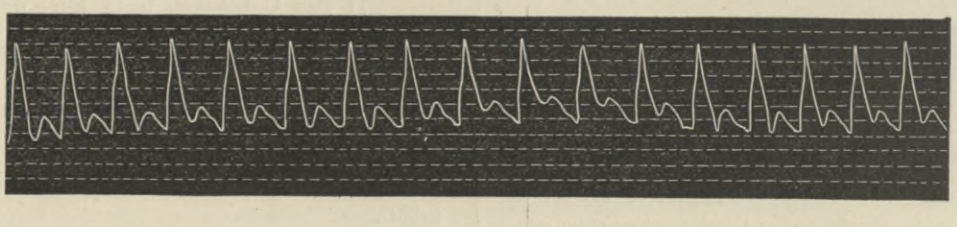
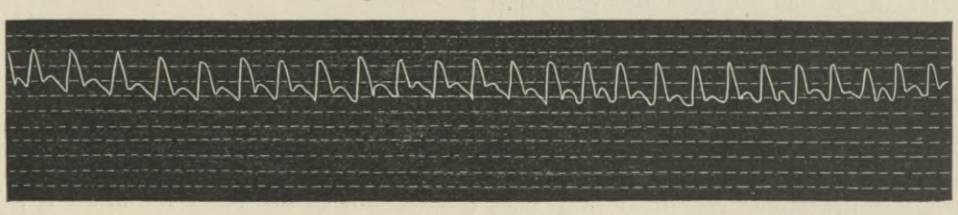


Fig. 5. Normale Pulscurve.



Gründung der Treppenanlagen.

Die Fundamente der Treppen am rechten Endpfeiler und der Treppenanlagen auf der Insel und dem Wasen reichen nur bis auf die Tiefe des niedrigsten Grundwasserstandes hinab. Die Baugruben konnten ohne Anstand mit senkrechten Wänden ausgehoben werden. Um nachtheilige Folgen durch ungleiche Zusammensetzung in den Fundamenten der Treppen und der daran anstofsenden Pfeiler zu vermeiden, sind dieselben nicht zusammenhängend hergestellt worden.

3. Aufbau der Pfeiler und der Treppen.

(Abb. 7 bis 9, Bl. 2. Abb. 49 bis 55, Bl. 5.)

Endpfeiler.

Standsicherheit. Die Widerlager der Brücke haben einen einseitigen Schub durch die auf ihnen aufgesetzten Bogen der Eisenconstruction und den Druck der Erdhinterfüllung aufzunehmen. Ihre Form und Stärke war so zu wählen, dafs nicht nur der Druck auf die Fundamentfläche ein den Untergrundverhältnissen entsprechend kleiner ist, sondern dafs sie auch gegen Abscheren genügenden Widerstand leisten. Der ungünstigste Fall tritt bei Vollbelastung der ersten bezw. fünften Brückenöffnung ein. Die Verkehrslast ist zu 400 kg/qm in Rechnung genommen und weiter vorausgesetzt worden, dafs nur die Hinterfüllung senkrecht über den Widerlagern auf diese drückt. Bei einer Länge der Fundamente von je 15 m, einer Breite von 17,5 m, ferner unter Annahme des Einheitsgewichts des Betons und Mauerwerks zu 2,3 und der Hinterfüllung zu 1,8 und mit Berücksichtigung des Auftriebs bis auf mittleres Niederwasser (= 216,1 m), sowie unter Voraussetzung normaler Temperatur ergaben sich nach der zeichnerischen Berechnung folgende Beanspruchungswerthe:

	Pressung der Fundamentfläche		Beanspruchung des Betons auf Abscheren	Druck unter den Auflagerplatten	Druck hinter den Auflagerquadern
	vgl.	Kante			
	at	at	at	at	at
Linker Endpfeiler	2,06	2,72	4,8	34,4	18,0
Rechter Endpfeiler . .	2,24	3,07	6,1	39,8	20,9

Bei einer Temperatur von $+25^{0}$ C. mehr als die Normaltemperatur vergrössert sich der Kämpferdruck. Die Höchstpressungen an den Auflagerplatten erreichen dann links 34,8 at, rechts 40,4 at, während die Pressung der Fundamentfläche sich hierbei nur unwesentlich ändert.

Ausführungsweise der Endpfeiler. Die Endpfeiler sind massig aufgebaut und an den Ecken mit kräftig gegliederten Unterbauten für die Pylone versehen. Die Vorderfläche der Widerlager hat einen leicht geschwungenen Anlauf bis in die Kämpferhöhe; die 1,45 m × 0,80 m × 0,46 m grofsen Auflagerquader und die Schildmauern darüber sind zurückgesetzt. In der Höhe der Oberkante der Auflagerquader beträgt die Stärke der Widerlager noch 3,50 m; der sichtbare Theil derselben, wie derjenige der Unterbauten ist mit Quadermauerwerk verkleidet und zwar der 40 cm hohe Sockel mit blaugrauem Granit vom Fichtelgebirge, der Theil darüber mit feinkörnigem rothem Buntsandstein vom Aischfeld. Hinter dem Verkleidungsmauerwerk kam Beton zur Verwendung und zwar da, wo dieser nur wenig beansprucht wurde, aus 1 Theil Cement und 12 Theilen Kies mit $^1/_3$ Steineinlagen, in dem stärker gepreſsten Theile darüber aus 1 Theil Cement, 6 Theilen Juraschotter und 3 Theilen Mainsand oder Juragries, schliefslich an den am meisten gedrückten Kämpfern Maschinenschotter aus Basalt von Urach nebst bestem Mainsand (im Mischungsverhältnifs von 1 Cement: 2 Sand: 4 Schotter). Damit die Auflagerquader vollkommen satt aufliegen, wurde nicht bis an dieselben betonirt, sondern eine etwa 3 cm starke Fuge offen gelassen, und in diese Portlandcementmörtel mittels einer schweren Eisenstange fest eingestossen.

Die hintere Fläche des Widerlagerbetons wurde mit einem Glattstrich versehen.

Zum Unterbau der Pylone ist Kiesbeton ohne Steineinlagen verwendet worden. Im Innern der Unterbauten befindet sich ein Hohlraum mit kreisrundem Querschnitt.

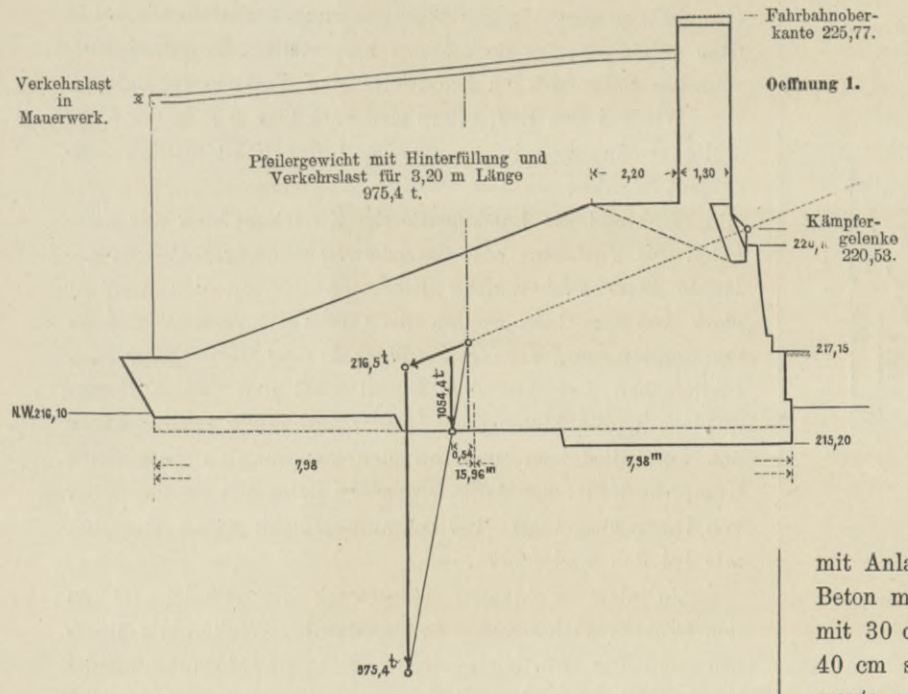


Fig. 6. Linker Landpfeiler.

Tabelle über grösste Pressungen an den Kämpfern.

Oeffnung	Gelenkdruck	Druck unter der Auflagerplatte	Druck hinter dem Auflagerquader
1	1268 at	34,8 at	18,2 at
2	1307 at	35,8 at	18,8 at
3	1403 at	38,5 at	20,2 at
4	1365 at	37,4 at	19,7 at
5	1475 at	40,4 at	21,2 at

Die angegebenen Zahlen entsprechen den gröfsten Kämpferdrücken für Vollbelastung und einer Temperaturänderung von $+25^{0}$.

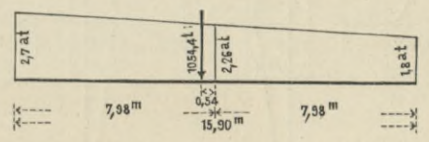


Fig. 7.

Die Quader für die Verkleidung der Widerlager haben 8 cm starke gespitzte, diejenigen der Pylonenunterbauten bis auf Kämpferhöhe 11 cm starke gestelzte Bossen. Darüber wechseln glatte und Bossenschichten; in Gehweghöhe ist ein kräftiges Gesims angeordnet. Die Verkleidung der 1,3 m starken Schildmauern über den Auflagerquadern ist mit gespitzten Mauersteinen aus Buntsandstein vgl. 50 cm stark hergestellt. Sämtliches Mauerwerk wurde in Mörtel aus 1 Theil Portlandcement und 2 Theilen Mainsand versetzt und die Fugen des Quadergemäuers 1 cm stark, der Schildmauern $^1/_2$ cm stark gewählt. Das Versetzen der Steine geschah mittels fahrbarer Krahne von den vor den Endpfeilern stehenden Gerüsten aus.

Im oberen Theile jeder Schildmauer befindet sich eine 2 m weite überwölbte, gegen die Hinterfüllung durch eine 25 cm starke Backsteinwand abgeschlossene Oeffnung für die Durchführung von Gas- und Wasserleitungen.

Zur Entwässerung der Brückentafel wurden hinter den Schildmauern je zwei Wassereinlaufschächte mit Syphons hergestellt, aus denen das Wasser durch in die Pfeiler eingemauerte Steinzeugröhrenleitungen in den Boden abgeleitet wird.

An die Pylonenunterbauten stofsen bei dem linken Endpfeiler zwei 15,3 m und 20,7 m lange gekrümmte, bei dem rechten Endpfeiler 21,7 m lange gerade, in der Vorderfläche mit Anlauf versehene, vgl. 2,67 m starke Flügelmauern aus Beton mit cyklopischer Granitverkleidung an. Dieselben sind mit 30 cm hohen glatten Gesimsen abgedeckt, auf welchen 40 cm starke glatte Brüstungen sitzen. Die runden Postamente am Ende dieser Brüstungen dienen zur Aufnahme von Laternenträgern.

Zwischenpfeiler.

Standsicherheit. Die im Kämpfer 3,80 m breiten Zwischenpfeiler haben einen kräftigen Anlauf und scharf zugeschnittene Vorköpfe. Die ungünstigste Beanspruchung eines Zwischenpfeilers tritt — da der Fall der Einwirkung eines einseitigen Horizontalschubes durch den eisernen Oberbau nicht vorgesehen und bei der Aufstellung des letzteren vermieden wurde — ein, wenn die eine der beiden anstofsenden Brückenöffnungen vollbelastet ist, in der andern nur das Eigengewicht wirkt. Die Bedingung, dafs die Mittelkraft aus den beiden Kämpferdrücken und dem Gewicht des Pfeilers nicht über das mittlere Drittel der Fugenflächen, insbesondere in den Fundamentfugen, hinausfallen dürfe, hätte zu sehr grofsen Abmessungen geführt. Unter der Voraussetzung eines vollkommen tragfähigen Untergrundes, dem man hohe Pressungen zumuthen zu können glaubte, sind die Pfeilerstärken in den Fundamenten aus Sparsamkeitsrücksichten thunlichst schwach, nämlich an den Flufspfeilern 6,8 m, an den Treppenpfeilern 6,0 m angenommen worden. Dabei sind aber, um den auf einen und denselben Zwischenpfeiler einwirkenden ungleichen Kämpferdrücken Rechnung zu tragen, die Fundamente gegen die Pfeileraufbauten in der Richtung seitlich versetzt worden, in der der grössere Druck wirkt. Im Entwurfe hat man die Fundamente so anzuordnen gesucht, dafs die gröfsten Kantenpressungen an beiden Seiten eines Pfeilers annähernd gleich

grofs werden. Die damit nicht ganz übereinstimmenden Ergebnisse in der vorliegenden, im Anschlufs an die Ausführung vorgenommenen statischen Berechnung erklären sich daraus, dafs beim Versenken der Pfeiler, wie schon oben bemerkt wurde, kleinere unbeabsichtigte Verschiebungen vorkamen.

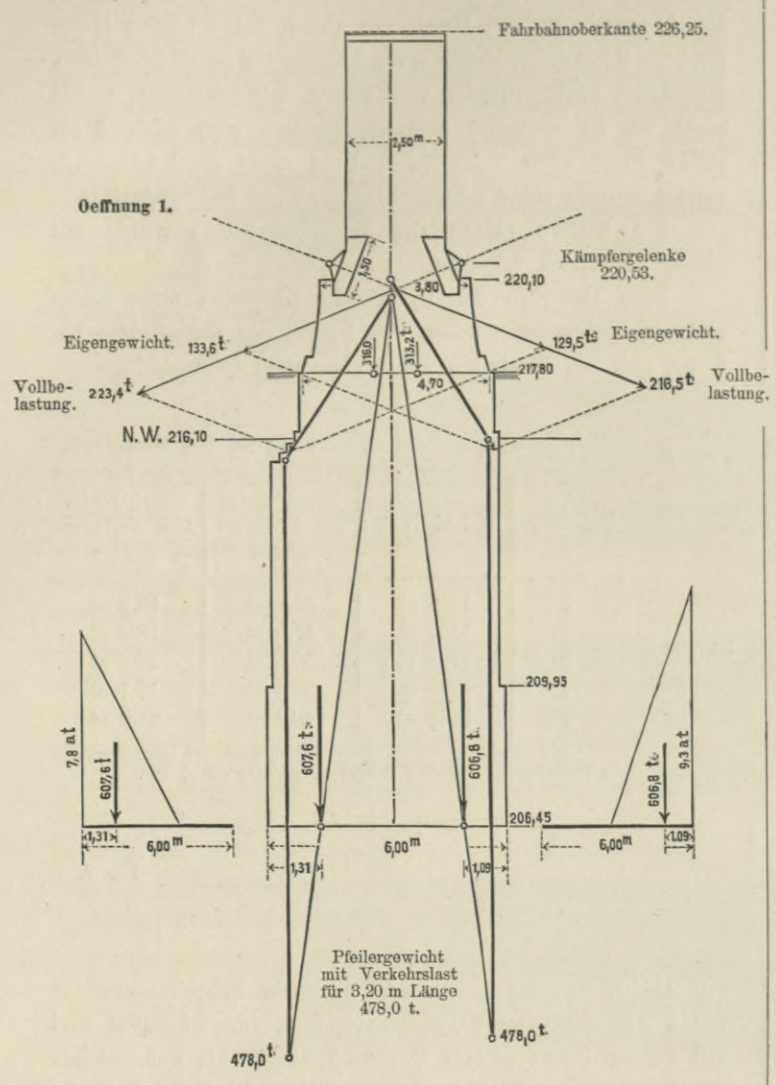


Fig. 8. Linker Treppenpfeiler.

Bei Bestimmung der gröfsten Kantenpressungen ist angenommen worden, dafs sich der Druck auf die ganze Fundamentfläche vertheilt, dafs also auch die Vorköpfe der Zwischenpfeiler einen Theil desselben zu übernehmen haben. Die Ergebnisse der Berechnung sind in nachstehender Tabelle enthalten.

Ausführungsweise der Zwischenpfeiler. Die Flufspfeiler steigen von dem in Niederwasserhöhe auf dem Fundament aufgesetzten, 80 cm hohen Granitsockel mit kräftigem Anlauf bis zu dem 3,80 m breiten Kämpfer auf. Ihre flufsauf und flufsab weit vorspringenden, rechtwinklig zugespitzten Vorköpfe sind mit kräftig gegliederten Gesimsen abgedeckt. Der Aufbau über den letzteren ist abwechselnd aus glatten und Bossenschichten hergestellt, und in Brückenbahnhöhe mit einem stark ausladenden Gesims abgeschlossen. Die beiden Treppenpfeiler haben nur in der Richtung flufsabwärts scharf zugeschnittene Vorköpfe und darüber noch kräftiger als bei den Flufspfeilern gegliederte Aufbauten. Flufsaufwärts dagegen lehnen sich vor dieselben grofse Treppen an, die zur Insel und zum Wasen führen. Die Stärke der Treppenpfeiler beträgt in Bodenhöhe 4,70 m, in Kämpferhöhe 3,80 m, die Stärke der Schildmauern darüber 2,50 m.

Zur Entwässerung der Brückentafel sind in die Zwischenpfeiler je zwei Röhrenleitungen eingelegt, welche unter dem Grundwasserspiegel gegen Steinsickerungen ausmünden. Die dazu gehörigen, aus Backsteinen hergestellten Strafseneinlaufschächte haben 50 cm Lichtweite und Wasser-Verschlüsse.

Wie bei den Endpfeilern sind auch hier 2 m weite überwölbte Oeffnungen im oberen Theil der Schildmauern ausgespart worden.

Während die Fundamente der Zwischenpfeiler aus Kiesbeton mit Tuffstein- oder Sandsteinverkleidung bestehen, gelangte beim Pfeileraufbau Kiesbeton nur an den weniger stark beanspruchten Stellen über dem Deckgesims und in den Schildmauern zur Verwendung; in dem stärker gepreifsten Pfeilerschaft zwischen dem Granitsockel und den Auflagerquadern wurde hinter einer Quaderverkleidung ein Betonkern aus Jurakalksteinen und an den am meisten gedrückten Kämpfern hinter den Auflagerquadern Beton aus Basaltschotter von Urach ausgeführt. Die Betonmischungen waren dieselben wie bei den Endpfeilern.

Zu dem sichtbaren Mauerwerk der Pfeiler ist an den Sockeln Fichtelgebirgsgranit, darüber feinkörniger Buntsandstein des württembergischen Schwarzwaldes verwendet worden; die dem Anprall des Eises besonders ausgesetzten Spitzen der flufsaufwärts gerichteten Vorköpfe der Flufspfeiler wurden mit polirtem rothem Granit armirt. Die Verkleidungsquader der Vorköpfe haben 11 cm vorspringende gestelzte, diejenigen zwischen den Vorköpfen 8 cm starke gespitzte Bossen. In den einzelnen Schichten wechseln 60 cm breite Läufer mit 90 cm breiten Bindern ab. Als Versetz-

Vollbelastete Oeffnung	Gröfste Pressung in der Fundamentfuge		Gelenkdruck		Druck unter der Auflagerplatte	Druck hinter dem Auflagerquader
	Ort	at	a. d. cylindrischen Berührungsfläche at	an der unteren Auflagerfläche at	at	at
I.	Linker Treppenpfeiler	9,3	1252 (1268)	752 (761)	34,4 (34,8)	18,0 (18,2)
II.	Linker Treppenpfeiler	7,8	1294 (1307)	776 (784)	35,4 (35,8)	18,6 (18,8)
	Linker Flufspfeiler	6,8				
III.	Linker Flufspfeiler	6,0	1390 (1403)	834 (842)	38,1 (38,5)	20,0 (20,2)
	Rechter Flufspfeiler	7,9				
IV.	Rechter Flufspfeiler	5,6	1350 (1365)	810 (819)	37,0 (37,4)	19,4 (19,7)
	Rechter Treppenpfeiler	9,0				
V.	Rechter Treppenpfeiler	9,6	1450 (1475)	872 (885)	39,8 (40,4)	20,9 (21,2)

Bemerkung. Die in Klammern beigefügten Zahlen bedeuten die entsprechenden Drücke bei Abweichungen der Temperatur von der Normaltemperatur um + 25° C.

gerüste dienten bis zur Kämpferhöhe die Gründungsgerüste; nach der Entfernung der letzteren und nach der Aufstellung der Montagegerüste für den eisernen Ueberbau mufsten zum Versetzen der Deckschichten und der Quader im Aufbau über den Vorköpfen besondere Gerüste hergestellt werden. Die Schildmauern sind über und zwischen den Auflagerquadern mit gespitzten Mauersteinen von vgl. 50 cm Stärke verkleidet. In die Stofsfugen der Deckschichtenquader wurden, um das Verschieben der letzteren durch Frost zu verhindern, auf die ganze Schichtenhöhe Portlandcementdollen mit quadratischem Querschnitt 10cm von 10 cm Seitenlänge eingesetzt.

Treppenanlagen.

Die von der Brücke zur Insel mit dem Leuzeschen Mineralbad und zum Cannstatter Stadtwasen hinabführenden

dreiarmigen Treppen sind eigenartige, der Brücke ein ganz besonderes Gepräge verleihende Bauwerke. Ein 19,0 m langer, 10,1 m breiter Unterbau mit mächtigem Vorkopf erhebt sich über das Vorland vor den Treppenpfeilern; seine Umfassungsmauern sind aus Buntsandsteinquadern mit Betonhinterfüllung hergestellt. Flache Betongewölbe tragen die beiden unteren je 2,1 m breiten mit einer Ruhbank versehenen Treppenarme, welche im oberen Ende auf eine geräumige, mit Sitzbänken versehene Ruhbank ausmünden. Der obere, ebenfalls durch eine Ruhbank unterbrochene 2,80 m breite Treppenarm ruht auf zwei leicht geschwungenen steigenden Betonbögen mit Quaderverkleidung aus Buntsandstein und Cyklopenmauerwerk aus weifsem Keupersandstein in den Stirnen. Die sichtbaren unteren Leibungen dieser Bögen sind mit einer dem Buntsandstein ähnlich gefärbten Cementmörtel-Verkleidung versehen. An den Aufsenseiten sind die Treppenanlagen durch kräftige Lisenen unterbrochen. Der obere zugleich als Brüstung dienende Abschlufs des Vorkopfs hat die Form eines nordischen Schiffsschnabels, den der Oberkörper eines mit gekreuzten Armen keck gegen die anstürmenden Eisschollen blickenden Flufsgottes krönt. Die Treppenstufen bestehen aus Granit vom Fichtelgebirge, sie wurden bei der Herstellung der Gewölbe alsbald auf den Gewölbebeton in Cementmörtel gelegt. Die Steigungsverhältnisse mit 14,15 : 34 cm an der Inseltreppe und 13,4 : 34 cm an der Wasentreppe können als bequem bezeichnet werden. Die Ruhbänke sind asphaltirt und mit einer 34 cm breiten Terrazzo-Umrahmung versehen. Steinerne Brüstungen an den Ruhbänken und äufsern Backenmauern der Treppenanlagen, sowie kräftige schmiedeeiserne Geländer an den oberen Treppenarmen gewähren für den Fufsgängerverkehr hinreichenden Schutz.

Zu dem Quadermauerwerk der Treppen wurden in der Hauptsache Buntsandseine vom Aischfeld, und nur zu den gegliederten Stücken Mainsandsteine verwendet. Zum Versetzen der Quader und Treppenstufen dienten an den Langseiten der Treppen aufgestellte Stockwerkgerüste mit drehbaren Krahnen. Die Hintermauerungen und Gewölbe wurden aus Kiesbeton im Mischungsverhältnifs 1 Theil Cement zu 9 Theilen Kies mit Sand hergestellt. An der inneren, nicht sichtbaren Fläche des runden Vorkopfes ist, um eine Einschalung während des Betonirens entbehrlich zu machen, ein Backsteinmantel ausgeführt worden.

Die beiden Treppen am rechten Endpfeiler sind einarmig mit einer nutzbaren Breite von 2,80 m und je zwei Ruhbänken angeordnet; das Verhältnifs ihrer Steigung zum Auftritt beträgt 14,5 cm zu 33,5 cm. Die Stufen bestehen aus dunkelblauem Granit, die Ruhbänke aus Mosaikpflaster von 4—5 cm grofsen Granitbrocken, die in Cementmörtel gedrückt und abgeschliffen wurden. Die Treppen sind durch leichte an die Flügelmauern anstofsende, steigende Betongewölbe unterstützt, an welchen die Dammaufschüttungen mit flachen Böschungen auslaufen.

Cement-, Mörtel- und Betonproben.

Der zum Brückenbau gelieferte Cement wurde nach den Bestimmungen der „Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement“ auf seine Raumbeständigkeit, die Feinheit der Mahlung, sowie auf die Zugfestigkeit untersucht, zu welchem Zweck jedem gelieferten Wagen ein beliebiger Sack entnommen worden ist. Beispielsweise hat der zu den Gründungsarbeiten gelieferte Porlandcement 2,5 bis 5,9 % Rückstand auf einem Sieb mit 900 Maschen auf 1 qcm und an Probekörpern mit 5 qcm Bruchquerschnitt nachstehende Zugfestigkeiten aufgewiesen:

Mischungs-verhältnifs	Erhärtungsdauer		Zugfestigkeit		
	an d. Luft Tage	im Wass. Tage	mindest. at	höchstens at	im Mittel at
1 C : 3 Normalsand	1	6	11,0	16,4	13,2
„ „	1	27	15,7	20,8	18,4
reine Cementkörper	1	27	38,5	48,0	42,6
1 C : 2 Mainsand	1	27	19,0	29,5	23,4

Aufserdem wurden in der Materialprüfungsanstalt zu Stuttgart die Druckfestigkeiten des beim Bau thatsächlich zur Verwendung gelangten Mörtels und Betons an Würfeln von 15 cm Seitenlänge untersucht. Bezüglich der in nachstehender Tabelle enthaltenen Ergebnisse dieser Untersuchungen ist zu bemerken, dafs die Würfel im Gefüge theilweise unvollkommen waren; es wären statt der Holzformen besser gufseiserne Formen zur Herstellung der Würfel verwendet worden.

Mischung	Erhärtungsdauer		Druckfestigkeit		
	an d. Luft Tage	im Wass. Tage	mindest. at	höchstens at	im Mittel at
1 C : 12 Kies mit Sand	1	27	64	91	78
„ „	28	—	52	73	58
1 C : 2 Mainsand	1	27	217	274	237
1 C : 8 Basaltkutter	1	27	59	69	63
1 C : 10 Basaltkutter	1	27	34	69	47

Ueber den zum Pfeilerbau verwendeten Beton aus Basalt- und Juraschotter sind in dem Bauschinger'schen Laboratorium an der technischen Hochschule in München Versuche hinsichtlich der Festigkeit und Zusammendrückbarkeit des Betons angestellt worden. Dort wurden in gufseisernen Formen mit Beton aus 1 Cement, 2 Mainsand, 4 Basaltschotter und 1 Cement, 3 Juragries, 6 Juraschotter je drei würfelähnliche Körper mit 12/12 cm Grundfläche und 14 cm Höhe sowie je drei Prismen mit derselben Grundfläche und 30 cm Höhe in der Weise hergestellt, dafs die Materialien zuerst trocken gemischt und dann so viel Wasser zugesetzt wurde, bis sich dasselbe beim Einstampfen in die Formen an der Oberfläche zeigte. Die Probekörper blieben 1 bis 2 Tage in der Form und kamen nach dem Ausschalen 28 Tage unter Wasser, worauf die Druck- und Zusammendrückungsversuche erfolgten. Zu ersteren wurden nur die 14 cm hohen, zu letzteren die 30 cm hohen Probekörper verwendet. Nachstehende Tabelle enthält die hierauf bezüglichen Probeergebnisse:

Mischungsverhältnifs der Probekörper	Druckfestigkeit der Formen		Coefficient		Würfelfestigkeit	Zusammendrückung in Millionstel der ursprünglichen Länge bei Belastung in Atmosphären:																					
	12/12/14 cm at	12/12/30 cm at	λ	μ	$\lambda+\mu$ at	0	6,94	13,89	20,83	27,78	34,72	41,66	48,61	55,55	62,50	69,44	76,38	83,33	90,27	97,22	104,16	111,10	118,05	124,99	131,94	138,88
1 C : 2 Mainsand : 4 Basaltschotter	221	158	118	138	256	0	13	27	42	56 –58	74	90	107	126 -129	146	164	183	203 -210	229	250	274	298 –312	344	381	335	374
1 C : 3 Juragries : 6 Juraschotter	142	88	41	118	159	0	17	35	56	78 –79	103	127	155	187 -196	229	281	300									

Es ist zu beachten, dafs die Versuchskörper nicht genaue Würfel darstellten und dafs deshalb zur Ermittlung der Würfelfestigkeit die durch Versuche gefundenen Zahlen nach der Formel

$$s_0 = \lambda + \mu \cdot \frac{a}{h}$$

berichtigt werden mufsten, in welcher s_0 die Druckfestigkeit des würfelförmigen Körpers, a die Querschnittsseite, h die

Höhe des Versuchskörpers und λ und μ Coefficienten bezeichnen.

Die Versuche erwiesen die Ueberlegenheit des Betons aus Basaltschotter und Juraschotter gegenüber dem Kiesbeton. Die Zusammendrückung der verschiedenen Betonproben ist, insolange es sich um Inanspruchnahme bis zu 30 at handelt, nicht wesentlich verschieden, erst bei höheren Inanspruchnahmen zeigen sich Verschiedenheiten. Der gröfseren Druckfestigkeit entspricht dabei eine kleinere Zusammendrückung; eine Elasticitätsgrenze der Betonprobe ist nicht vorhanden; die Grenze der Stetigkeit der Zusammendrückung ist jedoch aus der Tabelle mit genügender Sicherheit erkennbar, sie liegt für Basaltschotterbeton etwa bei 120 at, für Juraschotterbeton bei 63 at.

4. Architektonischer und künstlerischer Schmuck der Pfeileranlagen, sowie der Treppen.

(Abb. 49—55 Bl. 5, Abb. Bl. 6—9.)

Zu wirkungsvoller Hervorhebung der Endpunkte der Brücke sind zu beiden Seiten der Widerlager vier Pylone von je 17,6 m Höhe aus Quadern von Mainsandstein hergestellt worden. Auf einem 5,45 m hohen Postament mit 4 m breiter quadratischer Grundfläche, das mit einem Fries und Gesimse abgeschlossen ist, welche die leicht bemalten Wappen der württembergischen Oberamtsstädte tragen, erhebt sich in schlanker Verjüngung der Pylonenschaft mit einem reichen, mit Schildern und Feldzeichen gezierten Capitell, das in einem geschwungenen Steinhelm, auf welchem eine reich verzierte Kugel ruht, seinen Abschlufs findet. Zur Hintermauerung der Vorsetzquader wurde Beton aus 1 Theil Cement und 8 Theilen Kies mit Sand verwendet, der gegen den kreisrunden hohlen Innenraum der Pylone mit einem Backsteinmantel verkleidet ist. Letzterer war, der leichteren Ausführung wegen, an Stelle einer Verschalung gewählt worden. An der Innenwand der Pylone sind Steigeisen in die Mauer eingesetzt worden; der Zugang ist durch eiserne Thüren aus $4^1/_2$ mm starker Blechfüllung mit Umfassungsrahmen aus 75/55/8 mm starken Winkeleisen und mit aufgenietetem Mannstädtschem Ziereisen und aufgeschraubten Nagelköpfen abgeschlossen. Die Pylone sind mit Blitzableitern versehen.

Deren Auffangstange ist 3,7 m lang und im Mittel 35 mm stark. Das 1,15 m über die Bekrönung hinaufragende Stück ist mit einem Kupferbund und einem vergoldeten Morgenstern geziert, und trägt eine im Feuer vergoldete Kupferspitze. Eine 8 mm starke Kupferdrahtableitung ist durch den Hohlraum der Pylonen unter der Thürschwelle hindurch ins Erdreich geführt, in welchem die mit ihr zusammengelötete, aus einem 25/2 mm starken Kupferband bestehende Erdleitung die Verbindung mit der 1,0 m langen, 1,0 m breiten und 2 mm dicken Vertheilungsplatte aus Kupfer bildet. Der Kupferdrahtanschlufs an die Eisenconstruction der Brücke ist nach dem Kämpfer des nächstliegenden Bogens gezogen. Die Verteilungsplatten liegen in einiger Entfernung von den Pylonen im Grundwasser.

Die 2 m langen, 1,30 m breiten, 2,15 m hohen Postamente für die Figuren vor den Pylonen sind auf granitenen Sockeln mit Betonhinterfüllung aus je 3 stattlichen, einfach gehaltenen Quaderstücken von Mainsandstein hergestellt worden. Auf ihnen sitzen vier Figuren in dreifacher Lebensgröfse, Landwirthschaft, Gewerbe, Handel und Macht darstellend. Zur Zeit sind es nicht Figuren in Stein oder Erz, die der Beschauer vor sich sieht, es sind nur flotte Modelle aus Gyps, die von der geschickten Hand des Bildhauers Fremd in Stuttgart in kurzer Zeit aufgebaut wurden. Die spätere Ausführung der Figuren in Stein ist in Aussicht genommen. Im Unterbau der Pylone sind Inschriften eingehauen, welche auf die Ausführung des Bauwesens Bezug haben.

Sie lauten an den Pylonen auf Stuttgarter Seite:

„Begonnen im October 1891 unter König Karl I., vollendet im September 1893 unter König Wilhelm II.“

und:

„Auf Antrag der Königlichen Staatsregierung genehmigten die Landstände den Brückenbau auf Staatskosten mit Beiträgen der Stadt Stuttgart, der Stadt und des Amtes Cannstatt, 28. April/20. Mai 1894“.

Auf der Cannstatter Seite besagen die Inschriften folgendes:

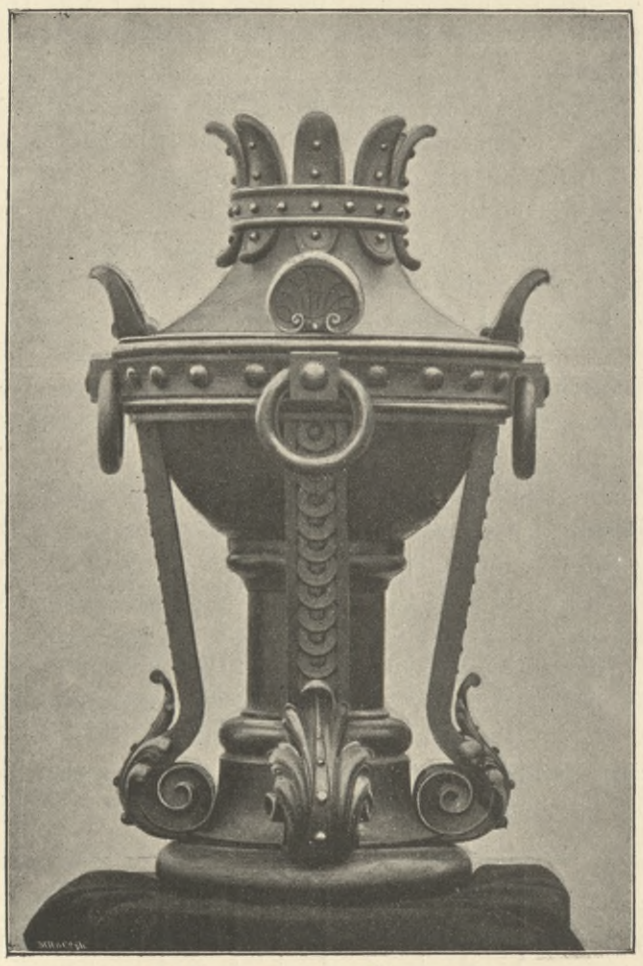
„Unter Staatsminister des Innern J. K. v. Schmid entworfen und ausgeführt von Regierungsdirector K. v. Leibbrand.“ „Bauleitung: Baurath Schaal, Abtheilungsingenieur Reihling.“

„Unternehmer: Gründung: — Holzmann, Joofs — Pfeileraufbau: — Joofs, Adelmann, Hauser — Martineisenoberbau: — Maschinenfabrik Efslingen — Geländer: — Leuthi“ —;

endlich:

„Gröfste zulässige Belastung der Brücke durch gleichmäfsig vertheiltes Menschengedränge: auf der Fahrbahn 400 kg/qm, auf den Gehwegen 560 kg/qm, durch Fuhrwerke auf der Fahrbahn 20 t, auf dem Gleise 40 t.“

Auch schaut hier nach mittelalterlicher Uebung an bescheidener Stelle aus einer kreisrunden Oeffnung das Bild des Erbauers zu seinem Werke heraus.



Bekrönung der Flufspfeileraufsätze.

Die Aufsätze auf den Flufspfeilern und an den geschlossenen Enden der Treppenpfeiler sind 5,5 bezw. 5,2 m hoch, aus Buntsandsteinquadern vom Main erstellt, diejenigen auf den Flufspfeilern tragen verkupferte Vierfüfse, mit Schalen zum Abbrennen von Freudenfeuern; sie wurden in der galvanoplastischen Kunstanstalt in München hergestellt. Die Aufsätze an den Treppenpfeilern sind zur Aufnahme von Statuen

bestimmt; aufserdem sollen an den Vorderseiten sämtlicher Aufsätze Reliefs angebracht werden.

Die Steinmetzarbeiten zu diesen Aufbauten wurden auf den Werkplätzen der Unternehmer Gebrüder Adelmann in Bettingen bei Wertheim am Main nach den ihnen übergebenen Werkzeichnungen samt Schablonen tadellos ausgeführt und fertig bearbeitet zum Versand gebracht. Auch die Pylonenbekrönungen sind dort hergestellt worden.

Die Versetzarbeiten hatten Gebrüder Hauser in Stuttgart-Berg übernommen. Die Aufmauerung geschah mit Schwarzkalkmörtel, da sich an den mit Portlandcement aufgemauerten Pfeilern weifse Ausschwitzungen an der Oberfläche der Steine zeigten, welche das reine Aussehen der architektonischen Aufbauten beeinträchtigt hätten.

Die Bildhauerarbeiten an den Pylonen, Pfeileraufsätzen und Treppenvorköpfen wurden von den Bildhauern Rothe und Hilliger in Stuttgart ausgeführt, welche auch die Modelle hierzu lieferten.

5. Eiserner Brücken-Ueberbau.

(Abb. 1 u. 10 Bl. 2, Abb. 29 bis 48 Bl. 4.)

Gesamtanordnung.

Die fünf Bogenöffnungen der Brücke haben vom linken gegen den rechten Endpfeiler gerechnet

Spannweiten von	45,51 m	48,00 m	50,48 m	48,00 m	45,51 m
Pfeilhöhen von	4,375 m	4,735 m	4,855 m	4,505 m	3,695 m
Verhältnifs =	$\frac{1}{10,40}$	$\frac{1}{10,14}$	$\frac{1}{10,4}$	$\frac{1}{10,65}$	$\frac{1}{12,32}$

In jeder Oeffnung sind in Abständen von je 3,20 m 6 parabolisch gekrümmte vollwandige Bogen mit Kämpfergelenken und von I Form angeordnet, deren Steghöhe

im Scheitel	750 mm	790 mm	830 mm	790 mm	750 mm
an den Kämpfern	860 „	900 „	940 „	900 „	860 „

beträgt. Mit dem 12 mm dicken Steg sind oben und unten durch je zwei Winkel von 90/90/12 mm Stärke je zwei 380 mm breite Gurtplatten zusammengenietet, von denen die inneren 14 mm starken auf die ganze Bogenlänge angeordnet sind, die äufseren 12 mm starken vom Scheitel bis in die Nähe der Kämpfer reichen. An den beiden Stirnbögen in jeder Oeffnung ist auf dem oberen Flansch aufserdem noch je ein Winkel von 100/80/10 mm angenietet. Die Bogenträger sind durch Futterbleche und Winkelstücke verstärkt. Die Auflager sind als Zapfenkipplager angeordnet. Der 240 mm lange Stahlzapfen mit ◠ Querschnitt ruht mittels Unterlagskeilen mit $^1/_{12}$ Anzug auf dem gufseisernen Lagerstuhl mit 900/700 mm grofser Auflagerplatte. Der 700 mm lange, 238 mm breite obere Lagerstuhl aus Martinstahlgufs ist an die Bogen angeschraubt. Das Gewicht eines Auflagers beträgt rund 650 kg. Unter die Lagerplatten sind zum Zweck gleichmäfsiger Druckvertheilung auf das Mauerwerk 2 mm starke Bleiplatten gelegt worden.

Durch Verticalen, welche die Längsträger der Brücke gegen die Bögen abstützen sind die fünf Oeffnungen in 18, 19, 20, 19, 18 Felder getheilt, von je 2,509 m, 2,508 m, 2,507 m, 2,508 m, 2,509 m Länge. Diese Verticalen sind über den Stirnbogen aus je einem 300/10 mm starken Flacheisen und einem 120/80 mm Winkel, über den inneren Bogenträgern aus je zwei kreuzweise gestellten und durch Futterbleche verbundenen Winkeln verschiedener Profile (100/100/14 mm bis 90/90/10 mm) gebildet.

Die beiden äufseren Längsträger sind aus 8 mm starkem Blech und 75/75/8 mm Winkeln mit I förmigem Querschnitt und mit Segmentausschnitten zwischen den einzelnen Verticalständern angeordnet; die inneren bestehen aus geraden 300 mm hohen I förmigen Trägern aus 10 mm starkem Stehblech und vier 75/75/10 mm starken Gurtwinkeln. Im Scheitel der Bögen laufen diese inneren Längsträger aus. Dem Längenprofil entsprechend haben diese Längsträger eine flache Krümmung in Parabelform.

Ein Diagonalverband zwischen den Bögen und den Längsträgern ist des bessern Aussehens wegen unterblieben.

Zwischen den Bögen befinden sich fachwerkartige Querversteifungen mit Rahmen von 90/90/10 mm Winkeln und 70/70/7 mm Diagonalwinkeln. Diese Fachwerke sind in der Nähe der Kämpfer radial, gegen den Scheitel der Bögen senkrecht eingesetzt. Aufserdem besteht zwischen den Verticalstützen in der Querrichtung der Brücke ein Kreuzverband aus 75/75/12 mm starken Winkeln und am untern Ende der Stützen noch eine wagrechte Verbindung durch 90/90/6 mm Winkel.

In der Fläche der Obergurte der Bögen ist ein hinreichender Windkreuzverband aus Winkeleisen von 75/75/10 mm, ein ebensolcher zwischen den oberen Längsträgern hergestellt.

Die Brückentafel ist folgendermafsen ausgeführt: In Abständen von je 1,25 m sind abwechselnd über sechs und vier Haupt- und Längsträgern hinweg, die nach der Fahrbahnwölbung geformten, in der Mitte 410 mm, an den Enden 250 mm hohen Querträger von I Form aus 8 mm starkem Stehblech und 75/75/8 mm Gurtwinkeln gelegt. Ueber den Verticalständern der äufseren Bogenträger sind auf die Querträger die 1,10 m über die Brückenstirnen vorspringenden Consolstücke mit ähnlichem Querschnitt genietet. Während nun die Belageisen der Fahrbahn, mit Normalprofil Nr. 11, nach der Längsrichtung der Brücke in Abständen von je 277 mm und mit Zwischenräumen von 37 mm mittels Klemmplättchen und Schrauben auf die Querträger befestigt sind, liegen die 3,42 m langen Belageisen der Gehwege mit dem Profil 170/60/3/6 mm quer zur Brückenachse in Abständen von je 282 mm und mit Zwischenräumen von 112 mm auf den durch die Querträger und Consolen unterstützten Gehwegträgern mit [und ⊤ förmigem Querschnitt auf und sind auf diesen durch Schrauben befestigt.

Ueber den Pfeilern dienen als Unterlage für die Fahrbahnbelageisen und die inneren Längsträger der Gehwege 18 mm starke Flachschienen, für die äufseren und mittleren Längsträger ins Mauerwerk eingelassene Gufsplättchen.

Um der Eisenconstruction bei Temperaturveränderungen freie Beweglichkeit zu sichern und Verschiebungen am Pfeilermauerwerk zu verhindern, sind in jeder Oeffnung an den Belagenden auf die ganze Brückenbreite durch Winkeleisen, welche einerseits auf dem Fahrbahnbelag beziehungsweise Längsträgern der Gehwege, anderseits auf dem Pfeilermauerwerk befestigt sind, Trennungsfugen von 1 cm Weite in der Fahrbahn und den Gehwegen hergestellt. Diese Fugen sind in den Gehwegen mittels Winkeleisen überdeckt, in der Fahrbahn wurden sie der gleichmässigeren Abnutzung der Winkel und der Fahrbahn wegen offen gelassen; für das Offenhalten der Fugen hat die Brückenwarte zu sorgen.

Das Gesamtgewicht des eisernen Ueberbaues, ohne die an den Verticalständern der Stirnbogen angebrachten Ziereisen, beträgt: 1380460 kg.

Grundzüge für die Bauweise.

Der ganze eiserne Ueberbau wurde so einfach als möglich gestaltet; die Construction ist in allen ihren Theilen zugänglich, kann also überall einer Untersuchung unterworfen werden. Verkröpfungen sind durchweg vermieden.

Grundlagen für die Belastung und Inanspruchnahme des Eisen-Ueberbaues.

Nach dem Bauprogramm waren als Eigengewichte in Rechnung zu nehmen:

von 1 cbm	Holz	1000	kg,
„ „ „	Asphalt . . .	2200	„
„ „ „	Brückenbahnbeton	2500	„
„ „ „	Flufseisen . . .	7850	„
„ „ „	Schweifseisen . .	7800	„
„ „ „	Gufseisen . . .	7250	„

Als Verkehrs-Belastung wurden folgende Werthe zu Grunde gelegt:

Menschengedränge mit 400 kg für das qm der Fahrbahn und mit 560 kg für das qm der Gehwege; daneben für die Fahrbahn als gröfste Einzellast eine Dampfwalze mit 20 Tonnen Dienstgewicht und der nachstehend gezeichneten Druckver theilung.

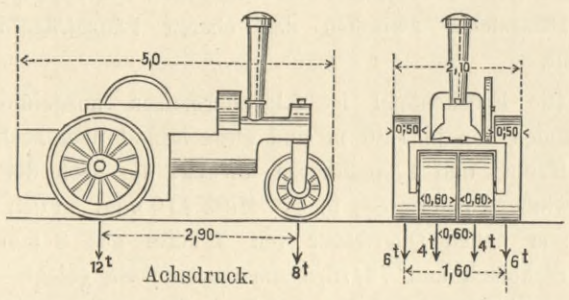


Fig. 9 u. 10.

Für den Wind sollte eine Belastung von 150 kg für das qm der von demselben getroffenen Fläche angenommen und bezüglich der Inanspruchnahme der Construction durch Temperaturwechsel ein Temperaturunterschied von 50° C., für die in den Brückenstirnen gelegenen Eisenconstructionen dagegen eine um 10° C. höhere Temperaturschwankung zu Grunde gelegt werden.

Hiernach und für die jeweils möglichen ungünstigsten Belastungsweisen war die Berechnung für die sämtlichen Constructionstheile der Brücke in Bezug auf Haupt- und Nebenspannungen, für die letzteren insbesondere auch bezüglich der Temperaturveränderungen durchzuführen.

Die Querschnitt-Bemessung hatte nach der Weyrauchschen Theorie (vgl. „die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlconstructionen von Dr. Jakob J. Weyrauch“, Leipzig 1889) unter Anwendung der Formel 7 in § 8

$$b = 800\left(1 + \frac{\psi}{2}\right)$$

zu geschehen. Zur Berechnung der Stärke der Nietverbindungen war die Schubfestigkeit = $^4/_5$ der Druckfestigkeit anzunehmen.

Bei den ungünstigsten Belastungsarten durfte die Inanspruchnahme auf Zug und Druck

bei Schweifseisen 700 at,
bei Martineisen 1000 at,

die Inanspruchnahme auf Schub $^4/_5$ dieser Zahlen, die Inanspruchnahme auf Druck

bei Tiegelgufsstahl 2000 at,
bei Gufseisen 1000 at,

nicht übersteigen. Bezüglich der Gestaltung der Vernietungen und Stofsverbindungen hatte sich die Bauverwaltung die Vornahme von Versuchen vorbehalten.

Statische Berechnung des Brücken-Ueberbaues.

Die dem Entwurfe der Maschinenfabrik Efslingen zu Grund gelegte, von Oberingenieur Kübler durchgeführte statische Berechnung des Oberbaues beschränkte sich bezüglich der Hauptträger (elastischen Bögen) auf die Oeffnung IV mit 48 m Spannweite und 4,5 m Pfeilhöhe. Die Berechnung der Zwischenträger, Verticalen, Gurten usw. hatte für alle 5 Oeffnungen gleichmäfsig Gültigkeit.

Zur Bestimmung der Bogenquerschnitte wurden die Hauptspannungen für die ungünstigsten Belastungen für Querschnitte in Abständen von je 2,4 m und die Nebenspannungen infolge des Bestrebens zu seitlichem Einknicken sowie durch Temperaturänderungen gegenüber der Normaltemperatur ermittelt; unberücksichtigt blieben hierbei die Spannungen infolge von Winddruck und die Spannungsänderungen infolge unbeabsichtigter Aenderungen der Spannweite durch Nachgeben der Pfeiler und Widerlager. Hiernach waren die Bogen aus je einem Stehblech von 1,2 cm Stärke, dessen Höhe vom Scheitel zu den Kämpfern von 78 auf 90 cm wächst, 4 Winkeleisen von 90/90/1,2 cm und 2 Horizontalplatten von 38/1,4 cm zusammengesetzt, wozu, soweit nöthig, noch zwei horizontale Verstärkungsplatten von 38/1,0 cm kommen, die aber in der Nähe des Scheitels und der Kämpfer weggelassen sind. Die Bogen der Oeffnung II mit derselben Spannweite erhielten dieselben Querschnitte, diejenigen der Mittelöffnung mit 50,48 m Spannweite um 4 cm höhere, die der beiden äufseren Oeffnungen mit Spannweiten von 45,51 m um 4 cm niedrigere Querschnitte, wie die berechneten Bogen der Oeffnung IV. Begründet wurde diese Wahl damit, dafs die Momente in der Mittelöffnung etwa 5 % gröfser, in den Endöffnungen um ebenso viel kleiner sind als in der Oeffnung IV.

Die von Professor Dr. Weyrauch in Stuttgart zunächst vorgenommene allgemeine Prüfung der Pläne und Berechnungen der Fabrik führte zu dem Ergebnifs, dafs auch an den Stirnbögen, unbeschadet der dort hinzukommenden Winkeleisen zur Befestigung der Verticalständer die im Entwurf nicht vorgesehenen Verstärkungsplatten anzubringen, die Verstärkungsplatten sämtlicher Bögen über den Scheitel wegzuführen und die Dicke dieser Platten mit 1,2 cm statt mit 1,0 cm auszuführen war. Diese Aenderungen erschienen mit Rücksicht auf seitlichen Winddruck, sowie etwaige Pfeilerbewegungen und Spannweiteänderungen, die sich am stärksten im Scheitel der Bogen geltend machen und auch deshalb empfehlenswerth, weil nach der vorgelegten Berechnung die vorgeschriebenen Grenzen der Beanspruchungen ohnedies schon an einigen Stellen überschritten wurden. Aufserdem war eine Ergänzung des Windkreuzverbandes gegenüber dem geplanten, eine Verstärkung der Verticalen gegen den Kämpfer hin vorgesehen, und die Verwendung 11 cm hoher Zoreseisen an Stelle 9 cm hoher für den Fahrbahnbelag als nothwendig erachtet worden. Die hernach von Professor Dr. Weyrauch vorgenommene eingehende statische Berechnung behandelte infolge der Verschiedenheit der Spannweiten und Pfeilverhältnisse die Bögen aller fünf Brückenöffnungen einzeln für sich, und zwar bezüglich der Haupt- und Nebenspannungen einschliefslich der Ermittlung über die Scheitelbewegungen und die nöthige Ueberhöhung der Bögen. Infolge der hierbei gefundenen Rechnungsergebnisse mufste von den früher festgesetzten Querschnitten nur insofern abgegangen werden, als die unteren Verstärkungsplatten der Bogen in Oeffnung V um 2 m gegen die Kämpfer verlängert wurden. Bezüglich dieser Controllberechnung kann auf die demnächst erfolgende Veröffentlichung derselben durch Professor Dr. Weyrauch in der Wiener Allgemeinen Bauzeitung verwiesen werden.

Zu der hier angefügten statischen Berechnung des Oberingenieurs Kübler ist zu bemerken, dafs sie der thatsächlichen Ausführung entsprechend aufgestellt worden ist.

1. Die Hauptträger.

Die Hauptträger sind vollwandige, elastische Bogenträger mit Kämpfergelenken, die in gleicher Höhe liegen. Es sei $l = 2a$ die Stützweite und b die Pfeilhöhe der Bogenachse, welche vortheilhafter Weise nach der Parabel $y = b\,(1 - \xi^2)$ geformt ist; es bedeute ferner $-S$ den axialen Bogendruck und M das Spannungsmoment im Querschnitt x des Bogens, der im Punkt $x = m$ mit der Einzellast P belastet sei; bezeichnet man endlich noch mit F den Querschnitt, mit J das Trägheitsmoment des Bogens im Querschnitt x und ist E der Elasticitätsmodul des Materials

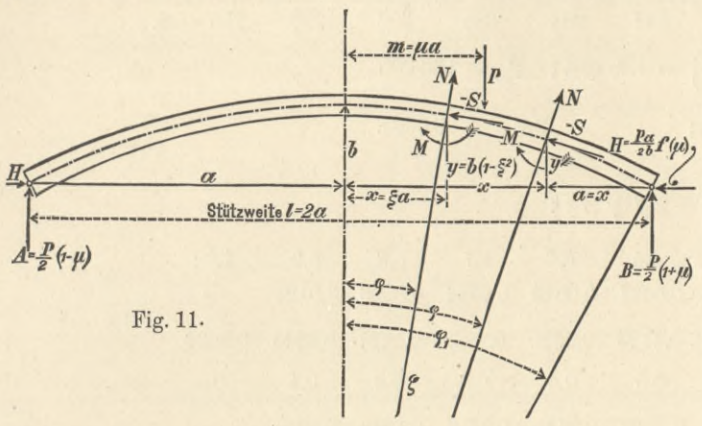


Fig. 11.

und α der Wärmeausdehnungs-Coefficient (für Flufseisen: $E = 2150000$; $\alpha = 0{,}000012$), dann ist im Bogenquerschnitt x: die specifische Längenänderung der Bogenachse $\varepsilon = \frac{\Delta ds}{ds}$, allgemein

$$\varepsilon = \frac{S + \frac{M}{r}}{EF} \pm \alpha t^0$$

worin $\pm t^0$ die Temperaturänderung bedeutet gegen die Mitteltemperatur, bei welcher der Bogen angelegt worden ist. Es ist ferner die specifische Biegung $\omega = \frac{\Delta d\varphi}{d\varphi}$ daselbst:

$$\omega = \frac{M \cdot r}{EJ} + \varepsilon$$

und man erhält den Horizontalschub H aus der Gleichung für die Formänderung:

$$\Delta l = -\int \omega\, d\varphi\, y + \int \varepsilon\, dx$$

worin Δl die positive Längenänderung der Bogensehne l bedeutet, um welches Mafs die Widerlager unter Umständen ausweichen könnten.

Setzt man in obiger Gleichung die Werthe für ε und ω ein, so erhält man mit $r\,d\varphi = ds$:

$$\Delta l = -\int \frac{My}{EJ}\, ds + \int \left[\frac{S + \frac{M}{r}}{EF} \pm \alpha t^0\right] (dx - y\,d\varphi).$$

In dieser Gleichung ist das zweite Glied der rechten Seite gegen das erste Glied von ganz untergeordneter Bedeutung, und man darf also in demselben ohne merklichen Fehler die überdies flache parabolische Bogenlinie $y = b\,(1 - \xi^2)$ mit der Kreislinie $x = r \sin\varphi$; $y = r\,(\cos\varphi - \cos\varphi_1)$ vertauschen, wodurch für $dx - y\,d\varphi = ds \cos\varphi_1$ und

für $x < m$: bezw. $x > m$:

$$S + \frac{M}{r} = -H\cos\varphi_1 - A\sin\varphi_1 \text{ bezw. } -H\cos\varphi_1 - B\sin\varphi_1$$

$=$ constant und gleich dem Bogendruck S_1 am Widerlager links bezw. rechts gesetzt werden darf. Mit dieser Vereinfachung wird die Gleichung zur Bestimmung des Horizontalschubs H:

$$\Delta l = -\int \frac{My}{EJ}\, ds + \int \left(\frac{S_1}{EF} \pm \alpha t^0\right) \cos\varphi_1\, ds,$$

oder, wenn man mit dem constanten Mittelwerth $(J\cos\varphi)_m$ multiplicirt, $ds = \frac{dx}{\cos\varphi}$; $\int ds = s$; $\frac{(J\cos\varphi)_m}{J\cos\varphi} = i$ setzt und reducirt:

$$E\,(J\cos\varphi)\,[\pm \alpha t s \cos\varphi_1 - \Delta l] = \int i\,M y\,dx - \frac{J\cos\varphi_1}{F}\, S_1 \int dx.$$

Nun ist, wenn $m = \mu a$, $x = \xi a$ beim Belastungsfall P, μ:

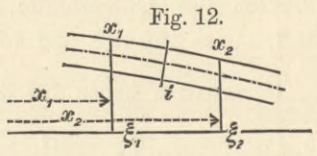
für $\xi < \mu$: bezw. $\xi > \mu$:

$$Hy - A\,(a + x) = M = Hy - B\,(a - x)$$
$$H\cos\varphi_1 + A\sin\varphi_1 = -S_1 = H\cos\varphi_1 + B\sin\varphi_1$$

worin $A = \frac{P}{2}(1 - \mu)$ und $B = \frac{P}{2}(1 + \mu)$ ist.

Für die kurze Strecke $x_1 x_2$ darf ein constanter Mittelwerth für i gesetzt werden. Dividirt man noch mit ab^2 und setzt zur Abkürzung $\beta = \frac{b}{a}$ und $\gamma = \frac{J\cos\varphi_1}{Fb^2}$, integrirt längs der Strecke $x_1 x_2$ und summirt über den ganzen Bogen mit Rücksicht auf die Grenze $\xi <$ bezw. $> \mu$, dann hat man:

Fig. 12.



$$\frac{E\,(J\cos\varphi_1)}{ab^2}\,[\pm \alpha t s \cos\varphi_1 = \Delta l] = H \sum_{-1}^{+1} \int_{\xi_1}^{\xi_2} [i\,(1 - \xi^2)^2 + \gamma]\, d\xi - \frac{Pa}{2b}\,(1 - \mu) \sum_{-1}^{\mu} \int_{\xi_1}^{\xi_2} [i\,(1 + \xi)\,(1 - \xi^2) - 2\beta^2\gamma]\, d\xi$$
$$- \frac{Pa}{2b}\,(1 + \mu) \sum_{\mu}^{-1} \int_{\xi_1}^{\xi_2} [i\,(1 - \xi)\,(1 - \xi^2) - 2\beta^2\gamma]\, d\xi.$$

Löst man die Gleichung nach H auf und reducirt, so erhält man für den Horizontalschub H allgemein den Ausdruck:

$$\text{I)}\quad H = \frac{Pa}{2b} \cdot \frac{(1 - \mu) \sum_{0}^{\mu} (f_{x_2} - f_{x_1}) + \sum_{\mu}^{1} (g_{x_2} - g_{x_1})}{\sum_{0}^{1} (h_{x_2} - h_{x_1})} + \frac{E\,(J\cos\varphi)}{2ab^2 \sum_{0}^{1} (h_{x_2} - h_{x_1})}\,[\pm \alpha t s \cos\varphi_1 = \Delta l]$$

worin bedeutet:

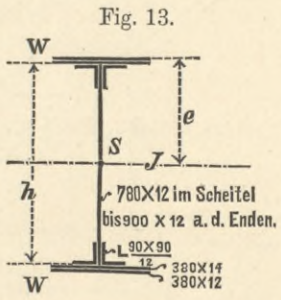
$$f_x = i\left(\xi - \frac{\xi^3}{3}\right) - 2\beta^2\gamma\xi; \quad g_x = f_x - \frac{\xi^2}{2}\left(1 - \frac{\xi^2}{2}\right) i; \quad h_x = \left(\xi - {}^2/_3\,\xi^3 + \frac{\xi^5}{5}\right) i + \gamma\xi.$$

Theilt man zur numerischen Berechnung des Horizontalschubs H die Bogenhälfte a in 10 gleiche Theile, so hat man im vorliegenden Fall [für Oeffnung IV] mit

$$a = 24^m; \quad l = 2a = 48^m; \quad b = 4{,}505^m; \quad \beta = \frac{b}{a} = 0{,}1877; \quad \operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{2b}{a} = 0{,}3754;$$
$$\cos\varphi_1 = 0{,}936; \quad \cos^2\varphi = 0{,}876; \quad b^2 = 450{,}5^2 = 202950$$

und dem dort ausgeführten, nebenskizzirten Bogenquerschnitt:

Fig. 13.



für $\xi =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0:
$\frac{1}{1000} J =$	475	488	514	541	569	597	612	627	642	440	440
$\cos \varphi =$	1	0,999	0,997	0,994	0,990	0,984	0,977	0,969	0,959	0,948	0,936
$\frac{1}{1000} J \cos \varphi =$	475	488	513	538	563	588	598	607	615	417	412

$$\frac{1}{1000} (J \cos \varphi)_m = \frac{1}{10}\left(\frac{475}{2} + 488 + \ldots\ldots\ldots + 417 + \frac{412}{2}\right) = 537; \quad \text{und also} \quad \frac{1}{1000} J_m = 550$$

$\frac{(J \cos \varphi)_m}{J \cos \varphi} =$	1,13	1,10	1,05	1	0,95	0,91	0,90	0,88	0,87	1,29	1,30
also $i =$	1,11	1,08	1,03	0,98	0,93	0,90	0,89	0,88	1,08	1,29	
$e =$	41,6	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	46,6	47,1	47,6	46,4	—
$W = \frac{J}{e} =$	11430	11600	11940	12280	12620	12950	13130	13300	13480	9490	—
und: $F =$	372	373	375	378	380	382	384	386	386	295	295 qcm.

$$F_m = \frac{1}{10}\left(\frac{372}{2} + 373 + \ldots\ldots\ldots + 295 + \frac{295}{2}\right) = 368 \text{ qcm}; \quad J_m = 550\,000$$

$$\text{also } \gamma = \frac{J \cos^2 \varphi_1}{F b^2} = \frac{550\,000 \cdot 0{,}876}{368 \cdot 202\,950} = 0{,}0065; \qquad 2\beta^2 \gamma = 0{,}0005.$$

Mit diesen Werthen findet man $f_{x_2} - f_{x_1} = i \Delta \left(\xi - \frac{\xi^3}{3}\right) - 2\beta^2 \gamma \Delta \xi$:

für $\xi =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0:
$(f_{x_2} - f_{x_1}) =$	0,1106	0,1054	0,0964	0,0859	0,0740	0,0627	0,0513	0,0384	0,0298	0,0124	—
$\sum_0^\mu (f_{x_2} - f_{x_1}) =$	0	0,1106	0,2160	0,3124	0,3983	0,4723	0,5350	0,5863	0,6247	0,6545	0,6669
$1 - \mu =$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
$(1-\mu) \sum_0^\mu (f_{x_2} - f_{x_1}) =$	0	0,0995	0,1728	0,2187	0,2390	0,2362	0,2140	0,1759	0,1249	0,0655	—

und: $g_{x_2} - g_{x_1} = f_{x_2} - f_{x_1} - \Delta \frac{\xi^2}{2}\left(1 - \frac{\xi^2}{2}\right) \cdot i$:

$(g_{x_2} - g_{x_1} =$	0,1051	0,0896	0,0723	0,0559	0,0407	0,0283	0,0180	0,0097	0,0045	0,0008	—
$\sum_\mu^1 (g_{x_2} - g_{x_1}) =$	0,4249	0,3198	0,2302	0,1579	0,1020	0,0613	0,0330	0,0150	0,0053	0,0008	—

und: $h_{x_2} - h_{x_1} = i \Delta \left(\xi - {}^2/_3 \xi^3 + \frac{\xi^5}{5}\right) + \gamma \cdot \Delta \xi$:

$(h_{x_2} - h_{x_1}) =$	0,1108	0,1036	0,0910	0,0760	0,0596	0,0443	0,0303	0,0176	0,0092	0,0022	—

$\sum_0^1 (h_{x_2} - h_{x_1}) = 0{,}5446$, mithin der Horizontalschub H:

$H = \frac{Pa}{2b}$ { mal	0,780	0,770	0,740	0,692	0,626	0,546	0,454	0,351	0,239	0,122	0 }
für $\mu =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1

Hätte man auf die Variation des Querschnitts keine Rücksicht genommen, sondern für J und F die oben angegebenen Mittelwerthe $F_m = 368$, $J_m = 550000$ und $(J \cos \varphi)_m = 537000$ als constant für den ganzen Bogen betrachtet, so würde man mit $i_1 = \frac{15}{8} \frac{J \cos^2 \varphi_1}{F b^2}$ erhalten haben für den Horizontalschub, allgemein:

$$\Gamma^a) \quad H = \frac{\frac{25}{64} \frac{Pa}{b} (1 - \mu^2) \left[1 - \frac{\mu^2}{5} - \frac{64}{25} \beta^2 i_1\right] + \frac{15}{16} \frac{E (J \cos \varphi)}{a b^2} [\alpha t s \cos \varphi_1 - \Delta l]}{1 + i_1}$$

Im vorliegenden Fall ist $i_1 = 0{,}0118$ und also die Werthe von H:

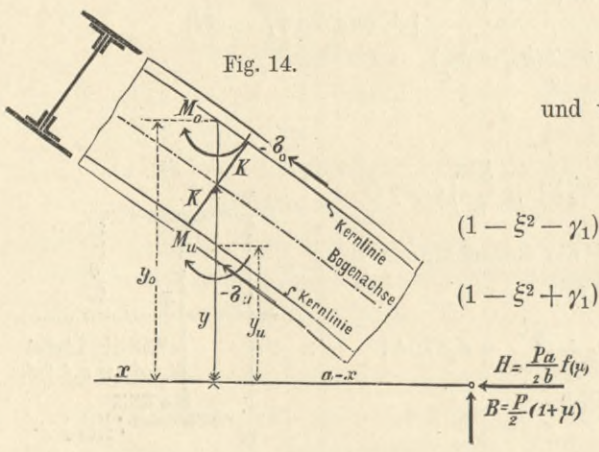
für $\mu =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\frac{Pa}{2b} f(\mu) = H =$	0,771	0,762	0,734	0,689	0,627	0,549	0,458	0,355	0,242	0,123	$0 \times \frac{Pa}{2b}$
gegen die genauen	0,780	0,770	0,740	0,692	0,626	0,549	0,454	0,351	0,239	0,122	$0 \times \frac{Pa}{2b}$

Die Maximal-Inanspruchnahme (oben σ_o, unten σ_u) im Bogen ist nahezu

$$\sigma = \frac{M}{W} \text{ und also:}$$

$$+ W\sigma_o = M_u = H y_u - A(a + x) \text{ bezw. } H y_u - B(a - x)$$
$$- W\sigma_u = M_o = H y_o - A(a + x) \text{ bezw. } H y_o - B(a - x)$$

Fig. 14.



und wenn: $k = \frac{W}{F}$; $\gamma_1 = \frac{k}{b \cos \varphi}$; $y_{\substack{o\\u}} = b(1 - \xi^2 \pm \gamma_1)$, so wird:

für $\xi \leqq \mu$:	bezw.	für $\xi \gtreqless \mu$:
$(1 - \xi^2 - \gamma_1) f(\mu) - (1 + \xi)(1 - \mu) =$	$\frac{W \sigma_o}{{}^1/_2 Pa}$	$= (1 - \xi^2 - \gamma_1) f(\mu) - (1 - \xi)(1 + \mu)$
$(1 - \xi^2 + \gamma_1) f(\mu) - (1 + \xi)(1 - \mu) =$	$\frac{-W \sigma_u}{{}^1/_2 Pa}$	$= (1 - \xi^2 + \gamma_1) f(\mu) - (1 - \xi)(1 + \mu)$.

Für die Belastungsscheiden μ_1 und μ_2 erhält man hiernach aus $\sigma_{\substack{o\\u}} = 0$ d. i. $\frac{1 - \mu_2}{f(\mu_2)} = \frac{1 \mp \gamma_1 - \xi^2}{1 + \xi}$ bezw. $\frac{1 + \mu_1}{f(\mu_1)} = \frac{1 \mp \gamma_1 - \xi^2}{1 - \xi}$ und also

für μ bezw. $\xi =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1:
$\frac{1-\mu_2}{f(\mu_2)} =$	1,2821	1,1688	1,0811	1,0116	0,9585	0,9158	0,8811	0,8547	0,8368	0,8197	
$\frac{1 \mp \gamma_1 - \xi^2}{1+\xi} =$	0,932	0,837	0,741	0,644	0,546	0,449	0,351	0,254	0,155	0,061	
	1,068	0,963	0,859	0,756	0,654	0,551	0,449	0,346	0,245	0,139	
$\frac{1+\mu_1}{f(\mu_1)} =$	1,2821	1,4285	1,6216	1,8786	2,2364	2,7473	3,5242	4,8433	7,5314	15,5738	
$\frac{1 \mp \gamma_1 - \xi^2}{1-\xi} =$	0,932	1,023	1,111	1,195	1,275	1,346	1,405	1,437	1,395	1,150	
	1,068	1,177	1,289	1,404	1,525	1,654	1,795	1,963	2,205	2,650	

und daraus:

oben	$\mu_1 =$	$-0,4$	$-0,2$	$-0,1$	$+0$	$+0$	$+0,1$	$+0,1$	$+0,2$	$+0,1$	$-0,1$
	$\mu_2 =$	$+0,4$	$+0,7$	$+0,9$	und darüber;						
unten	$\mu_1 =$	$-0,2$	$+0,0$	$+0,1$	$+0,1$	$+0,2$	$+0,3$	$+0,3$	$+0,4$	$+0,4$	$+0,5$
	$\mu_2 =$	$+0,2$	$+0,3$	$+0,6$	$+0,9$	und darüber.					

Innerhalb dieser Grenzen summirt, ergiebt sich:

für oben:

$$\left.\begin{matrix}\text{max Zug } (+)\\ \\ \text{max Druck } (-)\end{matrix}\right\} \frac{W\sigma_o}{{}^1/_2 Pa} = \begin{cases}(1-\xi^2-\gamma_1)\left[\sum\limits_{-1}^{\mu_1} f(\mu) + \sum\limits_{\mu_2}^{+1} f(\mu)\right] - (1-\xi)\sum\limits_{-1}^{\mu_1}(1+\mu) - (1+\xi)\sum\limits_{\mu_2}^{1}(1-\mu)\\ (1-\xi^2-\gamma_1)\sum\limits_{\mu_1}^{\mu_2} f(\mu) - (1-\xi)\sum\limits_{\mu_1}^{\xi}(1+\mu) - (1+\xi)\sum\limits_{\xi}^{\mu_2}(1-\mu)\end{cases}$$

und für unten:

$$\left.\begin{matrix}\text{max Druck } (-)\\ \\ \text{max Zug } (+)\end{matrix}\right\} \frac{W\sigma_u}{{}^1/_2 Pa} = \begin{cases}(1-\xi^2+\gamma_1)\left[\sum\limits_{-1}^{\mu_1} f(\mu) + \sum\limits_{\mu_2}^{+1} f(\mu)\right] - (1-\xi)\sum\limits_{-1}^{\mu_1}(1+\mu) - (1+\xi)\sum\limits_{\mu_2}^{1}(1-\mu)\\ (1-\xi^2+\gamma_1)\sum\limits_{\mu_1}^{\mu_2} f(\mu) - (1-\xi)\sum\limits_{\mu_1}^{\xi}(1+\mu) - (1+\xi)\sum\limits_{\xi}^{\mu_2}(1-\mu)\end{cases}$$

Nach obigem sind nun für Oeffnung IV die Resultate in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle der $(1 \mp \mu)\ (1 \pm \xi)$.

$f(\mu) = 0$		$\xi =$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
		$\mu = -1,0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,122		$-0,9$	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0
0,239		$-0,8$	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02	0
0,351		$-0,7$	0,30	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06	0,03	0
0,454		$-0,6$	0,40	0,36	0,32	0,28	0,24	0,20	0,16	0,12	0,08	0,04	0
0,546		$-0,5$	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0
	μ_1 oben												
0,626		$-0,4$	0,60	0,54	0,48	0,42	0,36	0,30	0,24	0,18	0,12	0,06	0
0,692		$-0,3$	0,70	0,63	0,56	0,49	0,42	0,35	0,28	0,21	0,14	0,07	0
	μ_1 unten												
0,740		$-0,2$	0,80	0,72	0,64	0,56	0,48	0,40	0,32	0,24	0,16	0,08	0
0,770		$-0,1$	0,90	0,81	0,72	0,63	0,54	0,45	0,36	0,27	0,18	0,09	0
0,780		0	1,0	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0
0,770		$+0,1$	0,90	0,99	0,88	0,77	0,66	0,55	0,44	0,33	0,22	0,11	0
0,740		$+0,2$	0,80	0,88	0,96	0,84	0,72	0,60	0,48	0,36	0,24	0,12	0
	μ_2 unten												
0,692		$+0,3$	0,70	0,77	0,84	0,91	0,78	0,65	0,52	0,39	0,26	0,13	0
0,626		$+0,4$	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,70	0,56	0,42	0,28	0,14	0
	μ_2 oben												
0,546		$+0,5$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,60	0,45	0,30	0,15	0
0,454		$+0,6$	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,48	0,32	0,16	0
0,351		$+0,7$	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,34	0,17	0
0,239		$+0,8$	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,18	0
0,122		$+0,9$	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0
0		$+1,0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$(1-\xi)[\,]+(1+\xi)[\,] =$			3	2,85	2,88	3,15	2,70	2,75	2,20	1,98	1,10	0,36	
			7	7,05	6,72	5,95	5,70	4,75	4,20	3,12	2,50	1,54	
$(1-\xi)[\,]+(1+\xi)[\,] =$			5,6	6,36	5,12	3,85	3,96	3,90	3,12	2,73	1,82	1,05	
			4,4	3,54	4,48	5,25	4,44	3,60	3,28	2,37	1,78	0,85	
$y_{\substack{u\\o}} = b\,(1-\xi^2 \mp \gamma_1) =$			0,932	0,921	0,889	0,837	0,765	0,673	0,562	0,431	0,279	0,115	$\times b$
			1,068	1,059	1,031	0,983	0,915	0,827	0,718	0,589	0,441	0,265	
für σ_o ist $\Sigma f(\mu) =$			3,424	3,391	3,770	4,540	4,540	5,320	5,320	6,090	5,320	3,770	
			6,436	6,469	6,090	5,320	5,320	4,540	4,540	3,770	4,540	6,090	
für σ_u ist $\Sigma f(\mu) =$			6,060	6,878	6,032	5,320	6,090	6,830	6,830	7,522	7,522	8,148	
			3,800	2,982	3,828	4,540	3,770	3,030	3,030	2,338	2,338	1,712	
also $y_u \sum\limits_{\mu_1}^{\mu_2} f(\mu) =$			3,1912	3,1231	3,3515	3,8000	3,4731	3,5804	2,9898	2,6248	1,4843	0,4336	
			5,9983	5,9579	5,4140	4,4528	4,0698	3,0554	2,5515	1,6249	1,2667	0,7004	
$(1-\xi)[\,]+(1+\xi)[\,] =$			3	2,85	2,88	3,15	2,70	2,75	2,20	1,98	1,10	0,36	
			7	7,05	6,72	5,95	5,70	4,75	4,20	3,12	2,50	1,54	
also von P herrührend σ_o max $(+)$			0,1921	0,2731	0,4715	0,6500	0,7731	0,8304	0,7898	0,6448	0,3843	0,0736	$\times \frac{Pa}{2W}$
$(-)$			$-1,0017$	$-1,0921$	$-1,3060$	$-1,4972$	$-1,6302$	$-1,6946$	$-1,6485$	$-1,4951$	$-1,2333$	$-0,8396$	

$\xi =$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
von P: σ_o max $\begin{matrix}(+)\\(-)\end{matrix} =$	0,1912 — 1,0017	0,2731 — 1,0921	0,4715 — 1,3060	0,6500 — 1,4972	0,7731 — 1,6302	0,8304 — 1,6946	0,7898 — 1,6485	0,6448 — 1,4951	0,3843 — 1,2333	0,0736 — 0,8396	$\times \frac{Pa}{2W}$
mithin von Total-belastung mit G: max (+) + max (—) $\sigma_o =$	— 0,8105	— 0,8190	— 0,8345	— 0,8472	— 0,8571	— 0,8642	— 0,8587	— 0,8503	— 0,8490	— 0,7660	$\times \frac{Ga}{2W}$
$y_o \sum_{\mu_1}^{\mu_2} f(\mu) =$	6,4721 4,0584	7,2838 3,1579	6,2190 3,9467	5,2296 4,4628	5,5724 3,4496	5,6484 2,5058	4,9039 2,1755	4,4305 1,3771	3,3172 1,0311	2,1592 0,4537	
$(1-\xi)[\,] + (1+\xi)[\,] =$	5,6 4,4	6,36 3,54	5,12 4,48	3,85 5,25	3,96 4,44	3,90 3,60	3,12 3,28	2,73 2,37	1,82 1,78	1,05 0,85	
von P: σ_u max $\begin{matrix}(-)\\(+)\end{matrix} =$	— 0,8721 + 0,3416	— 0,9238 0,3821	— 1,0990 0,5333	— 1,3796 0,7872	— 1,6124 0,9904	— 1,7484 1,0942	— 1,7839 1,1045	— 1,7005 0,9929	— 1,4972 0,7489	— 1,1092 0,3963	$\times \frac{Pa}{2W}$
mithin von Total-belastung mit G: max (+) + max (—) $\sigma_u =$	— 0,5305	— 0,5417	— 0,5657	— 0,5924	— 0,6220	— 0,6542	— 0,6794	— 0,7076	— 0,7483	— 0,7129	$\times \frac{Ga}{2W}$

Hieraus ergiebt sich $\frac{\sigma_o - \sigma_u}{2} = -0{,}1400 \frac{Ga}{2W}(1-\xi^2)$, und da durch einen künstlichen Horizontalschub

$$H_k = 0{,}1400 \frac{Ga}{2b} = 0{,}1400 \frac{4800 \cdot 24}{2 \cdot 4{,}505} = 1790 \text{ kg}$$

in dem Querschnitt ξ eine Spannung oben von

$$\sigma_o = \frac{Hb}{W}(1-\xi^2-\gamma_1)$$

und unten von $-\sigma_u = \frac{Hb}{W}(1-\xi^2+\gamma_1)$ erzeugt würde, wodurch $\frac{\sigma_o - \sigma_u}{2}$ sich gleichfalls $= 0{,}1400 \frac{Ga}{2W}(1-\xi^2)$ ergiebt, so folgt daraus, dafs durch Einführung dieses künstlichen Horizontalschubs H_k (was durch entsprechendes Anziehen der Keillager nach fertiger Aufstellung der Bögen bewirkt werden kann) die oben genannten Spannungen σ_o resp. σ_u bei der Vollbelastung durch das Eigengewicht $G = \frac{Ga}{10} = \frac{2000 \cdot 24}{10} = 4800$ kg einander gleich werden. Dadurch wird nicht nur der kleinste Materialverbrauch im Bogenquerschnitt erzielt, sondern auch erreicht, dafs der letztere vollkommen symmetrisch anzuordnen ist. Dieser Umstand hat aber aufser dem praktischen auch den noch weiteren sehr schätzbaren theoretischen Vortheil, dafs die Annahmen, die bei Aufstellung der Deformationsgleichungen gemacht worden sind, in viel höherem Mafse zutreffen, als wenn der Bogenquerschnitt nicht symmetrisch wäre.

Mit Einführung dieses künstlichen Horizontalschubs von allgemein $H_k = 0{,}1400 \frac{Ga}{2b}$ ist also bei Vollbelastung mit dem Eigengewicht G anstatt der Werthe oben zu setzen:

	— 0,8105	— 0,8190	— 0,8345	— 0,8472	— 0,8571	— 0,8642	— 0,8587	— 0,8503	— 0,8490	— 0,7660	$\times \frac{Ga}{2W}$
$+0{,}1400(1-\xi^2-\gamma_1) =$	+ 0,1305	+ 0,1289	+ 0,1245	+ 0,1172	+ 0,1071	+ 0,0942	+ 0,0787	+ 0,0603	+ 0,0390	+ 0,0160	
$\sigma_o =$	— 0,6800	— 0,6900	— 0,7100	— 0,7300	— 0,7500	— 0,7700	— 0,7800	— 0,7900	— 0,8100	— 0,7500	$\times \frac{Ga}{2W}$
	— 0,5305	— 0,5417	— 0,5657	— 0,5924	— 0,6220	— 0,6542	— 0,6794	— 0,7076	— 0,7483	— 0,7129	$\times \frac{Ga}{2W}$
$-0{,}1400(1-\xi^2+\gamma_1) =$	— 0,1495	— 0,1483	— 0,1443	— 0,1376	— 0,1280	— 0,1158	— 0,1006	— 0,0824	— 0,0617	— 0,0371	
$\sigma_u =$	— 0,6800	— 0,6900	— 0,7100	— 0,7300	— 0,7500	— 0,7700	— 0,7800	— 0,7900	— 0,8100	— 0,7500	$\times \frac{Ga}{2W}$

Ein Temparaturwechsel von $t = \pm 30^0$ C. gegen die Mitteltemperatur hat, mit $s = 2a\left(1 + \frac{2}{3}\frac{b^2}{a^2}\right) = 49{,}15$ m (s. unten) einen Horizontalschub H_t zur Folge von:

$$H_t = \pm \frac{E(J \cos\varphi)}{2ab^2 \sum_0^1 (h_{x_2} - h_{x_1})} \alpha t s \cos\varphi_1 = \pm \frac{2150000 \cdot 537000}{2 \cdot 2400 \cdot 202950 \cdot 0{,}5446} 0{,}000012 \cdot 30^0 \cdot 4915 \cdot 0{,}936 = 3600 \text{ kg}$$

und dies entspricht einem Spannungszuwachs von:

$$\sigma_{\substack{o\\u}} = \frac{Hb}{W}(1 \mp \gamma_1 - \xi^2)$$

für Oeffnung IV also, wenn alles in $\frac{Ga}{2W}$ als Einheit ausgedrückt wird:

für $\xi =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1:	
von t: $\sigma_o =$	0,2624	0,2593	0,2503	0,2356	0,2153	0,1894	0,1582	0,1213	0,0785	0,0324	—	$\times \frac{Ga}{2W}$
$\sigma_u =$	0,3006	0,2981	0,2902	0,2767	0,2575	0,2328	0,2021	0,1658	0,1241	0,0746	—	

Drückt man ebenso die Maximal-Verkehrslast $P = \frac{pa}{10} = \frac{1400 \cdot 24}{10} = 3360$ in G als Einheit, also $P = 0{,}7\ G$ aus, so hat man für die Maximalwerthe durch die Verkehrslast unter Beachtung, dafs $\frac{Ga}{2W} = \frac{3360 \cdot 2400}{210} \frac{4032000}{W}$ bei variablem W für die Querschnitte:

$\xi =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\frac{Pa}{2W} =$	352,8	347,5	337,7	328,3	319,5	311,4	307,1	303,2	299,1	424,9	—
und $\frac{Ga}{2W} =$	503,9	496,5	482,4	469,0	456,4	444,8	438,7	433,1	427,3	606,9	—.

Zu berücksichtigen ist noch, dafs der Bogenquerschnitt infolge Knickung um die Vertikalachse durch den Bogendruck von nahezu $S = {}^2/_3 \sigma \cdot F$ einen weiteren Spannungszuwachs $\sigma' = \pm 0{,}0001 \frac{S l^2}{J'}$ erfahren kann.

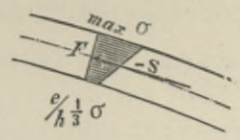


Fig. 15.

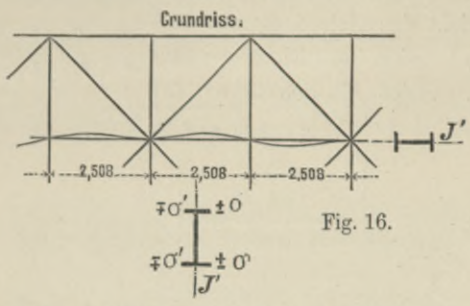


Fig. 16.

Ist die freie Länge $l = {}^3/_4 \cdot 250 = 190$ cm,

$$J' = {}^2/_{12}\,(2{,}6 \cdot 38^3 + 1{,}2 \cdot 20^3) = 25400 \text{ und:}$$

$$\sigma_{\max} = (0{,}7 \cdot 1{,}7839 + 0{,}7800)\,\frac{Ga}{2W} = 2{,}0287\,\frac{Ga}{2W}$$

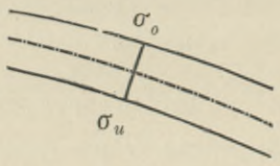
$F = 384$ qcm, so wird:

$$\sigma' = \pm 0{,}0001\,\frac{{}^2/_3 \cdot 2{,}0287 \cdot \frac{Ga}{2W} \cdot 384 \cdot 190^2}{25400} = \pm 0{,}0737\,\frac{Ga}{2W};$$

wie bisher alles in der Einheit $\frac{Ga}{2W}$ ausgedrückt.

Die Maximal- bezw. Minimalwerthe der Anstrengungen σ_o und σ_u im Bogenquerschnitt ξ erhält man nun aus dem Vorhergehenden indem man die betreffenden Werthe von σ, hervorgerufen

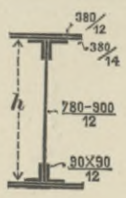
Fig. 17.



1. vom Eigengewicht G und
2. von der Maximalverkehrslast P zusammensetzt, und aufserdem beachtet, dafs diese Spannungen noch einen Zuwachs erhalten können:
3. vom Temperaturwechsel $t = \pm 30^0$ C. und
4. von der Knickgefahr der Bögen um die Vertikalachse.

Diese Werthe von σ sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Fig. 18.



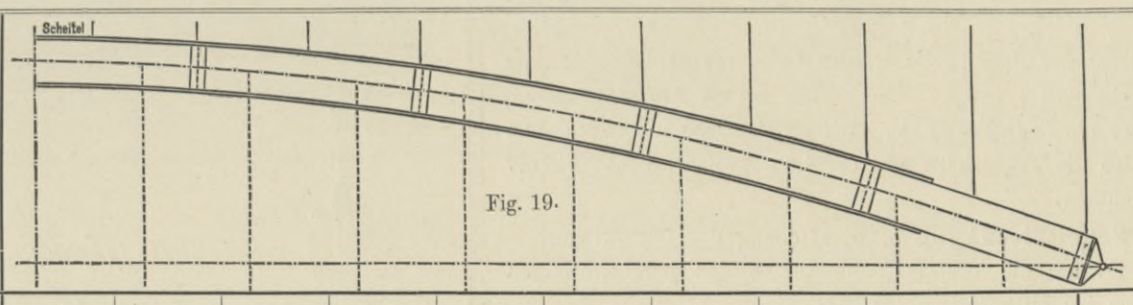


Fig. 19.

$\xi =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$h =$	780	790	810	832	850	870	880	890	900	900	
$F =$	372	373	375	378	380	382	384	386	386	295	
$J =$	475000	488000	514000	541000	569000	597000	612000	627000	642000	440000	
$e =$	41,6	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	46,6	47,1	47,6	46,4	
$W =$	11430	11600	11940	12280	12620	12950	13130	13300	13480	9490	
$\frac{Pa}{2W} =$	352,8	347,5	337,7	328,3	319,5	311,4	307,1	303,2	299,1	424,9	
$\frac{Ga}{2W} =$	503,9	496,5	482,4	469,0	456,4	444,8	438,7	433,1	427,3	606,9	
$\sigma_o =$ v. Eigengew. $\sigma_g =$	− 0,6800	− 0,6900	− 0,7100	− 0,7300	− 0,7500	− 0,7700	− 0,7800	− 0,7900	− 0,8190	− 0,7500	$\times \frac{Ga}{2W}$
$\sigma_o =$ v. Verkehrslast P $\sigma_p =$	+ 0,1338	+ 0,1912	+ 0,3301	+ 0,4550	+ 0,5412	+ 0,5813	+ 0,5529	+ 0,4504	+ 0,2690	+ 0,0515	$\times \frac{Ga}{2W}$
$\sigma_o =$ v. Verkehrslast P $\sigma_p =$	− 0,7012	− 0,7645	− 0,9142	− 1,0480	− 1,1411	− 1,1862	− 1,1540	− 1,0466	− 0,8633	− 0,5877	$\times \frac{Ga}{2W}$
$\sigma_o =$ v. Knickg. $\sigma' =$	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	$\times \frac{Ga}{2W}$
max $\sigma_o =$	− 1,4549	− 1,5282	− 1,6979	− 1,8517	− 1,9648	− 2,0299	− 2,0077	− 1,9103	− 1,7470	− 1,4114	$\times \frac{Ga}{2W}$
min $\sigma_o =$	+ 0,2075	+ 0,2649	+ 0,4038	+ 0,5287	+ 0,6149	+ 0,6550	+ 0,6266	+ 0,5241	+ 0,3427	+ 0,1252	$\times \frac{Ga}{2W}$
d. i. max $\sigma_o =$	− 733	− 757	− 819	− 869	− 897	− 903	− 881	− 827	− 747	− 856	at.
d. i. min $\sigma_o =$	+ 105	+ 132	+ 195	+ 248	+ 281	+ 291	+ 275	+ 227	+ 146	+ 76	at.
$\sigma_u =$ v. Eigengew. $\sigma_g =$	− 0,6800	− 0,6900	− 0,7100	− 0,7300	− 0,7500	− 0,7700	− 0,7800	− 0,7900	− 0,8100	− 0,7500	$\times \frac{Ga}{2W}$
$\sigma_u =$ v. Verkehrslast P $\sigma_p =$	− 0,6105	− 0,6467	− 0,7693	− 0,9657	− 1,1287	− 1,2239	− 1,2587	− 1,1904	− 1,0480	− 0,7764	$\times \frac{Ga}{2W}$
$\sigma_u =$ v. Verkehrslast P $\sigma_p =$	+ 0,2391	+ 0,2675	+ 0,3733	+ 0,5510	+ 0,6933	+ 0,7659	+ 0,7732	+ 0,6950	+ 0,5242	+ 0,2774	$\times \frac{Ga}{2W}$
$\sigma_u =$ v. Knickg. $\sigma' =$	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	± 0,0737	$\times \frac{Ga}{2W}$
max $\sigma_u =$	− 1,3642	− 1,4104	− 1,5530	− 1,7694	− 1,9524	− 2,0676	− 2,1124	− 2,0541	− 1,9317	− 1,6001	$\times \frac{Ga}{2W}$
min $\sigma_u =$	+ 0,3128	+ 0,3412	+ 0,4470	+ 0,6247	+ 0,7770	+ 0,8396	+ 0,8469	+ 0,7687	+ 0,5979	+ 0,3511	$\times \frac{Ga}{2W}$
d. i. max $\sigma_u =$	− 687	− 700	− 749	− 830	− 891	− 920	− 927	− 890	− 825	− 971	at.
d. i. min $\sigma_u =$	+ 158	+ 169	+ 216	+ 293	+ 354	+ 374	+ 372	+ 333	+ 255	+ 213	at.

Vorstehende Werthe der Inanspruchnahme gelten bei Mitteltemperatur; für den Temperaturwechsel $\pm 30^0$ C. kommt zu den vorstehenden Zahlen eine Zusatzspannung von:

von $t = \pm 30^0$ $\sigma_o =$	∓ 0,2624	∓ 0,2593	∓ 0,2503	∓ 0,2356	∓ 0,2135	∓ 0,1894	∓ 0,1582	∓ 0,1213	∓ 0,0785	∓ 0,0324	$\times \frac{Ga}{2W}$
von $t = \pm 30^0$ $\sigma_u =$	± 0,3006	± 0,2981	± 0,2902	± 0,2767	± 0,2575	± 0,2328	± 0,2021	± 0,1658	± 0,1241	± 0,0746	$\times \frac{Ga}{2W}$
d. i. von $t = \pm 30^0$ $\sigma_o =$	∓ 132	∓ 129	∓ 121	∓ 111	∓ 97	∓ 84	∓ 69	∓ 52	∓ 33	∓ 20	at.
d. i. von $t = \pm 30^0$ $\sigma_u =$	± 151	± 148	± 140	± 130	± 118	± 104	± 89	± 72	± 53	± 45	at.

Einem Ausweichen der Widerlager von je 1 cm würde ein Spannungszuwachs im Scheitel entsprechen von:

$$\sigma_{\substack{o\\u}} = \frac{M}{W} = \pm \frac{H b (1 \mp \gamma_1)}{W}$$

worin im Ausdruck für H der Werth von $\Delta l = 1$ gesetzt ist und also

$$H = \frac{-2150000 \cdot 537000}{2 \cdot 2400 \cdot 450{,}5^2 \cdot 0{,}5446} = -2180 \text{ kg}$$

damit wird: $\sigma_{\substack{o\\u}} = \pm \frac{(-2180 \cdot 450{,}5 \cdot \binom{0{,}932}{1{,}068})}{11430} = \left.\begin{matrix} -80 \\ +92 \end{matrix}\right\}$ at,

entsprechend einem Temperaturwechsel:

$$t = \pm \frac{1}{s \cos \varphi_1 \, \alpha} = \pm \frac{1}{4915 \cdot 0{,}936 \cdot 0{,}000012} = \pm 18^0 \text{ C.}$$

Ist das Eigengewicht G pro Knotenpunkt $= 4800$ kg, so hat man für die 5 verschiedenen Öffnungen der Brücke

in Oeffnung	I	II	III	IV	V
halbe Stützweite $\frac{l}{2} = a =$	22,755	24,0	25,24	24,0	22,755 m
Pfeilhöhe $b =$	4,375	4,735	4,855	4,505	3,695
$\frac{Ga}{2} =$	$1-0{,}052$	1 ∓ 0	$1+0{,}054$	1 ± 0	$1-0{,}052$
	54600	57600	60600	57600	54600

und da nach Vorstehendem die Maximal-Pressungen $\sigma_{\substack{o\\u}}$ in den verschiedenen Öffnungen im Grofsen und Ganzen proportional sind der Einheit $\frac{Ga}{2W}$, so darf man nur W proportional der Spannweite wählen, also für die Mittelöffnung um ebensoviel gröfser wie in den beiden Aufsenöffnungen, kleiner als in Oeffnung IV. Bei sonst gleichen Dimensionen ist also die Trägerhöhe um ca. 4 cm gröfser, bezw. kleiner zu nehmen.

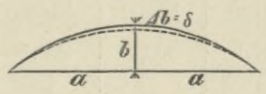
Scheitelsenkung bezw. -Hebung der Bogenträger.

Es ist die ursprüngliche Länge des parabelförmigen Bogens bei Mitteltemperatur:

$$s = 2a \int_0^1 \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \, d\xi = 2a \left(1 + {}^2/_3 \frac{b^2}{a^2}\right) \text{ annähernd}$$

$$= 49{,}15 \text{ m.}$$

Fig. 20.



Es ist daher:

a) vom Max.-Temperaturwechsel $t = \pm 30^0$ C. (für Oeffnung IV):

$$\text{mit } \Delta s = \pm \frac{s t^0}{81200} = \pm 1{,}816 \text{ und } \Delta b = \delta;$$

$$\frac{st}{81200} = \frac{8b}{3a} \Delta b = \frac{8b}{3a} \delta = \Delta S; \quad \delta = {}^3/_8 \frac{24}{4{,}505} \Delta S = 2 \Delta S,$$

$$\text{woraus } \delta_t = \pm {}^3/_8 \frac{a s t}{b \, 81200} = \frac{3 \cdot 2400 \cdot 4915 \cdot 30^0}{8 \cdot 450{,}5 \cdot 81200} = \pm 3{,}6 \text{ cm,}$$

b) von der Verkehrslast $p = 1400$ kg pro lf. m ist:

$$H = \frac{p a^2}{2b}$$

$$\Delta s = \frac{Ss}{EF} \text{ nahezu} = \frac{Hs}{EF_0} \text{ im Scheitel,}$$

weil gegen die Widerlager der Querschnitt annähernd im Verhältnifs von $\frac{1}{\cos \varphi}$ zunimmt, daher

$$\Delta s = \frac{p a^2 s}{2 b E F_0} = \frac{8b}{3a} \Delta b = \frac{8b}{3a} \delta,$$

$$\text{folglich } \delta_p = \frac{3 p a^3 s}{16 b^2 E F_0} = \frac{3 \cdot 14{,}00 \cdot 2400^3 \cdot 4915}{16 \cdot 450{,}5^2 \cdot 2150000 \cdot 372} = 1{,}1 \text{ cm.}$$

und c) vom Eigengewicht $g = 2000$ kg pro lf. m:

$$\delta_g = \frac{g}{p} \delta_p = \frac{2000}{1400} 1{,}1 = 1{,}57 \text{ cm.}$$

Der künstliche Horizontalschub $H_k = 1790$ kg hat eine Verkürzung der Bogensehne

$$= -\Delta l_k = H \frac{2 a b^2 \Sigma (h_{x_2} - h_{x_1})}{E (J \cos \varphi)} = \frac{1790}{2180} = 0{,}82 \text{ cm}$$

und also eine Ueberhöhung $\delta_k = 2 \cdot 0{,}82 = 1{,}6$ cm zur Folge, die gerade die Einsenkung δ_g vom Eigengewicht ausgleicht.

2. Der ⌒ Belag der Fahrbahn ist aufser durch das Gewicht der Fahrbahn am meisten mit der Dampfwalze, bei neben skizzirter Stellung belastet; es beträgt das

Gewicht des Holzpflasters	= 150	kg für das qm,
„ der Betonirung	= 220	„ „ „ „
„ des ⌒ Belags	= 70	„ „ „ „
zusammen	= 440	kg für das qm.

Fig. 21.

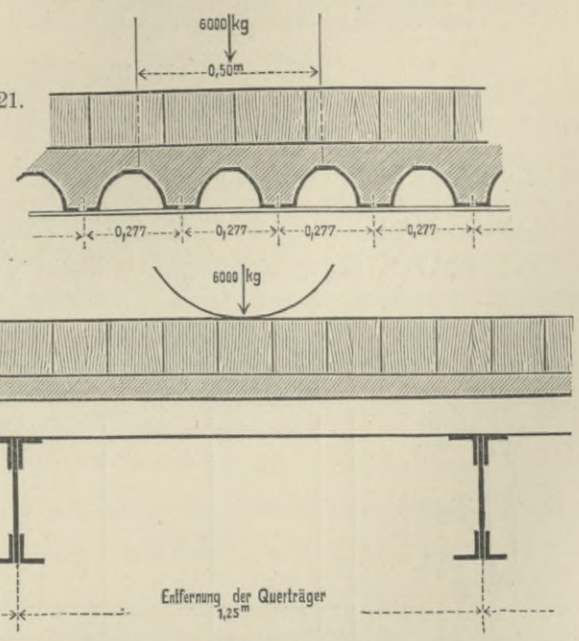


Fig. 22.

Ein ⌒ Eisen ist also belastet durch sein Eigengewicht mit $0{,}277 \cdot 440 = 122$ kg, und durch das Gewicht der Dampfwalze, das im ungünstigsten Fall auf drei Belageisen in der Art vertheilt wird, dafs auf das am meisten beanspruchte 3000 kg Verkehrsbelastung entfallen. Es wird hiernach, wenn man das ⌒ Eisen entsprechend seiner Befestigung als theilweise eingespannt betrachtet

$$M_{\max} = \frac{122 \cdot 1{,}25^2}{24} + {}^3/_4 \frac{3000 \cdot 1{,}25}{4} = 8 + 703 = 711 \text{ kg/m.}$$

Zur Verwendung kam das gröfste deutsche Normalprofil Nr. 11 mit 76,2 Widerstandsmoment und 24,2 qcm Querschnitt; hiernach beträgt höchstens

$$\max \sigma = \frac{711000}{76{,}2} = 933 \text{ at.}$$

3. Der ⌒ Belag der Gehwege ist belastet

durch den Asphalt .	mit 60	kg auf das qm,
„ „ Beton . .	„ 180	„ „ „ „
„ das Eigenwicht	„ 40	„ „ „ „
zusammen	mit 280	kg auf das qm.

Fig. 23.

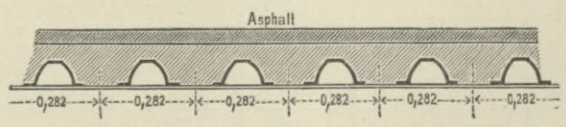


Fig. 24.

Hieraus ergiebt sich $p = 280 \cdot 0{,}28 = 78$ kg für den l. m eines Zoreseisens. Die Belastung durch Menschengedränge mit 560 kg/qm beträgt

$$k = 560 \cdot 0{,}28 = 157 \text{ kg für 1 l. m;}$$

da das ⌒ Eisen in Bezug auf die Verkehrslast nur theilweise eingespannt ist, so wird

$$M_{\max} = \frac{78 \cdot 1{,}6^2}{24} + {}^3/_4 \frac{157 \cdot 1{,}6^2}{8} = 8{,}3 + 37{,}7 = 46 \text{ kg/m}.$$

Ausgeführt wurde der Belag mit dem Profil 170/60 mm, 10,3 qcm Querschnitt und dem Widerstandsmoment $W = 17$, woraus

$$\max \sigma = \frac{4600}{17} = 271 \text{ at}.$$

4. Die Obergurten der Hauptträger (Längsträger) sind belastet durch die Dampfwalze mit $6000 \cdot \left(1 + \frac{1{,}6}{3{,}2}\right) = 9000$ kg und vom Eigengewicht mit $\left(\frac{450 \cdot 2{,}5}{2} + 60\right) \cdot 3{,}2 = 2000$ kg.

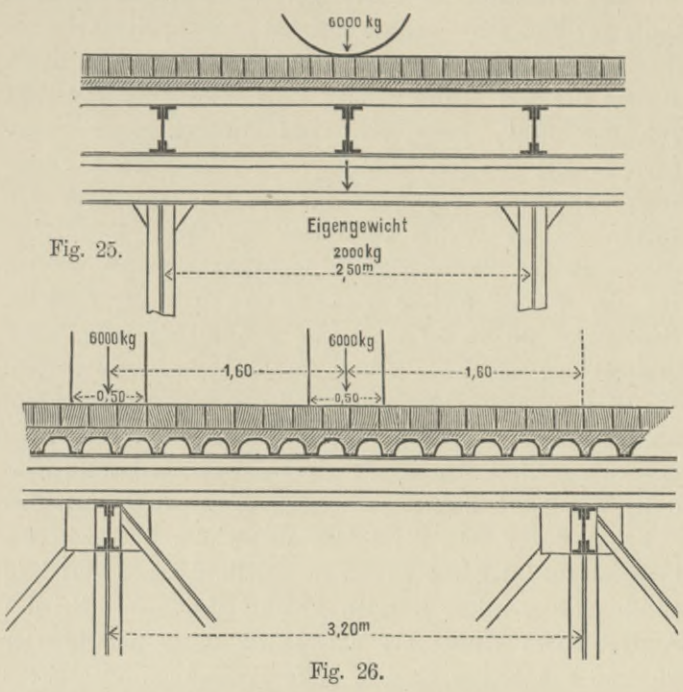


Fig. 25.

Fig. 26.

Da diese durchlaufenden und mit den Verticalen vernieteten Träger in Bezug auf das Eigengewicht ganz, in Bezug auf die Verkehrslast aber nur theilweise eingespannt gelten können, so ergiebt sich

$$M_{\max} = {}^2/_3 \frac{2000 \cdot 2{,}5}{4} + {}^3/_4 \frac{9000 \cdot 2{,}5}{4} =$$
$$= 833 + 4219 = 5052 \text{ kg/m}.$$

Ausgeführt ist der Querschnitt ⊓⊔ 75/75/10, 300/10 mit $W = 684$ und dementsprechend

$$\max \sigma = \frac{505200}{684} = 740 \text{ at}.$$

5. Die Querträger der Fahrbahn sind continuirliche Balken mit nicht ganz festliegenden Stützen und nicht ganz frei drehbaren Enden und am ungünstigsten bei der in nebiger Abbildung angegebenen Belastungsweise beansprucht; man

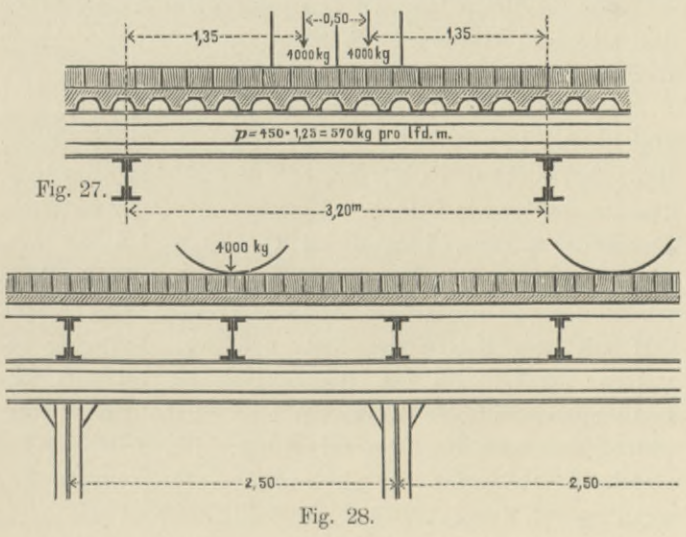


Fig. 27.

Fig. 28.

erhält, wenn sie zwischen zwei benachbarten Hauptträgern als einfache Balken behandelt werden, deren Enden bezüglich des Eigengewichts festgespannt, bezüglich der Verkehrslast frei drehbar sind:

$$M_{\max} = 4000 \cdot 1{,}35 + \frac{570 \cdot 3{,}20^2}{24} = 5400 + 242$$
$$= 5642 \text{ kg/m}.$$

Ausgeführt sind dieselben entsprechend der Wölbung der Fahrbahn als Blechträger von 250 bis 410 mm Höhe; die in Betracht kommende Höhe ist also mindestens $h = 320$ mm und damit $W = 695$, also höchstens

$$\sigma = \frac{564200}{695} = 810 \text{ at}.$$

$$\left(J = {}^2/_3 (15{,}8 \cdot 16^3 - 13{,}4 \cdot 15{,}2^3 - 1{,}6 \cdot 8{,}5^3) = 11120\right.$$
$$\left. W = \frac{11120}{16} = 695\right).$$

6. Bei den Verticalen erreicht die Belastung ihren Höchstbetrag durch die Dampfwalze mit 9000 kg und durch das Eigengewicht mit $2 \cdot 2000 = 4000$ kg, zusammen also mit 13000 kg. Für dieselben waren im Entwurf bis zu einer Länge von 3,4 m zwei Winkelprofile mit 90/90/10 mm und bei gröfseren Längen solche mit 100/100/10 mm vorgesehen. Hierbei wäre aber das zulässige Mafs der Beanspruchung überschritten worden. Unter der Annahme zweier Winkel von 100/100/10 mm mit $F = 2 \cdot 19 = 38$ qcm Querschnitt und $J = 2 \cdot 75 = 150$ Tragheitsmoment in Bezug auf die gefährlichste Biegungsachse xx, ferner bei der gröfsten freien Länge $l = {}^3/_4 h$ der theilweise eingespannten Verticalen ergiebt sich für l bis zu 3,44 m die zulässige Anstrengung

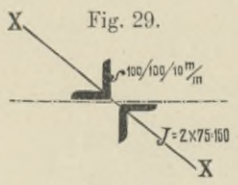


Fig. 29.

$$\sigma = 800 \cdot \frac{1 + {}^1/_2 \frac{4000}{13000}}{1 + 0{,}0001 \frac{38 + 258^2}{150}} = 343 \text{ at}.$$

Es kamen zur Verwendung am Ständer beim Kämpfer die Profile ∟ 100/100/14 mm, am nächsten Ständer ∟ 100/100/12 mm, am dritten ∟ 100/100/10 mm und für die übrigen ∟ 90/90/10 mm.

7. Der Horizontalverband ist oben in der Höhe der Obergurten auf die ganze Länge, und unten in der Höhe der Bogengurten, insolange der Höhenabstand dies zuläfst, zu beiden Seiten der Brückenöffnungen angeordnet; er war im Entwurf vollständig nur zwischen den Stirnbogen und den nächst gelegenen Bogen durchgeführt; zwischen den

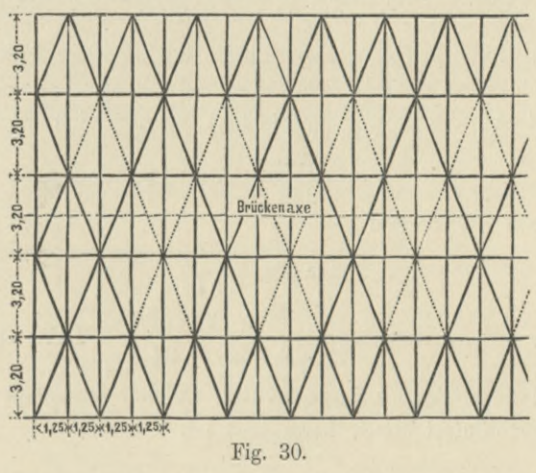


Fig. 30.

inneren Bogen sollten nur einige Horizontalstäbe (nach den in der Figur ausgezogenen Linien) ausgeführt werden. Da aber eine gesicherte Mitwirkung der inneren Bogen bei Uebertragung des Winddrucks auf diese Weise nicht zu erzielen gewesen wäre, vielmehr der unberücksichtigt gebliebene Ein-

flufs des letzteren auf die äufseren und inneren Tragbogen verhältnifsmäfsig ungünstig ausgefallen wäre, so empfahl es sich, auch die in der Abbildung punktirten Stäbe einzuziehen.

Wird die Windfläche im Mittel 3 qm für das laufende Meter, und der gröfste Winddruck = 150 kg für das qm angenommen, dann ist in der beobachteten Oeffnung IV von 48 m Stützweite die gröfste Scheerkraft $= 3 \cdot 150 \cdot \frac{48}{2} = 10\,800$ kg und in der Richtung der Diagonalen der Maximalzug

$$1{,}266 \cdot 10\,800 = 13\,700 \text{ kg.}$$

Dementsprechend wurde der Windverband mit je einem Winkel von 75/75/10 mm Stärke ausgeführt.

8. **Die Auflager** sind für alle fünf Oeffnungen gleich construirt; sie haben als gröfsten Druck

für Oeffnung	I	II	III	IV	V
	219 t	226 t	243 t	236 t	255 t

also 255 000 kg zu übertragen und bestehen aus

a) dem Untertheil von Gufseisen mit der Grundfläche $90 \cdot 70$ cm = 6300 qcm; der gröfste Druck auf den Auflagerquader ist also

$$\max \sigma = \frac{255\,000}{6300} = 40{,}5 \text{ at.}$$

Fig. 31.

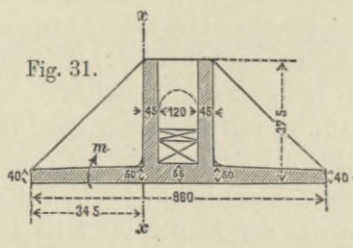
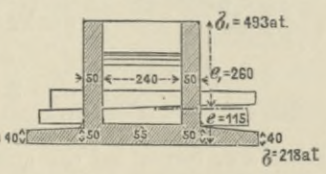


Fig. 32.



Für diesen Stuhl ist für Querschnitt xx

$$e = \frac{\frac{60 \cdot 5^2}{2} + \frac{2 \cdot 5 \cdot 37{,}5^2}{2}}{60 \cdot 5 + 2 \cdot 5 \cdot 37{,}5} = \frac{7780}{675} = 11{,}5 \text{ cm,}$$

$$J = \frac{60 \cdot 5^3}{3} + \frac{2 \cdot 5 \cdot 37{,}5^3}{3} - 675 \cdot 11{,}5^2 = 89\,000,$$

$$W = \frac{89\,000}{11{,}5} = 7740, \quad W_1 = \frac{89\,000}{26} = 3420$$

und also im schlimmsten Falle:

$$M_{\max} = \frac{255\,000}{90} \cdot \frac{34{,}5^2}{2} = 1\,686\,187 \text{ kg/cm,}$$

woraus folgt

$$\text{gröfster Zug unten } \sigma = \frac{1\,686\,187}{7740} = 218 \text{ at,}$$

$$\text{gröfster Druck oben } \sigma_1 = \frac{1\,686\,187}{3420} = 493 \text{ at;}$$

b) dem halbcylindrischen Gufsstahlstück über den Stahlkeilen mit 240 mm Länge und 120 mm Durchmesser, also $24 \cdot 12 = 288$ qcm Druckfläche, woraus sich ergiebt

$$\sigma = \frac{255\,000}{288} = 860 \text{ at}$$

und nach der Formel

$$\max \sigma = \frac{5\,R}{6\,r\,l}$$

$$\text{der gröfste Gelenkdruck} = \frac{5 \cdot 255\,000}{6 \cdot 6 \cdot 24} = 1475 \text{ at;}$$

c) dem oberen Lagerstuhl, welcher dementsprechend aus Martinflufsstahlgufs hergestellt ist.

Untersuchung und Abnahme des Martineisens.

Für den gesamten eisernen Oberbau, mit Ausnahme der aus Schweifseisen hergestellten Niete und Schrauben sowie der Auflager, ist weiches Martineisen verwendet worden. Die Bestimmungen für die Lieferung und Herstellung des eisernen Ueberbaues stimmen im allgemeinen mit den vom Verein deutscher Ingenieure aufgestellten „Normalbestimmungen für die Lieferung von Eisenconstructionen für Brücken- und Hochbau“ überein. Für die Zugfestigkeit des Flufseisens wurde als untere Grenze 37 kg, als obere 44 kg/qmm in der Längs- und Querrichtung vorgeschrieben, die Dehnung mufste mindestens 20 v. H. für beide Richtungen betragen. Die Probestücke für die Zerreifs- und Dehnungsproben sollten 200 mm freie Länge zwischen den Einspannungsvorrichtungen erhalten und kreisrunden Querschnitt mit dem einheitlichen Durchmesser von 20 mm bei Formeisen und Blechen von 22 mm Stärke und mehr; bei schwächeren Formeisen und Blechen waren Streifen von 30 mm Breite zu verwenden.

Das Flufseisen ist theils von der Gutehoffnungshütte, theils von Burbach-Dillingen geliefert worden; die Abnahme desselben und die Vornahme von Proben geschah durch Beamte der Kgl. Bauverwaltung. Es wurden Zerreifs- und Dehnungsproben, Biegeproben und Ausbreitproben vorgenommen und von jeder Charge eines oder mehrere Probestücke gewählt; auf je etwa 8 t der Lieferung kam eine Probe. Je ein zweites Probestück mufste zu Parallelversuchen an die Maschinenfabrik Efslingen gesendet werden. Bei der Härtebiegeprobe sind Streifen mit abgerundeten Kanten von 30 bis 50 mm Breite gleichmäfsig rothglühend gemacht und im Wasser von + 28° C. abgeschreckt worden. Dieselben wurden alsdann bei Probestreifen aus Formeisen um einen Dorn = der 1,5 fachen Streifendicke, bei Probestreifen aus Blech um einen Dorn von der einfachen Streifendicke um 180° derart zusammengebogen, dafs nach Beendigung der Proben die beiden Enden des Streifens sich berührten; dabei durfte an der Biegestelle des Streifens kein Bruch oder sonstiger Schaden wahrnehmbar sein. Bei den Ausbreitproben mufste ein auf kaltem Wege abgetrennter 30—50 mm breiter Streifen eines Formeisens, Flacheisens oder Bleches in rothwarmem Zustande mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das 1,5 fache seiner Breite ausgearbeitet werden können, ohne Spuren von Trennung im Eisen zu zeigen. Die vorgenommenen Proben haben ergeben, dafs das gelieferte Material den gestellten Anforderungen entspricht.

In nebenstehender Tabelle sind die Durchschnittsergebnisse der Zerreifsproben bei den einzelnen Abnahmen enthalten.

Herstellung des eisernen Ueberbaues in der Werkstätte. Nietversuche.

Die Verschiedenheit der fünf Brückenöffnungen bezüglich ihrer Spannweiten und Höhen machte für jede derselben besondere Berechnungen und Werk-Zeichnungen erforderlich.

Für die Herstellung des eisernen Oberbaues sind aufser den allgemein bestehenden Vorschriften noch nachstehende Zusatzbestimmungen aufgestellt worden:

Einklenkungen, Kerfen usw. an den Flufseisentheilen sind unstatthaft. Das Auszeichnen der einzelnen Constructionstheile darf nicht durch Körner- oder Meifselschläge erfolgen, dasselbe hat mittels Oelfarbe zu geschehen. Das Zusammenpassen der Bogen-, Längs- und Querträger hat auf vollständig sicheren Unterlagen in der Werkstätte in durchaus pünktlicher und sorgfältiger Weise zu erfolgen, erst hernach darf mit dem Bohren der Niet- und Schraubenlöcher begonnen werden. Bei den Bogenträgern ist bei dem Zusammenpassen in der Werkstätte eine parabolische Ueberhöhung von 4 cm bis 5 cm vorzusehen. Die Reinigung der einzelnen Stücke hat auf mechanischem Wege durch Anwendung von Kratzen, Feilen und Stahlbürsten zu geschehen.

Tabelle über die Ergebnisse der Zerreifsproben von Martineisen.

Proben in den Hüttenwerken.							Parallelproben in der Maschinenfabrik Efslingen.			
Material		Zahl der Zerreifs-proben	Belastung		Quer-schnitt-verminde-rung	Dehnung	Belastung		Quer-schnitt-verminde-rung	Dehnung
Gattung	Gewicht kg		an der Streck-grenze kg/qmm	beim Bruch kg/qmm	%	%	an der Streck-grenze kg/qmm	beim Bruch kg/qmm	%	%
Guthoffnungshütte zu Oberhausen im Rheinland.										
Bleche	31560 t	7	27,6	39,9	57	29	—	39,5	58	26
Bleche und Flacheisen	94500 t	10	27,0	40,2	59	31	26,7	40,7	52	24
desgl.	93086 t	8	26,6	39,1	60	28	26,7	39,6	56	28
desgl.	88302 t	12	25,5	39,5	55	30	24,7	40,0	55	27
desgl.	128891 t	11	25,7	40,0	48	27	25,4	39,5	53	27
desgl.	114115 t	14	26,4	39,2	55	29	—	—	—	—
Durchschnitt:	550454 t auf 8,9 t	62 1 Probe	158,8 26,5	237,9 39,7	334 56	174 29	103,5 25,9	199,3 39,9	274 55	132 26
Burbacher Hütte.										
Winkeleisen	57580 t	11	29,7	40,9	53	29	28,0	41,0	52	29
desgl.	81179 t	14	27,9	41,0	55	29	27,4	41,2	52	30
Winkel und ⊔ Eisen	71590 t	10	28,0	39,4	59	31	26,4	38,6	56	29
Winkel	63648 t	13	27,0	39,0	56	29	25,8	38,6	53	31
desgl.	129666 t	13	28,1	40,3	56	29	26,0	39,1	51	31
Winkel und ⌒ Eisen	189595 t	25	27,5	40,6	57	30	—	—	—	—
⌒ Eisen	144871 t	10	27,4	38,4	55	28	26,0	39,2	54	28
Durchschnitt:	738129 t auf 7,7 t	96 1 Probe	195 27,6	279,6 39,9	391 56	205 29	159,6 26,6	237,7 39,6	318 53	178 30

Nach erfolgter Reinigung sind die einzelnen Eisenstücke, Platten, Bleche usw. sofort mit heifsem Leinölfirnifs anzustreichen, und erst nachdem dies geschehen ist, darf mit der Zusammensetzung der einzelnen Eisenstücke begonnen werden. Nach erfolgter Montirung der Eisenconstruction ist eine nochmalige gründliche Ausbesserung des genannten Anstrichs vorzunehmen und erst nachdem die Aufstellung beendigt und bei der Abnahme die Vollständigkeit des Leinölfirnifsanstrichs erhoben worden ist, wird der weitere Anstrich durch die Bauverwaltung ausgeführt werden. Bezüglich der Auflager der Brücke wird ausdrücklich bedungen, dafs kleinere Veränderungen an den thatsächlichen Spannweiten gegenüber dem Plane, wie sie sich infolge der Versenkung der Pfeilerfundamente ergeben können, bei der Ausführung des eisernen Brückenoberbaues in der Art in Betracht zu ziehen sind, dafs hierauf bei der Construction der Endfelder der Brückenbögen neben den Kämpfern und bei der Herstellung der Auflagerplatten für die Gelenke vorsorgliche Rücksicht genommen wird.

Die Herstellung des eisernen Ueberbaues erfolgte in der Brückenbauwerkstätte der Maschinenfabrik Efslingen in Cannstatt; hier wurden die einzelnen Bogenstücke in Längen von je 10 bis 10,6 m zusammengesetzt, vollständig fertiggestellt und vernietet. Die Nietung geschah durchweg von Hand, nachdem die auf Veranlassung der Bauverwaltung von Professor Bach in der Materialprüfungsanstalt der technischen Hochschule in Stuttgart vorgenommenen Versuche über den Widerstand gegen Gleiten eine Ueberlegenheit der Maschinennietung über das Nieten von Hand nicht ergeben hatten. (Vgl. Zeitschrift deutscher Ingenieure, Band XXXVI von 1892, Seite 1141 u. f.)

Es wurden im ganzen 190 Verbindungen (Platten und Nieten aus Schweifseisen) den Versuchen unterworfen, wovon 169 mit der Hand genietete, 21 mit der Maschine (hydraulisch) genietete, die von verschiedenen Werkstätten und Fabriken hergestellt waren.

Die Versuchskörper bestanden aus Blechen von 7,5 mm bis 15 mm Dicke, deren Verbindung mittelst ein- und mehrreihigen Lappenvernietung (Fig. 33—37) und auch mittelst ein- und mehrreihiger Laschenvernietung (Fig. 38—41) mit Nieten von 16 mm bis 25 mm Durchmesser und Laschen von 17 mm bis 26 mm Stärke erfolgte. Die Löcher wurden durchweg gebohrt; die Lochweite betrug 17 mm bis 26 mm. Bei keiner Verbindung wurden weniger als drei Nieten gewählt, um für den Gleitungswiderstand Durchschnittswerthe zu erhalten, die auf auszuführende Constructionen übertragbar erschienen. Die Einspannung der Versuchskörper geschah in der bekannten Weise mittelst Loches und Bolzens. Die Beobachtung erfolgte auf beiden Seiten des Stabs (bei x und y Fig. 33), da das Gleiten an beiden Stellen sich im allgemeinen verschiedenartig gestaltete. Im Nachstehenden sind die Werthe für die zweite Seite in Klammern beigesetzt.

Bei allen Verbindungen füllte der Schaft der fertigen Niete das Nietloch in der Nähe des Schliefskopfes nahezu aus, in der Nähe des Setzkopfes dagegen war er etwas schwächer. Je kürzer die Niete, um so weniger unterschied sich die Stärke der eingezogenen Niete an den beiden Köpfen von einander, je länger die Niete, um so weniger erstreckt sich die Stauchung auch bis zum Setzkopf heran. Zunächst sind Vorversuche an 38 Verbindungen mit 13 mm starken Blechen und 19 mm dicken Nieten angestellt worden, welche bezweckten, den Einflufs der Temperatur der einzuziehenden Nieten, wie auch der Länge der letzteren festzustellen. Dabei sind zwei Temperaturen gewählt worden: die, mit welcher die Nieten gewöhnlich gestaucht zu werden pflegen (lichtrothe) und eine niedere (kirschrothe) Temperatur. Diese Versuche ergaben, dafs die Höhe der Stauchtemperatur den Gleitungswiderstand bei verschiedener Schaftlänge der Nieten verschieden beeinflufst; bei 26 mm langen Nieten (Fig. 33)

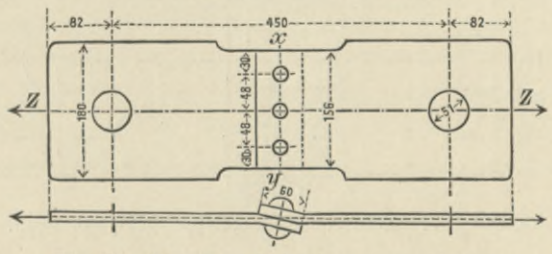


Fig. 33. Einreihige Ueberlappungsvernietung.

wurde bei niedrigerer Stauchtemperatur ein etwas gröfserer Gleitungswiderstand beobachtet als bei höherer Temperatur;

er lag dort zwischen durchschnittlich 1140 kg auf das qcm Nietquerschnitt und 1258 (1459) kg; im letzteren Fall zwischen 1056 kg und 1174 (1448) kg. (Bei 1140 kg bezw. 1056 kg war noch kein Gleiten zu bemerken, bei 1258 (1459) kg bezw. 1174 (1448) kg hat das Gleiten begonnen.) Bei doppelt so grofser Entfernung der Nietköpfe, also bei der doppelten Schaftlänge (Fig. 34) dagegen ergab sich für die

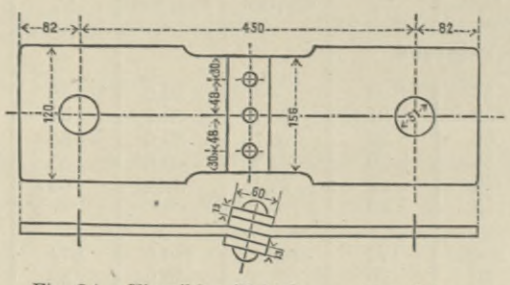


Fig. 34. Einreihige Ueberlappungsvernietung.

höhere (übliche) Stauchtemperatur ein wesentlich gröfserer Gleitungswiderstand, nämlich im Durchschnitt 1700 kg bis 1828 (1945) kg gegen 1245 kg bis 1365 (1643) kg für das qcm Nietquerschnitt.

Was den Einflufs der Nietlänge betrifft, so fand sich bei gröfserer Nietlänge ein bedeutend höherer Gleitungswiderstand:

$$\text{gegenüber } \frac{\text{bei 52 mm Schaftlänge}}{\text{1245 kg bis 1365 (1643) kg}}$$

$$\frac{\text{bei 26 mm Schaftlänge}}{\text{1140 kg bis 1258 (1459) kg}},$$

rund 1700 kg bis 1828 (1945) kg
gegenüber 1056 kg bis 1174 (1448) kg.

Sodann wurden Versuche an 65 von Hand genieteten und 21 hydraulisch genieteten ein- und mehrreihigen Ueberlappungsvernietungen und Laschenverbindungen angestellt, welche zunächst den bei den Vorversuchen erkannten Einflufs der Nietlänge bestätigten. Die Handnietungen betreffend, so erwies sich der Gleitungswiderstand bei Ueberlappungsverbin-

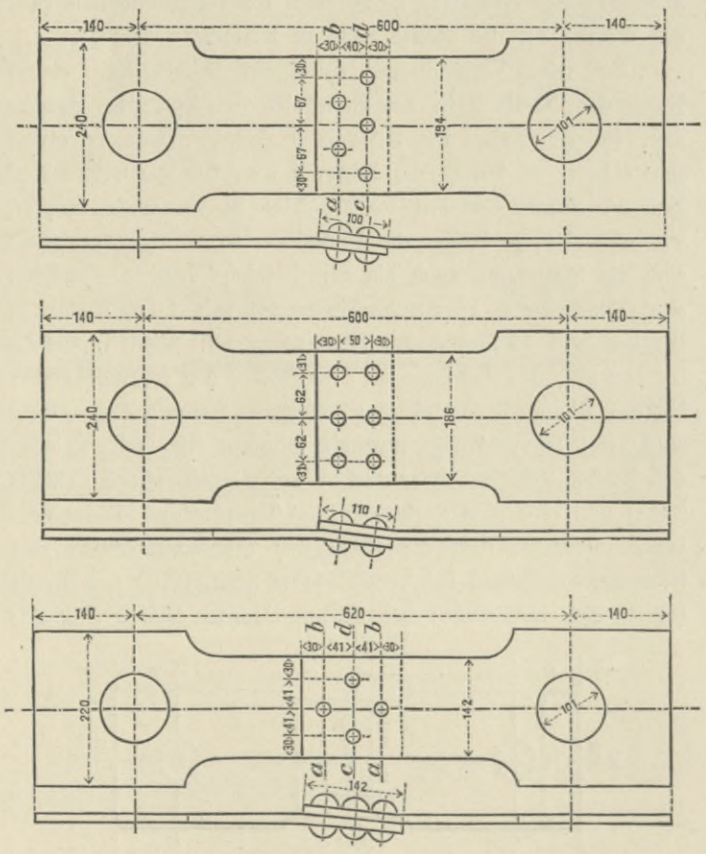


Fig. 35—37. Mehrreihige Ueberlappungsvernietungen.

dungen mit 25 mm Nietstärke bedeutend geringer als bei Versuchskörpern mit 19 mm starken Nieten; dies bestätigt die alte Erfahrung, dafs stärkere Nieten eine verhältnifsmäfsig weniger feste Verbindung geben. Bei Blechen von 12 mm bis 13 mm Stärke und 19 mm starken Nieten darf im Falle sorgfältiger Herstellung für einreihige Ueberlappungsvernietungen auf Grund der gemachten Proben auf einen Gleitungswiderstand von 1000 kg bis 1100 kg für das qcm Nietquerschnitt gerechnet werden; bei zweireihigen und dreireihigen Ueberlappungsverbindungen (Fig. 35—37) sinkt der Gleitungswiderstand für das qcm Nietquerschnitt bedeutend unter diesen Betrag; er wurde bei den zweireihigen Ueberlappungsvernietungen im Durchschnitt zu 561 kg/qcm bis 626 (725) kg/qcm bei den dreireihigen zu 722 kg/qcm bis 810 (986) kg/qcm ermittelt. Der Grund hierfür dürfte in dem Umstand zu suchen sein, dafs bei mehrreihigen Vernietungen infolge der Elasticität des Materials der Bleche oder Stäbe eine gleichmäfsige Uebertragung der Kräfte an den durch die Nieten gegebenen hinter einander liegenden Verbindungsstellen nicht möglich ist.

Die einreihigen und mehrreihigen Laschenverbindungen (Fig. 38—41) haben den Gleitungswiderstand der einreihigen Ueberlappungsvernietungen (Fig. 33) nicht erreicht. Die Durchschnittsergebnisse aus je fünf Versuchskörpern mit 13 mm bis 14,5 mm starken Blechen, 9 mm bis 10 mm starken Laschen und 19 mm starken Nieten sind hier zusammengestellt:

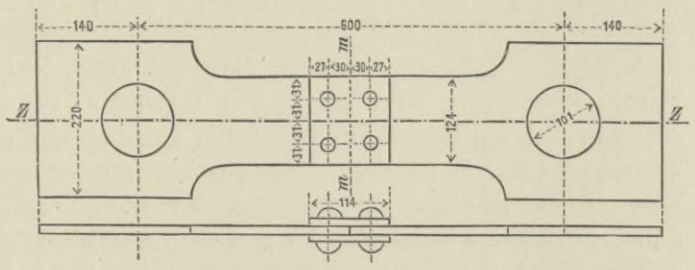


Fig. 38.
Einreihige Laschenverbindung 862 kg/qcm bis 1003 (1215) kg/qcm.

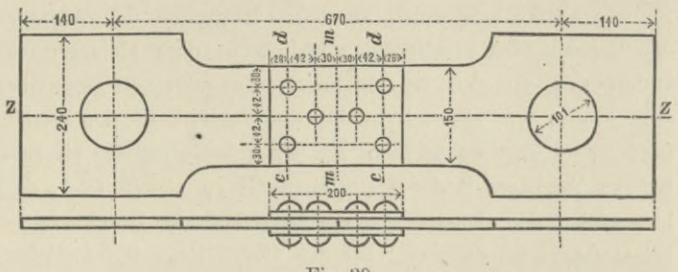


Fig. 39.
Zweireihige Laschenverbindung 775 kg/qcm bis 863 (1056) kg/qcm.

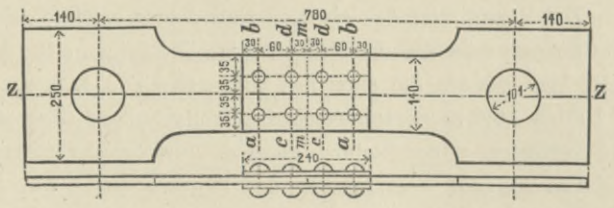


Fig. 40.
Zweireihige Laschenverbindung 678 kg/qcm bis 739 (857) kg/qcm.

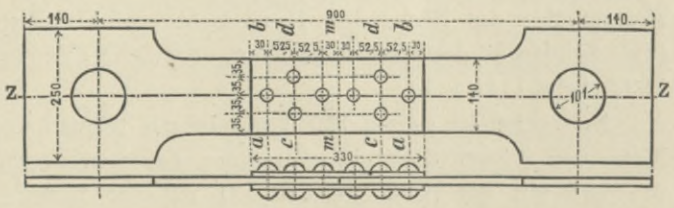


Fig. 41.
Dreireihige Laschenverbindung 739 kg/qcm bis 845 (915) kg/qcm.

Die hydraulisch genieteten einreihigen Ueberlappungsverbindungen mit 19 mm Nietstärke ergaben nur etwa die Hälfte des Gleitungswiderstandes der mit Hand genieteten

Verbindungen 510 kg/qcm bis 616 (785) kg/qcm gegenüber 1092 kg/qcm bis 1209 (1429) kg/qcm.

Günstigere Ergebnisse lieferten die hydraulisch hergestellten einreihigen Laschenvernietungen mit 20 mm starken Nieten, nämlich 1083 kg/qcm bis 1206 (1380) kg/qcm gegen 862 kg/qcm bis 1003 (1215) kg/qcm der einreihigen Handnietung. Die hydraulisch genieteten Ueberlappungsverbindungen mit starken Nieten (25 mm und 28 mm) haben einen Gleitungswiderstand geliefert, der bedeutend unter der erwarteten Gröfse war. Inwieweit Fehler bei der Herstellung mitgewirkt haben, mufs dahingestellt bleiben, jedenfalls bedürfen diese Ergebnisse noch weiterer Klarstellung.

Schliefslich sind noch 66 Versuchskörper aus den Platten der bereits geprüften Verbindungen mit neuen, grofsentheils starken Handnieten (22 mm) hergestellt worden; sie hatten, obwohl ein Gleiten der Platten auf einander bereits stattgefunden hat und deshalb ein kleinerer Gleitungswiderstand zu erwarten war, trotzdem theilweise gröfsere Werthe hierfür ergeben.

Ein Grund, Maschinennietung für den Brückenbau zu verlangen, lag nach diesen Versuchen für die Bauverwaltung nicht vor.

Aufstellen der Eisenconstruction.
(Abb. 3 u. 8 Bl. 2.)

Da die Zwischenpfeiler nicht für einseitigen Schub berechnet sind, so erschien es nicht zulässig, die Bögen in einer Oeffnung jeweils sofort nach dem Aufstellen der Eisenconstruction abzulassen und das Gerüst zu entfernen, um es in einer anderen Oeffnung wieder zu verwenden; es ist vielmehr verlangt worden, dafs für jede Oeffnung ein besonderes Lehrgerüst aufgestellt werde. Die einzelnen Gerüstböcke sind in Abständen von 5 bis 7 m auf dem Vorland aufgestellt und ihre Schwellen da, wo der Untergrund nicht die erforderliche Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Witterungseinflüsse zu besitzen schien, durch eine Vorlage oder eingerammte Pfähle unterstützt worden. Im Neckar und im Canal waren die Gerüstböcke in Entfernungen von je 7 m auf fest eingerammte Pfähle gestellt. Auf den oberen Zangen dieser Böcke lagen in der Brückenrichtung die zum Theil durch Streben oder Sprengwerke unterstützten Streckbalken mit 25 cm mittlerem Durchmesser und auf diesen der 5 cm starke Dielenbelag des Montagebodens etwa 60 cm unter den eisernen Bogenträgern. Aufser den kräftigen einfachen und Kreuzverbiegungen sind an den Gerüsten in Hochwasserhöhe noch wagrechte Verbingungshölzer der Länge und Quere nach angebracht worden. Soweit möglich, wurden die Pfeiler- und Versenkungsgerüste zu den Montagegerüsten verwendet. In Verbindung mit den Lehrgerüsten waren die je eine halbe Brückenbreite einnehmenden Versetzgerüste mit Laufstegen und hölzernen Bockkrahnen von 8,50 m Weite aufgestellt worden; das Material hierzu wurde jedoch nur für zwei Oeffnungen angeschafft und nach deren Fertigstellung in den anderen Oeffnungen wieder benutzt.

Die Constructionstheile wurden nun von der nahe gelegenen Werkstätte auf den Bauplatz geführt, hier mittels eines Krahnens auf Plateauwagen umgeladen und auf Gleisen zu den Gerüsten weiter befördert, wo sie mit dem Laufkrahnen abgenommen und vollends zur Verwendungsstelle geschafft wurden.

Die Stöfse der einzelnen Bogenstücke der Hauptträger sind nicht stumpf, sondern in der Art angeordnet, dafs sie an den Gurtwinkeln, Gurtplatten und Stehblechen um 40 bis 85 cm gegeneinander verschoben sind. An den gestofsenen Stellen mufsten die Fugen dicht schliefsen.

Die Aufstellung des eisernen Ueberbaues einer Oeffnung begann mit dem Versetzen der Untertheile der zwölf Auflager, welche man, nachdem zuvor die Oberfläche der Auflagequader möglichst eben gerichtet und abgeschliffen worden war, nach Höhe und Richtung in die richtige Lage brachte und sie durch Unterspriefsen in derselben erhielt; alsdann wurden die zwei Mittelbogen der betreffenden Oeffnung nach Höhe und Richtung annähernd genau aufgestellt und auf Keile gelegt, wobei jeweils mit dem Kämpferstück auf der einen Widerlagerseite begonnen und mit dem andern Kämpferstück geschlossen wurde; an letzteres konnte der Obertheil des Auflagers erst nach seiner Aufstellung angeschraubt werden. Das Ineinanderschieben der einzelnen Bogenstücke liefs sich mittels der Krahnen leicht bewerkstelligen. Nachdem die Querverbände zwischen die mittleren Bogen eingesetzt und den letzteren ihre genaue Richtung gegeben war, wurden in gleicher Weise auch die anderen Bogen vor der Oeffnung aufgestellt und gleichzeitig die Querverbände zwischen die Bogen gesetzt. Waren die Bogen durch Anziehen oder Nachlassen der Stahl- und der Holzkeile in die planmäfsige Höhenlage gebracht und ruhten sie sicher auf den Gerüsten auf, so konnten die Stofsvernietungen vorgenommen werden, für welche die Bohrung an Ort und Stelle erfolgte. Weiter wurden nun mittels der Krahnen der Reihe nach die Verticalständer, die Längsträger — und zwar die äufseren, mit den Segmentausschnitten, in zusammengenieteten Stücken von 7,5, 8,0 und 9,9 m Länge, die inneren in Stücken von 6,4, 7,5 und 7,8 m Länge — ferner in ganzen Stücken die Querträger und die Consolen, in Stücken von 7,5 m, 8,4 m und 10,0 m Länge die Gehwegträger aufgestellt, die Querverstrebungen und Horizontalverbände eingesetzt und die Zusammennietung der einzelnen Constructionstheile mit Ausnahme der Verticalständer und der Kreuzverbände zwischen denselben ausgeführt, welche letztere bis nach dem Ablassen sämtlicher Oeffnungen und Bogen zunächst nur durch je einen Schraubenbolzen an den Knotenblechen befestigt waren, wodurch innere Spannungen in diesen Constructionstheilen infolge der Bewegungen beim Ablassen vermieden werden konnten. Für die Einbringung des Brückenbelags waren die Versetzgerüste entbehrlich.

Ueberhöhung und Ablassen der Bogen.

Die Ueberhöhung der Bogen hat den Zweck, die durch Eigengewicht allein erzeugten Momente aufzuheben. Sie mufste den fertiggestellten und genieteten, in spannungslosem Zustand befindlichen Bogenträgern künstlich ertheilt werden, ehe deren Unterstützung durch die Lehrgerüste und Holzkeile entfernt wurde. Es ist selbstverständlich, dafs die Ueberhöhung bei möglichst geringer Eigengewichtsbelastung am leichtesten zu bewerkstelligen gewesen wäre, also dann, wenn die Tragbogen mit Querversteifungen aufgestellt waren; dies hätte jedoch, da die einzelnen Oeffnungen nacheinander montirt wurden, einen einseitigen Schub auf die Pfeiler zur Folge gehabt, und um diesen zu vermeiden, wartete man mit dem Losschlagen der Holzkeile und der Erzeugung des künstlichen Horizontalschubs, bis in allen fünf Oeffnungen der Oberbau mit dem ⌒ Belag ausgeführt war. Unter der Einwirkung des gleichmäfsig vertheilten Eigengewichts der Bogen allein und des übrigen, concentrirt angenommenen Eisengewichts einschliefslich des ⌒ Belags, aber ohne Beton und Pflaster der Fahrbahn und der Gehwege, mit $P = 1470$ kg hatte das Mafs der Ueberhöhung bei einer Abweichung der Temperatur von der Normaltemperatur (10° C.) um d^0 in den fünf Oeffnungen zu betragen:

I. $h = 0{,}900 + 0{,}0998\, d$ cm
II. $0{,}944 + 0{,}0971\, d$ „
III. $1{,}000 + 0{,}0999\, d$ „
IV. $1{,}013 + 0{,}1024\, d$ „
V. $1{,}230 + 0{,}1193\, d$ „

und die entsprechende Verringerung der Spannweite

I. $V = 0{,}450 + 0{,}0500\,d$
II. $0{,}508 + 0{,}0523\,d$
III. $0{,}552 + 0{,}0552\,d$
IV. $0{,}519 + 0{,}0526\,d$
V. $0{,}521 + 0{,}0505\,d$.

Für verschiedene Temperaturen ergaben sich für die künstliche Ueberhöhung h, die entsprechende Verringerung v der Spannweite und Verschiebung V der Keile mit $^1/_{12}$ Anzug an jedem der beiden Auflager die in nachstehender Tabelle angegebenen Werthe in mm:

Temperatur		Oeffnung I			Oeffnung II			Oeffnung III			Oeffnung IV			Oeffnung V		
während der Ueberhöhung	Differenz gegen 10°	h	v	V	h	v	V	h	v	V	h	v	V	h	v	V
t ° C.	d ° C.															
— 15	— 25	— 16	— 8,0	— 48	— 15	— 8,0	— 48	— 15	— 8,3	— 50	— 15	— 8,0	— 48	— 18	— 7,4	— 44
— 10	— 20	— 11	— 5,5	— 33	— 10	— 5,4	— 32	— 10	— 5,5	— 33	— 10	— 5,3	— 32	— 12	— 4,9	— 29
— 5	— 15	— 6	— 3,0	— 18	— 5	— 2,8	— 17	— 5	— 2,8	— 17	— 5	— 2,7	— 16	— 6	— 2,4	— 14
± 0	— 10	— 1	— 0,5	— 3	0	— 0,2	— 1	0	0	0	0	— 0,1	— 1	0	+ 0,2	+ 1
+ 5	— 5	+ 4	+ 2,0	+ 12	+ 5	+ 2,5	+ 15	+ 5	+ 2,8	+ 17	+ 5	+ 2,6	+ 15	+ 6	2,7	16
+ 10	Normal	9	+ 4,5	27	9	5,1	31	10	5,5	33	10	5,2	31	12	5,2	31
+ 15	+ 5	14	7,0	42	14	7,7	46	15	8,3	50	15	7,8	47	18	7,7	46
+ 20	+ 10	19	9,5	57	19	10,3	62	20	11,0	66	20	10,5	63	24	10,3	62
+ 25	+ 15	24	12,0	72	24	12,9	77	25	13,8	83	25	13,1	79	30	12,8	77
+ 30	+ 20	29	14,5	87	29	15,6	93	30	16,6	100	31	15,7	94	36	15,3	92
+ 35	+ 25	34	17,0	102	34	18,2	109	35	19,3	116	36	18,3	110	42	17,8	107

Zur Ausführung der Ueberhöhung wurden nun keine besonderen künstlichen Hülfsmittel (Druckwasser-Pressen und dgl.) verwendet, sondern man hat sich die Temperaturbewegungen in der Luft und Eisenconstruction zu Nutzen gemacht. Wenn sich infolge einer Erwärmung die gegen die Widerlager gestützten Bogen auszudehnen suchten und sich von der Gerüstunterlage abhoben, wurden die gelockerten Holzkeile angezogen; bei kühlerer Temperatur trat eine Verkürzung der Bogen ein, der hierdurch entstehende Spielraum an den Auflagern gestattete ein Nachziehen der Stahlkeile. Die Witterungsverhältnisse waren derart günstig, dafs schliefslich in sämtlichen fünf Oeffnungen die ganze Ueberhöhung durch fortgesetztes Anziehen der Keile in der angedeuteten Weise hergestellt werden konnte. Hierbei wurde neben der Einhaltung der der betreffenden Temperatur entsprechenden Verschiebung der Stahlkeile gegeneinander in geeigneten Zeitabschnitten die Höhenlage der Bogen durch genaue Nivellements festgestellt. Vorstehende Tabelle läfst ersehen, dafs einer Temperaturzunahme oder Abnahme um 1° ein Anziehen der Keile oder Nachlassen derselben um vgl. 3 mm und eine gröfsere oder kleinere Ueberhöhung von vgl. 1 mm entspricht. Vor dem Ablassen der Bogen wurden nochmals genaue Messungen ihrer Höhenlage vorgenommen und dabei folgende Ergebnisse gefunden:

Oeffnung	Datum	Temperatur	Höhen		Ueberhöhung
			Ablesung	bei normaler Temperatur	
		° C.	m	m	mm
I	26. Juli 1893	21	225,889	225,867	22
II	dto.	24	226,264	226,237	27
III	4. August	25	226,095	226,070	25
IV	13. Juli	17	226,019	226,000	19
V	17. Juli	18	225,217	225,198	19

Das Ablassen der Bogen erfolgte am 5. und 7. August 1893; hierbei wurden die Holzkeile unter den sechs Bogenträgern einer Oeffnung, von den Kämpfern gegen den Scheitel fortschreitend, gelöst, was ohne besondere Schwierigkeiten vor sich ging. Die Senkungen, die hierbei an den einzelnen Bogen wahrgenommen wurden, betrugen:

Beobachtete Temperatur	Oeffnung	Senkung	Ueberhöhung nach dem Ablassen
t ° C.		mm	mm
18	I	1—4	17
18—20	II	4—6	22
20	III	2—6	21
15	IV	6	13
16	V	5—6	14

Die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die äufseren Bögen während des Ablassens hat sich theilweise bemerklich gemacht.

Anstrich des Eisenwerks.

Sämtliche Theile des eisernen Ueberbaues sind auf der Leinölfirnifs-Unterlage noch zweimal mit Deckanstrichen versehen worden, und zwar die Bogenträger mit allen in den Stirnflächen liegenden Constructionstheilen mit korallenrother Oellackfarbe und rothbraunen Einfassungen, die Belageisen an ihrer nach unten gekehrten Seite in meergrünem Farbenton, alles übrige mit stahlgrauer Schuppenpanzerfarbe, welche mit Leinölfirnifs gemischt wurde. Infolge des dunklen Anstrichs der inneren Constructionstheile treten die Hauptumrisse der Brückenstirnen klar hervor. Mit der Schuppenpanzerfarbe sind zuvor Proben hinsichtlich ihrer Deckkraft, ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Witterungsverhältnisse und gegenüber verdünnten Säuren, sowie bezüglich ihres Verhaltens bei starken Verbiegungen der angestrichenen Bleche angestellt worden, welche in allen Fällen günstige Ergebnisse lieferten. Während des Anstrichs ist auf ein fortwährendes Aufrühren der mit Leinölfirnifs gemischten Farbe gesehen worden, da letztere specifisch schwerer ist als der Firnifs.

Die Gesamtanstrichfläche des eisernen Oberbaues beträgt 26782 qm, wovon 12400 qm mit Schuppenpanzerfarbe gestrichen wurden. Der Gesamtverbrauch von dieser Farbe (ohne Leinölfirnifs) betrug 1400 kg oder also für 100 qm einmaligen Anstrich 5,65 kg.

Untersuchung des Ueberbaues, Belastungsprobe.

Der eiserne Ueberbau ist, als er in allen Theilen fertig und vernietet war, hinsichtlich der Abmessungen der einzelnen Constructionstheile und der Nietverbindungen einer eingehenden Untersuchung unterworfen worden. Die ersteren stimmten mit den planmäfsig vorgeschriebenen Mafsen überein. Beim Anklopfen der Niete sind nur wenige locker gefunden und sofort durch neue Nieten ersetzt worden. Der Mifsstand, dafs in den schräg gestellten Untertheilen der Auflager Wasser stehen blieb, wurde dadurch beseitigt, dafs man die Seitenrippen der Auflager durchbohrte und dem Wasser Abflufs verschaffte.

Die Belastungsprobe der Brücke wurde zwei Tage vor der Eröffnung mit dem der k. Strafsenbauverwaltung gehörigen Apparat für Brückenuntersuchungen vorgenommen. Der Grundgedanke der Biegungsmesser ist folgender:

An der Trägermitte (Bogenscheitel) wird ein Draht befestigt, welcher durch ein schweres Gewicht an seinem untern Ende gespannt wird. Ein mittels Klemmschrauben am Draht befestigter Maſsstab paſst in eine auf einem gewöhnlichen Stativ fest angebrachte Hülse mit Noniuseintheilung, an welcher die Ablesung vor und bei ruhender Belastung vorgenommen wird. Um auch bei bewegter Last die Einsenkungen messen zu können, ist mit dem Maſsstab ein beweglicher Schreibstift verbunden, welcher die Scheitelbewegungen der Brücke auf ein Papierkärtchen, das an die Hülse am Stativ angeheftet ist, zeichnet, sobald er über das Papier geführt wird. In der Fluſsöffnung konnten keine Stative aufgestellt werden; statt ihrer wurde auf eine noch vorhandene Pfahlreihe des Lehrgerüstes ein Holm gelegt und auf diesem die Biegungsmesser ebenso wie auf den Stativen aufgesetzt. Eisenstutzen, welche an den Untergurten der Bögen in der Mittelöffnung angebracht sind, ermöglichen hier die Einhängung des Drahtes.

Das Programm für die Belastungsprobe schrieb hauptsächlich die Beobachtung der Scheitelsenkungen sämtlicher Bogenträger vor. Man begnügte sich an zwei Bögen jeder Oeffnung, und zwar an Nr. 2 und 5, gleichzeitig die horizontalen Ausweichungen der Scheitel, sowie die horizontalen und verticalen Bewegungen der Kämpfer zu beobachten. Die Beobachtungen sollten für ruhende und für bewegte Belastung erfolgen, auch sollte bei der Kürze der zu Gebot stehenden Zeit das Hauptabsehen nur auf Feststellung der Höchstwerthe der Bewegungen gerichtet werden.

Der Plan für die Probe war für eine Belastung mit vier Dampfstraſsenwalzen aufzustellen, da die Herstellung gleichmäſsig vertheilter Belastungen, etwa durch Kiesschüttungen u. dgl., als zu theuer und zeitraubend unterlassen werden muſste. Die Stellung der zur Belastung verwendeten Dampfstraſsenwalzen erfolgte so, daſs unter Annahme gleichmäſsiger Vertheilung der Walzendrücke durch den Zoreseisenbelag, die Längsträger und die Querträger, 400 kg/qm verglichene Belastung für die von den Walzen bedeckte Fahrbahnfläche sich ergeben hat. Die Walzen hatten durchschnittlich 3,10 m Achsenabstand, auf der Vorderachse 5 bis 6 t, auf der Hinterachse 9 bis 11 t Dienstgewicht. Die Breite der Walzen betrug rund 2 m. Es wurden zwei Stellungen der Walzen angenommen. In der ersten Stellung standen je zwei Walzen in 10 m Schwerpunktsabstand hinter einander und zwei neben einander; diese Stellung ist als „Gruppenstellung“ bezeichnet. Bei der zweiten Stellung, der „Reihenstellung“, fuhren sämtliche vier Walzen hinter einander in 6 bis 7 m Schwerpunktsabstand.

Bei der Ausführung der Probebelastungen wurde zunächst die Gruppenstellung vorgenommen; dabei wurde jede Walze einzeln auf die zu belastende Oeffnung vom Ortpfeiler her in die ihr vorgezeichnete Stellung eingefahren. Sobald eine Walze eingefahren war, wurde mit dem Schreibstift der unter den Bogenscheiteln aufgestellten Biegungsmesser ein kurzer Strich gezogen, welcher durch seinen Abstand von der in unbelastetem Zustand der Brücke gezogenen bogenförmigen Grundlinien, das Maſs der erfolgten Einsenkung ergab. In gleicher Weise wurde bei der Ausfahrt der Walzen vorgegangen. Die Ausfahrt erfolgte nicht auf die Ortpfeiler, sondern auf die der beobachteten Brückenöffnung benachbarte Oeffnung. Von hier aus fuhren alsdann die Walzen in Gruppenstellung gemeinsam über die zu untersuchende Oeffnung auf den Ortspfeiler bezw. über denselben hinaus auf die Rampe.

Für jede Oeffnung erforderte eine solche Belastungsprobe eine Stunde, sodaſs die Belastung sämtlicher fünf Oeffnungen in der Zeit von 7 Uhr vormittags bis 12 Uhr mittags vorgenommen werden konnte. Nachmittags von $1^1/_2$ Uhr bis $3^1/_2$ Uhr erfolgten sodann Fahrten der Walzen in Reihenstellung über die ganze Brücke, und zwar zunächst zweimal entlang des Fahrbahnstreifens auf Träger 2 und 3 und sodann zweimal entlang des Streifens über Träger 4 und 5. Bei den bewegten Belastungen sind mit den Schreibstiften der Biegungsmesser die in nachstehenden Figuren dargestellten Zittercurven aufgezeichnet worden, deren Ordinaten in Bezug auf die bogenförmige Grundlinie gleich der Einsenkung des Bogenscheitels sind, und deren Erzitterungen mit den Erzitterungen der Brücke übereinstimmten.

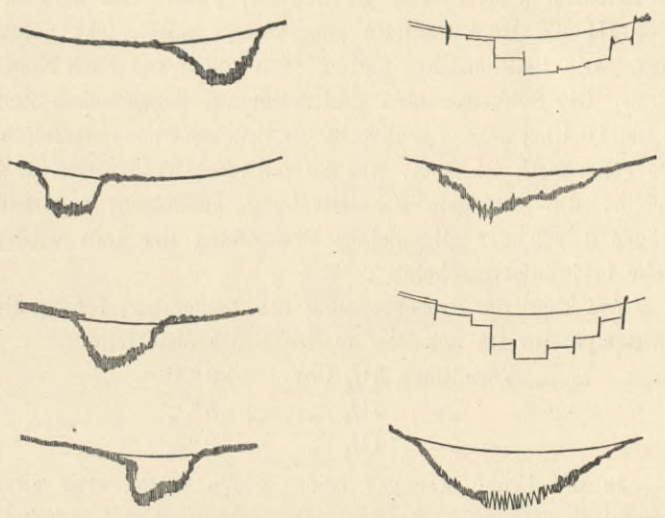


Fig. 42—49. Zittercurven bei der Probebelastung.

Dabei waren thätig: auf der Brückenfahrbahn ein Ingenieur mit zwei Gehülfen zur Regelung der Walzenfahrten, wobei bemerkt sei, daſs die einzelnen Walzenstellungen und Fahrtrichtungen schon Tags zuvor durch Linien aus aufgestreutem Kreidepulver angegeben worden waren; — ferner unter der Brücke ein Ingenieur mit sechs Gehülfen zur Bedienung der unter den Bogenscheiteln stehenden Biegungsmesser, zwei Gehülfen zur Beobachtung der horizontalen Scheitelbewegungen an Träger zwei und fünf, sowie vier Gehülfen zur Beobachtung der verticalen und horizontalen Bewegungen der Kämpfer des Bogens Nr. 2 und 5. Letztere sechs Gehülfen beobachteten an den genannten Stellen angebrachte Millimetertafeln mittelst Theodoliten und Nivellirinstrumenten, welche zuvor auf ihre Standsicherheit geprüft worden waren.

Zwischen dem auf der Brücke und unter derselben dirigirenden Ingenieur waren Huppen und Pfeifensignale für jede Walzenbewegung verabredet, sodaſs sämtliche Operationen rasch und sicher geleitet werden konnten.

Die Ergebnisse der Messungen und Beobachtungen während der Probebelastungen sind bezüglich der Bewegungen der Kämpferpunkte nicht ganz sicher. Es scheint, daſs der Einfluſs der unvermeidlichen Erschütterung des Erdbodens im allgemeinen auf die in der Nähe der Pfeiler aufzustellenden Nivellirinstrumente und Theodolithe hingereicht hat, um die ganz geringfügigen Bewegungen, welche in der Regel nur Bruchtheile von Milimetern betragen, zu übertreffen. Als Bestätigung hierfür mag gelten, daſs vielfach bei festem Stande des Instrumentes keine Spur von Bewegung an den Kämpfern wahrgenommen wurde, und dass im übrigen den beobachteten Bewegungen meist gegenüber steht, dass keine bleibende Ausweichung wahrzunehmen war. Die horizontalen seitlichen Scheitelbewegungen sind gleichfalls von geringer Grösse gewesen. Der Höchstbetrag bei einseitiger Belastung war 2,5 mm. Mit zwei Ausnahmen, bei welchen je 0,4 mm bleibende Ausweichung verzeichnet wurde, sind sämtliche Scheitel nach der Entlastung in ihre ursprüngliche Verticalebene zurückgekehrt. Die verticalen Scheitelbewegungen (Ein-

senkungen) sind sowohl für ruhende als auch bewegte Gruppenbelastung in Reihenstellung in nebenstehender Uebersicht zusammengestellt und in der Tafel auf Seite 39 abgebildet.

Ueber die Ergebnisse dieser Messungen läfst sich zunächst nur ganz Allgemeines sagen, wobei in erster Linie auf die Einwirkung der Temperatur-Erhöhung während der Beobachtung und der dadurch bedingten steigen Scheitelhebung hinzuweisen ist. Bei der Beobachtung der Oeffnung I, morgens zwischen 7 und 8 Uhr war der Temperatureinflufs noch gering. Am stärksten machte sich die Temperatur bei Beobachtung der Oeffnungen III und IV geltend, welche in die Zeit von 9 bis 11 Uhr gefallen ist, wobei noch bei Oeffnung III die Rückstrahlung vom Wasser mitgewirkt haben wird. Die Brückenachse verläuft von Südwesten nach Nordosten. Die Sonnenstrahlen sind somit zur angegebenen Zeit (9 bis 10 Uhr) nahezu senkrecht zur Brückenachse eingefallen. Beachtenswerth ist noch, wie die mittleren Träger, Nr. 3, 4 und 5, die geringste Scheitelhebung aufweisen, während Träger 6 von der allgemeinen Erwärmung der Luft wieder mehr beeinflufst erscheint.

Am Tage der Probebelastung (25. September) betrug die Lufttemperatur im Schatten an der Brückenhaustelle

Vormittags $5\frac{1}{2}$ Uhr — 2° C.
„ $7\frac{1}{2}$ „ + 5° „
„ $11\frac{1}{2}$ „ + 18° „

In der Frühe war gar keine, gegen Mittag etwa zwei Zehntel Bewölkung vorhanden. Beobachtungen der Scheitelbewegungen bei unbelasteter Brücke infolge der Temperaturerhöhung sind geplant.

Aufser der Temperatur wird nach dem Verlauf der graphischen Darstellungen die Aufstellung der Walzen in den Nachbaröffnungen von Einflufs gewesen sein, und endlich die nicht ganz sicher erkannten kleinen Bewegungen der Kämpferpunkte. Eine Ausscheidung der einzelnen Einflüsse ist vorerst noch nicht möglich.

Die verhältnifsmäfsig grofse Gleichartigkeit der Senkungen bestätigt die gediegene Bauausführung, bei welcher alle einzelnen Theile in gleich sorgfältiger Weise zur Herstellung gekommen sind. Diese Curven zeigen auch, in welchem Mafse eine Vertheilung der Lasten durch die Querträger auf die sechs Hauptträger erfolgt.

Schliefslich seien noch einige Angaben über die Gröfse die Geschwindigkeit und die Dauer der Erzitterungen der Brückenträger beigefügt. Die Erzitterungen haben bei den einzelnen Bügen höchstenfalls 0,9 bis 3,0 mm betragen; während einer Ueberfahrt der Walzen über eine Oeffnung, welche etwa 60 Sekunden beanspruchte, erfolgten gegen 90 Erzitterungen. Als mittlerer Weg bei einer Erzitterung können $2 \cdot 1{,}1 = 2{,}2$ mm gerechnet werden, sodafs sich eine verglichene Geschwindigkeit der Scheitelbewegung von

$$v = \frac{90 \times 2{,}2}{60} = 3{,}3 \text{ mm}$$

in der Sekunde ergiebt. Die Erzitterungen der Bogenscheitel dauerten in jeder Oeffnung so lange fort, bis die Walzen die Brücke vollständig verlassen hatten.

6. Ziereisen und Geländer.

(Abb. 44 u. 48 Bl. 4, Abb. 49—55 Bl. 5.)

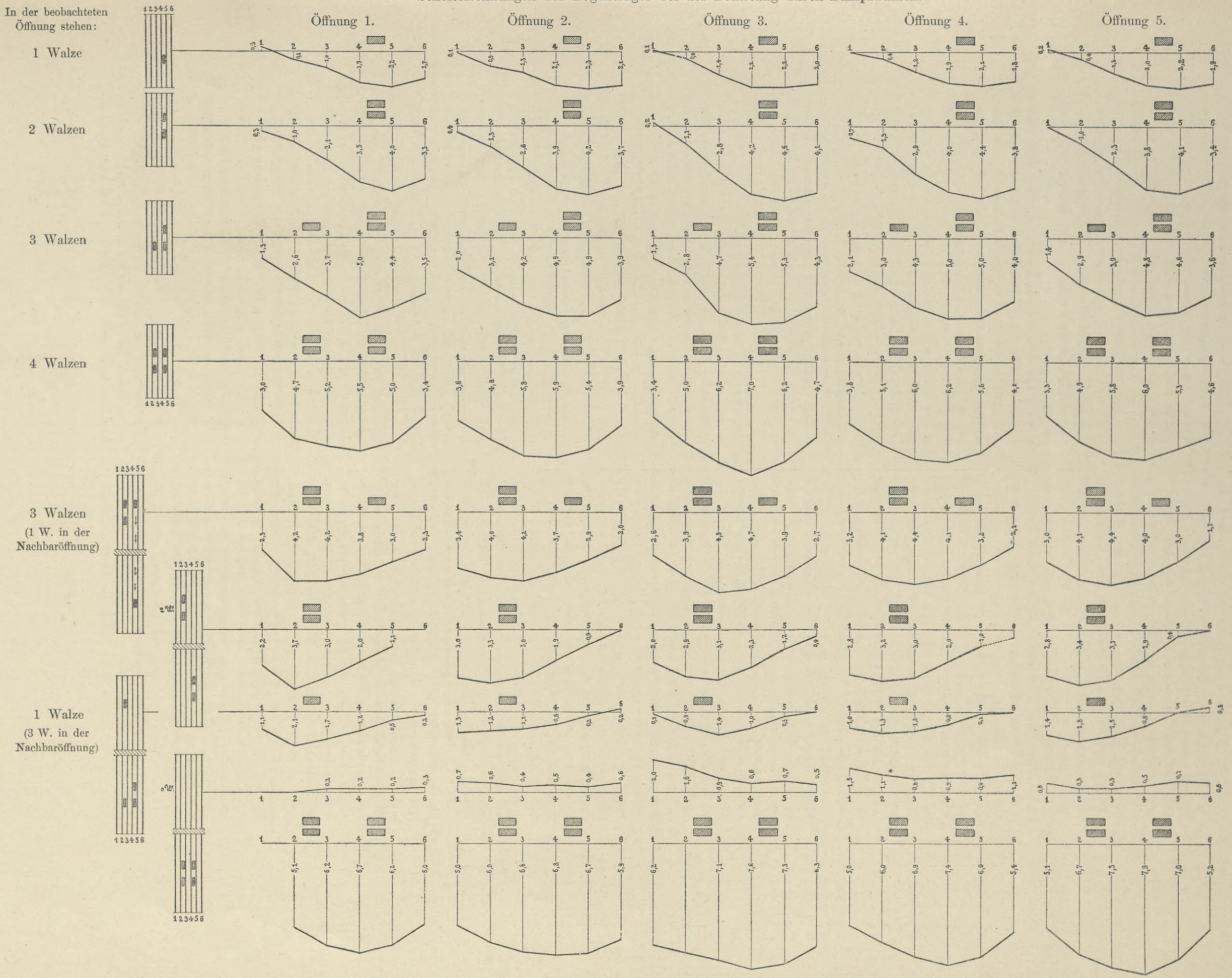
Die Verticalständer über den zehn Stirnbogen der Brücke sind, wie schon oben angegeben wurde, aus einem Flacheisen und einem Winkel gebildet. Auf diesem Flacheisen sind nun des besseren Aussehens wegen Zierstäbe aus schmiedeeisernen Pilastern mit gepreifsten Buckeln befestigt, welche am oberen Ende durch Capitelle und Blechranken, unten durch ebensolche Blechranken und durch gufseiserne, die Knotenbleche verhüllende Deckblätter abgeschlossen sind. Diese Ziereisen

Uebersicht über die Höchstwerthe der verticalen Scheitelbewegungen bei ruhender und bewegter Gruppenbelastung, sowie bei Reihenfahrt.

Verticalbewegung an Bogenträger *N.*	I.						II.						III.						IV.						V.					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	Alle Mafse bedeuten Millimeter.																													
Bei Gruppenstellung.																														
1. Ruhende Vollbelastung . .	3,0	4,7	5,2	5,5	5,0	3,4	3,6	4,8	5,8	5,9	5,4	3,9	3,4	5,0	6,2	7,0	6,2	4,7	3,8	5,1	6,0	6,2	5,6	4,1	3,3	4,9	5,8	6,0	5,3	4,6
2. Nach Ausfahrt auf die Nachbaröffnung	0,0	0,0	—0,2	—0,2	—0,2	—0,3	—0,7	—0,6	—0,7	—0,5	—0,4	—0,6	—2,0	—1,6	—0,9	—0,6	—0,7	—0,5	—1,5	—1,1	—0,8	—0,9	—0,9	—1,1	—0,6	—0,3	—0,3	—0,5	—0,7	—0,6
3. Gruppenfahrt	—	5,1	6,2	6,7	6,2	5,0	5,0	6,0	6,6	6,8	6,7	5,9	6,2	6,7	7,1	7,6	7,3	6,3	5,0	6,0	6,9	7,4	6,9	5,4	5,1	6,7	7,5	7,9	7,0	5,2
4. Entlastung der Brücke bleibend	—	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,3	—0,3	—0,2	—0,2	—0,3	—0,3	2,0	—1,6	—0,8	—0,3	—0,4	—0,3	—1,5	—1,1	—0,7	—0,7	—0,7	—0,8	—0,9	—0,6	—0,5	—0,7	0,0	—0,2
5. Gröfste Erzitterung bei letzter Fahrt	—	1,7	1,8	1,5	2,1	2,3	2,0	1,8	2,0	1,8	1,8	2,0	2,9	1,6	0,9	1,5	1,9	2,9	2,0	1,4	1,1	1,7	1,6	1,6	2,2	2,7	2,1	2,2	2,2	2,1
Bei Reihenstellung.		2.			5.			2.			5.			2.			5.			2.			5.			2.			5.	
6a. Senkung } Während der	—	6,3	—	—	7,0	—	—	6,9	—	—	7,1	—	—	8,6	—	—	7,2	—	—	7,8	—	—	7,0	—	—	6,0	—	—	7,0	—
6b. Hebung } Fahrt	—	0,8	—	—	0,9	—	—	1,0	—	—	1,1	—	—	0,5	—	—	1,0	—	—	0,8	—	—	1,1	—	—	0,6	—	—	1,1	—
7. Nach 1. Fahrt bleibend bei Entlastung	—	0,2	—	—	0,0	—	—	0,1	—	—	—0,1	—	—	0,5	—	—	—0,1	—	—	0,2	—	—	—0,1	—	—	0,2	—	—	0,1	—
8. Nach 2. Fahrt bleibend bei Entlastung	—	0,1	—	—	—0,1	—	—	0,0	—	—	—0,1	—	—	0,2	—	—	—0,1	—	—	0,1	—	—	—0,1	—	—	0,0	—	—	—0,3	—
9. Gröfste Erzitterung bei der Fahrt	—	3,0	—	—	2,6	—	—	1,9	—	—	2,2	—	—	2,1	—	—	2,1	—	—	1,9	—	—	2,2	—	—	1,8	—	—	2,2	—

Die Höchstwerthe jeder Reihe sind unterstrichen; die absoluten Höchstwerthe sind doppelt unterstrichen; Hebungen sind als negative Werthe eingetragen.

Scheitelsenkungen der Bogenträger bei der Belastung durch Dampfwalzen.



Einsenkungen bei der Gruppenfahrt aller vier Walzen von der Nachbaröffnung über die beobachtete Öffnung zurück.

Die vorstehende Abbildung giebt eine übersichtliche Darstellung der beobachteten Scheitelsenkungen der Bogenträger bei der Belastung durch Dampfwalzen.

sind mittels Schrauben an die Verticalständer befestigt worden, sie können bei Anstricherneuerungen weggenommen werden. Ueber den Verticalen befinden sich an den äufseren Gehwegträgern kräftige schmiedeeiserne Blechranken mit getriebenen Buckeln, welche sich an die bogenförmig gestaltete Unterkante der Gehweg-Consolträger anschliefsen.

Das Brückengeländer besteht der Eintheilung des Brückenüberbaues entsprechend aus einzelnen Feldern von 2,50 m Länge, welche jeweils der wechselnden Neigung der Brückentafel in der Längsrichtung anzupassen waren. Die Höhe des Geländers beträgt 1,06 m, es ist in der Hauptsache aus Schmiedeeisen hergestellt. Für die Pfosten wurden gewalzte I-Eisen verwendet, welche sich gegen etwaigen Anprall und Stöfse widerstandsfähiger erweisen als gufseiserne Pfosten; ihr oberes Ende ist halbkreisförmig gebildet worden, indem man den Steg nach dieser Form ausgeschnitten und die Flanschen umgebogen hat. Ein besseres Aussehen wurde durch ein auf die Flansche aufgenietetes Diamantband erzielt. Zu den Handleisten sind Mannesmanröhren von Stahl mit 57 mm Durchmesser und übergeschobenen gufseisernen Bunden, zu den die Geländerstäbe umfassenden doppelten Zwischenleisten 34 · 20 · 4 mm grofse [-Eisen verwendet worden. Die ganze Anordnung ist einfach und kräftig gehalten, nur die Füllungsstücke in der Mitte der Geländerfelder sind reicher ausgebildet und mit geschmiedeten Ranken, Blättern und Früchten versehen worden. Die Gesamtlänge der 188 Geländerfelder beträgt 471,5 m, das Gewicht 42316 kg oder auf ein Feld 225 kg.

Die einzelnen Felder wurden in der Werkstätte der Unternehmer zusammengesetzt und vernietet und alsdann je über einer ganzen Brückenöffnung aufgestellt, wenn deren Oberbau fertig und der Belag aufgebracht war. Mittelst Winkelstücken, Nieten und Schrauben sind die Geländerpfosten an den äufseren Trottoirträgern befestigt. Am Fufse der Pfosten befindet sich ein gufseiserner Sockel. Zwischen dem Geländer und den massiven Pfeileraufsätzen ist durchweg ein Spielraum gelassen, um dem ersteren freie Temperaturbewegungen zu gestatten.

Aehnlich, jedoch etwas einfacher gestaltet sind die Geländer an den oberen Armen der Insel- und der Wasentreppe. Die Mittelverzierungen fehlen dort, dagegen sind am Ende der Geländer, da wo sie an die Brüstungsquader der Ruhbänke anstofsen, reiche Abschlüsse angebracht. Die Geländerpfosten sind in das Stirngemäuer der Treppenbögen eingelassen und durch sorgfältiges Ausfüllen der Löcher mit Cementmörtel fest verspannt worden. Zu diesem Zwecke wurden die Pfosten an dem unteren Ende in warmem Zustande umgebogen; an der gebogenen Stelle sind einfache Verzierungen aufgenietet worden.

An der inneren Seite der unteren Arme der Insel- und Wasentreppen, sowie auf beiden Seiten der Treppenanlagen am rechten Endpfeiler sind nur einfache 57 mm starke Geländerröhren mit überschobenen gufseisernen Bunden angebracht, welche mittelst Oesen und ins Mauerwerk eingelassenen Trägern bezw. durch in die Betongewölbe eingesetzten schmiedeisernen I Pfosten unterstützt sind.

Der Geländeranstrich ist zweimal mit schwarzer Oellackfarbe auf doppelter Firnifsgrundirung erfolgt.

Die Schmiedearbeit des Geländers ist von Eichberger und Leuthi in Stuttgart meisterhaft ausgeführt worden.

7. Brückentafel.

(Abb. 29—35 Bl. 4, Abb. 51 u. 52 Bl. 5.)

Die Fahrbahn der Brücke besteht aus Holzpflaster auf Betonunterlage mit 1 : 25 Seitengefäll und kreisbogenförmiger Abrundung in der Mitte. Der Beton über dem Zoreseisenbelag ist mit der Mischung 1 Cement zu 7 Kies mit Sand auf den Zoreseisenbelag gebracht und mit einem 2 cm starken Glattstrich aus 1 Cement zu 2 feinem Mainsand versehen worden. Die Oberfläche ist genau nach dem Querschnitt der Fahrbahn geformt; sie liegt auf 9,60 m der Fahrbahnbreite 6 cm über der Zoreseisenoberkante, welches Mafs gegen die Ränder der Fahrbahn auf 4 cm abnimmt. Vor dem Betoniren sind die Zwischenräume des Zoreseisenbelags, um ein Durchfallen des Betons zu verhindern, mit einzelnen 1,20 m langen, 10 bis 12 cm breiten Asphaltstreifen überdeckt worden.

Zum Holzpflaster sind 15 cm hohe, 8 cm breite, 15 bis 25 cm lange, regelmäfsig bearbeitete Klötze von Fichtenholz verwendet, die vor der Anlieferung in Kreosot getaucht wurden. Das Versetzen des Pflasters erfolgte unmittelbar auf den Beton in geradlinigen Reihen senkrecht zur Brückenachse in je 5 bis 6 mm Abstand und mit möglichst engen Fugen parallel zur Brückenachse. Die Fugen wurden auf $^1/_3$ ihrer Höhe mit Asphalt, im übrigen mit dünnem Cementmörtel ausgegossen. An die Schienenfüfse der Pferdebahngleise mufsten die Klötze besonders angepafst und auf der Baustelle mittels einer Bandsäge zugeschnitten werden. Vor dem Versetzen sind die Klötze ins Wasser gelegt worden, um ein Aufquellen des fertigen Pflasters thunlichst zu vermeiden; aufserdem wurde, um Ausdehnungen am Pflaster nicht zu verhindern, den Gleissträngen entlang eine Fuge von 3 bis 4 cm Weite angeordnet, die alsdann mit Sand ausgefüllt wurde. An ihren Rändern ist die Fahrbahn durch einen 15 cm breiten Pflasterstreifen aus Melaphyrsteinen von 14 cm Höhe abgeschlossen; dieselben sind in Cementmörtel versetzt. Nach vollständiger Herstellung des Pflasters ist dasselbe mit Porphyrgries überstreut und sodann überwalzt worden. Die Gehwege wurden über einer Betonunterlage mit 3 cm starkem Asphaltbelag und 1 : 50 Seitengefäll gegen die Fahrbahn ausgeführt, von welcher sie durch 30 cm hohe, 15 cm breite Granitrandsteine getrennt sind. Die Zwischenräume der Belageisen sind mit 29 · 14 · 3 cm grofsen, gut gebrannten und an der unteren sichtbaren Seite glatten Thonplättchen von gelber Farbe überdeckt worden.

Die Entwässerung der Brückentafel erfolgt mittels zwölf in die Pfeiler eingemauerter 50 cm weiter und mit Wasserverschlufs versehener Strafseneinlaufschächte durch Steinzeugröhrenleitungen, die ins Grundwasser führen; aufserdem durch eiserne Wasserabfallröhren, welche zwischen diesen Schächten an je vier Stellen der Fahrbahnränder angebracht und an dem eisernen Ueberbau befestigt sind.

Auf der Brücke liegen 1 cm tiefer als das Pflaster und in je 1,50 m Abstand der Gleisachsen vom Rand der Gehwege zwei Pferdebahngleise von 1 m Spurweite. Zu denselben wurde der Haarmannsche Schwellenschienenoberbau im Pflaster für Secundärbahnen mit Doppelschienen von 9 m Länge mit 150 mm hoher, 250 mm im Fufs und 46 mm im Kopf breiter Laufschiene und 130 mm hoher Leitschiene verwendet. Die Fahrschienen sind am Stofs überschnitten, die Leitschienen haben stumpfen Stofs; die Breite der Spurrille beträgt 30 mm, ihre Tiefe 32 mm; unter ihr sind zwischen beiden Schienen in Abständen von je 500 mm kleine Gufsklötze eingespannt. Die beiden Stränge eines Gleises sind in Entfernungen von 1,506 m von den Stöfsen und von je 2,50 m dazwischen durch Querverbindungen aus 60/12 mm starken Flacheisen gegen einander verspannt. Das Gewicht dieses Oberbaues beträgt auf 1 m Gleislänge 130 kg. Den Gleisen ist nun das Quergefälle der Fahrbahn mit 4 % gegeben worden; die Fahrschienen ruhen mit ihrem Fufs dicht auf der Betonoberfläche auf; die Verstärkungsrippen wurden in Rillen eingesetzt. Auch hier sind, der Tempe-

raturausdehnungen wegen, zwischen den Fahrbahnabschlüssen über den Pfeilern besondere kurze Gleisstücke eingelegt worden. Die Temperatur-Bewegungsvorrichtungen sind an den Schienenstöfsen durch ovale Bolzenlöcher hergestellt.

8. Brückenzufahrten.

(Abb. 11 u. 12 Bl. 2.)

Seitens der Kgl. Bauverwaltung ist die linke Zufahrt zur Brücke mit Vorplatz, auf der Cannstatter Seite nur die Zufahrtsstrafse zwischen den Flügelmauern des rechten Endpfeilers hergestellt worden. Die erstere steigt mit 1,2 v. H. gegen die Brücke; sie hat eine 13 m breite Fahrbahn mit 4 v. H. Seitengefäll und 23 cm Wölbung, in welche die beiden Pferdebahngleise — je 4 m von der Strafsenmitte entfernt — eingelegt sind, zu beiden Seiten je 7,5 m breite erhöhte Gehwege mit 2 v. H. Seitengefäll.

Fahrbahn und Gehwege sind durch 40 cm hohe, 15 cm breite Tuffrandsteine von einander getrennt.

Die Chaussirung der Fahrbahn besteht aus 20 cm hoher Vorlage von Tuffsteinen und einer Geschlägdecke aus Muschelkalk; die Einlage von Hartschotter ist der zu erwartenden Setzungen der Strafse in der Auffüllung wegen zunächst unterblieben. Aus demselben Grunde wurde auch die vorgesehene Pflasterung an den Fahrbahnrändern für spätere Ausführung vorbehalten.

Die Gehwege sind über rauhen Steinunterlagen mit feinem Kies überdeckt und mit der Handwalze eingewalzt worden. Mit der gänzlichen Herstellung der Zufahrten wird auch die geplante Anpflanzung von Bäumen an den Gehwegen verbunden werden. Soweit die Auffüllung es bis jetzt ermöglicht hat, wurden auch die gärtnerischen Anlagen an dem halbkreisförmigen Brückenvorplatz, der sich links und rechts an die Zufahrtsstrafse anschliefst, von der Stadt Stuttgart hergestellt. Die Stadt Cannstatt hat die rechtsseitige Zufahrtsstrafse in einer Breite von 34 m mit Gehwegen zu beiden Seiten und in der Mitte ausgeführt.

9. Beleuchtung.

(Abb. 45 Bl. 4.)

Die Beleuchtung der Brücke und Treppenanlagen, sowie ihrer Zufahrten geschieht mittels Gasglühlichts.

Jede Oeffnung der Brücke ist mit vier Gascandelabern versehen, welche am inneren Rand der Gehwege auf gufseiserne, mit den Belageisen verschraubten Unterlagsplatten aufgestellt sind. Die beiden Treppenanlagen auf der Insel und dem Wasen sind durch je zwei auf den grofsen Mittelpodesten aufgestellten Candelabern besonders beleuchtet; an den Brüstungsenden über den Flügelmauern der Endpfeiler ist ebenfalls je ein Candelaber angebracht. Von der Cannstatter Seite aus erfolgt mittels einer gufseisernen Gaszuleitung, welche sich am rechten Endpfeiler in zwei unter die Gehwege der Brücke gelegte Stränge aus 100 mm weiten Blechröhren gabelt, die Speisung sämtlicher Candelaber auf der Brücke, mit Ausnahme der dem linken Endpfeiler zunächstliegenden zwei Candelaber über der ersten Oeffnung, welche von Stuttgart gespeist werden, sowie der Beleuchtung der Treppen auf der Insel und den Wasen mittelst 75 mm weiter, schmiedeiserner, durch senkrechte Canäle in den Treppenpfeilern geführte und in die Hohlräume der Treppenanlagen gelegte Leitungen. Die Gaszuleitung auf Stuttgarter Seite ist in dem rechtsseitigen Gehweg der Zufahrt, 4,85 m von der Baulinie entfernt, eingebracht und bis zur Brücke geradlinig fortgesetzt. Die Zweigleitungen nach den einzelnen Candelabern liegen quer unter der Brückenzufahrt.

10. Uferverbesserungen.

Im Anschlufs an die beiden Flufspfeiler der Brücke sind die Ufer des Neckars flufsaufwärts 70 m, abwärts 50 m geordnet hergestellt und durch ein flaches, 25 cm starkes Vorlagepflaster aus Tuffsteinen mit Steinwurf gesichert worden.

Hinter beiden Flufspfeilern wurde das Pflaster mit einer 10 cm starken Betonschicht überdeckt.

Am linken Mühlcanalufer ist unter der Brücke auf eine Länge von 37 m eine Betonmauer mit $^1/_2$ fachem Anlauf und mit Steinvorwurf hergestellt, und das Vorland zwischen der Mauer und dem Endpfeiler mit Beton abgedeckt worden.

II. Baukosten.

Der Aufwand für die Brücke samt dem zur Zeit vorhandenen bildnerischen Schmuck hat sich folgendermafsen gestaltet:

1. Vorbereitung der Baustelle		4 834 ℳ
2. Gerüste und Förderbahnen		40 796 „
3. Gründungsarbeiten		352 967 „
4. Aufbau der Pfeiler und Treppenanlagen		237 469 „
5. Architektonischer und künstlerischer Schmuck der Pfeiler und Treppen .		85 362 „
6. Martineisen-Ueberbau		433 534 „
7. Geländer und Ziereisen:		
Geländer	35 123 ℳ	
Ziereisen	9 752 „	44 875 „
8. Anstricharbeiten		10 676 „
9. Brückentafel		50 778 „
10. Insgemein einschl. Bauaufsicht . . .		64 164 „
Im ganzen Aufwand für die Brücke		1 325 455 ℳ
11. Zufahrten zur Brücke (bis jetzt) . .		12 926 „
Gesamtaufwand		1 338 381 ℳ

In dieser Summe ist die den Unternehmern der Gründungsarbeiten zufolge ihrer erst nach Fertigstellung der Brücke erhobenen Nachforderungen im Vergleichswege unter Mitwirkung von Schiedsrichtern bewilligte Entschädigung im Betrage von 15 148 ℳ inbegriffen.

Die für den Bau zur Verfügung gestellten Mittel bestehen in folgendem:

1. Genehmigter Staatsaufwand	1 000 000 ℳ
2. Beitrag der Städte Stuttgart und Cannstatt	250 000 „
3. Beitrag der Amtskörperschaft Cannstatt	20 000 „
4. Beitrag der Eisenbahnverwaltung . .	24 000 „
5. Einnahmen während des Baues für den Gittersteg, Gerüste, Inventar, Auffüllgebühren usw.	37 271 „
im ganzen	1 331 271 ℳ
Bringt man an dem Aufwand für die Brücke mit	1 325 455 „
den Wiedererlös für Gerüstholz, Bauinventar usw. mit	16 265 „
in Abzug, so ergeben sich aus der Restsumme von	1 309 190 ℳ

die Kosten für 1 qm der überbrückten Fläche bei einer Gesamtlichtweite der fünf Oeffnungen von 237,50 m und 18 m nutzbarer Brückenbreite zu 306 ℳ.

Das Gewicht des eisernen Ueberbaues beträgt im ganzen (ohne Ziereisen) 1 380 460 kg, der Aufwand hierfür 436 236 ℳ oder für 100 kg 31,60 ℳ.

Das schmiedeiserne Geländer der Brücke wiegt 90 kg und kostet 68 ℳ auf 1 m oder 75 ℳ pro 100 kg.

Einige weitere für die Beurtheilung des Aufwandes mafsgebende Voranschlagspreise sind im Nachstehenden angegeben; die Kosten für den Cement, dessen Anlieferung von der Bauverwaltung selbst den Cementwerken übertragen wurde, sind nicht inbegriffen, ebenso nicht die Kosten für Basaltschotter, Juraschotter und Gries.

Gründungsarbeiten:			
Eiserne Senkkasten	400,00	ℳ	für 1 t
Miethe für das Inventar der Druckluftgründung	30 000,00	„	pauschal
Grabarbeit unter Druckluft . .	15,00	„	für 1 cbm
Tuffsteinverkleidung der versenkten Pfeilerteile	18,00	„	„ 1 „
Granitsockel	120,00	„	„ 1 „
Beton 1 C.: 12 Kies mit Steinananlagen ohne Cement . . .	9,00	„	„ 1 „
Ausbetonirung der Senkkasten 1 C.: 9 Kies ohne Cement . .	18,00	„	„ 1 „
Portlandcement frei Bahnhof Cannstatt	2,96	„	„ 100 kg
Pfeileraufbau und Treppen:			
Quadermauerwerk aus Schwarzwälder Buntsandstein	65,00 bis 94,00	„	„ 1 cbm
Einhäuptiges Gemäuer	40,00	„	„ 1 „
Schwedischer Granit, polirt . .	570,00	„	„ 1 „
Granitstufen mit Stab u. Hohlkehle	9,50	„	„ 1 m
„ ohne „ „ „	7,80	„	„ 1 „
Beton 1 C.: 12 Kies mit Steineinlage ohne Cement	9,00	„	„ 1 cbm
Beton 1 C.: 12 Kies ohne Steineinlage und Cement	10,00	„	„ 1 „
Beton 1 C.: 2 Mainsand : 4 Basaltschotter ohne Cement, Schotter und Sand	10,00	„	„ 1 „
Beton 1 C.: 3 Juragries : 6 Juraschotter ohne Cement, Schotter und Sand	5,50	„	„ 1 „
Portlandcement frei Bahnhof Cannstatt	2,84	„	„ 100 kg
Pylonen und Postamente:			
Steinmetzarbeiten aus Mainsandstein	90,00	„	„ 1 cbm
Versetzen der Quader samt Gerüsten	44,00	„	„ 1 „
Beton der Pylonen, 1 C.: 8 Kies	20,00	„	„ 1 „
Anstreicharbeiten:			
Zweimaliger Anstrich des eisernen Oberbaues mit Oelfarbe oder Schuppenpanzerfarbe	00,35	„	„ 1 qm
Brückentafel:			
15 cm hohes Fichtenholzpflaster (ohne Betonunterlage) . . .	12,26	„	„ 1 „
Betonunterlage vgl. 12 cm stark, 1 C.: 7 Kies mit 2 cm starkem Bestich einschliefslich Cement.	2,40	„	„ 1 „
Granitrandsteine 30 cm hoch, 15 cm dick	6,00	ℳ	für 1 l. m
Asphaltirung der Gehwege samt Betonunterlage	6,00	„	„ 1 qm
Brückenzufahrten:			
Chaussirung 20 cm Vorlage, 10 cm Geschlägdicke	1,45	„	„ 1 „
Tuffrandstein 40 cm hoch, 15 cm dick	4,50	„	„ 1 l. m

Der zur Brücke verwendete Beton mifst 13 260 cbm, das Mauerwerk 3060 cbm; hierzu sind im ganzen 2553 t Portlandcement verwendet worden.

Der Cementverbauch für die verschiedenen Betonarten war folgender:

Fundamentbeton 1 C.: 12 Kies und Sand mit $^1/_3$ Steineinlage	149 kg	für 1 cbm
Pfeilerbeton 1 C.: 12 Kies und Sand mit vgl. $^1/_4$ Steineinlage	157 „	„ 1 „
Pfeilerbeton 1 C.: 3 Juragries : 6 Juraschotter	240 „	„ 1 „
Pfeilerbeton 1 C.: 2 Mainsand : 4 Basaltschotter	300 „	„ 1 „

Die Kosten für 1 cbm Kiesbeton (Stampfbeton) mit Einrechnung der Cementanschaffung belaufen sich

bei den Fundamenten auf	13,52	ℳ
bei den Pfeileraufbauten unter Berücksichtigung des Aufgebots der Unternehmer auf . . .	14,34	„
ferner für 1 cbm Basaltschotterbeton auf . . .	32,50	„
und für 1 cbm Juraschotterbeton auf	23,95	„

Der Eisenbahnverwaltung hat die Zufuhr der Materialien zum Brückenbau in 2500 Wagenladungen eine Einnahme von 81 350 ℳ gebracht.

12. Baupersonal.

Die Brücke ist von dem unterzeichneten Vorstand der Ministerialabtheilung für den Strafsen- und Wasserbau entworfen worden. Derselbe führte mit Baurath Schaal in Stuttgart die Oberleitung des Bauwesens. Die unmittelbare Bauleitung lag dem Abtheilungsingenieur Reihling in Cannstatt ob, welchem Bauamtsassistent Riekert und Regierungsbauführer Stetter in Cannstatt als Bauführer beigegeben waren.

Stuttgart, im November 1894.

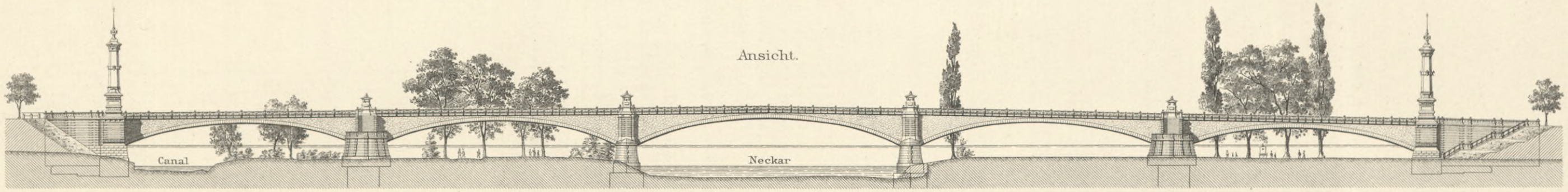
Präsident Leibbrand.

Halle a. S., Buchdruckerei des Waisenhauses.

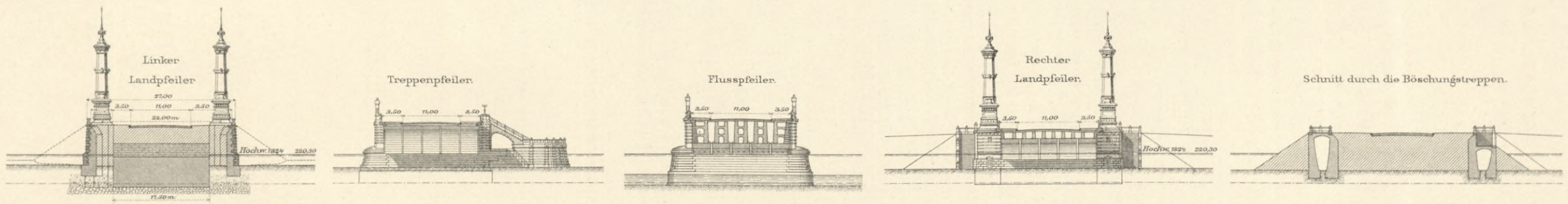
König Karlsbrücke zwischen Stuttgart und Cannstatt.

Entwurf zu einer Steinbrücke.

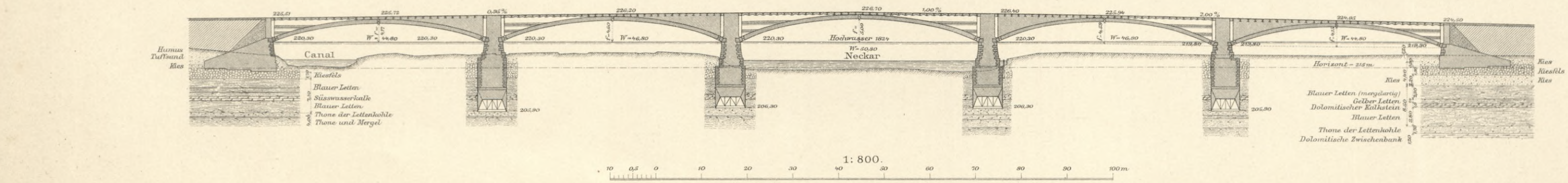
Ansicht.



Querschnitte.



Längenschnitt.

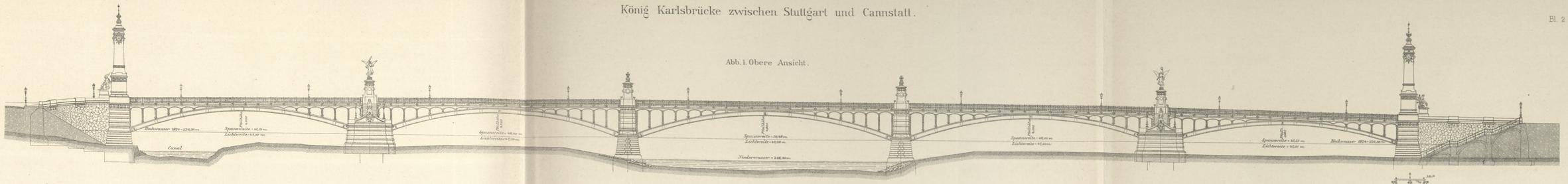


Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin

B. Gisevius gest.

König Karlsbrücke zwischen Stuttgart und Cannstatt.

Abb. 1. Obere Ansicht.



Gründung und Rüstungen für die Pfeiler und den eisernen Überbau.

Abb. 2. Transportbrücke und Pfeilergerüste.

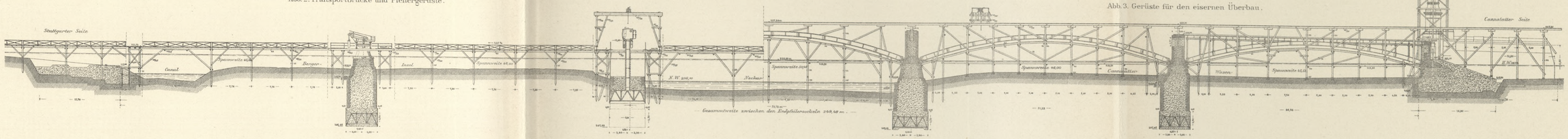


Abb. 3. Gerüste für den eisernen Überbau.

Abb. 4. Bildliche Darstellung des Versenkungsfortschritts der Zwischenpfeiler und des Wasserstandes

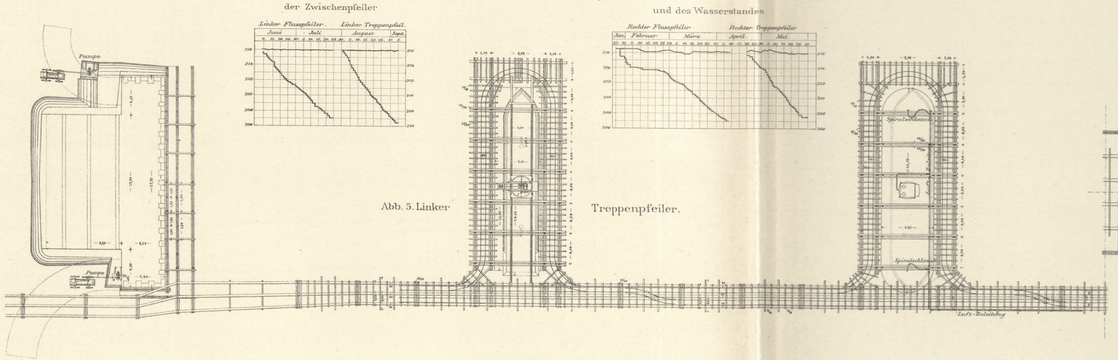


Abb. 5. Linker Treppenpfeiler.

Abb. 10. Grundriss.

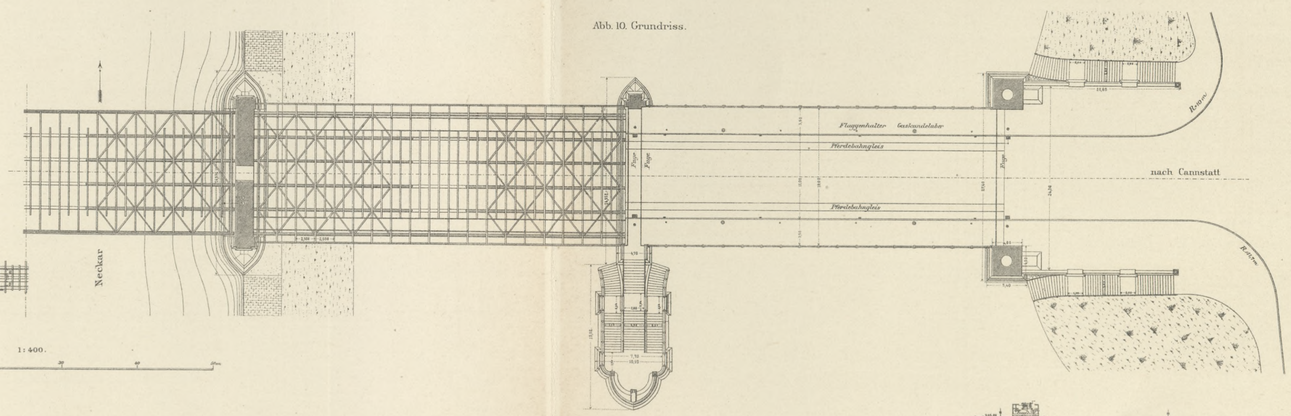


Abb. 11. Längenschnitt.

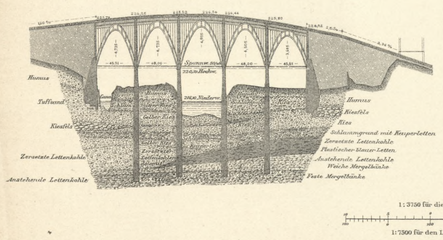


Abb. 12. Lageplan.

Abb. 6. Versenkungsgerüst der Flusspfeiler.

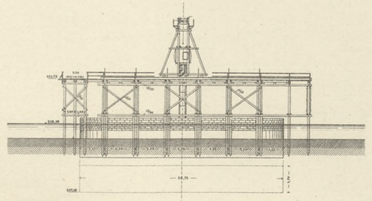


Abb. 7. Rechter Flusspfeiler.

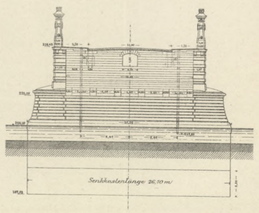


Abb. 8. Querschnitt am rechten Treppenpfeiler.

Treppenanlage auf dem Wasen.

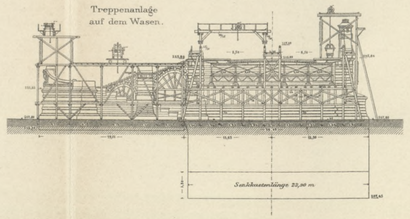
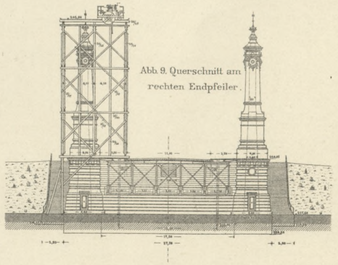


Abb. 9. Querschnitt am rechten Endpfeiler.



Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

B. Gisevius gest.

König Karlsbrücke zwischen Stuttgart und Cannstatt.

Eiserner Senkkasten für einen Flusspfeiler.

Abb. 13. Längenschnitt.

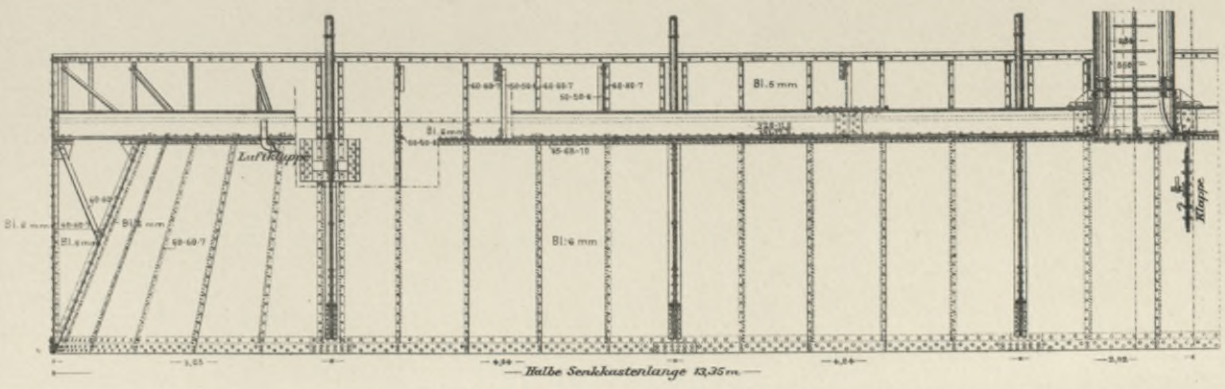
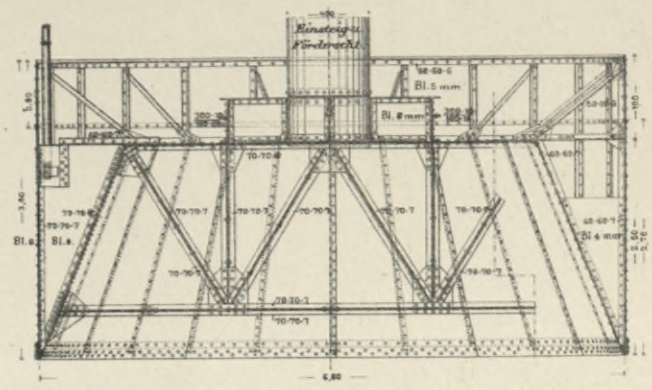


Abb. 14. Querschnitt.



2:175.

Abb. 15. Grundriss.

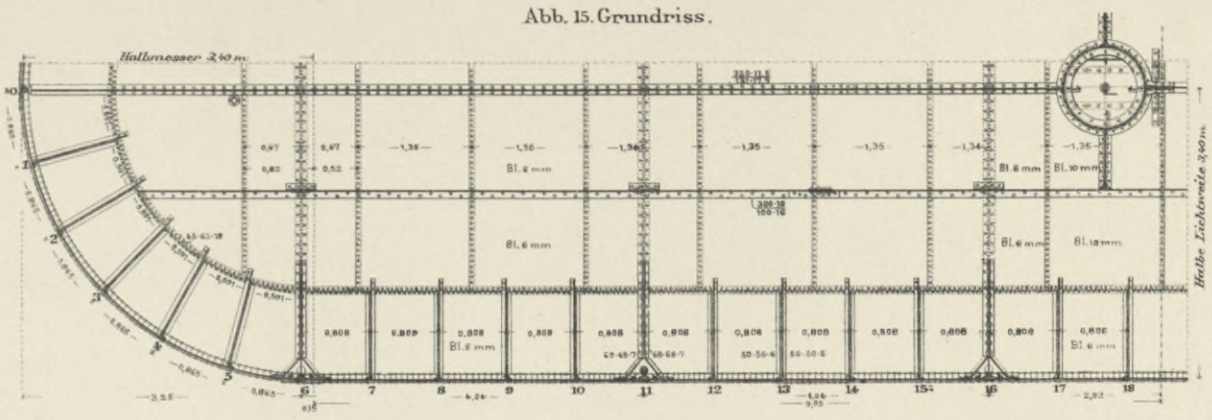


Abb. 16. Abwicklung der Senkkastenschneide.

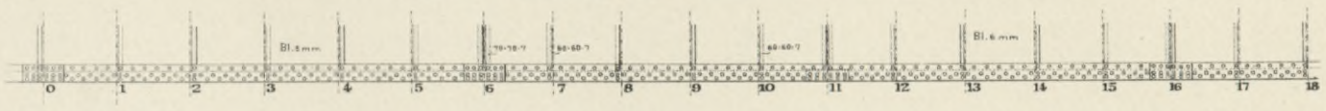
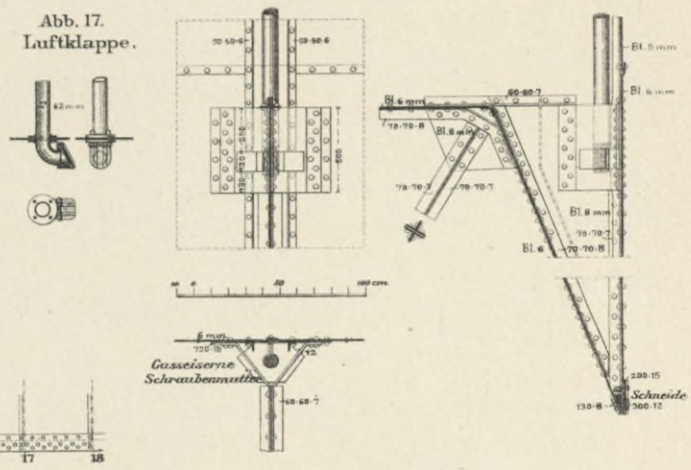


Abb. 18. Aufhängevorrichtung an dem Senkkasten.

Abb. 17. Luftklappe.



Betriebseinrichtungen für die Druckluftgründung.

Abb. 20-23. Arbeitskammer mit Schleusen.

Abb. 20. Schnitt AB.

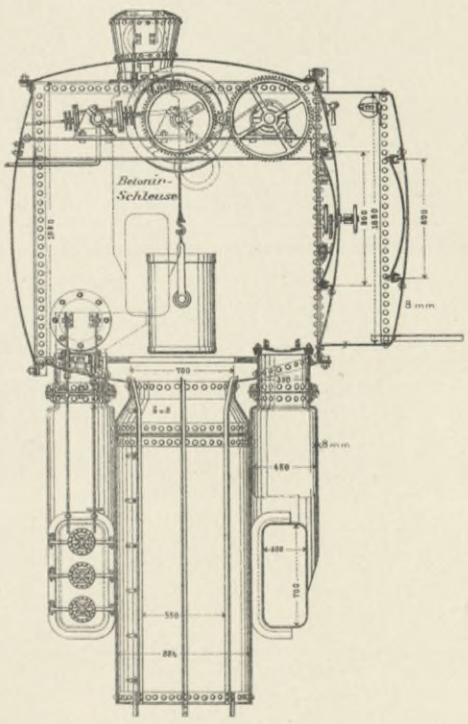


Abb. 21. Schnitt CD.

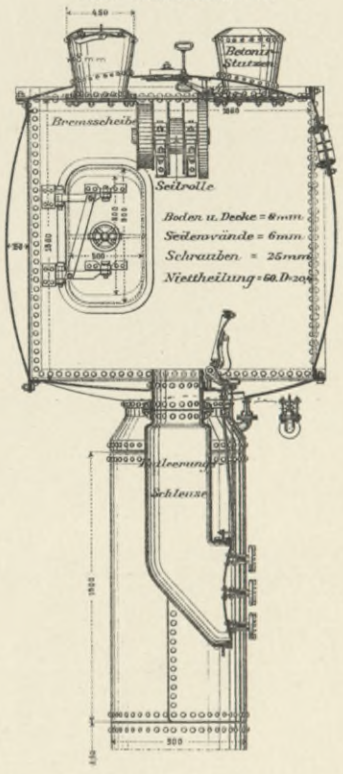


Abb. 22. Horizontalschnitt.

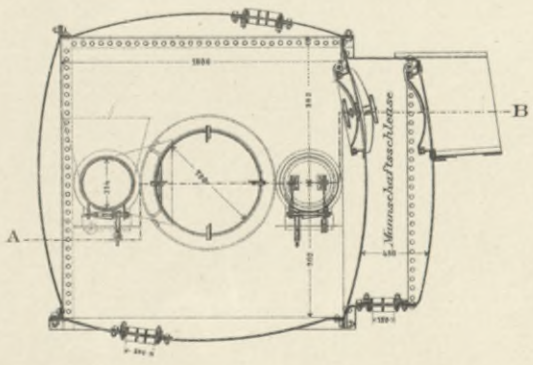
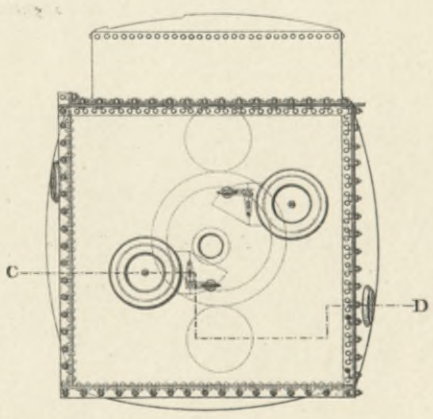


Abb. 23. Draufsicht.



1:50.

Abb. 24-26. Luftpumpe.

Abb. 24. Querschnitt.

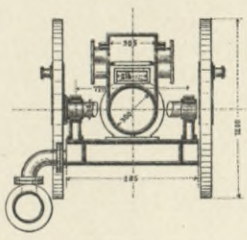


Abb. 25. Ansicht.

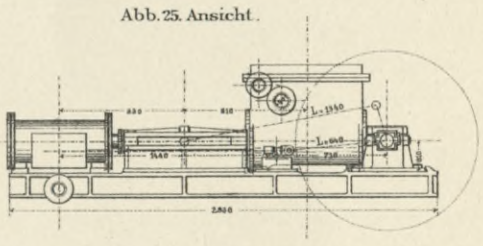
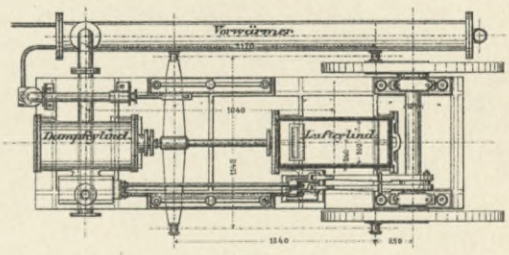


Abb. 26. Grundriss.



Cylinder-Durchmesser = 300 mm
Hub = 500 mm
Umdrehungszahl = 110
Leistung in der Stunde = 470 cbm

Abb. 27. Aufhängvorrichtung für die Senkkasten.

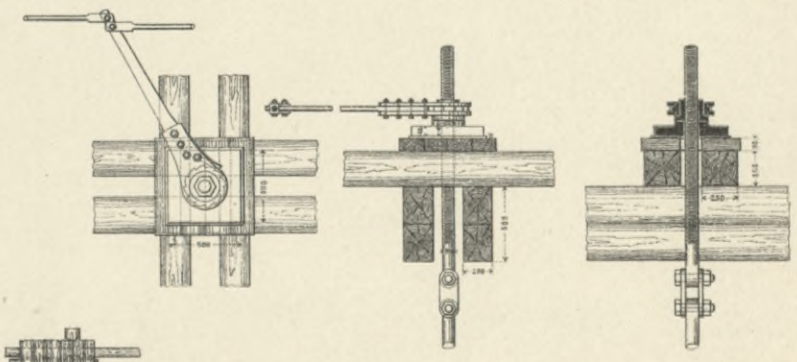
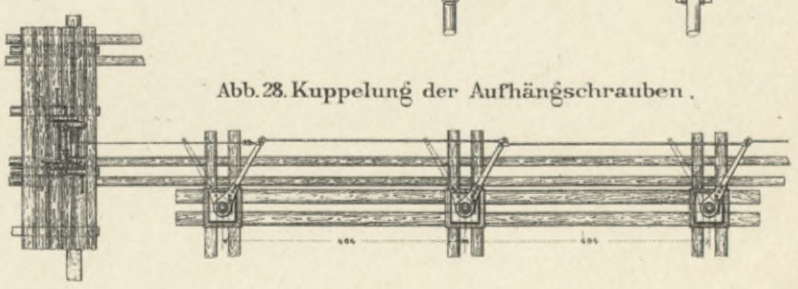


Abb. 28. Kuppelung der Aufhängschrauben.



1:125.

Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

B. Gisevius gest.

Eiserner Überbau.

Abb. 29-31. Längenschnitt der Mittelöffnung. 1:100.

Abb. 29. in der Fahrbahnmitte. Abb. 30. am Fahrbahnrand. Abb. 31. durch den Gehweg.

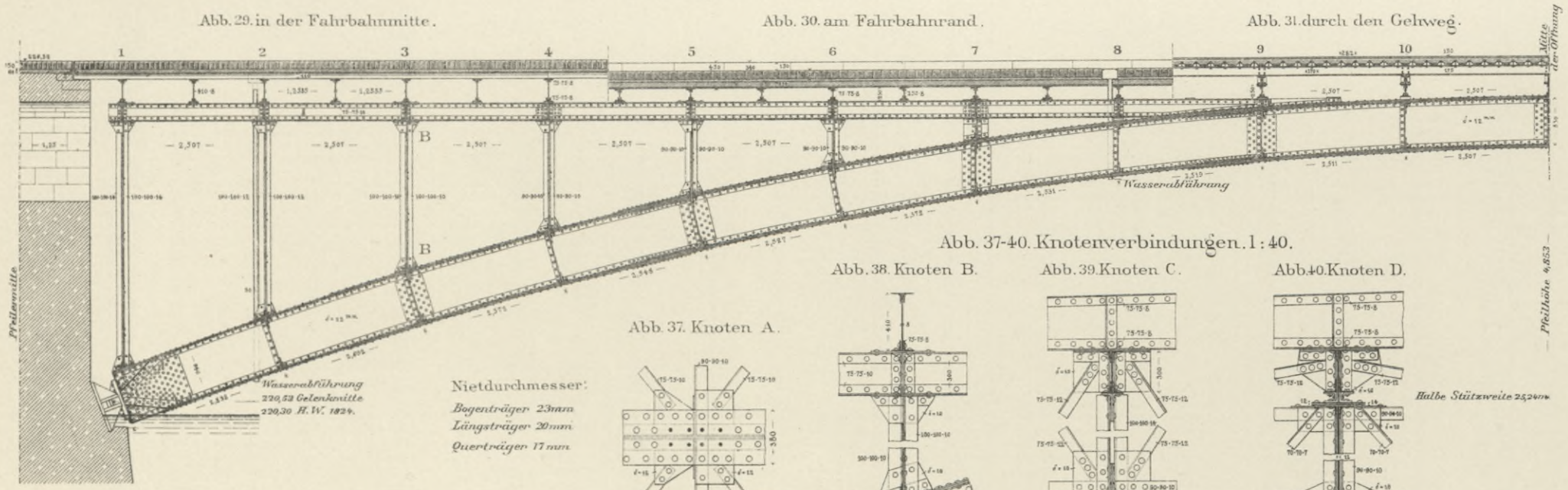


Abb. 32-35. Querschnitte.

Abb. 32. bei 8. Abb. 33. bei 9.

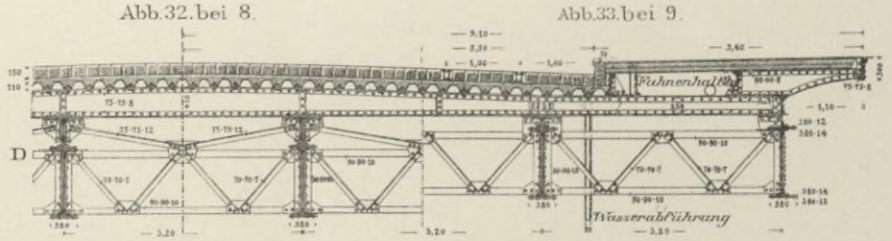


Abb. 34. am Kämpfer. Abb. 35. bei 3.

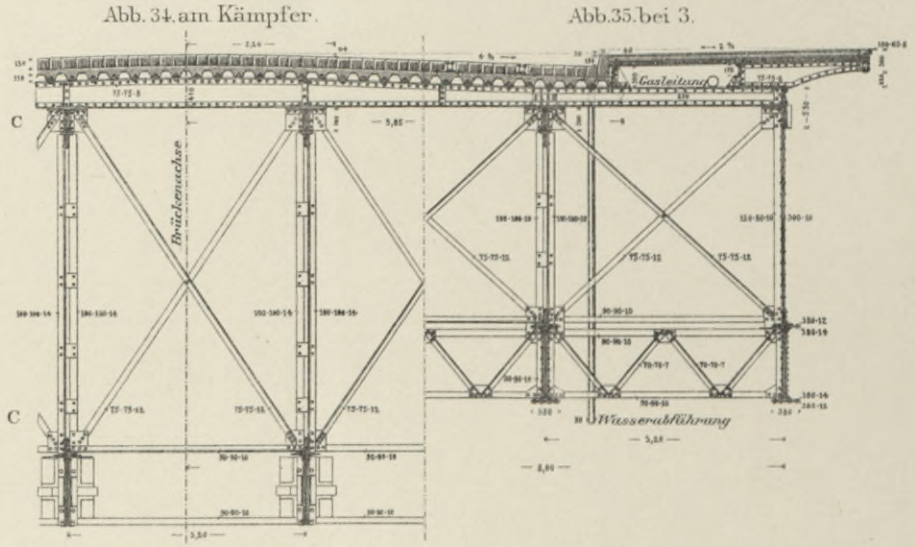
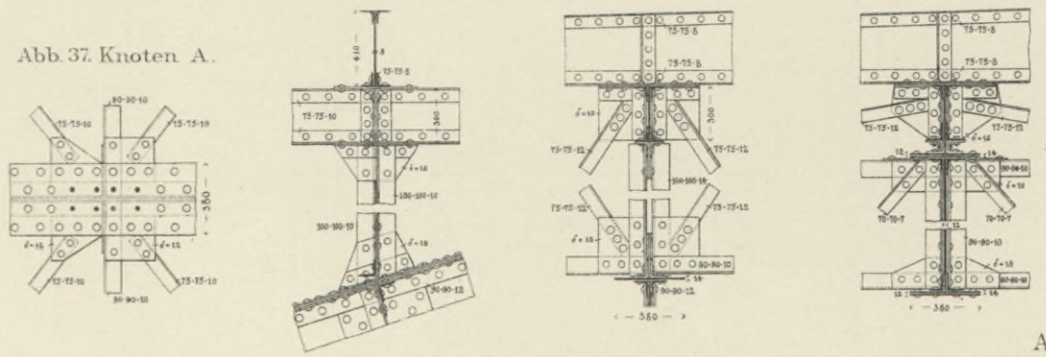


Abb. 37-40. Knotenverbindungen. 1:40.

Abb. 37. Knoten A. Abb. 38. Knoten B. Abb. 39. Knoten C. Abb. 40. Knoten D.



Nietdurchmesser:
Bogenträger 23mm
Längsträger 20mm
Querträger 17mm

Abb. 44. Verzierungen der Brückenstirnen. 1:80.

Abb. 45. Gascandelaber.

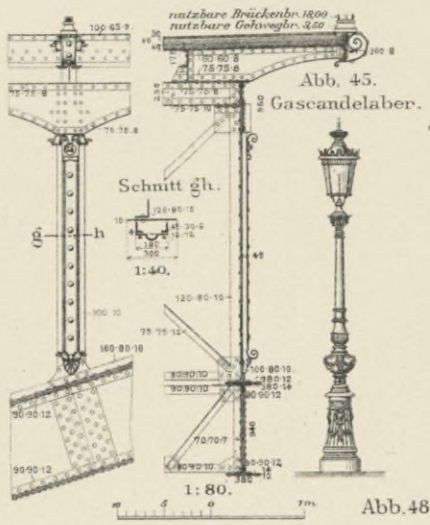


Abb. 36. Abschluss des Überbaues über den Pfeilern.

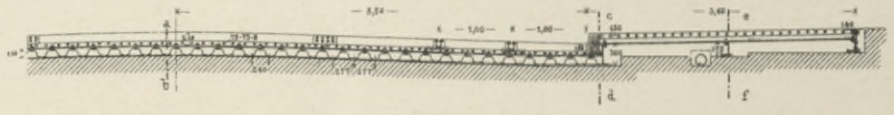


Abb. 41. Grundriss. Abb. 42. Wagerechter Schnitt über den Bogen. Abb. 43. Zoreseisenbelag.

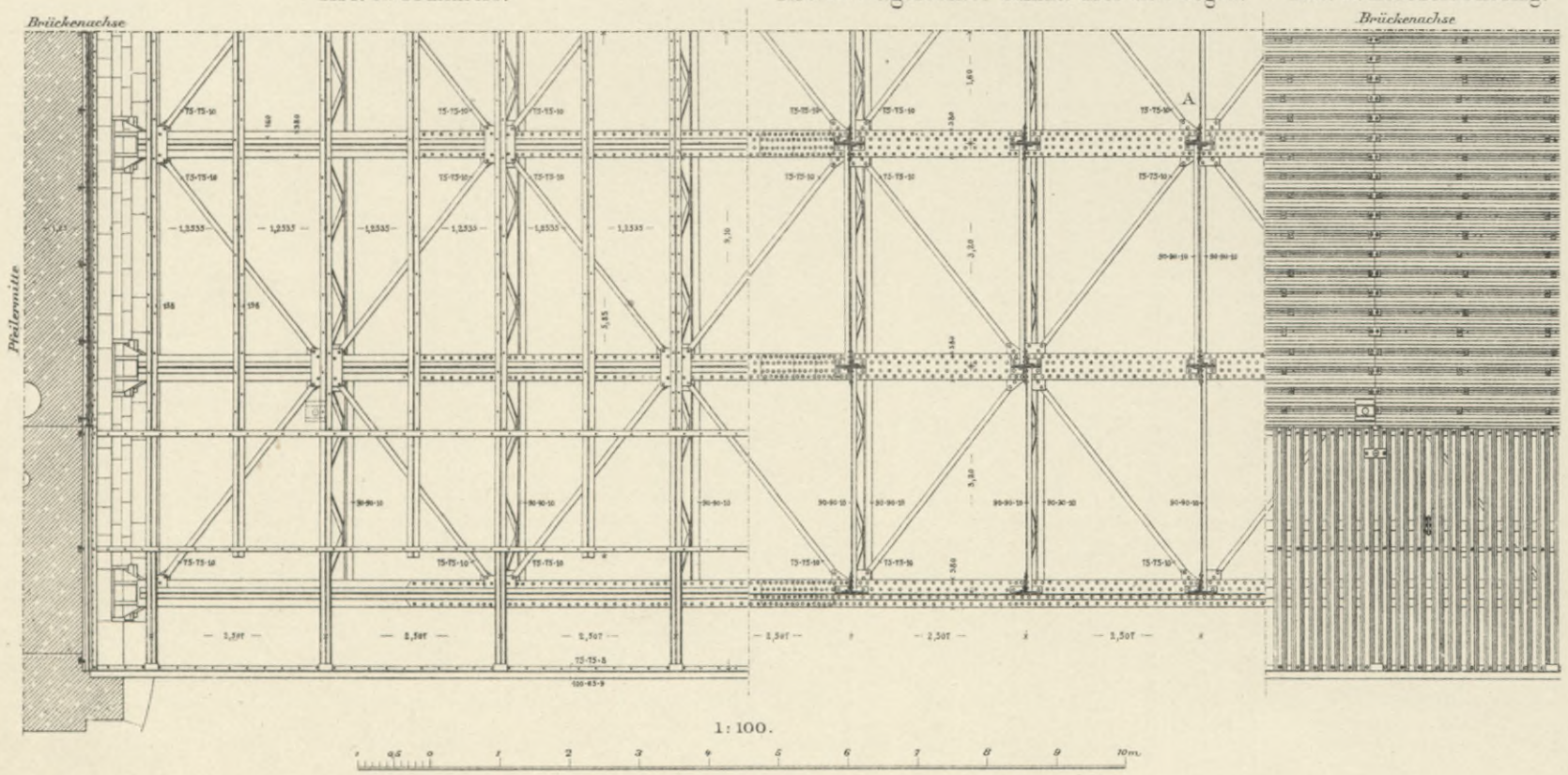


Abb. 47. Fahrbahn und Geländerabschlüsse.

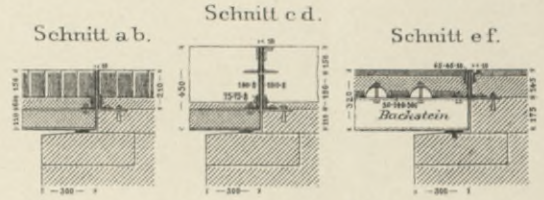


Abb. 46. Auflager der Bogenträger. 1:40.

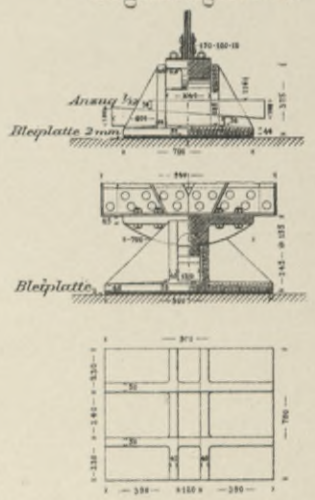
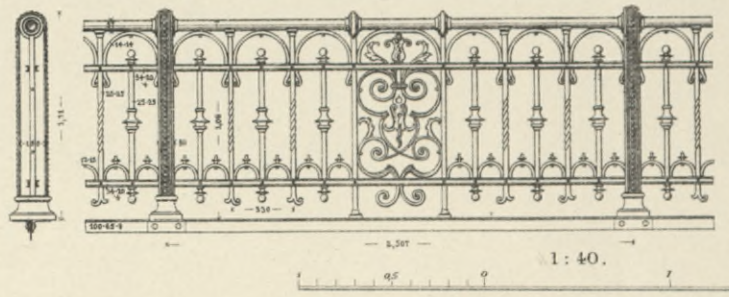


Abb. 48. Brückengeländer. 1:40.



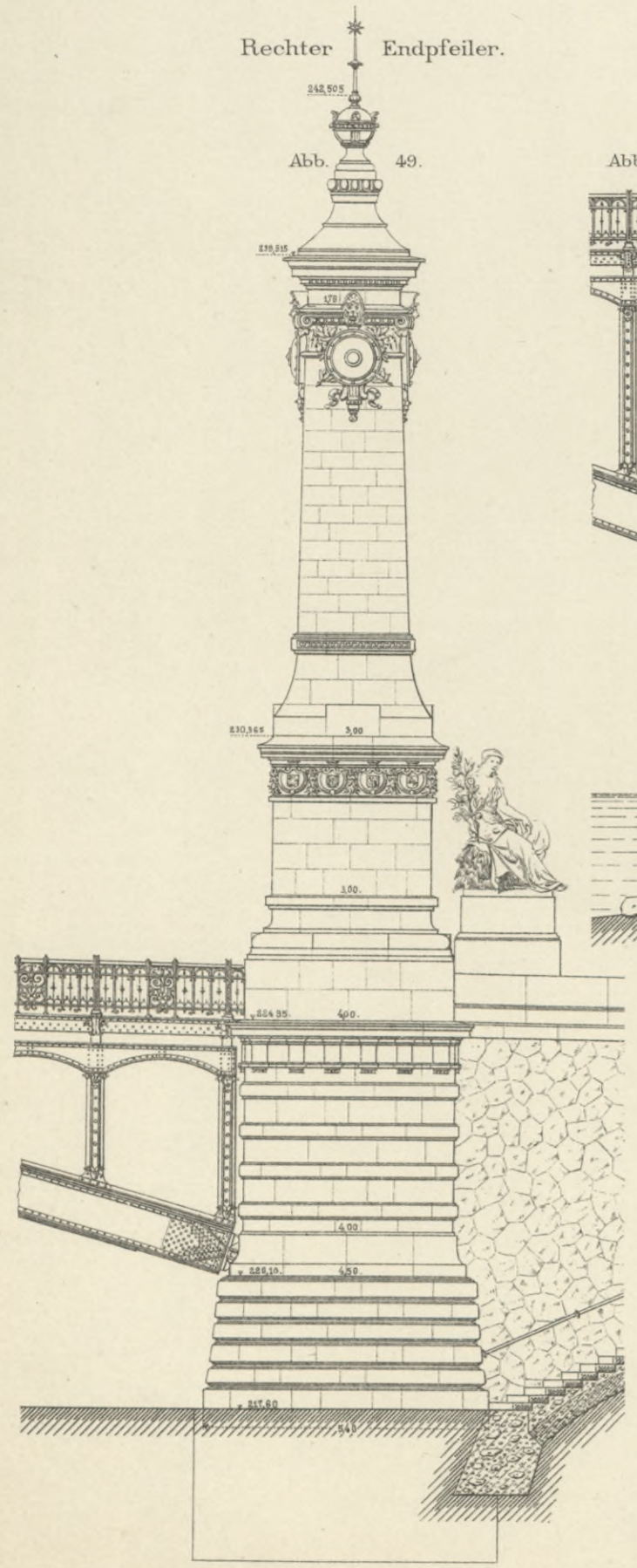
Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

B. Gisevius gest.

Einzelheiten der Pfeiler.

Rechter Endpfeiler.

Abb. 49.



Rechter Flusspfeiler.

Abb. 50-52.

Abb. 50. Oberer Vorkopf.

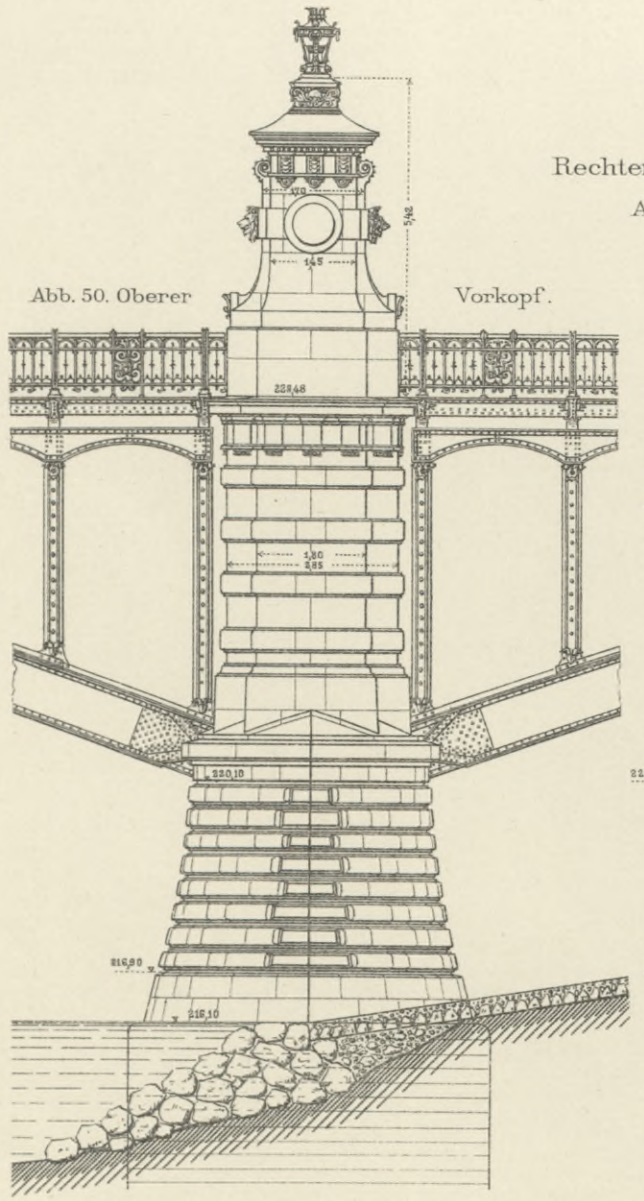


Abb. 51.

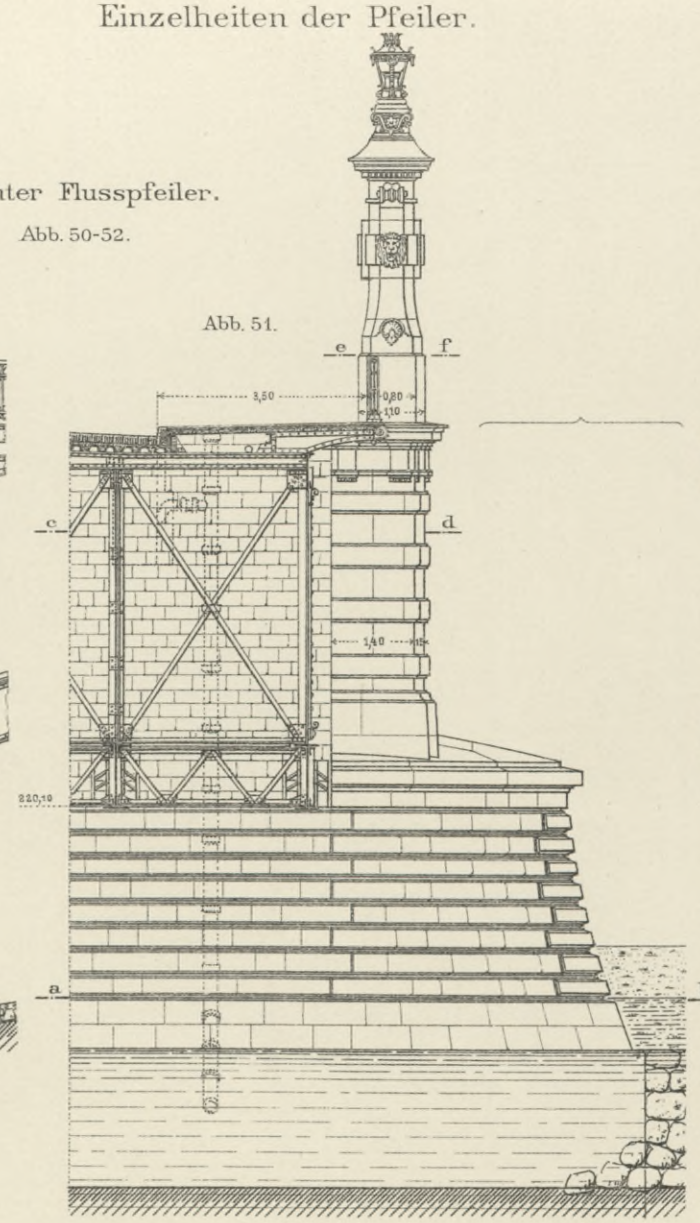
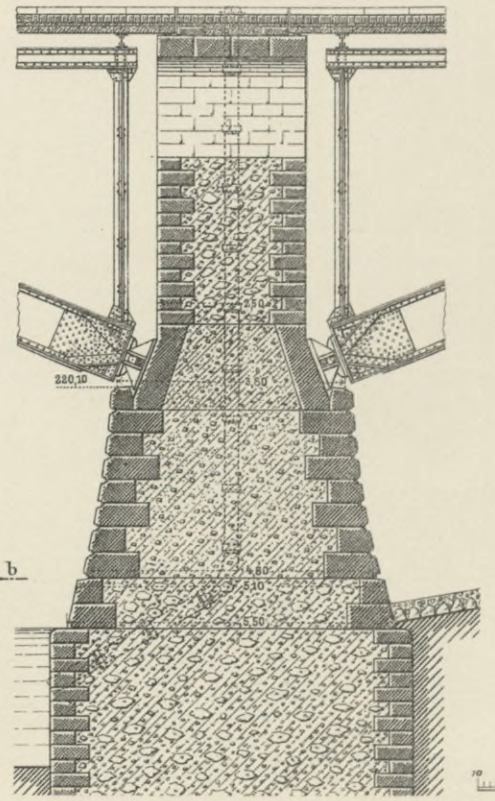
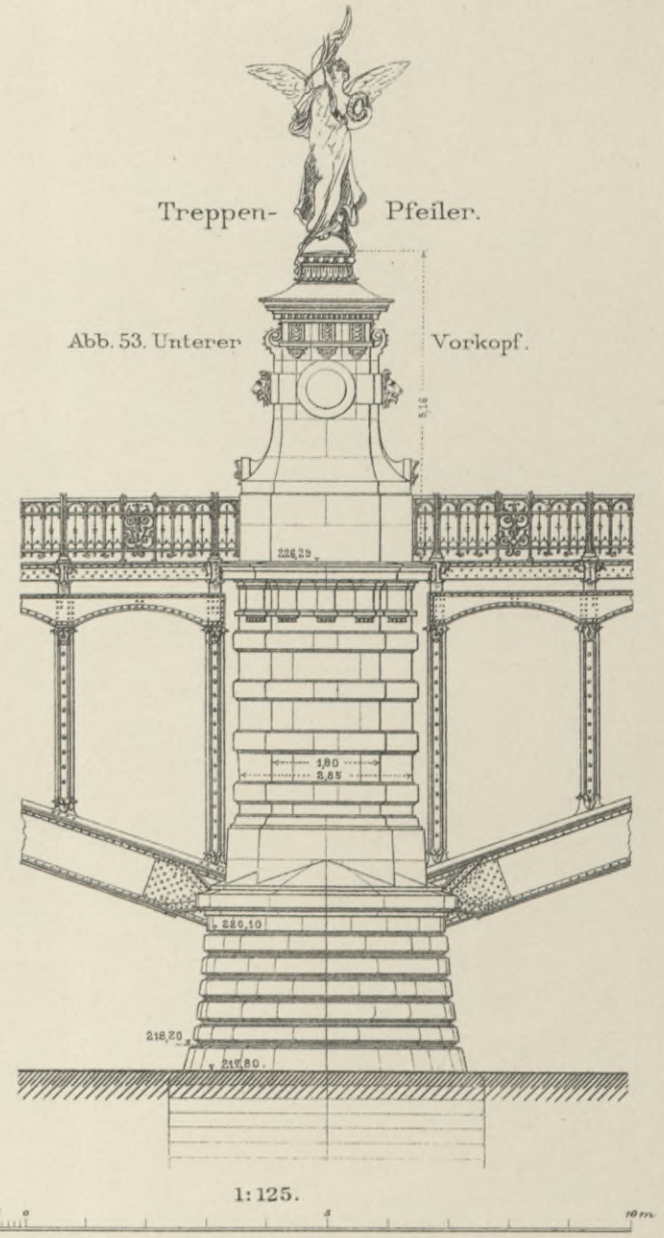


Abb. 52. Querschnitt des Flusspfeilers.



Treppen- Pfeiler.

Abb. 53. Unterer Vorkopf.



1:125.

Abb. 54-55. Treppenanlage auf der Insel.

Abb. 54. Seitenansicht.

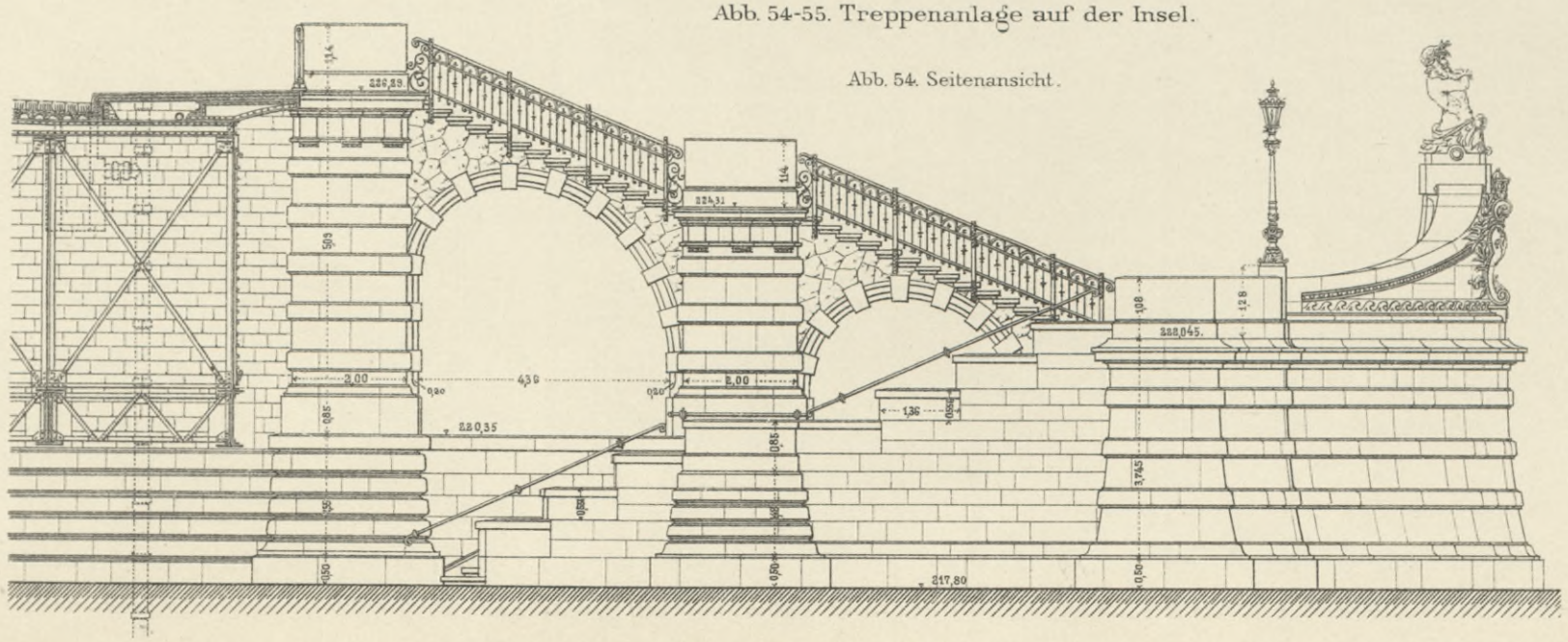
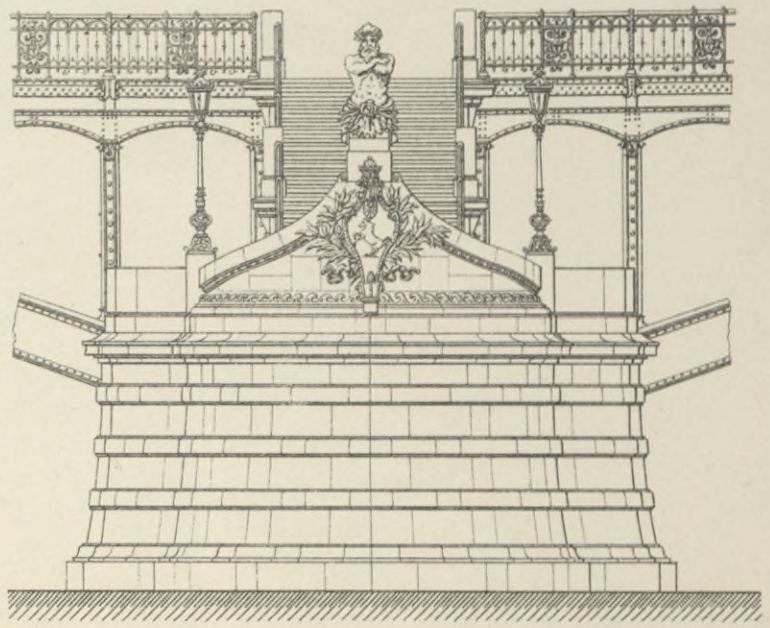


Abb. 55. Vorderansicht der Treppe.



Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

B. Gisevius gest.

Ansicht der Brücke vom Neckar aus.

Treppenanlage auf dem rechten Vorland.

Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Rechter Endpfeiler mit Pylone
vom Vorland aus gesehen.

Pylone mit Standbild
von der Fahrbahn aus gesehen.

Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Linker Flusspfeiler.

Rechter Flusspfeiler.

Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Standbilder vor den Pylonen auf der Stuttgarter Seite.

Standbilder vor den Pylonen auf der Canstatter Seite.

Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.